RAVITSEMUS, KEHONKOOSTUMUS JA SUORITUSKYKY NAISKESTÄVYYSJUOKSIJOILLA

Oona Kettunen

Liikuntafysiologia
Kandidaatintutkielma
Kevät 2016
Liikuntabiologian laitos
Jyväskylän yliopisto
Työnohjaaja: Antti Mero

TIIVISTELMÄ

Kettunen, O. 2016. Ravitsemus, kehonkoostumus ja suorituskyky naiskestävyysjuoksijoilla. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, liikuntafysiologian kandidaatintutkielma, 66 s., 1 liite.

Johdanto. Naiskestävyysjuoksijoiden tiedetään olevan keskimäärin huomattavasti pienempiä sekä massaltaan että rasvaprosentiltaan. Tämän hetkinen tutkimustieto kehonkoostumuksen merkityksestä suorituskyvylle on ristiriitaista. Eliittitason miesjuoksijat on havaittu olevan kansallisen tason juoksijoita hoikempia, mutta naisilla samaa ei ole kyetty todistamaan. Lisäksi erilaisen hormonitoiminnan vuoksi naisjuoksijoiden painonpudotusyritykset voivat johtaa vakaviin sekä suorituskykyä että terveyttä heikentäviin seurauksiin. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää suomalaisten kansallisen tason naiskestävyysjuoksijoiden kehonkoostumuksen ja ravitsemuksen yhteyttä suorituskykyyn sekä seerumin hormonipitoisuuksiin.
Menetelmät. Yhdeksän suomalaista vähintään A-luokan tulosrajan saavuttanutta naiskestävyysjuoksijaa (ikä 23,2 ± 1,8 v, painoindeksi 19,4 ± 0,5 kg/m^2, rasvaprosentti 16,1 ± 1,4 %) osallistui tutkimuksen ensimmäiseen vaiheseen. Tutkittavat täyttivät ravinto-, harjoitus- ja aktiivisuuspäiväkirjoja viitenä mittauspäivää edeltävänä vuorokautena. Testipäivänä kerätty aineisto sisälsi seerumin testosteroni-, SHBG- (sex hormone binding globulin), estrogeeni- ja kortisolipitoisuuden paastoverinäytteestä, kehonkoostumusmittauksen DXA- (dual-energy X-ray absorptiometry) laitteella ja ihopoimupihdeillä sekä kestävyyssuorituskyvyn mittauksen suoralla maksimaalisella hapenoton testillä. Samat mittaukset toistettiin 9-11 viikon harjoittelujakson jälkeen. Ainoastaan kuusi tutkittavaa kykeni ottamaan osaa tutkimuksen toiseen vaiheeseen.
Tulokset. Tutkimusryhmän keskimääräinen energiansaanti oli 2330 ± 460 kcal/vkr, energian saatavuus 32,7 ± 10,4 kcal/kg/vkr, maksimaalinen hapenottokyky 59,0 ± 3,9 ml/kg/min ja maksimaalinen aerobinen nopeus 17,0 ± 0,8 km/h. Merkitsevät pienenemiset tutkimusjakson aikana tapahtuivat energiansaannissa (–220 ± 200 kcal/kg, $p = 0,02$) ja rasvaprosentissa (–1,6 ± 1,3 %, $p = 0,02$). Suurempi paino oli yhteydessä suurempaan absoluuttiseen hapenkulutukseen sekä maksimaalisilla ($r = 0,80$, $p = 0,003$) että submaksimaalisilla ($r = 0,84$, $p = 0,002$) nopeuksilla, mutta ei kestävyyssuorituskykyyn. Rasvaprosentti ($r = –0,61$, $p = 0,04$) ja rasvattoman painon nousu ($r = 0,84$, $p = 0,02$) korreloivat merkitsevästi maksimaaliseen aerobiseen nopeuteen. Matala energian saatavuus oli yhteydessä korkeampiin SHBG-pitoisuuksiin tutkimuksen alussa ($r = −0,82$, $p = 0,02$).
Pohdinta ja johtopäätös. Tutkimuksen perusteella rasvaprosentin laskusta voi olla hyötyä naisjuoksijoiden kestävyyssuorituskyvylle, jos siihen ei yhdisty rasvattoman kudoksen menetystä. Energian saatavuuden arvot olivat valtaosalla tutkittavista terveyden ja suorituskyvyn kannalta huolestuttavan alhaiset. Mahdolliset virhelähteet selittänevät osan alhaisista arvoista, mutta tutkimuksen aikana ilmenneet vammat, suorituskyvyn keskimääräinen kehittymättömyys sekä viitearvoihin nähden kohonneet seerumin kortisoli- ja SHBG-pitoisuudet sekä matalat estrogeenitasot antavat joitakin viitteitä kroonisen energiavajeen olemassaolosta.

Avainsanat: kestävyysjuoksu, ravitsemus, suorituskyky, ravitsemus, hormonitoiminta.

KÄYTETYT LYHENTEET

BMD	bone mineral density, luun mineraalitiheys
BMI	body mass index, kehon painoindeksi
DXA	dual energy X-ray absorptiometry, kaksienergisen röntgensäteen absorptiometria
EA	energy availability, energian saatavuus
EB	energy balance, energiatasapaino
EI	energy intake, energiansaanti
FFM	fat free mass, rasvaton massa
FM	fat mass, rasvamassa
MET	metabolic equivalent
REE	resting energy expenditure, lepoenergiankulutus
SHBG	sex hormone binding globulin, sukupuolihormoneja sitova glubuliini
TEE	total energy expenditure, kokonaisenergiankulutus
VO_2max	maksimaalinen hapenottokyky
vVO_2max	maksimaalinen aerobinen nopeus maksimaalisen hapenoton tasolla

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ 1

1 JOHDANTO 1

2 KESTÄVYYSJUOKSUN SUORITUSKYKYÄ SELITTÄVÄT TEKIJÄT 2

2.1 Biomekaaniset tekijät 2

2.2 Fysiologiset tekijät 3

2.3 Kestävyysominaisuuksien mittaaminen suoralla maksimaalisen hapenoton testillä 5

3 ANTROPOMETRIAN VAIKUTUKSET KESTÄVYYSJUOKSIJOIDEN SUORITUSKYKYYN 6

3.1 Antropometriamuuttujien ja suorituskyvyn yhteyksiä 6

3.2 Painon ja rasvaprosentin yhteys kilpailutuloksiin 8

4 ENERGIARAVINTOAINEIDEN MERKITYS KESTÄVYYSJUOKSUSSA 12

4.1. Hiilihydraatit 13

4.2. Proteiinit 15

4.3. Rasvat 16

5 ENERGIATASAPAINON ARVIOINTI 18

5.1 Energian saatavuus 18

5.2 Energiansaannin arviointi 19

5.3 Energiankulutuksen arviointi 20

6 ALHAISEN KEHONPAINON TAVOITTELUN ONGELMAT NAISKESTÄVYYSJUOKSIJOILLA 21

6.1 Energiansaannin rajoittamisen yhteys suorituskykyyn 21

6.2. Naisurheilijan oireyhtymä 23

6.3 Energiavajeen yhteydet naisurheilijoiden hormonipitoisuuksiin 25

7 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT 27

8 MENETELMÄT 28

8.1 Tutkittavat 28
8.2 Koeasetelma 28
8.3 Aineiston keräys ja analysointi 29
8.3.1 Esitietolomakkeet 29
8.3.2 Päiväkirjat 29
8.3.3. Verinäytteet 31
8.3.4 Kehonkoostumus 32
8.3.5 Suorituskykytestit 33
8.3.6 Tilastolliset analysointimenetelmät 35
9 TULOKSET 36
9.1 Energiansaanti ja kulutus 36
9.2 Kehonkoostumus 38
9.3 Hormonipitoisuudet 39
9.4 Kestävyyssuorituskyky 40
9.5 Mitattujen muuttujien väliset yhteydet 41
9.5.1 Kehonkoostumuksen yhteys kestävyyssuorituskykyyn 41
9.5.2 Energiatasapainon yhteys kehonkoostumukseen ja suorituskykyyn 43
9.5.3 Energian saatavuuden ja kehonkoostumuksen yhteydet hormonipitoisuuksiin 44
10 POHDINTA 47
10.1 Ravitsemustila 47
10.1.1 Energiatasapaino ja energian saatavuus 47
10.1.2 Energiaravintoaineiden saanti 48
10.1.3 Ravitsemustilan muutokset 49
10.2 Kehonkoostumus 50
10.3 Kestävyyssuorituskyky 50
10.4 Hormonipitoisuudet 52
10.5 Mitattujen muuttujien väliset yheydet 53

10.5.1 Kehonkoostumuksen yhteys kestävyyssuorituskykyyn 53
10.5.2 Energian saatavuuden yhteys kestävyyssuorituskykyyn 54
10.5.3 Energian saatavuuden ja kehonkoostumuksen yhteydet hormonipitoisuuksiin ... 55
10.6 Yhteenveto ja johtopäätökset 56
LÄHTEET 58
LIITTEET 66

1 JOHDANTO

Kestävyysjuoksijat ovat tyypillisesti huomattavasti normaaliväestöä pienempiä sekä massaltaan että rasvaprosentiltaan. Toistaiseksi ei kuitenkaan ole voitu varmasti määritellä, onko kevytrakenteisuus edellytys huippujuoksijalle vai seurausta äärimäisen kovasta kestävyysharjoittelusta. (O´Connor ym. 2014.) Pienempi kehon massa lisää juoksun taloudellisuutta, sillä sen liikuttaminen vaatii vähemmän energiaa kuin raskaamman kehon. Tämä säästää glykogeenivarastoja, joiden ehtyminen voi olla suoritusta rajoittava tekijä yli 90 minuutin kilpailusuorituksessa. Myös hapentarve vähenee, mikä teoriassa parantaa suorituskykyä kaikilla kestävyysmatkoilla. (Wilmore & Costill 2004, 148–158.) 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 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 (Stellingwert 2013). Monet miesjuoksijat pudottavat painoaan ennen kilpailukautta, mutta naisille tämä on usein ongelmallisempaa sukupuolten välisten erojen vuoksi. Naiset saattavat myös joutua kauemmas luonnollisesta painostaan pyrkiessään minimoimaan kehonsa massan ja rasvaprosentin. (Burke ym. 2007.) Jos elimistön energian saatavuus on pitkäaikaisesti liian niukkaa, käynnistää se säästötoimenpiteet laskemalla perusaineenvaihduntaa ja heikentämällä lisääntymiskykyä. Tämä voidaan huomata hormonitoiminnan häiriöitymisenä ja edelleen kuukautishäiriöinä ja luun mineraalitiheyden heikkenemisenä. Tästä käytetään nimitystä naisurheilijan oireyhtymä (The Female Athlete Triad), joka voi pitkälle edetessään johtaa muun muassa osteoporoosiin, toistuviin rasitusvammoihin sekä syömishäiriöihin. (De Souza ym. 2014.) Teoriassa kevyestä massasta on hyötyä kestävyysjuoksijoiden suorituskyvylle, mutta sen tavoitteluun liittyy suuria riskejä sekä optimaalisen kehittymisen että terveyden kannalta. Koska näyttö naisjuoksijoiden kehonkoostumuksen, ravitsemuksen ja suorintuskyvyn yhteyksistä on yhä ristiriitaista, on tämän tutkimuksen tavoitteena selvittää edellä mainittuja yhteyksiä suomalaisilla naiskestävyysjuoksijoilla.

2 KESTÄVYYSJUOKSUN SUORITUSKYKYÄ SELITTÄVÄT TEKIJÄT

Kestävyyden merkitys on suuri lajeissa, joiden kesto ylittää kaksi minuuttia. Juoksussa tämä tarkoittaa matkoja 800 metristä ylöspäin. Kestävyyssuorituskyky perustuu maksimaaliseen aerobiseen energiantuottokykyyn, pitkäaikaiseen aerobiseen kestävyyteen, suorituksen taloudellisuuteen ja hermo-lihasjärjestelmän voimantuottokykyyn. Lyhimmillä kestävyysjuoksumatkoilla ja loppukirissä myös anaerobisten ominaisuuksien rooli korostuu. (Nummela ym. 2007, 333.)

2.1 Biomekaaniset tekijät

Juoksutekniikalla voidaan merkittävästi vaikuttaa kestävyysjuoksusuoritukseen. Vaikka jokaisella yksilöllä on itselleen parhaiten sopiva tyyli, hyvä tekniikka mahdollistaa paremman juoksunopeuden, vähäisemmän energiankulutuksen sekä vammariskin pienentämisen. (Sinkkonen 2000, 35.) Merkittävimpiä biomekaanisia vaikuttajia osana juoksutekniikkaa ovat askelsykli (Enoka 2002, 179-181.), askelkontakti (Kasmer ym. 2012.) ja juoksuasento (Sinkkonen 2000, 35-36).

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-alttiuteen (Kasmer ym. 2012). Kanta-askellus aiheuttaa maahan törmätessään juoksijaan päkiäaskeleeseen verrattuna huomattavasti suurempia törmäysvoimia, millä voi olla rasitusvammojen riskiä kasvattava vaikutus (Lieberman 2012). Sinkkosen (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, pakaran, 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).

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 adenosiinitrifosfaattia (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 lyhetessä anaerobisten energiantuottotapojen tehokkuus ja elimistön kyky sietää happamuutta tulevat yhä tärkeämmiksi. Siitä huolimatta tiettyjen aerobisen kunnon määrittäjien voidaan todeta olevan ratkaisevassa roolissa juoksijan päämatkasta riippumatta. Näitä määrittäjiä ovat maksimaalinen hapenottokyky (VO_2max), 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 (AnK) ja lisäksi myös niin sanotun aerobisen kynnyksen (AeK) 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 lihasglykogeenin ja veren glukoosin muodossa toimivat tärkeimpänä energianlähteenä. Mikäli ensisijaiset hiilihydraattivarastot ehtyvät, lisääntyvät myös maksan glykogeenin ja rasvakudokseen varastoituneiden triglyseridien hapetus. (Nummela 2007, 97–107.) Kovilla juoksijoilla hiilihydraattien suhteellinen osuus energiantuotossa on harrastelijoita suurempi, mutta glykogeenivarastojen 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 suuruuteen vaikuttavat pääasiassa sydämen minuuttitilavuus, kehon hemoglobiinimassan suuruus, lihasten verenvirtauksen nopeus sekä a-vO2 -ero, eli kudosten kyky irrottaa happea verestä käyttöönsä. 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 myöhemmissä tutkimuksissa 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 VO_2max:ia kun taas maratonilla huomattavasti alhaisempi. (Jones 2006.) Tavalliseen kansaan verrattuna huippujuoksijoiden VO_2max 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 & Higgingson 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.)

2.3 Kestävyysominaisuuksien mittaaminen suoralla maksimaalisen hapenoton testillä

Suomessa käytetään kestävyysominaisuuksien mittaamiseen useimmiten sydämen sykkeeseen, veren laktaattipitoisuuksiin ja hengityskaasuihin perustuvia mittausmenetelmiä (Nummela 2010, 51). Kun puhutaan huippu-urheilusta, ovat mahdolliset muutokset urheilijan suorituskyvyssä marginaalisia. Tästä syystä myös testeiltä vaaditaan suurta tarkkuutta. Pitkä suora maksimaalinen hapenoton testi on yleisesti käytetty testi urheilijoiden maksimaalisen hapenottokyvyn, juoksun taloudellisuuden, kestävyyssuorituskyvyn sekä aerobisen ja anaerobisen kynnystehon määrittämiseksi. (Nummela 2010, 64–65.)

Kestävyysjuoksijoilla maksimihapenoton testi suoritetaan pääsääntöisesti juoksumatolla niin sanottua nopeusmallia käyttäen. Testissä käytetään 1° vakiokulmaa, jonka on tutkittu vastaavan ilmanvastusta luonnonoloissa. Testissä suoritetaan 3 minuutin kuormia nousevalla nopeudella, kunnes haluttu teho on saavutettu tai tutkittava ei kykene jatkamaan. Kuormien välissä otetaan laktaattinäyte ja sykettä sekä hengityskaasumuuttujia seurataan koko testin ajan. Oikein tulkittuina testitulokset auttavat määrittämään urheilijalle sopivat harjoitustehot sekä kertovat useiden eri kestävyyssuorituskyvyn osa-alueen kehityksestä. (Nummela 2010, 64–78.)

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 2006, 332–334.)

Kestävyysjuoksijoilla on tyypillisesti erittäin matala rasvaprosentti, 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 ”sopimattomammat” urheilijat joutuvatkin yleensä tiukasta ruokavaliosta ja harjoitusohjelmasta huolimatta ponnistelemaan saavuttaakseen lajinsa fyysiset ihanteet. (O´Connor ym. 2007.) Etenkin naisilla oman henkilökohtaisen ihannepainonsa 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 Antropometriamuuttujien ja suorituskyvyn 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 kestävyyssuorituksissa, 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 kestävyyssuorituksissa, 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 suoritetut tutkimukset eivät ole täysin vertailukelpoisia kestävyysjuoksijoiden voimaominaisuuksia arvioidessa.

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 on 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 tehokaan 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 y. 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). Pe´ronnetin & Thibaultin (1989) laatiman matemaattisen mallin mukaan eri tekijöiden nettovaikutuksena on vajaan parin prosentin lisäys loppuaikaan. Vaikka antropometrian yhteydet kehonkoostumukseen muodostuvat hyvin monimutkaisien yhteyksien kautta, yhdistetään ne tyypillisesti menestykseen mekaanisin perustein (O´Connor ym. 2007).

3.2 Painon ja rasvaprosentin yhteys kilpailutuloksiin

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.) Eliitti miesmaratoonareiden keskimääräinen painoindeksi (BMI) on pysynyt viimeisen sadan vuoden aikana likimain 21 kg/m^2. Maratonin tapauksessa keveys on yhdistetty parempaan lämmönvaihtoon ja pienempään vammariskiin. (Norton ym. 1996 O´Connor ym 2007 mukaan.) Afrikkalaisilla huippujuoksijoilla on raportoitu keskimäärin matalampia BMI-lukemia kuin Euroopan kärkijuoksijoilla. Lucian ym. (2006) tukimuksessa eritrealaisten miesjuoksijoiden keskimääräinen BMI oli 18,9 kg/m^2 ja espanjalaisilla 20,5 kg/m^2. Tulokset ovat hyvin lähellä Saltinin ym (1995) raportoimia BMI-lukemia kenialaisilla (19,2 kg/m^2) ja skandinavialaisilla (20,6 kg/m^2) mieseliittijuoksijoilla.

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 (Willmore 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)

Willmore ym. (1977) tutkivat yhdysvaltalaisten maailmanluokan ja kansallisen tason juoksijoiden kehonkoostumuksen yhteyttä suorituskykyyn. Tutkimukseen osallistuneiden naisten keskimääräiseksi rasvaprosentiksi mitattiin 16,8%, mikä vastaa melko hyvin muista tutkimuksissa raportoituja tuloksia 16,4% (Bale ym. 1985) ja 13,2–15,1% (Deutz ym. 2000). Lisää tutkimustuloksia nähdään taulukosta 1. Willmoren ym. (1977) tutkimuksen naisjuoksijoiden ryhmä omasi suuria eroja kehonkoostumuksessaan. Eliittijuoksijoiden kesimääräinen 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. (Willmore ym. 1977.)

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 suorituskyvyssä havaittuihin eroihin verrattuna ja selittyivät tutkijoiden arvioiden mukaan kokeneempien juoksijoiden runsaammalla ja pidempään jatkuneella harjoittelulla. Tutkijat tulkitsivatkin, että erot juoksijoiden suorituskyvyssä korreloivat juoksijoiden VO_2 max:in, eivät antropometrian kanssa. (Christensen ym. 1985.)

Koska afrikkalaiset hallitsevat tällä hetkellä kestävyysmatkoja, on mielenkiintoista verrata heidän kehonkoostumusominaisuuksiaan kaukasialaisiin. Miehiä tutkiessa on havaittu, että afrikkalaisilla eliittijuoksijoilla on eurooppalaisiin verraten pienempi painoindeksi ja rasvaprosentti (Lucia ym. 2006, Saltin ym. 1995), mutta naisilla näyttö ei ole yhtä selvää.

Billat ym. (2003) raportoi kenialaisilla naispuolisilla eliittijuoksijoilla painon ja rasvaprosentin arvoja, jotka eivät eronneet merkittävästi eurooppalaisilla naisjuoksijoilla mitatuista arvoista (Bale ym. 1985; Deutz ym. 2000; Nevil ym. 2003) Kenialaisia ja isobritanialaisia huippujuoksijoita vertailevan tutkimuksen (Hulley ym. 2007) mukaan ryhmien painoindeksit olivat samaa luokkaa, joten kevyempää ruumiinrakennetta ei ainakaan tämän tutkimuksen mukaan voida pitää kenialaisten ylivoimaa selittävänä tekijänä. Taulukko 1 selkeyttää kehonkoostumuksen samankaltaisuutta kansalaisuuksien välillä.

TAULUKKO 1. Tutkimuksissa raportoituja kehonkoostumuksen keskiarvoja eliittitason naiskestävyysjuoksijoilla.

Kansalaisuus	laji	n	ikä	Pituus (cm)	Paino (kg)	BMI (kg/m^2)	Rasva (%)	Lähde
Iso-Britania	kestävyysmatkat	10	25,9	162	49,6	18,9	16,8[a]	Nevil ym. 2003
Iso-Britania	keskimatkat	11	24,3	166	55,6	20,2	17,7[a]	Nevil ym. 2003
USA	kestävyysmatkat	82	22,3	167,7	51,9	18,5	-	Hulley ym 2007
Kenia	kestävyysmatkat	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	kestävyysmatkat	14	28,1	166,8	55,4	19,9	15,1[b]	Deutz ym. 2000
Kenia	kestävyysmatkat	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	kestävyysmatkat	11	32,4	169,4	57,2	19,9	15,2[d]	Willmore ym. 1974
Keskiarvo		235	26,0	165,7	52,4	19,1	15,4	

BMI, painoindeksi; [a] Määritys ihopoimuilla; [b] Määritys DXA:lla; [c] Määritys viidellä ihopoimulla ja Durninin & Womersleyn (1974) kaavalla; [d] Määritys vedenalaispunnituksella.

Billat ym. (2001) ei havainnut ranskalaisilla ja portugalilaisilla naismaratoonareilla merkittävää eroa BMI-lukemissa juoksun loppuaikojen perusteella. Huipputason (< 2h 32min) juoksijoiden BMI oli keskimäärin 18,7 km/m^2 kun se oli hyvätasoisilla (< 2h 38 min) maratoonareilla 19,0 kg/m^2. Myöskään Hoffman ym. (2010) ei löytänyt ultramaratoonareiden loppuajoissa ja kehonkoostumuksessa olevan yhteyttä. Sen sijaan Bale ym. (1985) havaitsi alle 2 tunnin 55 minuutin juosseiden eliittimaratoonareiden rasvaprosentin (16,4%) olevan selvästi alempi hyviin (19,8%) ja kohtalaisiin (20,8%) maratoonareihin verrattuna. Tutkijat kuitenkin arvelevat alhaisen rasvaprosentin olevan enemmänkin seurausta huippujen kovemmasta harjoittelusta kuin tietoisesta painonhallinnasta.

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).

4 ENERGIARAVINTOAINEIDEN MERKITYS KESTÄVYYSJUOKSUSSA

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 pidempäänliikutaan. Lisäksi fyysinen rasitus kasvattaa myös 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 ylirasitustilaan. 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 hiilihydraatteista, 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.)

TAULUKKO 2. Energiaravintoaineiden saantisuositukset tavoitteellisesti harjoittelevalle 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 glykogeeniksi 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 glykogeenivarastojen nopeaa täyttymistä ja anabolista tilaa palautumisvaiheessa. (Stellingwert 2013; Ilander 2014a, 140–148.)

Kovaa harjoittelevan kestävyys- ja keskimatkojen juoksijan tulee nostaa vuorokausittainen hiilihydraattien saantinsa 7–10 grammaan per painokilo (Stellingwert ym. 2007, Burke ym. 2011), mikä vastaa noin 55–65 % kokonaisenergiansaannista. 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. (Stellingwert 2013.)

Huipputason kestävyysjuoksijoita tutkittaessa on havaittu kenialaisten käyttävän hiilihydraatteja 9,8–10,4 g/kg/vkr, kun japanilaisten, hollantilaisten, yhdysvaltalaisten ja australialaisten juoksijoiden saanti jäi suositusten alarajoille ollen vain 6,1–7,1 g/kg/vkr.

Toistaiseksi on määrittelemätöntä, onko afrikkalaisten runsaampi hiilihydraattien saanti yhtenä syynä heidän hallintaansa kestävyysmatkoilla vai ainoastaan kulttuurinen ero moniin muihin maihin verrattuna. (Stellingwert 2013.)

Tutkimusnäyttö runsashiilihydraattisen (> 8 g/kg/vkr) ruokavalion eduista kohtalaisesti hiilihydraatteja (4–6 g/kg/vkr) sisältävään ruokavalioon nähden on pitkäaikaisten kestävyysharjoitusadaptaatioiden näkökulmasta ristiriitaista (Burke ym. 2007). Vähähiilihydraattisen ruokavalion sen sijaan on havaittu johtavan nopeampaan väsymykseen ja heikompaan suorituskykyyn (Bergstrom ym. 1967; Coggan & Coyle 1991). Koska runsashiilihydraattisen perusruokavalion ei kuitenkaan olla 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 (Stellingwert 2007). Lisäksi välitön hiilihydraattien nauttiminen yhdessä proteiinin kanssa voi tehostaa harjoituksen jälkeistä proteiinisynteesiä (Tipton & Wolfe 2004). Yli 6090 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. (Stellingwert 2013.)

Vaikka edellä mainitun perusteella näyttäisi siltä, että kestävyysurheilijan tulisi jatkuvasti maksimoida hiilihydraattien saantinsa, on viime aikoina saatu näyttöä, että vajailla glykogeenivarastoilla harjoittelu voi tehostaa hiilihydraattien ja rasvojen hapetukseen osallistuvien entsyymien toimintaa. Toisaalta vajailla varastoilla harjoittelu heikentää tehoa, jolla harjoitus voidaan suosittaa. Aiheesta tarvitaan vielä lisää tutkimusta, mutta tämän hetkisen tilanteen perusteella näyttäisi perustellulta suorittaa osa kevyistä harjoituksista

vajailla hiilihydraattivarastoilla ja huolehtia riittävästä saannista kovien harjoitusten yhteydessä harjoitustehon maksimoimiseksi. (Burke ym. 2011.)

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

Proteiinien absoluuttisen saannin sijaan urheilijan tulee keskittyä niiden laatuun ja ajoitukseen, mikä on oleellista proteiinisynteesin, palautumisen ja kehonkoostumuksen optimoimiseksi (Stellingwert 2013). Harjoittelun jälkeisen proteiinisynteesin on havaittu maksimoituvan n. 20 g annoksella proteiinia (Moore ym. 2009). Kehon painon merkitystä harjoituksen jälkeiseen proteiinin tarpeeseen ei olla vielä selkeästi osoitettu, mutta sen arvellaan olevan noin 0,3 g/kg/vkr. Nettoproteiinisynteesi maksimoidaan nauttimalla edellä mainittu määrä 4–6 kertaa vuorokaudessa tasaisin väliajoin. Erityisen tärkeää proteiinien nauttiminen yhdessä hiilihydraattien kanssa on välittömästi harjoituksen jälkeen. (Stellingwert 2013.) Tangin ym. (2009) mukaan näyttäisi, että heraproteiini on elimistön proteiinisynteesin maksimoimiseksi soijaproteiinia ja kaseiinia parempi vaihtoehto urheilijalle.

4.3. Rasvat

Rasvat toimivat merkittävimpänä 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. Molekyyli rasvaa sisältää noin nelinkertaisen määrän energiaa hiilihydraattimolekyyliin nähden, mikä yhtäältä tekee siitä lähes ehtymättömän energianlähteen, mutta toisaalta aiheuttaa helposti epätoivottua painon nousua runsasrasvaista ruokavaliota noudattaville. (Stellingwert 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 suorituskykyä kovatehoisissa suorituksissa. (Stellingwert 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. (Stellingwert 2013.)

Vaikka runsaalla rasvan käytöllä on monia negatiivisia yhteyksiä urheilijan suorituskyvylle, on se silti tärkeä ja välttämätön osa tasapainoista ruokavaliota (Stellingwert 2007). Elimistölle välttämättömiä rasvahappoja, linoli- ja alfalinoleenihappoa, 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/vkr, Kilpailuun valmistavalla ja kilpailukaudella rasvojen saanti on hyvä laskea tasolle 1–1,5 g/kg/vkr, jotta painoa ei pääse kertymään vähentyneen energiankulutuksen seurauksena. (Stellingwert 2007.)

5 ENERGIATASAPAINON ARVIOINTI

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 kehon lihasproteiinin, rasvakudoksen ja glykogeenin muodossa. Keholla on parhaat edellytykset adaptoitua harjoitteluun, kun energian saanti 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.) Nykyisin on yleistynyt myös termin energian saatavuus (EA, energy availability) käyttö urheilijan ravinnon riittävää tasoa arvioidessa. Seuraavissa kappaleissa käydään tarkemmin läpi energiatasapainon arviointia EA:n avulla.

5.1 Energian saatavuus

Energian saatavuudella tarkoitetaan energiamäärää, joka jää harjoittelun jälkeen käytettäväksi muille elimistön fysiologisille toiminnoille, kuten kasvulle, ruoansulatukselle, solujen ja immuunijärjestelmän toiminnalle sekä lisääntymiselle. Matemaattisesti se voidaan määrittää energiansaannin ja harjoituksen aiheuttaman energiankulutuksen (EEE, exercise energy expenditure) erotuksena kaavan EA=EI–EEE mukaisesti. Arvojen vertailtavuuden parantamiseksi ja yksilöllisten erojen huomioksi EA jaetaan tyypillisesti kehon rasvattomalla massalla (FFM, fat free mass) ja ilmoitetaan yksikössä kcal/kg/vkr. (Loucks 2013.)

EA antaa pääsääntöisesti EB:tä todenmukaisemman kuvan urheilijan ravitsemustilasta. EB:n tarkka määritys on hankalaa kahdesta syystä. Ensinnäkin EI:n arviointi on haastavaa, mikä tietysti heikentää myös EA:n paikkansapitävyyttä. Lisäksi myös EE:n arvo yleensä vahvasti arviointiin perustuva ja huomattavasti suurempi kuin EB. Tämän seurauksena mitta- ja arviointivirheet näyttelevät huomattavasti suurempaa roolia kuin EA:n arvioinnissa, jossa EA on EE:tä suurempi. (Loucks 2013.)

Kun energian saatavuus on liian niukkaa, elimistö joutuu kompensoimaan muita energiaa käyttäviä toimintojaan. Tämä voidaan tunnistaa esimerkiksi hormonitoiminnan häiriöistä. (Manore ym. 2007.) Tutkimusten perusteella näyttäisi, että EA:n laskiessa alle 30 kcal/kg/vkr (mm. Loucks & Thuma 2003), hormonitoiminta häiriintyy, millä voi olla edelleen heikentäviä vaikutuksia urheilijan terveyteen ja suorituskykyyn. Toistaiseksi on epäselvää, kuinka yksilölliset erot vaikuttavat ja voiko krooninen energiavaje aiheuttaa ongelmia jo suuremmilla EA arvoilla (Manore ym. 2007, De Souza ym. 2014). EA tulee sopeuttaa urheilijan tavoitteisiin seuraavasti: 30-45 kcal/kg/vkr painon tai rasvamassan pudotukseen, n. 45 kcal/kg/vkr painon ylläpitoon, yli 45 kcal/kg/vkr painon nostamiseen, lihashypertrofiaan ja hiilihydraattitankkaukseen. (Loucks 2013.)

5.2 Energiansaannin 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 lyhimmät ruokapäiväkirjaseurannat ovat toimivia tutkittaessa suurta joukkoa, mutta yksilön ruokavaliosta ne eivät anna luotettavaa kuvaa. (Magkos & Yannakoulia 2003.)

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. Myös raportoinnin luotettavuus ja tarkkuus ovat pitkälti kiinni tutkittavan panoksesta. 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.)

Kaikissa ruoankäytön mittausmenetelmät 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.)

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), mikä 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 määrityksessä.

Energiankulutuksen mittaamiseksi on useita suoria ja epäsuoria arviointiin perustuvia menetelmiä. Suorat antavat epäsuoria tarkemman arvion, mutta ovat kustannuksiltaan ja olosuhdevaatimuksiltaan korkeammat. Suoria energiankulutuksen mittausmenetelmiä 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.)

6 ALHAISEN KEHONPAINON TAVOITTELUN ONGELMAT NAISKESTÄVYYSJUOKSIJOILLA

Mieskestävyysjuoksijoilla on osoitettu kevyen ruumiinrakenteen yhteys parempaan suorituskykyyn (Stellingwert 2013) ja myös naisjuoksijat ovat pääsääntöisesti normaaliväestöä huomattavasti hoikempia (Willmore 1974). Miehet laihduttavat usein kisapainoon, mutta naiset joutuvat ehkä hallitsemaan painoaan kauempana luonnollisesta ihannepainostaan, mikä voi johtaa sekä suorituskyvyn että terveyden kannalta haitallisiin seuraamuksiin.

6.1 Energiansaannin 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, suorituskyvylle ja palautumiselle.

Hiilihydraattien määrän rajoittaminen johtaa elimistön glykogeenivarastojen ehtymiseen. Vähentynyt lihasglykogeeni heikentää kestävyyssuoritusta (Robergs 1991), sillä hiilihydraatit toimivat ensisijaisena energianlähteenä etenkin kovatehoisessa kestävyysliikunnassa. 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/vkr) 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 eliittiurheilijat eivät ole onnistuneet parantamaan hapenottokykyään harjoittelun avulla, vaikka vakiopainoisista 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 ylirasittumisen ja ylikunnon riskiä. (Stellingwert 2007; Stellingwert 2013.)

Vaikka voima ja lihasmassa eivät olekaan kestävyysjuoksijoilla kovin ratkaisevassa roolissa ja suuret lihakset saattavat jopa heikentää suorituskykyä lisääntyneen hapentarpeen vuoksi, on tiettyjen voimatasojen ylläpito tärkeää muun muassa hyvän juoksutekniikan ja juoksun taloudellisuuden säilyttämiseksi. Koska kestävyysjuoksijoilla on vain harvoin liiaksi voimaa, on lihaskudoksen menetys painonpudotuksen myötä useimmissa tapauksissa haitaksi. Runsas proteiinien ja hiilihydraattien saanti sekä maltillinen painonpudotusvauhti (0,2–0,5 kg/viikko) auttavat lihasmassan säilyttämisessä. Tästä huolimatta lihaskudoksen menetys on lähes aina vähintään viidennes kokonaispainonpudotuksesta. (Ilander 2014, 333– 334.) 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 suorituskyvyn säilyttämiseksi, on rasvan määrää vähennettävä laihdutustuloksen saamiseksi (O´Connor ym. 2007). On kuitenkin tärkeää huomioida, että elimistö tarvitsee rasvaa toimiakseen. Täten sen liian niukka saanti aiheuttaa terveysriskejä. 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 suorituskyvyn heikentäjäksi, sillä jatkuvat sairastelut laskevat kuntoa ja näkyvät vähentyneinä harjoituspäivinä. Lisäksi puutostiloilla on joskus suoriakin vaikutuksia terveydelle ja suorituskyvylle. 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 mahdollinen kehonkoostumuksen muokkaus ajoittaa kevyimmille harjoitusjaksoille (Stellingwert ym. 2007). Koska ruokahalu ei täysin korreloin harjoittelun aiheuttaman energiankulutuksen muutoksiin (McConnel ym. 1991) tulee urheilijan tehdä kilpailukaudella tietoinen päätös ruokavalionsa energian ja etenkin rasvan määrän rajoittamisesta (Stellingwert ym. 2007.) Myös ylimenokauden aikainen painonnousu kannattaa pitää maksimissaan 5 prosentissa (Stellingwert ym. 2007). Toisaalta Stellingwert (2013) toteaa, että ympärivuotinen kisapainon ylläpito voi johtaa krooniseen energiavajeeseen ja aiheuttaa merkittävää psyykkistä stressiä sekä kasvattaa ylikuormituksen, vammojen, infektioiden ja muiden terveysongelmien riskejä.

6.2. Naisurheilijan oireyhtymä

Eräs merkittävä seuraus energian saannin rajoittamisesta on niin sanottu naisurheilijan oireyhtymä (The Female Athlete Triad). Se on usein fyysisesti aktiivisilla naisilla ja tytöillä havaittu terveydentila, joka sisältää kolme komponenttia: matala energian saatavuus, kuukautishäiriöt sekä matala luun mineraalitiheys (BMD, bone mineral density). Oireyhtymä sisältää usein myös häiriintynyttä syömiskäyttäytymistä, mutta voi esiintyä myös urheilijoilla, joiden energian saatavuus (EA) on tiedostamatta liian alhainen. Oireyhtymän varhainen toteaminen on tärkeää, jotta voidaan ehkäistä vakavat seuraukset, kuten kliiniset syömishäiriöt, osteoporoosi sekä amenorrea eli kuukautisten pois jäänti. (De Souza ym. 2014.)

Naisurheilijan oireyhtymä syntyy tilanteessa, jossa EA laskee niin alhaiseksi, että elimistö joutuu kompensoimaan muita fysiologisia toimintojaan, mikä havaitaan hormonitoiminnan ja perusaineenvaihdunnan laskuna. Erityisen selkeitä merkkejä kroonisesta energiavajeesta ovat kuukautishäiriöt, alle 90 prosentiin teoreettisesta arvosta laskenut lepoaineenvaihdunta (De Souza ym. 2008) sekä pienentynyt trijodityroniinihormonin (T3) määrä (O´Donnell ym.

2009). Myös monien muiden hormonien, kuten estradiolin, lutenisoivan hormonin, follikkeleita stimuloivan hormonin, testosteronin, gonadotropiinin, progresteronin, SHBG:n (sukupuolihormoneja sitova globuliini, sex hormone-binding globulin), kortisolin ja tyroksiinin (T4) poikkeavat pitoisuudet veressä tai virtsassa voivat antaa viitteitä energiavajeesta (De Souza ym. 2014). Laskenut lepoaineenvaihdunta voi aiheuttaa sen, että urheilijan paino voi pysyä muuttumattomana energiansaannin niukkuudesta huolimatta. Tämän seurauksena myös aliravitsemus voi jäädä havaitsematta. (Manore ym. 2007.)

Kontrolloiduissa laboratorio-oloissa on todistettu, että matala EA aiheutti hormonitoiminnan häiriöitä, mistä seurasi aineenvaihdunta- ja sukupuolihormonien erityksen ja luun muodostuksen vähenemistä sekä lisääntynyttä luukudoksen menetystä verenkierron mukana (Ihle & Loucks 2004). Lisäksi tieteellinen näyttö matalan EA:n ja estrogeenin vajaaerityksen (hypoestrogemia) yhteyksistä kuukautishäiriöihin on useiden tutkimusten perusteella vahvaa (De Souza 2014). Hypoestogemia on yhdistetty heikentyneeseen luuston, lihasten (De Souza ym. 2008) ja verisuonten terveyteen (Rickenlund ym. 2005), mutta matalan EA:n yhteys lihasten ja luuston hyvinvointiin on havaittu myös vajaasta estrogeenin erityksestä riippumatta (De Souza ym. 2008). Rajana liian alhaiselle EA:lle pidetään 30 kcal/vkr/kg (Loucks & Thuma 2003), mutta pitkäaikaisessa energiavajeessa jo hieman suuremmat EA arvot voivat aiheuttaa ongelmia (De Souza ym. 2014).

Naisurheilijan oireyhtymä voi kasvattaa sydän- ja verisuonitautien riskiä myöhemmällä iällä, sillä sen on havaittu aiheuttavan endoteelien toimintahäiriöitä (Rickenlund ym. 2005a). Oireyhtymä on yhdistetty myös immuunijärjestelmän toiminnan heikkenemiseen (Montero ym. 2002). Kestävyysjuoksijoiden kannalta merkittävimmät ongelmat liittyvät kuitenkin BMD:n heikkenemisestä johtuviin ja pitkiä juoksutaukoja aiheuttaviin rasitusmurtumiin, jotka ovat juoksijoilla hyvin yleisiä (Iwamoto ym. 2003). Vakavia luuston rasitusvammoja havaitaan keskimääräistä enemmän urheilijoilla, joilla on kuukautishäiriöitä, ja paluu harjoitteluun vamman seurauksena tapahtuu tavanomaista hitaammin (Nattiv ym. 2013). Kuukautishäiriöillä ei ole havaittu olevan yhteyttä kestävyyssuorituskykyyn (Rickenlund ym. 2005b) ja niiden yhteyksistä lihasten voimantuottoon tiedetään vielä vähän (Manore ym. 2007).

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 eritys voi normalisoitua päivissä tai viikoissa, 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), mutta koska luun mineralisoituminen on riippuvaista sekä estrogeenistä että energiasta, on BMD:n täydellinen palautuminen epätodennäköistä (De Souza ym. 2014). Muutenkin on vielä epäselvää, voidaanko pitkän energiavajeen heikentämää BMD:ä palauttaa enää iän ja harjoitustaustan mukaisiin arvoihin. (De Souza ym. 2014.)

6.3 Energiavajeen yhteydet naisurheilijoiden hormonipitoisuuksiin

Jo edellisessä kappaleessa naisurheilijan oireyhtymästä sivuttiin matalan energian saatavuuden olevan yhteydessä ehyvin usean eri hormonin pitoisuuteen ja tuotantoon elimistössä. Seuraavaksi käsitellään vielä tarkemmin, kuinka energiavaje naisurheilijoilla vaikuttaa neljän runsaasti tutkitun hormonin, testosteronin, SHBG:n (sukupuolihormoneja sitova globuliini, sex hormone-binding globulin), estrogeenin ja kortisolin pitoisuuksiin seerumissa.

SHBG. SHGB on maksassa syntetisoitava hormoni, jonka tärkeimpänä tehtävänä on toimia steroidihormoneja (mm. testosteroni ja estrogeeni) sitovana proteiinina (Morisset ym. 2008). SHBG:n pitoisuus on havaittu steroidihormonien, etenkin seerumin kokonaistestosteronin, pitoisuuksiin nähden kääntäen verrannolliseksi (Vermeulen 1988; Hämäläinen 2016b). Painonpudotuksen ja siihen liittyvän energiavajeen on havaittu kohottavan seerumin SHBG-pitoisuutta naiskuntoilijoilla sitä merkitsevämmin, mitä suuremmasta energiavajeesta on kyse (Mero ym. 2010). Lisäksi esimerkiksi raskauden, e-pillereiden ja joidenkin lääkeaineiden tiedetään vaikuttavan SHGB:n pitoisuutta nostavasti.

Testosteroni. Testosteroni on anabolisesti lihaskudokseen vaikuttava steroidihormoni, jota muodostuu naisilla munasarjoissa ja lisämunuaisten kuorikerroksella. Vain 1–3 % testosteronista on vapaana plasmassa valtaosan sitoutuessa kuljettajaproteiineihin: albumiiniin ja SHBG:iin, (Guyton & Hall 2006, 1003–1006; Hämäläinen 2016c.) joista SHBG:n pitoisuus on yleensä kääntäen verrannollinen albumiiniin sitoutuneeseen ja plasmassa vapaana

kukevaan testosteroniin (Vermeulen 1988). Merkittävä (-1100 kcal/vkr) energiavaje on tutkimuksissa yhdistetty laskeneeseen seerumin kokonaistestosteronitasoon naiskuntoilijoilla (Mero ym. 2010). Naisilla kokonaistestosteronia kuitenkin pidetään varsin huonona hypoandrogenismin (lisämunaisen vajaatoiminta) osoittajana, ja sitä tulisikin arvioida aina yhdessä seerumin SHGB-pitoisuuden kanssa. Lisäksi naisten testosteronitasoja arvioitaessa on syytä huomioida e-pillereiden testosteronipitoisuutta laskeva vaikutus. (Hämäläinen 2016c.)

Estrogeeni. Estrogeeni on testostronin tavoin 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- (kierron loppu-) ja pienimmillään follikulaari- (munarakkuloiden kasvu-) vaiheessa. (Guyton & Hall 2006, 1003–1018; Hämäläinen 2016a.) Energiavaje on yhdistetty lutenisoivan hormonin erityksen inhiboitumiseen, mikä johtaa edelleen hypotalaamiseen amenorreaan (kuukautisten poisjäänti) ja estrogeenin vajaaeritykseen (De Souza & Williams 2005). Alhaista estrogeenitasoa ja kuukautishäiriöitä voidaan korjata ulkoisella hormonilääkityksellä (mm. e-pillerit), mutta tätä ei pysyvien hyötyjen puuttumisen ja elimistön sukupuolihormonituotannon häiriytymisen vuoksi suositella (De Souza ym. 2014).

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 kohonneia kortisoliarvoja tavataan mm. lihavuuden, anoreksian, stressitilanteiden, raskauden ja ehkäisypillereiden käytön yhteydessä. Matalat arvot voivat kertoa lisämunuaiskuoren ja aivolisäkkeen vajaatoiminnasta. (Hämäläinen 2013.) Asteittaisen painonpudotuksen ei ole havaittu yhdistyvän kortisolipitoisuuksien muutokseen (Mero ym. 2010), mutta Proteaun ym. (2006) tutkimuksessa nopealla menetelmällä toteutettu painonpudotus (4 %, 7 vkr) johti 81 % nousuun kortisolipitoisuudessa. Tutkimusten perusteella kortisolipitoisuuksien nousu näyttäisi vaativan riittävän suuren energiavajeen taustalleen.

7 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT

1. Kuinka energian saatavuus vaikuttaa kestävyyssuorituskykyyn?

Hypoteesi: Riittävä hiilihydraattien saanti tehostaa suorituskykyä ja palautumista kovatehoisissa kestävyyssuorituksissa (Burke ym. 2007). Riittävä proteiinien saanti puolestaan mahdollistaa harjoitusadaptaation ja välttämättömien rasvojen saanti terveenä pysymisen (Stellingwerff ym. 2007), joten voidaan olettaa niukan energiansaatavuuden olevan yhteydessä heikompaan kestävyyssuorituskykyyn. Toisaalta tutkimuksessa käytettävä kuormitusmalli on niin lyhytkestoinen, ettei hiilihydraattien puute todennäköisesti rajoita suorituskykyä, jos testipäivänä on syöty riittävästi.

2. Onko niukalla energian saatavuudella yhteyttä hormonitoimintaan, luuntiheyteen ja vamma-alttiuteen?

Hypoteesi: Alle 30 kcal/kg/vkr energian saatavuus on yhdistetty hormonitoiminnan häiriöihin, heikentyneeseen luun tiheyteen, lisääntyneeseen rasitusmurtumariskiin ja vammojen hitaampaan paranemiseen. (De Souza ym. 2014.)

3. Mikä vaikutus painolla ja kehonkoostumuksella on naiskestävyysjuoksijoiden suorituskykyyn?

Hypoteesi: Painavammat henkilöt tarvitsevat suuremman määrän happea liikuttaakseen kehoaan tietyllä nopeudella (Bergh ym. 1991). Myös huippukestävyysjuoksijoiden tiedetään olevan keskimäärin hyvin kevytrakenteisia, minkä vuoksi kevyen painon voidaan ajatella olevan eduksi kestävyysjuoksumatkoilla. Pienen koon merkitys näyttää korostuvan juoksumatkan pidetessä. (O´Connor ym. 2007.) Toisaalta maksimaalisen hapenkulutuksen on havaittu olevan huono kestävyyssuorituskyvyn ennustaja (Joyner & Coyle 2008). ja maailman kärkituloksia on kirjattu jopa juoksijalla, jonka rasvaprosentti oli yli 35 % (Willmore ym. 1977).

4. Kuinka energian saatavuus vaikuttaa seerumin hormonipitoisuuksiin naisurheilijoilla?

Hypoteesi: Energiavajeen on havaittu johtavan naiskuntoilijoilla kohonneisiin SHBG- ja laskeneisiin testosteronitasoihin (Mero ym. 2010). Sen tiedetään myös aiheuttavan naisilla estrogeenin vajaaeritystä (De Souza & Williams 2005). Kortisolipitoisuudet nousevat stressitilanteissa ja myös suuren energiavajeen on nopean painonpudotuksen yhteydessä havaittu yhdistyvä kohoneisiin kortisoliarvoihin (Proteau ym. 2006).

8 MENETELMÄT

8.1 Tutkittavat

Tutkimuksen alkutesteihin osallistui yhdeksän aktiivisesti harjoittelevaa suomalaista kansallisen tason naiskestävyysjuoksijaa, joista kuusi kykeni suorittamaan lopputestit. Tasovaatimuksena tutkittaville pidettiin A-luokan tulosta vähintään yhdellä juoksumatkalla 1500 metristä maratoniin. Iältään osallistujat olivat 17–31-vuotiaita. Tutkittavien taustatiedot ensimmäisten mittausten perusteella on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Tutkittavien keskimääräinen ikä, pituus, paino, BMI ja rasvaprosentti tutkimuksen alkumittauksissa.

n	Ikä (vuotta)	Pituus (cm)	Paino (kg)	BMI (kg/m^2)	Rasvaprosentti (%)[a]
9	23,2 ± 1,8	165,0 ± 1,2	53,0 ± 1,8	19,4 ± 0,5	16,1 ± 1,4

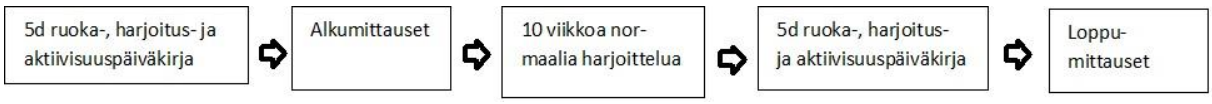
n, osallistujien lukumäärä; BMI, painoindeksi; [a] määritys DXA:lla.

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 selvittää kehonkoostumuksen ja energiatasapainon sekä niissä tapahtuvien muutosten vaikutusta naiskestävyysjuoksijoiden suorituskykyyn. Tutkimukseen sisältyi kaksi mittauskertaa, joista ensimmäinen ajoittui marraskuun viimeiselle tai joulukuun ensimmäiselle ja toinen helmikuun kahdelle ensimmäiselle viikolle. Mittauskertojen välinen aika vakioitiin kullekin tutkittavalle 9-11 viikkoon. Kaikki mittauskerran sisältämät testit suoritettiin yhden päivän aikana. Lisäksi tutkittavat täyttivät viitenä mittauspäivää edeltävänä

vuorokautena ruoka-, harjoitus- ja aktiivisuuspäiväkirjaa, joka palautettiin mittausaamuna. Mittausten välisenä ajankohtana tutkimuksen osallistujia kehotettiin harjoittelemaan ja ruokailemaan normaalin ohjelmansa mukaisesti, jotta mahdolliset harjoituskauden vaiheen aiheuttamat luonnolliset muutokset kehonkoostumukseen, ravitsemukseen ja suorituskykyyn tulisivat näkyviin. Tutkimuksen kulku on esitetty kuviossa 1.



KUVIO 1. Tutkimuksen koeasetelma. 5d, viisi vuorokautta.

8.3 Aineiston keräys ja analysointi

Tutkimuksen aikana kerätty aineisto sisälsi esitietolomakkeet, ruokapäiväkirja-analyysin, energiankulutuksen arvion, kehonkoostumuksen määrittämisen DXA:lla (dual energy X-ray absorptiometry, kaksienergisen röntgensäteen absorptiometria**)** ja ihopoimusakseilla, verinäytteet sekä fyysisen suorituskyvyn testit.

8.3.1 Esitietolomakkeet

Ennen mittauksia tutkittavat palauttivat sähköisessä muodossa täytetyt esitietolomakkeet. Lomakkeilla pyrittiin määrittämään kahden edellisen vuoden harjoittusmääriä, aiemmin mitattuja sykkeen ja hapenkulutuksen arvoja, kuukautiskierron säännöllisyyttä sekä mahdollista hormonilääkitystä.

8.3.2 Päiväkirjat

Tutkittavat täyttivät tutkimusjakson aikana kaksi viiden päivän ruoka-, harjoitus- ja aktiivisuuspäiväkirjaa. Päiväkirjat täytettiin kirjallisesti paperiversiona, jotta niiden täyttäminen jo ruokailun aikana helpottuisi. Tällä pyrittiin siihen, että syötyjen ruoka-aineiden määrät ja aterioiden ajankohdat olisivat mahdollisimman hyvin muistissa päiväkirjaa täytettäessä. Tiivistetyt päiväkirjapohjat sekä tutkittaville annetut ohjeet löytyvät liitteestä 1. Päiväkirjaseurannan kestoksi valittiin 5 suoritus- ja kehonkoostumusmittauksia edeltävää päivää perustuen Magkosin & Yannakoulian (2003) havaintoon siitä, että 3–7 päivän

ruokapäiväkirja on kohtuullisen luotettava menetelmä urheilijoiden energiansaannin arvioimiseksi. Tyypillisesti päiväkirjat kuitenkin antavat todenmukaista pienemmä kuvan urheilijoiden energiansaannista johtuen todennäköisesti aliraportoinnista ja tarkoituksenmukaisesta energiansaannin vähentämisestä tutkimusjakson aikana. (Magkos & Yannakoulia 2003.)

Ravintopäiväkirjoihin kirjattiin ruokailun aika, paikka sekä syödyt ravintoaineet sekä niiden laatu määrä mahdollisimman tarkasti. Ruokien punnitsemista tai mittaamista keittiömitoilla suositeltiin. Analysoinnin helpottamiseksi ja luotettavuuden lisäämiseksi tutkittavia kehotettiin lähettämään vähintään kolme valokuvaa syömistään aterioista sekä liittämään ruokapäiväkirjaan ruokien valmistusreseptit.

Ruokapäiväkirjojen analysoinnissa käytettiin Nutri-Flow -ravintotulkkiohjelmaa (Nutri-Flow Oy, Oulu), joka kertoo eri ravintoaineiden jakautumisen ruokavaliossa, ruokien energiamäärät sekä vitamiinien ja kivennäisaineiden saannin. Tässä tutkimuksessa keskityttiin ainoastaan energian ja makroravintoaineiden saantiin. Energian ja makroravintoaineiden määristä tilastoitiin absoluuttiset ja suhteelliset painokiloa kohden lasketut arvot sekä markoravintoaineiden suhteelliset osuudet kokonaisenergiansaannista.

Harjoituspäiväkirjoihin merkittiin mahdollisimman tarkasti jokaisen viiden päivän aikana tehdyn harjoituksen kesto ja sisältö. Tutkittavia kehotettiin kirjaamaan päiväkirjaan mahdollisuuksien mukaan myös harjoituksen koettu rasitustaso asteikolla 1–10, juoksumatka ja -nopeus sekä keski- ja maksimisyke.

Aktiivisuuspäiväkirjalla pyrittiin selvittämään harjoittelun ulkopuolisen fyysisen aktiivisuuden sekä unen määrää. Tutkittavat arvioivat päiväkirjaan viiden päivän keskiarvoajankulutuksen valmiiksi annetuista arkitoimintovaihtoehdoista. Lisäksi heillä oli mahdollisuus käyttää kohtaa ”muu fyysinen aktiivisuus”, mikäli vastausvaihtoehdoista ei löytynyt sopivaa vaihtoehtoa.

Energiankulutuksen arvioinnissa käytettiin lepoenergiankulutuksen (REE, resting energy expenditure) määrittämiseen Loucks (2010) urheilijoille suosittelemaa kaavaa: REE (kcal/vkr) = FFM x 30 kcal/vkr, jossa FFM viittaa kehon rasvattomaan massaan (Loucks 2010, Ilander 2014c, 36 mukaan). Arviota lepoenergiankulutuksen määrittämiseen voidaan kuitenkin pitää

vain suuntaa antavana, sillä se ei esimerkiksi huomioi lepoenergiankulutuksen yksilöllisyyteen vaikuttavia geneettisiä eroja (Ilander 2014c, 36). Myös kroonisessa energiavajeessa olevilla henkilöillä REE on normaalia alhaisempi (De Souza ym. 2008).

Fyysisen aktiivisuuden aiheuttama energiankulutus määritettiin Ainsworthin ym. (2011) laatimien MET-taulukoiden avulla. MET-arvot (metabolic equivalent), ilmoittavat kuinka moninkertaisesti suoritusteho ylittää lepoenergiankulutuksen. Tutkimuksessa käytettiin kullekin tutkittavalle laskettuja yksilöllisiä ja rasvattomaan massaan perustuvia REE-arvoja. Energiankulutuksen arvioiden tulkinnassa on kuitenkin huomioitava, etteivät taulukoiden MET-arvot huomioi eroja kehon painossa, rasvan määrässä, iässä, sukupuolessa, liikkumisen tehokkuudessa tai taloudellisuudessa eivätkä ympäristön olosuhteissa. Siten yksilölliset erot voivat olla suuria, ja yksilön todellinen energiankulutus voi olla lähellä tai kaukana ilmoitetusta MET-arvosta. (Ainsworth ym. 2011.)

Arvioitujen energiansaannin (EI) ja -kulutuksen arvojen perusteella laskettiin tutkittavien energiatasapaino (EB) sekä absoluuttinen ja painokiloja kohti ilmoitettu energian saatavuus (EA), jota pidetään energiatasapainoa luotettavampana urheilijan energiansaannin riittävyyden osoittajana (Loucks 2013). Energiatasapaino laskettiin kaavalla EB = EI – TEE, jossa TEE kuvaa kokonaisenergiankulutusta eli lepoaineenvaihdunnan sekä fyysisen aktiivisuuden ja harjoittelun aiheuttaman lisäenergiankuluksen summaa. EA puolestaan selvitettiin vähentämällä EI:stä harjoittelun energiankulutus ja jakamalla erotus tutkittavan rasvattomalla massalla.

8.3.3. Verinäytteet

Jokainen mittauspäivä aloitettiin noin kello 8:00 otetulla paastoverinäytteellä. Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksen laboratoriomestari vastasi näytteen ottamisesta ja käsittelystä. Kyynärlaskimonäytteistä analysoitiin veren hemoglobiinin, hematokriitin, estrogeenin, sukupuolihormoneja sitova globuliinin (SHBG) ja kortisolin sekä seerumin kokonaistestosteronin pitoisuudet. Lisäksi otettiin sormenpääverinäyte, jota käytettiin verikaasujen analysoimiseksi. Tämän tutkimuksen tarkoituksiin käytettiin ainoastaan veren hormonipitoisuuksia.

5 ml kyynärlaskimonäyte seerumin hormonipitoisuuksien määrittämiseksi otettiin VACUETTE-geeliseerumiputkeen (Greiner-Bio-One GmbH, Kremsmünster, Austria). Näytteet sentrifugoitiin 3600 rpm 10 minuutin ajan Magafuge 1.0 R -sentrifugilla. Seerumit pakastettiin -20 °C odottamaan analysointia. Näytteet analysoitiin Siemens Immulite 2000 XPi -analysaattorilla (Siemens Healthcare LIanberis, United Kingdom). Hormonikonsentraatiot määritettiin kemiluminometrisellä immunologisella analyysimenetelmällä. Menetelmän erottelukyky on 0,5 nmol/l seerumin testosteronille, 5,5 nmol/l kortisolille, 0,2 nmol/l SHBG:lle ja 55 pmol/l estrogeenille. Variaatiokertoimet puolestaan olivat testosteronille 13,0 %, kortisolille 9,4 %, SHBG:lle 6,5 % ja estrogeenille 16 %. (Puurtinen 2016.)

8.3.4 Kehonkoostumus

Tutkittavien pituus ja aamupaino määritettiin paastoverinäytteiden yhteydessä. Pituus mitattiin mittanauhalla 0,5 cm tarkkuudella ja paino alusvaatteissa vaaálla 0,1 kg tarkkuudella. Pituuden ja painon avulla laskettiin tutkittavan painoindeksi (BMI) jakamalla paino (kg) pituuden neliöllä (m^2).

Tutkittavien kehonkoostumus määritettiin kaksi-energisellä röntgen-absorptiometrialla (DXA, dual energy X-ray absorptiometry) sekä kehon rasvaprosentti 4-pisteen ihopoimumenetelmällä (Durnin & Womersley, 1974), jossa mittauspaikat olivat ojentajan, hauiksen, lavanaluksen ja suoliluunharjun ihopoimut kehon oikealta puolelta. 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. Sama mittaushenkilö suoritti kehonkoostumuksen mittauksen molemmilla mittauskerroilla tulosten vertailtavuuden maksimoimiseksi. DXA- ja pihtimittaukset suoritettiin aamupäivällä 1-2 tuntia aamiaisen nauttimisesta.

DXA:n toiminta perustuu kehon läpi välittyvien korkea- ja matalaenergisten säteilyhiukkasten vaimenemisen mittaamiseen, minkä perusteella voidaan jakaa tieto kehonkoostumuksesta kolmeen osaan, rasvamassaan, rasvattomaan massaan ja luumassaan. Tässä tutkimuksessa

käytetylle Lunar Prodigy DXA -laitteelle (GE Lunar Prodigy Advance, Madison, WI, USA) variaatiokertoimet ovat koko kehon massalle 0,63 %, rasvattomalle massalle 1,1 %, rasvamassalle 2,0 % ja luumassalle 1,1 % (Kiebzak ym. 2000). Garthen ym. (2011) tutkimuksessa arvioitiin Lunar Prodigy DXA laitteen toistettavuutta kymmenellä urheilijalla, jotka suorittivat kaksi mittausta 24 tunnin sisään. Variaatiokertoimeksi saatiin 3 % rasvamassalle ja 0,7 % rasvattomalle massalle. Luuntiheyden on havaittu laskevan Lunar Prodigy DXA -laitteella painonpudotuksen myötä ilman, että luustossa tapahtuisi todellisia muutoksia (Tothill 2005). DXA-mittauksen tuloksista tilastoitiin tutkittavien rasvaprosentti (Tissue Fat %), luun mineraalitiheys (BMD, bone mineral density), rasvamassa (FM, fat mass) sekä rasvaton massa (FFM, fat free mass).

Rasvaprosentin määritys ihopoimujen avulla tapahtui laskemalla mitattujen ihopoimujen paksuudet (0,2 mm tarkkuudella) yhteen ja sijoittamalla saatu summa Durnin & Womersleyn (1974) laatimaan ennusteyhtälöön. Jokaisen poimun paksuus mitattiin kolmeen kertaan, joista laskettua keskiarvoa käytettiin tuloksena. Yhtälö ja mittaajan tekniikka vaikuttavat tulokseen, minkä takia eri mittaajien saamat tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia. Ihopoimumittaus soveltuu kuitenkin hyvin esimerkiksi laihduttamisen seurantaan. (Fogelholm 2007, 48–50.)

Ihopoimumittauksessa mittaus perustuu tietoon, että koko kehon rasvasta noin puolet sijaitsee ihonalaisena rasvakudoksena. Ihonalaisen rasvakudoksen jakautuminen eri puolille kehoa kuitenkin vaihtelee eri ihmisten välillä, joten mittauspaikkojen valitseminen vaikuttaa tulokseen. (Fogelholm 2007, 48–50.) Mitattavan ihopoimun paksuudessa on mukana ihon ja ihonalaisen rasvakudoksen paksuus. Ihokerrosten paksuus on yhteensä noin 1,8 mm, mutta eri henkilöiden ja mittauskohtien välillä on vaihtelua. Ihonalainen rasvakudos sisältää rasvasoluja, joissa on triglysereiden lisäksi verisuonia, hermoja ja kudosnestettä sisältävää sidekudosta. Pihtien aiheuttama paine vähentää kudosnesteen määrää mittauskohdassa, joten turvotus ei vaikuta saatuun mittaustulokseen. Paineen vaikutuksesta jotkin rasvasolut saattavat kuitenkin liukua pois pihtien välistä. (Roche 1996, 167–179.) Ihopoimumittauksia käytettiin tässä tutkimuksessa vain vertailutarkoituksessa DXA:n antaessa päätulokset.

8.3.5 Suorituskykytestit

Suorituskykytestit aloitettiin omatoimisella alkuverryttelyllä välittömästi kehonkoostumusmittausten jälkeen. Tämän jälkeen tutkittavat suorittivat maksimaalisen juoksunopeuden testin juoksemalla kaksi 50 metrin maksimikiihdytystä. Kiihdytyksen ajalta mitattiin valokennojen avulla 0,01 s tarkkuudella sekä 30 metrin kiihdytysaika sekä lentävällä lähdöllä juostuun 20 metriin käytetty aika. Nopeusmittausten tuloksia ei käytetty tässä tutkimuksessa.

Kestävyyssuorituskyvyn testinä toimi pitkä suora maksimaalisen hapenoton testi, joka suoritettiin Jyväskylän yliopiston Liikunta-rakennuksen juoksumatolla. Testi suoritettiin tutkittavan itse valitsemana ajankohtana kello 11:00 ja 16:00 välillä. Ennen varsinaisen mittauksen alkua punnittiin tutkittavan sen hetkinen paino ja suoritettiin 10 min juoksumattoverryttely nopeudella 10 km/h. Verryttelyn aikana testattava totutettiin myös reippaampaan juoksuvauhtiin kiihdyttämällä maton vauhti 20 sekunniksi nopeudelle 15 km/h. Lämmittelyn jälkeen tutkittavat suorittivat 8-10 maksimaalista vertikaalihyppyä, joiden tuloksia ei käytetty tämän tutkimuksen analysoinnissa.

Juoksumattotestissä käytettiin niin sanottua nopeusmallia eli 1 asteen vakiokulmaa sekä kolmen minuutin kuormitusportaita kiihtyvällä vauhdilla. Aloituskuormana käytettiin nopeutta 10 km/h ja kuormitusportaan nostona 1 km/h. Syke talletettiin kunkin kuorman viimeisen 15 s keskiarvona ja sen mittaamiseen käytettiin Polar RC3GPS-sykemittaria. Kuormien välissä sekä 1, 3 ja 5min viimeisen kuorman päättymisen jälkeen otettiin sormenpääverinäyte, josta analysoitiin veren laktaattipitoisuus laktaattianalysaattorilla (EKF diagnostic laktaatti / glukoosi, BIOSEN Cline Sport 2). Juoksumatto pysäytettiin näytteen ottamisen ajaksi, minkä vuoksi tutkittavilla oli mahdollisuus käyttää palautumiseen keskimäärin 20 sekuntia kunkin kuorman suoritusajasta.

Hengityskaasujen mittaamiseen käytettiin Oxygon Pro -hengityskaasuanalysaattorin ”Breath by breath” -toimintoa, jolla mitattiin ventilaatio, hapenkulutus ja hiilidioksidin tuotto erikseen jokaisesta hengityksestä. Nämä arvot muutettiin yksikköön 1/min. Hengityskaasuanalysaattori kalibroitiin ennen jokaista testiä. Juoksumatto ei ollut kalibroitavissa eikä sen edellisen kalibroinnin ajankohdasta ole tietoa.

Testin aikana mitattujen muuttujien avulla määritettiin kullekin tutkittavalle aerobinen ja anaerobinen kynnysnopeus sekä maksimaaliset aerobinen nopeus ja hapenottokyky.

Taloudellisuuden määrittämiseksi kirjattiin jokaiselta tutkittavalta ylös myös hapenkulutus submaksimaalisella nopeudella 13 km/h, joka oli kaikilla tutkittavilla alle anaerobisen kynnysnopeuden. Määrityksiin käytettiin Kuntotestauksen käsikirjan ohjeita (Nummela 2010, 64–78), ja kynnysten määrittäjä vakioitiin tutkimuksen ajaksi.

Vakio-olosuhteissa toteutettuna VO_2max-testiä voidaan pitää maksimihapenoton osalta toistettavana. Peräkkäisten testien toistettavuudeksi on määritetty 0,95. (MacDougall ym. 1991, Nummela 2010, 74 mukaan.) Mikäli kynnysten määrittäjä on kokenut eikä vaihdu mittauskertojen välillä, voidaan suoraa maksimihapenoton testiä pitää toistettavana myös aerobisen ja anaerobisen kynnyksen osalta korrelaatio kertoimen peräkkäisten testien välillä vaihdellessa välillä 0,91–0,95 (Aunola 1991, Nummela 2010, 74 mukaan).

8.3.6 Tilastolliset analysointimenetelmät

Tilastollinen analysointi suoritettiin Exel 2013 -ohjelmalla. Tuloksista laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Koska loppumittauksiin osallistuneiden määrä jäi varsin pieneksi, on analysointia suoritettu sekä absoluuttisille alkumittausmuuttujille ($n = 9$) että muutoksille, joita havaittiin molemmille mittauskerroille osallistuneilla. Ennen tarkempaa analysointia, varmistettiin mittaustuloksen likimain normaalijakaumaa noudattaviksi. Tämä toteutettiin vinouden ja huipukkuuden tunnuslukuja sekä graafisia menetelmiä hyödyntäen (Törmäkangas 2010).

Kahden kuukauden seurantajakson aikaisten muutosten tilastollisen merkitsevyyden selvittämiseksi käytettiin riippuvan otoksen t-testiä. Muuttujien väliset korrelaatiot ratkaistiin käyttämällä Pearsonin korrelaatiokerrointa. Kertoimen merkitsevyyden p-arvoina käytettiin yksisuuntaisia arvoja, sillä mahdollisten yhteyksien suunta määritettiin graafisesti (Törmäkangas 2010). Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi asetettiin $p \leq 0,05$.

9 TULOKSET

9.1 Energiansaanti ja -kulutus

Taulukko 4 kuvaa tutkittavien keskimääräistä energian ja energiaravintoaineiden saantia. Alkumittauksiin osallistuneiden keskimääräinen energiansaanti oli 2330 ± 460 kcal/vkr. Sekä kokonaisenergiansaanti että kaikkien energiaravintoaineiden absoluuttinen saanti olivat pienempiä toisella mittauskerralla, mutta ainoastaan kokonaisenergiansaannin ja painokiloihin suhteutetun proteiinien saannin muutosta voidaan pitää tilastollisesti merkitsevänä ($p \leq 0,05$). Kun tarkastellaan energiaravintoaineiden suhteellista osuutta kokonaisenergiansaannista, huomataan hiilihydraattien saannissa tilastollisesti merkitsevä 2,3 ± 2,2 % nousu kun taas rasvojen ja proteiinien osuus hiukan laski.

TAULUKKO 4. Tutkittavien energian ja energiaravintoaineiden saanti alku- ja loppumittauksissa.

	Alkumittaus kaikki (n=9)	**Alkumittaus jatkaneet (n=6)**	**Loppumittaus (n=6)**	**Muutos**	**p**	**Muutos (%)**
EI (kcal/vkr)	**2330 ± 460**	**2440 ± 410**	**2220 ± 390**	**−220 ± 200***	**0,02**	**−8,8**
EI (kcal/kg/vkr)	**44,0 ± 7,9**	**46,3 ± 4,1**	**42,4 ± 4,9**	**−3,9 ± 3,7***	**0,02**	**−8,5**
Prot (g/vkr)	**123 ± 51**	**137 ± 56**	**114 ± 27**	**−23 ± 31**	**0,06**	**−16,7**
Prot (g/kg/vkr)	**2,3 ± 0,7**	**2,6 ± 0,7**	**2,2 ± 0,3**	**−0,4 ± 0,5***	**0,05**	**−15,5**
Prot (E%)	**21,6 ± 4,0**	**22,4 ± 4,4**	**20,7 ± 2,5**	**−1,7 ± 3,1**	**0,12**	**−7,4**
HH (g/vkr)	**272 ± 42**	**273 ± 37**	**265 ± 47**	**−8 ± 39**	**0,33**	**−2,6**
HH (g/kg/vkr)	**5,2 ± 1,0**	**5,2 ± 1,0**	**5,1 ± 1,1**	**−0,1 ± 0,092**	**0,38**	**−1,8**
HH (E%)	**50,1 ± 9,7**	**46,4 ± 6,5**	**48,7 ± 6,3**	**2,3 ± 2,2***	**0,03**	**5,0**
Rasva (g/vkr)	**71,3 ± 28,5**	**83,4 ± 23,7**	**75 ± 20**	**−8,4 ± 18,9**	**0,17**	**−9,7**
Rasva (g/kg/vkr)	**1,2 ± 0,5**	**1,6 ± 0,35**	**1,4 ± 0,3**	**−0,2 ± 0,37**	**0,18**	**−9,6**
Rasva (E%)	**28,3 ± 9,0**	**31,2 ± 6,0**	**30,1 ± 4,6**	**−1,1 ± 5,1**	**0,39**	**−2,1**

EI, energiansaanti (Energy Intake); Prot, proteiinien saanti; HH, hiilihydraattien saanti; p, muutoksen merkitsevyyden tunnusluku; * muutos tilastollisesti merkitsevä ($p \leq 0,05$)

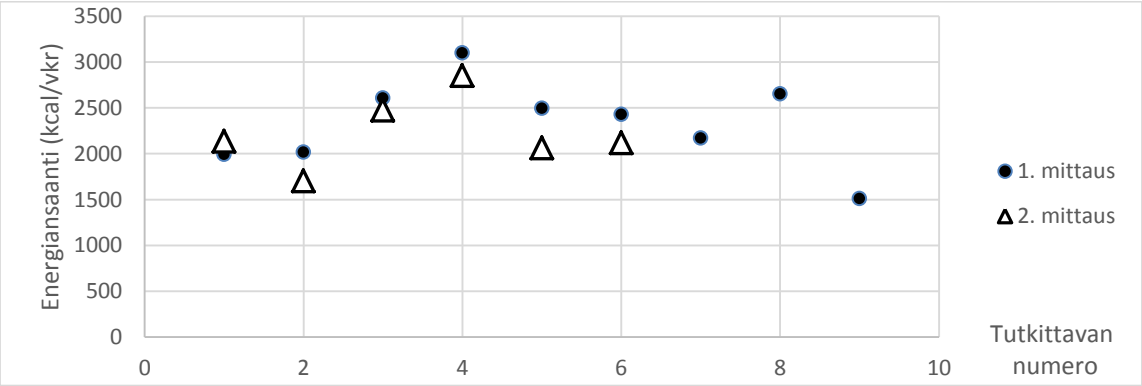
Tutkittavien keskimääräiset energian saanti, kulutus ja saatavuus sekä energiatasapaino esitetään taulukossa 5. Alkumittausten perusteella havaittiin tutkittavien kokonaisenergiankulutukseksi 2750 ± 420 kcal/vkr, energiatasapainoksi –420 ± 600 ja painokiloihin suhteutetuksi energian saatavuudeksi 32,7 ± 10,4. Mittauskertojen välillä

havaitaan negatiivisia muutoksia sekä energiansaannin, -kulutuksen ja saatavuuden sekä energiatasapainon suhteen. Ainoastaan energiansaannissa tapahtuneita muutoksia voidaan pitää tilastollisesti merkitsevinä ($p \leq 0{,}05$). Kuvio 2 kuvaa erikseen jokaisen tutkittavan kokonaisenergiansaantia ja siinä tapahtuneita muutoksia.

TAULUKKO 5. Tutkittavien energian saanti, kulutus ja saatavuus sekä energiatasapaino alku- ja loppumittauksissa.

	Alkumittaus kaikki (n=9)	**Alkumittaus jatkaneet (n=6)**	**Loppumit-taus (n=6)**	**Muutos**	**p**	**Muutos (%)**
EI (kcal/vkr)	**2330 ± 460**	**2440 ± 410**	**2220 ± 390**	**−220 ± 200***	**0,02**	**−8,8**
REE (kcal/vkr)	**1370 ± 160**	**1330 ± 160**	**1350 ± 150**	**20 ± 20**	**0,06**	**1,3**
EEE (kcal/vkr)	**850 ± 260**	**880 ± 210**	**690 ± 110**	**−190 ± 310**	**0,12**	**−22,0**
PAEE (kcal/vkr)	**520 ± 390**	**620 ± 390**	**630 ± 350**	**6 ± 510**	**0,49**	**1,0**
TEE (kcal/vkr)	**2750 ± 420**	**2830 ± 450**	**2660 ± 470**	**−170 ± 440**	**0,45**	**−6,0**
EB (kcal/vkr)	**−420 ± 600**	**- 390 ± 510**	**–440 ± 160**	**−50 ± 550**	**0,28**	**−11**
EA (kcal/vkr)	**1480 ± 460**	**1560 ± 370**	**1540 ± 390**	**−20 ± 240**	**0,13**	**−1,4**
EA (kcal/kg)	**32,7 ± 10,4**	**35,0 ± 6,3**	**33,8 ± 5,4**	**−1,2 ± 5,8**	**0,15**	**−3,3**

EI, energiansaanti (Energy Intake); REE, lepoenergiankulutus (Rest Energy Expenditure); EEE, harjoituksen aiheuttama energiankulutus (Exercise Energy Expenditure); PAEE, harjoittelu ulkopuolisen fyysisen aktiivisuuden aiheuttama energiankulutus (Physical Activity Energy Expenditure); TEE, kokonaisenergiankulutus (Total Energy Expenditure); EB, energiatasapaino (Energy Balance); EA, energian saatavuus (Energy Availability); p, muutoksen tilastollisen merkitsevyyden tunnusluku; * muutos tilastollisesti merkitsevä ($p \leq 0{,}05$)



KUVIO 2. Alku- ja loppumittauksen arvioitu energiansaanti eri koehenkilöillä.

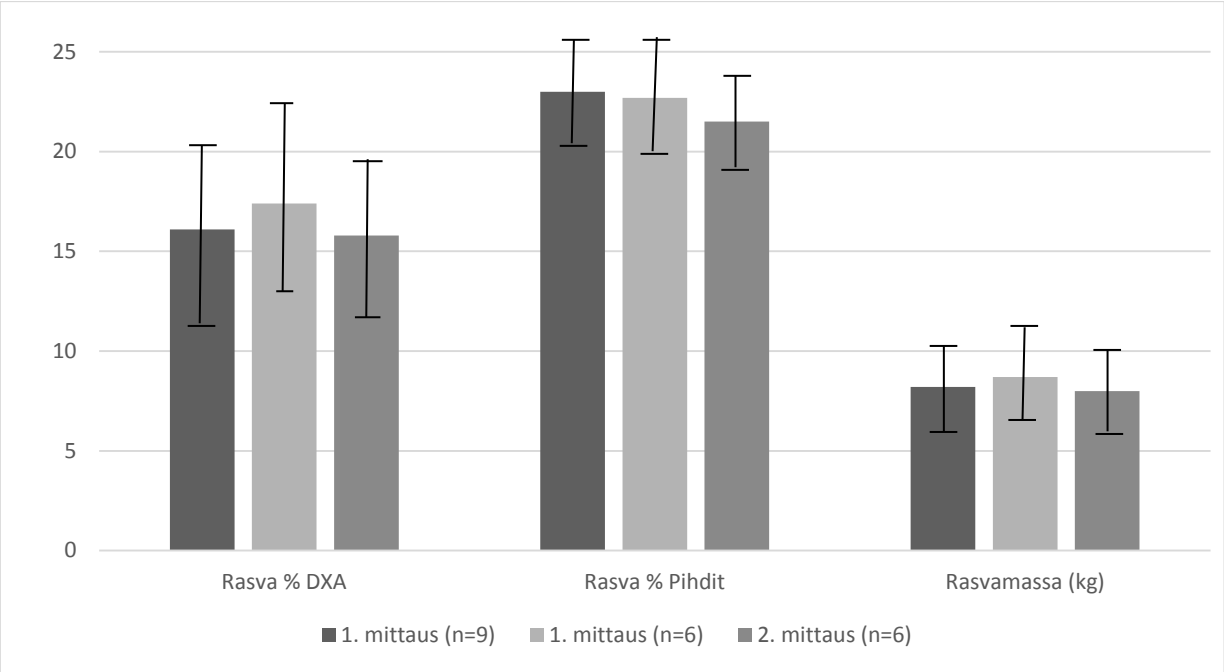
9.2 Kehonkoostumus

Taulukkoon 6 on koottu tutkimuksen aikana mitatut tärkeimmät kehonkoostumusmuuttujat. Alkumittauksissa havaittiin kesimääräiseksi aamupainoksi 53,0 ± 5,1 kg, painoindeksiksi 19,4 ± 1,4 kg/m^2 ja rasvaprosentiksi 16,1 ± 4,1 %. Pituus, paino, BMI ja BMD pysyivät mittaustarkkuuden rajoissa vakiona. Rasvamassassa ja -prosentissa sen sijaan havaittiin huomattavaa ($p \leq 0,05$) laskua kahden kuukauden harjoitusjakson seurauksena (kuvio 3). Rasvaton massa sitä vastoin kasvoi 0,6 ± 0,7 kg:lla, mikä on niukasti tilastollisen merkitsevyyden ulkopuolella ($p = 0,06$)

TAULUKKO 6. Tutkittavien antropometriset muuttujat alku- ja loppumittauksissa sekä niiden välillä tapahtuneiden muutosten suuruus.

	Alkumittaus kaikki (n=9)	**Alkumittaus jatkaneet (n=6)**	**Loppumittaus (n=6)**	**Muutos**	**p**	**Muutos (%)**
Pituus (cm)	**165,0 ± 3,5**	**164,7 ± 4,2**	**164,7 ± 4,2**	**0**	**0**	**0**
Aamupaino (kg)	**53,0 ± 5,1**	**52,4 ± 5,2**	**52,3 ± 5,4**	**−0,1 ± 1,1**	**0,40**	**−0,2**
BMI (kg/m^2)	**19,4 ± 1,4**	**19,3 ± 1,3**	**19,3 ± 1,2**	**0 ± 0,4**	**0,38**	**−0,3**
Rasva% pihdeillä	**23,0 ± 2,4**	**22,7 ± 2,7**	**21,5 ± 2,3**	**−1,2 ± 2,6**	**0,15**	**–5,3**
Rasva% DXA	**16,1 ± 4,1**	**17,4 ± 4,5**	**15,8 ± 3,9**	**−1,6 ± 1,3***	**0,02**	**−8,9**
Rasvamassa (kg)	**8,2 ± 1,9**	**8,8 ± 2,1**	**8,0 ± 2,0**	**−0,8 ± 0,7***	**0,03**	**−8,7**
Rasvaton massa (kg)	**45,6 ± 5,4**	**44,4 ± 5,2**	**45,0 ± 5,1**	**0,6 ± 0,7**	**0,06**	**1,3**
BMD (g/cm^3)	**1,22 ± 0,10**	**1,23 ± 0,05**	**1,24 ± 0,06**	**0,01 ±0,03**	**0,28**	**0,5**

BMI, painoindeksi (Body Mass Index); BMD, luun mineraalitiheys (Bone Mineral Density); p, muutoksen tilastollisen merkitsevyyden tunnusluku; *muutos tilastollisesti merkitsevä ($p \leq 0,05$)



KUVIO 3. Tutkittavien rasvaprosentti ja -massa tutkimuksen aikana.

9.3 Hormonipitoisuudet

Hormonipitoisuuksien viitearvot, alku- ja lopputasot sekä muutokset on esitetty taulukossa 7. Määritykset suoritettiin ainoastaan molemmat tutkimuskerrat läpikäyneille tutkitaville. Alkumittausten perusteella keskimääräiset hormonipitoisuudet olivat seuraavat: testosteroni 1,36 ± 1,07, kortisoli 715 ± 917, SHBG 172 ± 174 ja estogeeni 0,19 ± 0,08 nmol/l. Yksittäisiä arvoja tarkastellessa havaitaan sekä alku- että loppumittauksissa viitearvojen ylittävät arvot SHBG:n ja kortisolin osalta. Yhden koehenkilön testosteronipitoisuus alittaa viitearvot molemmilla mittauskerroila. Ryhmien keskiarvotarkkailussa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia seurantajakson aikana. Testoteronissa, kortisolissa ja SHBG:ssä havaittiin pitoisuuden lievää laskua kun taas estrogeenipitoisuus hiukan nousi.

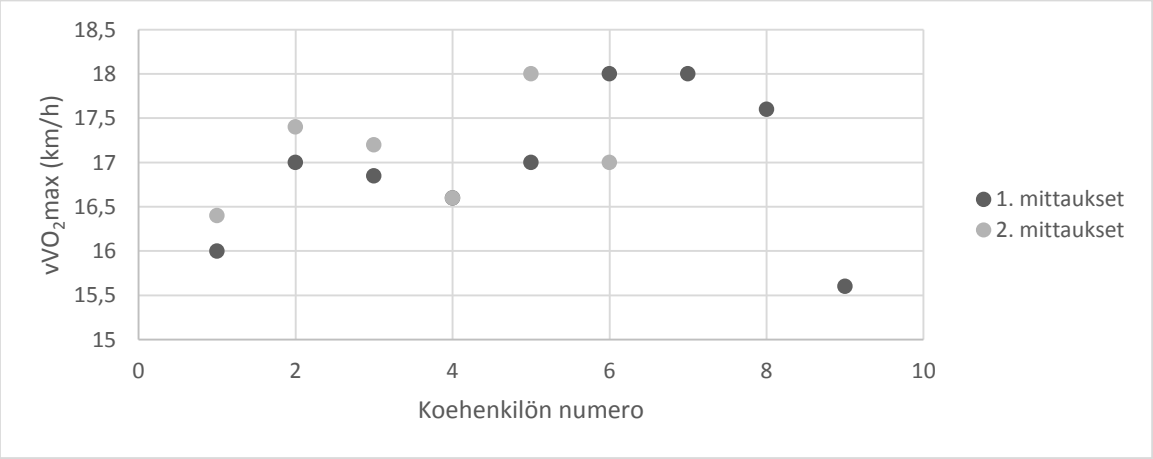
TAULUKKO 7. Tutkittavien keskimääräiset hormonipitoisuudet sekä niiden muutokset kahden kuukauden harjoittelujakson myötä.

	Viitearvot[a]	Alkumittaus (n=6)	Loppumittaus (n=6)	Muutos	p	Muutos (%)
Testosteroni (nmol/l)	**0,4–2,0**	**1,36 ± 1,07**	**1,18 ± 0,72**	**–0,17 ± 0,65**	**0,28**	**–12,3**
Kortisoli (nmol/l)	**150–650**	**715 ± 197**	**659 ± 87**	**–57 ± 207**	**0,27**	**–7,9**
SHBG (nmol/l)	**19–101**	**172 ± 174**	**151 ± 148**	**–21 ± 48**	**0,17**	**–12,1**
Estrogeeni (nmol/l)	**0,11–0,77**	**0,19 ± 0,08**	**0,19 ± 0,07**	**0 ± 0,05**	**0,41**	**2,7**

[a], viitearvot määritetty sukukypsille naisille ennen postmenopaussia (Hämäläinen 2013; 2016a; 2016b; 2016c); p, muutoksen tilastollisen merkitsevyyden tunnusluku.

9.4 Kestävyyssuorituskyky

Taulukko 8 esittää tuloksia suoran maksimaalisen hapenoton testistä ja kuvio 4 yksilöllisen vaihtelun mitatuissa aerobisen maksiminopeuden arvoissa. Tutkittavien kesimääräinen VO_2max oli alkumittauksissa 59,0 ± 3,9 ml/kg/min ja maksimaalinen aerobinen nopeus 17,0 ± 0,8 km/h. Nopeudella 13 km/h keskimääräinen hapenkulutus oli 47,7 ± 2,9 ml/kg/min. Loppumittauksissa havaittiin hapenottoon liittyvät muutokset keskimäärin hiukan negatiivisiksi kun taas maksimaalisen aerobisen nopeuden ja anaerobisen kynnysnopeuden osalta huomataan lievää nousua. Näitä muutoksia ei kuitenkaan voida pitää tilastollisesti merkitsevinä ($p \geq 0,19$).



KUVIO 4. Tutkittavien maksimaalinen aerobinen nopeus (vVO_2max) ensimmäisellä ja toisella mittauskerralla.

TAULUKKO 8. Tärkeimmät suorassa maksimaalisen hapenottokyvyn testissä mitatut muuttujat.

	Alkumittaus kaikki (n=9)	Alkumittaus jatkaneet (n=6)	Loppumittaus (n=6)	Muutos	p	Muutos (%)
vVO_2max (km/h)	17,0 ± 0,8	16,9 ± 0,7	17,1 ± 0,6	0,2 ± 0,7	0,26	1,3
VO_2max (ml/kg/min)	59,0 ± 3,9	60,2 ± 3,9	59,0 ± 3,7	0,07 ± 0,20	0,27	−2,1
VO_2max (l/min)	3,1 ± 0,2	3,2 ± 0,8	3,1 ± 0,3	−1,2 ± 4,5	0,22	−2,0
AnK (km/h)	14,2 ± 0,9	14,2 ± 0,5	14,2 ± 0,5	0 ± 0,5	0,50	0
AnK (ml/kg/min)	51,7 ± 2,6	52,0 ± 3,0	51,4 ± 2,2	−0,6 ± 3,5	0,35	−1,1
$VO_2$13 km/h (ml/kg/min)	47,7 ± 2,9	48,4 ± 2,3	47,4 ± 1,6	−1,0 ± 2,9	0,22	−2,0
$VO_2$13km/h (l/min)	2,5 ± 0,2	2,5 ± 0,2	2,5 ± 0,2	−0,05 ± 0,13	0,19	−2,0

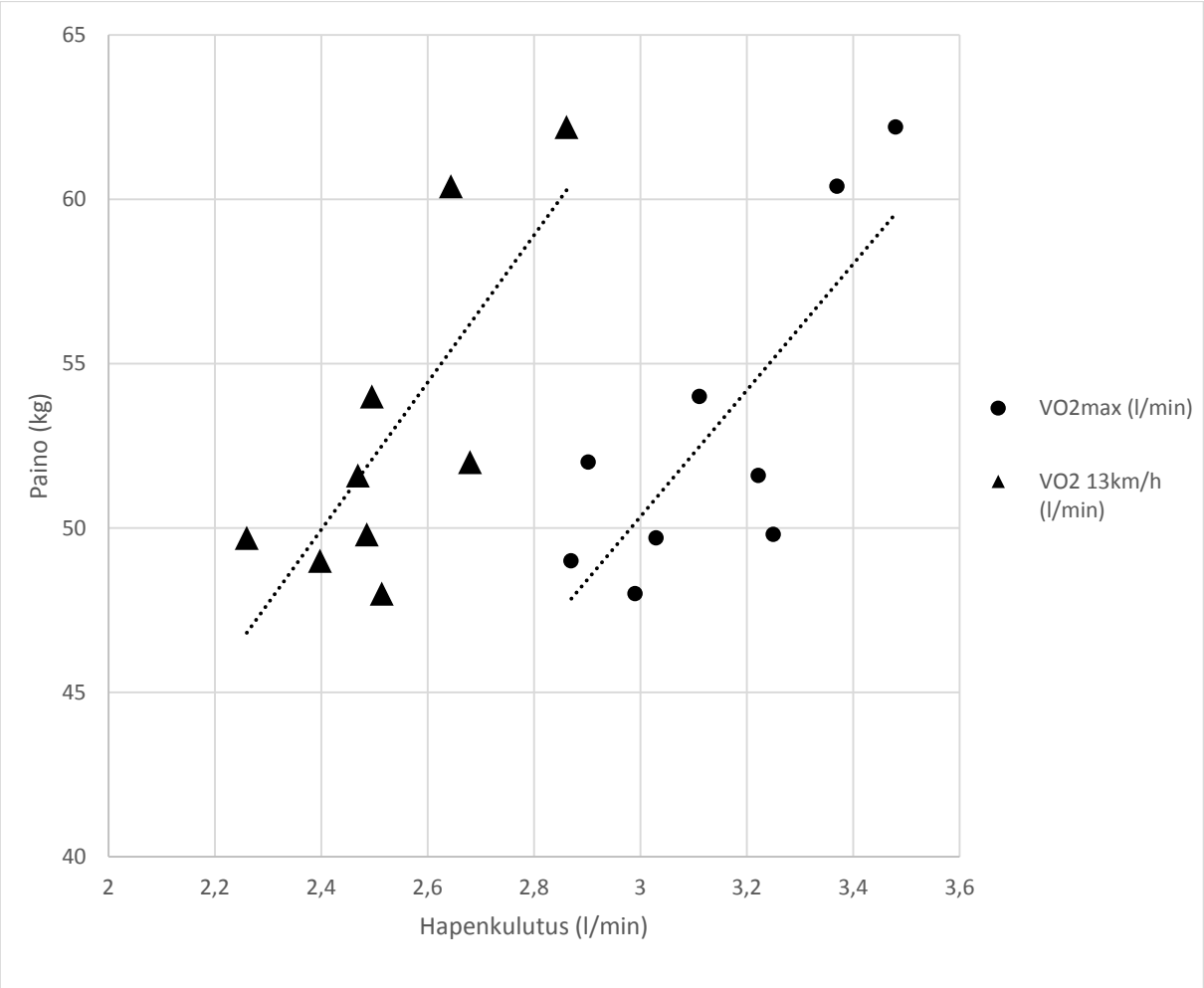
vVO_2max, maksimaalinen aerobinen nopeus; VO_2max, maksimaalinen hapenotto; AnK, anaerobinen kynnys; $VO_2$13km/h, hapenotto juoksumaton nopeudella 13 km/h.

9.5 Mitattujen muuttujien väliset yhteydet

Mitattujen muuttujien välisiä yhteyksiä on tarkasteltu Pearsonin korrealaatiokertoimen avulla. Tarkastelu on suoritettu sekä alkumittauksissa havaituille yhdeksältä tutkittavalta mitatuille absoluuttisille arvoille että kuudella tutkittavalla havaittuihin muutoksiin kahden kuukauden harjoitusjakson seurauksena.

9.5.1 Kehonkoostumuksen yhteys kestävyyssuorituskykyyn

Tutkittavien alkumittauksien aikainen paino ja BMI korreloivat merkitsevästi absoluuttisen hapenkulutuksen arvoihin. Raskaammat tutkittavat kuluttivat enemmän happea sekä maksimaalisesti ($r = 0,80$, $p = 0,003$) että nopeudella 13 km/h ($r = 0,84$, $p = 0,002$). Kehon painoon suhteutettu VO_2max puolestaan oli merkitsevästi heikompi massan ollessa suurempi ($r = -0,63$, $p = 0,02$). Testin maksiminopeuteen kehon paino ei puolestaan vaikuttanut. Maksiminopeus ei myöskään korreloinut mitattuun maksimihapenoton arvoon. Kuvio 5 osoittaa hapenkulutuksen kasvun suhteessa painon muutoksiin.



KUVIO 5. Maksimaalinen (VO_2max) ja juoksumaton nopeudella 13 km/h mitattu hapenkulutus (VO_2 13km/h) suhteessa tutkittavan painoon alkumittausten suoran hapenoton testin perusteella.

Rasvaprosentin havaittiin korreloivan sekä maksimaaliseen aerobiseen nopeuteen ($r = -0{,}61$, $p = 0{,}04$) että kehon painokiloihin suhtetettuun maksimaaliseen hapenottokykyyn ($r = -0{,}51$, $p = 0{,}08$). Lisäksi rasvaprosentin pienenemisellä havaittiin lievä hapenkulutusta laskeva vaikutus nopeudella 13 km/h ($r = 0{,}59$, $p = 0{,}11$). Rasvaprosentin muutokset eivät kuitenkaan korreloineet merkittävästi maksimaalisiin hapenoton tai aerobisen nopeuden arvoihin. Sen sijaan rasvattoman massan muutoksella havaittiin voimakas yhteys vVO_2max:iin ($r = 0{,}84$, $p = 0{,}02$), mutta ei hapenottokykyyn. Taulukkoon 9 on koottu merkittävimmät korrelaatiot kehonkoostumuksen ja kestävyysjuoksusuorituskyvyn välillä.

TAULUKKO 9. Kehonkoostumuksen ja kestävyysjuoksusuorituskyvyn yhteydet tutkimuksen alkumittauksissa (n = 9).

Kehonkoostumus-muuttuja	Suorituskyky-muuttuja	r	p
Paino (kg)	**VO_2max (l/min)**	**0,80****	**0,003**
Paino (kg)	**VO_2max (ml/kg/min)**	**−0,63***	**0,02**
Paino (kg)	**VO13km/h (l/min)**	**0,84****	**0,002**
Rasvaprosentti (%)	**vVO_2max (km/h)**	**−0,61***	**0,04**
Rasvaprosentti (%)	**VO_2max (ml/kg/min)**	**−0,51**	**0,08**
Rasvaprosentin muutos (%)	**VO13km/h:n muutos (l/min)**	**0,59**	**0,11**
FFM muutos (kg)	**vVO_2max muutos (km/h)**	**0,84***	**0,02**

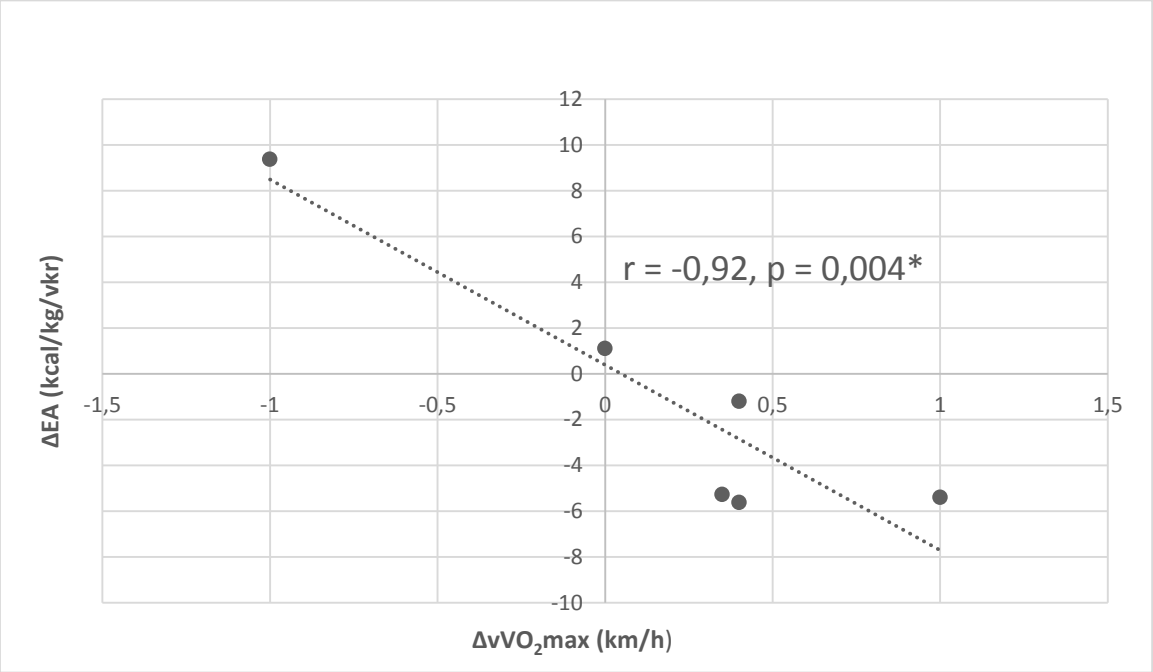
r, Pearsonin korrelaatiokerroin, p, korrelaatiokertoimen merkitsevyyden tunnusluku; VO_2max, maksimaalinen hapenottokyky; vVO_2max, maksimaalinen aerobinen nopeus; VO13km/h, hapenkulutus juoksumaton nopeudella 13 km/h;* $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, muuttujien välinen korrelaatio tilastollisesti merkitsevä.

9.5.2 Energiatasapainon yhteys kehonkoostumukseen ja suorituskykyyn

Energiatasapainon (EB) ja energian saatavuuden (EA) havaittiin korreloivan voimakkaasti keskenään ($r = 0,80$, $p = 0,006$) ja niissä tapahtuneiden muutosten korrelaatio oli lähes täydellinen ($r = 0,998$, $p < 0,001$). Tulosten tulkinnassa niitä voidaan täten pitää likimain tasavertaisina muuttujina kuvaamaan tutkittavien energiatasapainoa.

Alkumittausten perusteella tutkittavien energian saanti, kulutus ja saatavuus korreloivat hyvin heikosti kehonkoostumus- ja suorituskykymuuttujien kanssa eikä tilastollisesti merkitseviä muutoksia havaittu. Myöskään eri energiaravintoaineiden määrällä suhteessa kehon painoon ei ollut yhteyttä muihin mitattuihin arvoihin.

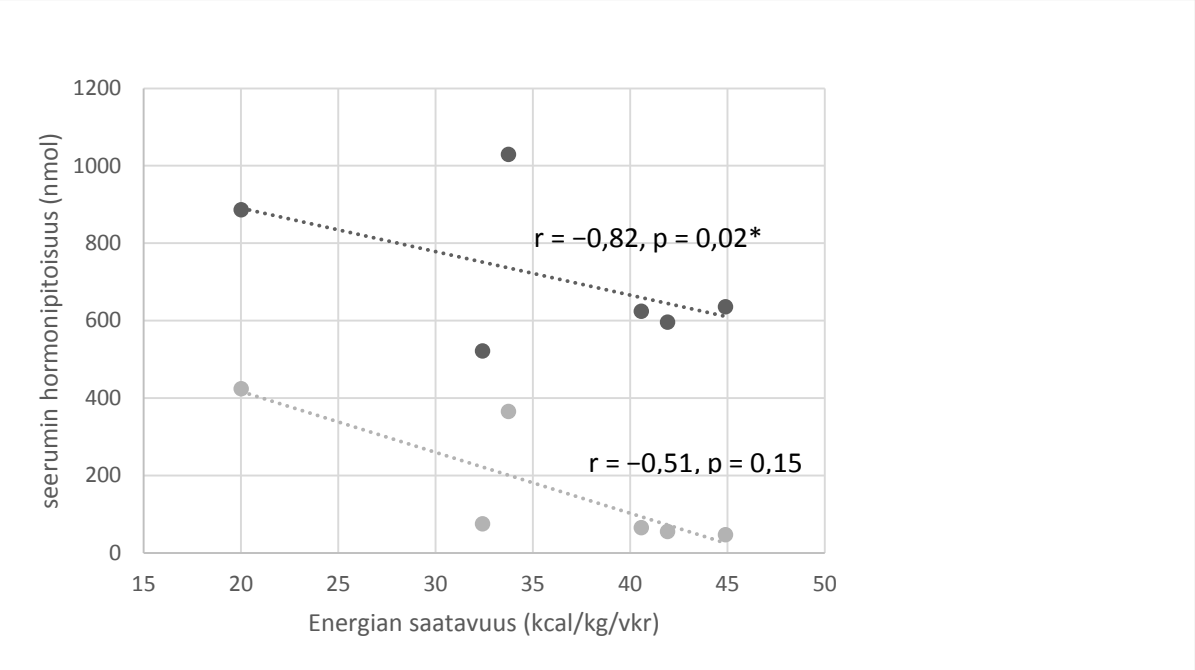
Energian saatavuudessa ja maksimaalisessa aerobisessa nopeudessa tapahtuneiden muutosten välillä havaittiin hyvin voimakas negatiivinen korrelaatio ($r = -0,92$, $p = 0,004$). Yhteyttä havainnollistetaan kuviossa 6. Korrelaatio näkyi hieman heikompana myös maksimaalisen hapenkulutuksen absoluuttisissa ($r = -0,65$, $p = 0,08$) ja kehonpainokiloihin suhteutetuissa arvoissa ($r = -0,55$, $p = 0,13$). Lukuun ottamatta heikohkoa negatiivista korrelaatiota ($r = -0,57$, $p = 0,12$) luun mineraalitiheyden muutoksiin, eivät EA:n muutokset olleet yhteydessä tutkittavien kehonkoostumuksessa tapahtuneisiin muutoksiin.



KUVIO 6. Energian saatavuuden ja maksimaalisen aerobisen nopeuden muutokset suhteessa toisiinsa. ΔEA, energian saatavuuden muutos; ΔvVO_2max, maksimaalisen aerobisen nopeuden muutos; r, Pearsonin korrelaatiokerroin; p = korrelaation merkitsevyys; **p ≤ 0,01 tilastollisesti merkitsevä korrelaatio.

9.5.3 Energian saatavuuden ja kehonkoostumuksen yhteydet hormonipitoisuuksiin

Alkumittauksissa havaittiin merkitsevä negatiivinen korrelaatio energian saatavuuden ja seerumin SHBG-pitoisuuden välillä (r = −0,82, p = 0,02) sekä heikompi ja tilastollisesti merkitsemätön korrelaatio energian saatavuuden ja kortisolin välillä (r = −0,51, p = 0,15). Testosteronin ja estrogeenin pitoisuudet eivät korreloineet energian saatavuuden kanssa. Kuvio 7 havainnollistaa havaittuja yhteyksiä.



KUVIO 7. Energian saatavuuden yhteys seerumin SHBG- ja kortisolipitoisuuksiin alkumittauksissa (n = 6). r, Pearsonin korrelaatiokerroin; p, korrelaation merkitsevyys; *p ≤ 0,05 tilastollisesti merkitsevä korrelaatio. Musta ympyrä = SHBG.

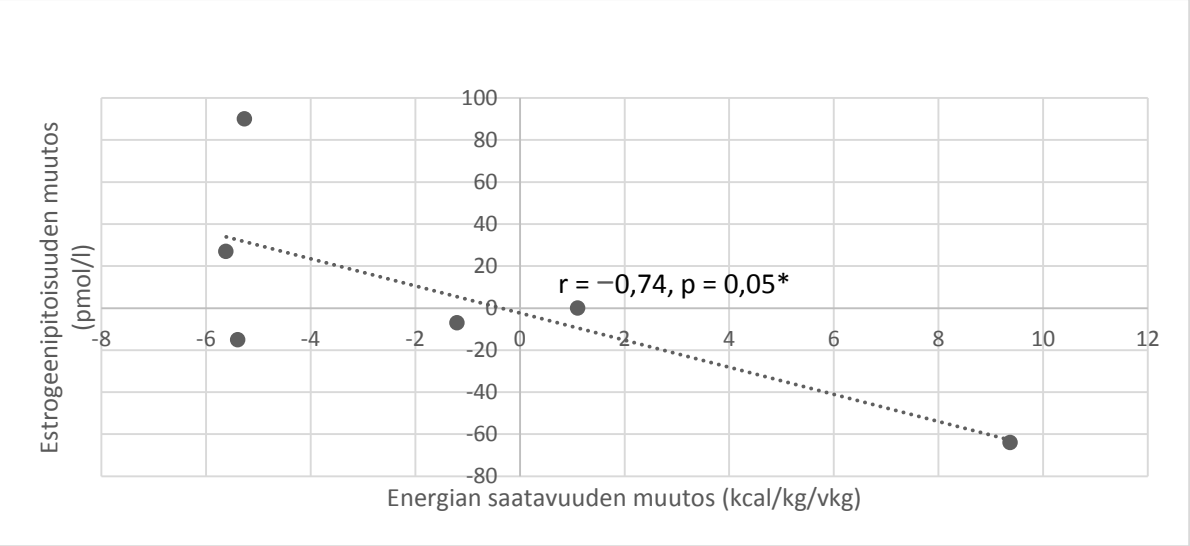
Myös painoindeksin ja rasvaprosentin havaittiin korreloivan SHBG:n ja kortisolin pitoisuuksiin, mutta ei muihin mitattuihin hormonitasoihin. Matalammat painoindeksin arvot olivat vahvasti yhteydessä suurempiin SHBG-(r = −0,70, p = 0,06) ja kortisoliarvoihin (r = −0,64, p = 0,08). Rasvaprosentilla yhteys oli päinvastainen (r = 0,54, p = 0,13 ja r = 0,69, p = 0,07). Estrogeeni- ja testosteronipitoisuuksilla ei alkumittauksissa havaittu yhteyiksiä muihin muuttujiin. Kehonkoostumusmuuttujien merkittävät yhteydet seerumin hormonipitoisuuksiin on koottu taulukoon 10.

TAULUKKO 10. Kehonkoostumusmuuttujien ja hormonipitoisuuksien välillä havaitut korrelaatiot alkumittauksissa (n=6).

Kehonkoostumusmuuttuja	Hormonipitoisuus	r	p
Painoindeksi (kg/m^2)	**SHBG (nmol/l)**	**−0,70**	**0,06**
Painoindeksi (kg/m^2)	**Kortisoli (nmol/l)**	**−0,64**	**0,08**
Rasvaprosentti (%)	**SHBG (nmol/l)**	**0,54**	**0,13**
Rasvaprosentti (%)	**Kortisoli (nmol/l)**	**0,69**	**0,07**

r, Pearsonin korrelaatiokerroin; p, korrelaation merkitsevyys; *p ≤ 0,05 tilastollisesti merkitsevä korrelaatio.

Energian saatavuudessa tapahtuneilla muutoksilla havaittiin kuvion 8 mukaisesti tilastollisesti merkitsevä ja vahva negatiivinen korrelaatio seerumin estrogeenipitoisuuksien muutokseen (r = −0,74, p = 0,05). Painoindeksin muutokset puolestaan korreloivat positiivisesti SHBG-pitoisuuksien muutoksiin (r = 0,72, p = 0,05) ja negatiivisesti muutoksiin testosteroniarvoissa (r = −0,73, p = 0,05). Rasvaprosentin pieneneminen oli yhteydessä SHBG-pitoisuuksien laskuun (r = 0,71, p = 0,06) sekä heikosti myös estrogeenitasojen nousuun (r = −0,56, p = 0,13). Taulukko 11 kokoaa merkittävimmät korrelaatiot kehonkoostumuksessa ja hormonipitoisuuksissa tapahtuneiden muutosten välillä.



KUVIO 8. r, Pearsonin korrelaatiokerroin; p, korrelaation merkitsevyys; *p ≤ 0,05 tilastollisesti merkitsevä korrelaatio.

TAULUKKO 11. Merkittävimmät yhteydet kehonkoostumuksessa ja seerumin hormonipitoisuuksissa tapahtuneiden muutosten välillä.

Kehonkoostumusmuuttuja	Hormonimuuttuja	r	p
ΔBMI (kg/m^2)	**ΔS-SHBG (nmol/l)**	**0,72***	**0,05**
ΔBMI (kg/m^2)	**ΔS-Testo (nmol/l)**	**−0,73***	**0,05**
ΔR% (%)	**ΔS-SHBG (nmol/l)**	**0,71**	**0,06**
ΔR% (%)	**ΔS-E2 (pmol/l)**	**−0,56**	**0,13**

ΔBMI, painoindeksin muutos; ΔR%, rasvaprosentin muutos; ΔS-SHBG, seerumin SHBG-pitoisuuden muutos; ΔS-Testo, seerumin testosteronipitoisuuden muutos; ΔS-E2 (pmol/l), seerumin estrogeenipitoisuuden muutos; r, Pearsonin korrelaatiokerroin; p, korrelaation merkitsevyys; *p ≤ 0,05 tilastollisesti merkitsevä korrelaatio.

10 POHDINTA

10.1 Ravitsemustila

Tutkittavien ravitsemustilaa arvioitiin ravinto-, aktiivisuus- ja harjoituspäiväkirjojen avulla. Ravinnonsaannin arviointiin käytettyjen ruokapäiväkirjojen on tyypillisesti havaittu antavan aliarvoituja energiansaannin arvoja urheilijoiden keskuudessa (Magkos & Yannakoulia 2003). Myös energiankulutuksen arviointiin harjoitus- ja aktiivisuuspäiväkirjan sekä MET-taulukoiden avulla liittyy huomattavia epätarkuustekijöitä, kuten tutkittavien raportointiin, MET-taulukoiden kertoimiin sekä käytettyihin laskukaavoihin liittyvät virheet. Lisäksi on syytä huomioida, ettei viiden päivän seurantajakso anna välttämättä todenmukaista kuvaa tutkittavan tavanomaisista ruoka- ja harjoituskäytänteistä. Tästä syystä tuloksia voidaan pitää ainoastaan suuntaa-antavina.

10.1.1 Energiatasapaino ja energian saatavuus

Tutkimuksessa havaittiin voimakas yhteys arvioitujen energiatasapainon ja energian saatavuuden arvojen välillä ($r = 0{,}80$, $p = 0{,}006$) ja mittareissa tapahtuneiden muutosten havaittiin korreloivan lähes täydellisesti ($r = 0{,}998$, $p < 0{,}001$). Tämän tutkimuksen perusteella energiatasapainoa ja energian saatavuutta voidaankin pitää lähes tasavertaisina mittareina urheilijoiden energiansaannin riittävyyttä arvioitaessa., vaikka kirjallisuus puoltaakin energian saatavuuden paremmuutta tutkimuskäytössä (Loucks 2013).

Tutkittavien keskimääräinen energiansaanti oli alkumittausten perusteella 2330 ± 460 kcal/vkr ja -kulutus 2750 ± 420 kcal/vkr, minkä seurauksena he kärsivät keskimäärin 420 ± 600 kcal/vkr energiavajeesta. Myös energian saatavuuden keskiarvo 32,7 ± 10,4 kcal/kg/vkr on hyvin matala yltäen niukasti Loucksin & Thuman (2003) raportoimaan 30 kcal/kg/vkr alarajaan normaalin hormonitoiminnan ylläpitämiseksi. Pidemmällä aikavälillä kuitenkin jo hieman suurempi energian saatavuuden arvo voi altistaa hormonitoiminnan häiriöille ja edelleen kuukautiskierron ongelmille sekä luun mineraalitiheyden heikkenemiselle (De Souza ym. 2014). Tästä syystä havaitun ravitsemustilan jatkuessa tutkittavien rasitusmurtumien ja yleisen terveydentilan heikkenemisen riski suurenee. Lisäksi jatkuvan energiavajeen uskotaan

laskevan harjoittelun tehoa, hidastavan palautumista sekä heikentävän harjoitusadaptaatiota (Stellingwert 2007). Mikäli tutkimuksessa havaittu energiavaje on todellinen ja pysyvä tila, kompensoi valtaosa tutkittavista sekä suorituskykyään että terveydentilaansa vähäisen energiansaannin johdosta

Tarkasteltaessa energian saatavuuden arvoja yksilötasolla, on huomattavaa, että kolmesta kriittisen 30 kcal/kg/vkr rajan alapuolelle jääneestä tutkittavasta kaksi joutui jättämään toisen mittauskerran väliin vammasta johtuen. Myös kolmas rajan alittanut tutkittava kärsi mittausten välillä vammoista, mikä näkyi heikentyneenä kestävyyssuorituskykynä mittausten toisessa vaiheessa. Voidaankin kyseenalaistaa, onko kulutukseen nähden liian niukka energiansaanti ollut vähintään osasyynä harjoittelua häirinneille vammoille.

Koska käytetyt menetelmät johtavat helposti energiansaannin ali- ja -kulutuksen yliarviointiin, on todellinen energiavaje todennäköisesti havaittua pienempi. Tätä puoltaa myös havainto tutkittavien lähes muuttumattomasta painosta seurantajakson aikana. Toisaalta nykyään tiedetään, että paino voi pysyä muuttumattomana liian alhaisesta energiansaannista huolimatta kroonisen aliravitsemuksen hidastaman perusaineenvaihdunnan seurauksena (De Souza ym. 2014).

10.1.2 Energiaravintoaineiden saanti

Verrattaessa tutkittavien yksittäisten energiaravintoaineiden saantia (taulukko 4, s. 37) kestävyyjuoksijoille laadittuihin harjoituskauden suosituksiin (taulukko 2, s. 14), voidaan havaita proteiinien saannin (2,3 g/kg/vkr) olevan yli suositusten, kun taas hiilihydraattien (5,2 g/kg/vkr) ja rasvojen (1,2 g/kg/vkr) saanti jää optimaalista saantia alhaisemmaksi. Myös aiemmissa kestävyysjuoksijoilla ja muiden kestävyyslajien urheilijoilla suoritetuissa tutkimuksissa on havaittu huomattavasti oletettua tarvetta suurempaa proteiinien saantia. Tämä selittyy kestävyysurheilijoiden suurella kehon painoon suhteutetulla kokonaisenergiasaannilla, minkä vuoksi myös proteiinien saannin absoluuttinen tarve täyttyy ilman tietoista runsasproteiinista ruokavaliota (Tarnopolsky 1999; Stellingwert 2013.)

Kestävyysjuoksijoille suositellaan 7–10 g/kg/vkr päivittäistä hiilihydraattien saantia, jonka uskotaan maksivoivan urheilijan suorituskyvyn kovatehoisissa suorituksissa, ylläpitävän

anabolista tilaa sekä nopeuttavan palautumista harjoittelusta (Stellingwert 2013). Tästä huolimatta ei olla kyetty yksimielisesti osoittamaan runsashiilihydraattisen ruokavalion etua kohtalaisesti (4–6 g/kg/vkr) hiilihydraatteja sisältävään ruokavalioon nähden (Burke ym. 2007). Myöskään tässä tutkimuksessa ei havaittu yhteyttä hiilihydraattien saannin ja mitatun kestävyyssuorituskyvyn välillä, mikä puoltaa aiempia tutkimushavaintoja siitä, että jo kohtalainen hiilihydraattien saanti voi riittää ainakin keskipitkissä suorituksissa suorituskyvyn maksimointiin. Toisaalta tutkimuksessa mukana olleet urheilijat harjoittelivat keskimäärin vähemmän kuin eliittikestävyysjuoksijat, mikä hiukan pienentää heidän absoluuttista hiilihydraattien tarvettaan suosituksiin nähden.

Tutkittavien keskimäärin nauttimaa rasvan määrää voidaan pitää terveyden kannalta riittävänä, mikäli sen laatuun ja etenkin välttämättömien rasvahappojen kiinnitetään erityistä huomiota (Stellingwert 2007). Energiaravintoaineiden absoluuttista saantia tarkkaillessa on kuitenkin syytä huomioida, että tutkittavat olivat tulosten perusteella keskimärin selkeässä energiavajeessa. Tästä syystä valtaosan olisikin tulosten mukaan perusteltua lisätä sekä rasvan että hiilihydraattien määrää ruokavaliossaan, ellei tavoitteena ole painon pudottaminen.

10.1.3 Ravitsemustilan muutokset

Energiansaannissa havaittiin keskimäärin tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,02$) 220 ± 200 kcal/vkr pieneneminen. Merkittävää muutosta energian saatavuudessa ei kuitenkaan ryhmätasolla ilmennyt, sillä myös keskimääräisen energiankulutuksen havaittiin laskevan (170 ± 440 kcal/kg/vkr. Oletettavasti pääsyynä laskun taustalla on hallikilpailuihin valmistautuminen ja sitä kautta pienentynyt harjoittelun energiankulutus.

Proteiinien saanti pieneni merkitsevästi (0,4 ± 0,5 g/kg/vkr, $p = 0,05$) mittauskertojen välillä, minkä on mahdollisesti seurausta tutkittavien pyrkimyksestä muuttaa syömiskäyttäytymistään ensimmäisen mittauskerran jälkeen annetun palautteen mukaiseksi. Hiilihydraattien saanti laski muihin energiaravintoaineisiin nähden niukastit (8 ± 39 g/kg/vkr), mikä yhdistettynä pienentyneeseen energiansaantiin kasvatti sen suhteellista osuutta kokonaisenergiansaannista tilastollisesti merkitsevästi (2,3 ± 2,2 %, $p = 0,03$). Tutkimus antoikin lievää näyttöä siitä, että urheilijoille annetuilla ravitsemusohjeilla voi olla käytännön vaikutusta.

10.2 Kehonkoostumus

Alkumittauksissa havaittiin tutkittavien keskimääräiseksi painoindeksiksi 19,4 ± 1,4 kg/m^2 ja rasvaprosentiksi 16,1 ± 4,1 %. Mittaustulokset ovat hyvin lähellä eliittikestävyysjuoksijoilla havaittuja BMI:n ja rasvaprosentin arvoja (taulukko 1, s. 11). Rasvaprosentin arvot olivat pihtimittausten perusteella (23 %) huomattavasti suuremmat kuin päämenetelmä käytetyssä DXA-mittauksessa, mikä asettaa kyseenalaiseksi sekä mittaajan pätevyyden että Durnin & Womersleyn (1974) neljän pisteen ihopoimumenetelmän luotettavuuden DXA:n ollessa varsin tarkka menetelmä (Kiebzak ym. 2000). Tutkimuksessa havaitut rasvaprosentin muutokset olivat kuitenkin samaa suuruusluokkaa, minkä vuoksi ihopoimumittaukset voivat toimia hyvänä apuvälineenä kehonkoostumuksen muutoksia tarkkailtaessa. Fogelholm (2007, 48–50) onkin todennut ihopoimumittaukset toimiksi apuvälineeksi laihdutuksen yhteydessä.

Tutkittavien keskimääräinen paino pysyi seurantajakson ajan mittaustarkkuuden rajoissa vakiona, mutta rasvaprosentissa havaittiin keskimäärin 1,6 ± 1,3 % lasku, mitä voidaan pitää myös tilastollisesti merkitsevänä ($p = 0,015$) Muutos selittyi sekä rasvamassan laskulla (−0,8 ± 0,7 kg) että rasvattoman painon lisääntymisellä (0,6 ± 0,7 kg). Syytä kehonkoostumuksen muutokselle ei onnistuttu löytämään ravinnossa tai harjoittelussa tapahtuneista muutoksista. On kuitenkin huomattava, että päiväkirjat kerättiin ainoastaan viiden päivän ajalta, kun taas merkittävät kehonkoostumuksen muutokset tapahtuvat huomattavasti pidemmällä aikavälillä.

10.3 Kestävyyssuorituskyky

Jonssonin ym. (2006) mukaan kansainvälisen tason naiskestävyysjuoksijoilla on raportoidut VO_2max arvot vaihtelevat välillä 60-75 ml/kg/min. Alkumittauksissa havaittu keskiarvo (59,0 ± 3,9 ml/kg/min) asettuu lievästi kansainvälisen tason juoksijoiden alapuolelle. Suurin tutkimuksessa havaittu VO_2max-arvo oli 65 ml/kg/min, jonka saavuttaja omasi myös parhaan kilpailumenestyksen aiemmilta vuosilta sekä saavutti suurimman maksimaalisen aerobisen nopeuden (18 km/h).

Keskimääräinen maksimaalinen aerobinen nopeus (vVO_2max) oli tutkittavilla alkumittauksissa 17,0 ± 0,8 km/h. Eliittitason naisjuoksijoiden vVO_2max-arvoista on hyvin niukasti saaatavilla olevaa tutkimustietoa, minkä vuoksi tulosten vertaileminen muihin tutkimuksiin on hankalaa. Kenialaisten naisjuoksijoiden vVO_2max-arvoksi kenttäolosuhteissa

on tutkittu 19.9 ± 0.4 km/h maksimaalisen hapenottokyvyn ollessa 68.6 ± 1.1 ml/kg/min (Billat ym. 2003). Ranskalaisilla kansallisen ja kansainvälisen tason juoksijoilla puolestaan havaittiin juoksumatolla hieman eri protokollaa käyttäen hapenotoksi 63,2 ± 4,2 ml/kg/min maksimaalisen aerobisen nopeuden ollessa keskimäärin 17,3 ± 0,7 km/h. Tutkimuksessa käytettiin kuitenkin vVO_2max-arvojen sijaan minimaalista nopeutta, jolla saavutettiin maksimiaalinen hapenotto. Tästä syystä raportoidut arvot ovat todennäköisesti pienempiä, mitä vVO_2max-arvot olisivat olleet.

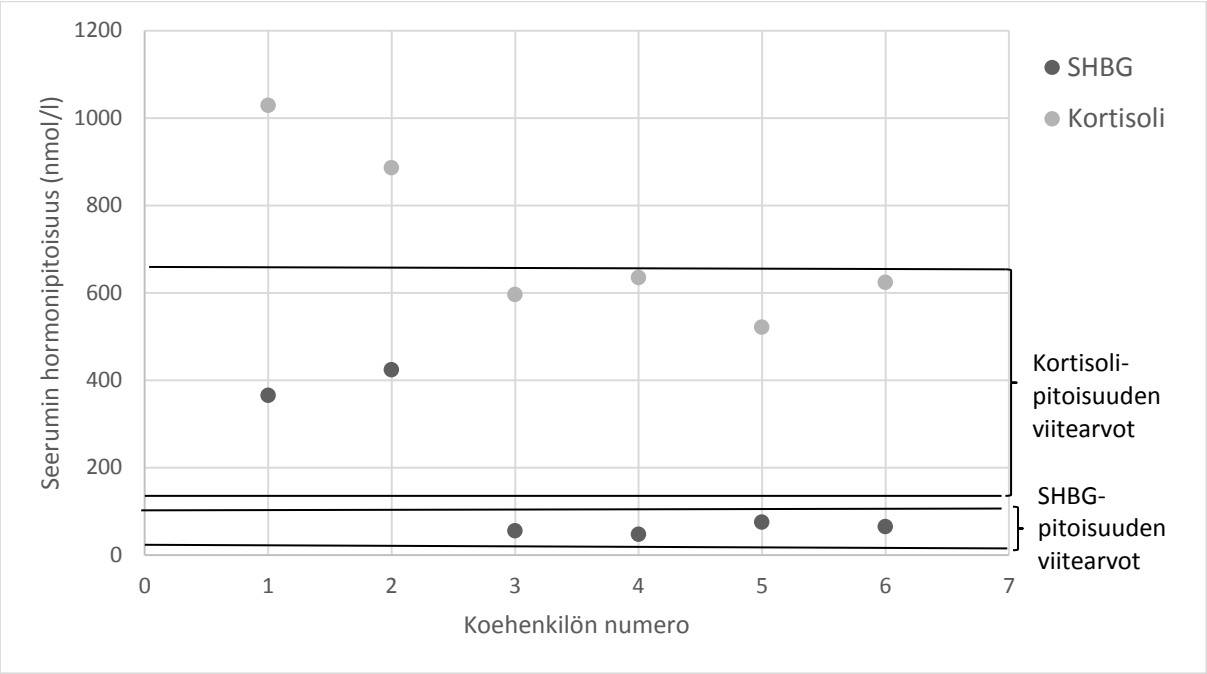
Juoksun taloudellisuutta arvioitiin submaksimaalisella nopeudella 13 km/h, joka oli kaikilla tutkittavilla määritetyn anaerobisen kynnyksen alapuolella varmistaen, että pääosa energiasta tuotettiin aerobisesti hapen avulla. Tutkittavien keskimääräinen hapenkulutus tällä nopeudella oli sekä alkumittausten perusteella 47,7 ± 2,9 ml/kg/min eikä merkittävästi muuttunut tutkimusjakson aikana. Kun verrataan arvoa Londereen (1986) laskukaavojen mukaan laadittuun teoreettisen hapenkulutuksen viitearvotaulukkoon juoksumaton 1° vakiokulmalla, havaitaan tutkittavien kuluttavan happea 13 km/h vauhdilla enemmän kuin ”kuntoilijat” (45,7 ml/kg/min) ja selkeästi enemmän kuin ”kansallisen tason juoksijat” (43,7 ml/kg/min). Koska kyseessä on joukko useita vuosia harjoitelleita kestävyysjuoksijoita, voidaan tämän perusteella kyseenalaistaa tutkimusolosuhteet. Juoksumattoa ei kyetty kalibroimaan, minkä vuoksi sen ilmoittamat nopeus ja kulma voivat olla harhaanjohtavia. Lisäksi mittaustilassa ollut kuuma ilma on voinut vaikuttaa hapenkulutuksen arvoja kohottavasti. Koska mittausolosuhteet tai virheellinen tieto juoksumaton kuormaportaasta kohottivat hapenkulutuksen arvoja kullakin nopeustasolla, näkyy tämä todennäköisesti myös heikompina vVO_2max-arvoina, mihin tutkittavilla olisi ollut edellytyksiä paremmissa olosuhteissa. Tutkimuksen sisäisten tulosten vertailu kuitenkin onnistuu, sillä olosuhteet oli vakioitu kaikkiin VO_2max-testeihin.

Tutkimusjaksolla havaittiin yksilöiden osalta jonkin verran kehittymistä tai taantumista kaikissa mitatuissa kestävyyssuorituskyvyn arvoissa. Keskimääräiset arvot pysyivät kuitenkin lähes vakioina eikä kestävyyssuorituskyvyn määrittäjissä havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Jotta tutkittavien harjoittelua voitaisiin pitää onnistuneena, tulisi etenkin vVO_2max-arvossa tapahtua selkeää kehitystä talven kilpailukauden alla (Nummela 2010, 76). Toisaalta valtaosa tutkittavista osallistui hallikilpailuihin vain harjoitusmielessä tai ollenkaan. Tällöin heidän harjoittelunsa painopisteen olisi tavoitteesta riippuen pitänyt olla perus- ja vauhtikestävyysharjoittelussa, jonka onnistuessa aerobinen ja anaerobinen kynnys tavallisesti

kehittyvät (Nummela 2010, 77). Todennäköisimpänä syynä harjoittelun keskimääräiseen tuottamattomuuteen voidaan pitää harjoittelua häirinneitä vammoja ja sairasteluja, jotka luultavasti johtivat joidenkin tutkittavien tulosten heikkenemiseen.

10.4 Hormonipitoisuudet

Kun verrataan alkumittauksissa mitattujen seerumin hormonipitoisuuksien keskiarvoja viitearvoihin (taulukko 7, s. 41), voidaan huomata testosteronin asettuvan viitevälin keskelle, estrogeenin viitearvojen alarajoille ja SHBG:n sekä kortisolin selkeästi viitearvojen yläpuolelle. SHBG:n osalta korkeaa keskiarvoa selittävät kahden yksittäisen tutkittavan tulokset, jotka ylittävät viitearvot moninkertaisesti. Myös kortisolipitoisuuksissa havaitaan viitearvot ylittävä lukema kahdella tutkittavalla, mutta myös muiden tutkittavien arvot ovat hyvin lähellä viitearvojen ylärajaa (kuvio 9).



KUVIO 9. Tutkittavien seerumin SHBG- ja kortisolipitoisuudet (tummat ja vaaleat pisteet) sekä vaakaviivoin erotetut viitearvojen (Hämäläinen 2013; 2016b) ylä- ja alarajat.

Kuviosta 9 havaitaan, että samat kaksi tutkittavaa ylittivät viitearvot sekä kortisolin että SHBG:n osalta. Kyseisillä tutkittavilla SHBG-pitoisuudet pysyivät huomattavan korkeana myös toisella mittauskerralla, kun taas kortisolin havaittiin olevan koholla ainoastaan toisella tutkittavista. Kirjallisuuden perusteella kuitenkin tiedetään e-pillereiden käytön vaikuttavan

kohottavasti sekä SHBG:n että kortisolin pitoisuuksiin seerumissa (Hämäläinen 2013; 2016b). Esitietolomakkeiden perusteella havaittiinkin, että kortisoli- ja SHBG-pitoisuuksien viitearvot ylittäneet tutkittavat olivat käyttäneet ehkäisypillereitä tutkimusajankohdan läheisyydessä, mikä todennäköisesti selittää poikkeavat hormoniarvot sekä yksilö- että ryhmätasolla. Lisäksi yleisesti korkeita kortisolitasoja voidaan selittää tutkittavien runsaalla kestävyysharjoitelulla, joka todennäköisesti aiheuttaa elimistöön kortisolipitoisuutta lievästi kohottavan stressitilanteen (Katch ym. 2011, 115–116).

Estrogeeniarvot olivat keskimäärin varsin matalalla tasolla, vaikka yksikään tutkittavista ei ollut varsinaisesti viitearvojen alitse. Viitearvot kuitenkin vaihtelevat kuukautiskierron vaiheen mukaan ollen follikulaarivaiheessa 0,11–0,44, ennen ovulaatiota 0,55–1,29 ja luteaalivaiheessa 0,37–0,77 nmol/l (Hämäläinen 2016a). Tutkimuksen molemmilla mittauskerroilla havaittua 0,19 nmol/l keskiarvoa voidaan siis pitää normaalina ainoastaan follikulaarivaiheessa. Lisäksi huomataan, ettei yksikään mitattu yksittäinen arvo ylitä 0,37 nmol/l rajaa, mikä teoriassa viittaisi hyvin epätodennäköiseen tilanteeseen, jossa jokainen tutkittava olisi ollut molemmilla mittauskerroilla follikulaarivaiheessa, joka tyypillisimmin kattaa noin puolet koko kierron kestosta. Todennäköisesti ($p = 0,04$) estrogeenin eritys onkin ainakin osalla tutkittavista normaalia alhaisempaa. Yhtenä syynä voidaan pitää havaittua matalaa energian saatavuuden tasoa, joka selittäisi osin myös korkeita kortisoli- ja SHBG-pitoisuuksia (Proteau ym. 2006; Mero ym. 2010; Hämäläinen 2013; 2016a; 2016b).

10.5 Mitattujen muuttujien väliset yheydet

10.5.1 Kehonkoostumuksen yhteys kestävyyssuorituskykyyn

Suuremman painon havaittiin olevan selkeästi yhteydessä suurempiin hapenkulutuksen arvoihin (l/min) sekä submaksimaalisilla että maksimaalisilla nopeuksilla. Lisäksi huomattiin kehon painoon suhteutetun maksimaalisen hapenottokyvyn keskimäärin heikkenevän massan kasvaessa. Havainnot ovat kirjallisuuden perusteella varsin odotettuja (Bergh ym. 1991, Wilmore & Costill 2004, 148–158, Joyner & Coyle 2008). Tästä huolimatta massalla ei havaittu yhteyttä saavutettuun maksimaaliseen aerobiseen nopeuteen (vVO_2max). Myöskään hapenkulutus ei korreloinut vVO_2max:n kanssa ilmoitettiin se sitten absoluuttisesti tai kehon painokiloihin suhteutettuna. Tämä havainto puoltaa aiemmilla tutkimuksilla perusteltua

näkemystä siitä, että hapenottokyky yksin on varsin huono kestävyyssuorituskyvyn määrittäjä (Joyner & Coyle 2008). Paino ja sen muutokset eivät siis tämän tutkimuksen perusteella vaikuta kestävyysjuoksun suorituskykyyn lisääntyneestä hapenkulutuksesta huolimatta. Myöskään aiempi tutkimus ei ole kyennyt yksimielisesti osoittamaan painon yhteyttä naisjuoksijoiden suorituskykyyn (mm. Willmore ym. 1977, Billat ym. 2001, Hulley ym. 2007), vaikka miehillä se näyttäisi olevan yksi selkeistä eroista kansallisen ja kansainvälisen tason juoksijoiden välillä (O´Connor ym 2007).

Pienemmällä rasvaprosentilla havaittiin olevan yhteyttä parempiin maksimaalisen aerobisen nopeuden ja kehon painokiloihin suhteutetun VO_2max:in arvoihin. Rasvaprosentin muutokset eivät kuitenkaan korreloineet kestävyyssuorituskyvyn määrittäjissä tapahtuneisiin muutoksiin. Mahdollisesti alkumittauksissa kovatasoisemmilla juoksijoilla havaittu alhaisempi rasvaprosentti selittyykin pitkäaikaisen kovatehoisen ja kuluttavan kestävyysharjoitelun vaikutuksista sekä suorituskykyyn että kehonkoostumukseen. Myös kirjallisuuden perusteella tätä voidaan pitää todennäköisempänä vaihtoehtona (Burke ym. 2007; O´Connor ym. 2007). Toisaalta tutkimuksessa havaittii voimakas yhteys ($r = 0,84$, $p = 0,02$) rasvattoman massan muutoksella ja testissä saavutetulla maksimaalisella nopeudella. Tämä puoltaa aiemman tutkimuksen tavoin voimatasojen ylläpidon tai jopa parantamisen tärkeyttä maksimaalisen kestävyysjuoksusuorituskyvyn saavuttamiseksi. Esimerkiksi Taipale ym. (2010) havaitsivat, että kestävyysharjoitteluun yhdistetty voimaharjoittelu paransi merkittävästi tuloksia sekä voima- että kestävyysjuoksusuorituksissa, vaikka muutosta maksimaalisessa hapenottokyvyssä en havaittukkaan. Tutkijat arvelivatkin tämän johtuvan taloudellisuuden paranemisesta voimatasojen kasvun myötä. (Taipale ym. 2010.)

10.5.2 Energian saatavuuden yhteys kestävyyssuorituskykyyn

Alkumittauksissa energian saatavuudella ei havaittu merkittävää yhteyttä kehonkoostumukseen tai suorituskykyyn. Eri muuttujien muutosten välisiä korrelaatioita tarkasteltaessa löydettiin kuitenkin erittäin voimakas yhteys ($r = -0,92$, $p = 0,004$) maksimaalisen aerobisen nopeuden kanssa sekä hieman heikompi mutta saman suuntainen korrelaatio maksimaaliseen hapenkulutukseen. Erityisen huomionarvoista on, että energian saatavuuden pieneneminen oli yhteydessä nimenomaan parempiin tuloksiin maksimaalisen hapenoton testissä eikä tätä yhteyttä voitu merkitsevien korrelaatioiden puuttuessa selittää

muiden muuttujien, kuten painon tai kehonkoostumuksen muutoksilla. Tulokset siis ovat vastoin kirjallisuudessa raportoitua periaatetta, jonka mukaan urheilijan suorituskyky ja kehittyminen ovat parhaimmillaan energian saatavuuden ollessa 40–45 kcal/kg/vkr (Loucks 2013, Ilander 2014, 19–22). Todennäköisimpinä syynä tähän voidaan pitää arvioidun energian saatavuuden epätarkkuutta, johon on voinut merkittävästi vaikuttaa joko tutkittavien aliraporointi tai normaalista ruokavaliosta poikkeaminen ruokapäiväkirjojen täytön aikana. Urheilijoita tutkittaessa onkin hyvin yleistä, että tulosten energiansaanti jää huomattavasti tutkittavien tavanomaista enrgiansaantia alhaisemmaksi. (Magkos & Yannakoulia 2003.)

10.5.3 Energian saatavuuden ja kehonkoostumuksen yhteydet hormonipitoisuuksiin

Alkumittauksissa havaittiin pienemmän energian saatavuuden olevan tilaastollisesti merkitsevästi yhteydessä ($r = -0{,}82$, $p = 0{,}02$) korkeampiin SHBG-pitoisuuksiin sekä korreloivan kohtalaisesti myös kortisolitasojen kanssa ($r = -0{,}51$, $p = 0{,}15$). Myös aiempi tutkimus on havainnut energiavajeen olevan yhteydessä korkeampiin SHBG:n (Mero ym. 2010) ja kortisolin (Proteau ym. 2006) pitoisuuksiin.

Energian saatavuudessa ja seerumin estrogeenipitoisuudessa tapahtuineiden muutosten välillä havaittiin voimakas negatiivinen korrelaatio ($r = -0{,}74$, $p = 0{,}05$), jota on vaikea selittää aiemmin tutkitun perusteella. De Souzan & Williamsin (2005) mukaan alhainen energian saatavuus on yhteydessä estrogeenin vajaaeritykseen, mutta tässä tutkimuksessa tehdyt havainnot olivat päinvastaisia. Muutokset molemmissa muuttujissa olivat kuitenkin varsin pieniä ja tilastollisesti merkitsemättömiä, minkä vuoksi havainto selittyykin todennäköisesti energian saatavuuden arviointiin liittyvällä epätarkkuudella (Magkos & Yannakoulia 2003) sekä estrogeenipitoisuuksien luonnollisella vaihtelulla (Hämäläinen 2016a).

Alkumittausten tulosten perusteella havaittiin voimakas, mutta niukasti tilastollisen merkitsevyyden ulkopuolelle jäävä yhteys pienemmän painoindeksin ja korkeampien SHBG- ($r = -0{,}70$, $p = 0{,}06$) ja kortisolipitoisuuksien ($r = -0{,}64$, $p = 0{,}08$) kanssa. Matala painoindeksi on mahdollisesti seurausta alhaisesta energian saatavuudesta, mikä aiemmin tutkittuu perustuen selittäisi myös kortisolin ja SHBG:n korkeat pitoisuudet (Proteau ym. 2006; Mero ym. 2010).

Rasvaprosentilla yhteys SHBG- (r = 0,54, p = 0,13) ja kortisolitasoihin (r = 0,69, p = 0,07) oli yllättäen suoraan verrannollinen eli suurempi rasvaprosentti tarkoitti myös suurempia SHBG:n ja kortisolin pitoisuuksia. Saman suuntainen korrelaatio huomattiin myös rasvaprosentissa ja SHBG-pitoisuudessa tapahtuneiden muutosten välillä. Mahdollinen selitys odotusten vastaiselle havainnolle on alhaisen energian saatavuuden hidastama perusaineenvaihdunta, jonka vuoksi rasvaprosentti ei laske alhaisesta energian saatavuudesta huolimatta (Manore ym. 2007). Myös BMI:n ja testosteronipitoisuuksien välillä havaittu voimakas negatiivinen korrelaatio (r = –0,73, p = 0,050) on vaikeasti selitettävissä, sillä painon lasku ja energiavaje on aiemmin yhdistetty seerumin kokonaistestosteronin laskuun naiskuntoilijoilla (Mero ym. 2010).

Vaikka kehonkoostumuksella ja energian saatavuudella havaittiin useita yhteyksiä hormonipitoisuuksiin, on huomioitava, että ainakin osa havainnoista voi selittyä tutkimusmenetelmien epätarkkuudella sekä tutkimuksen ulkopuolelle jäävillä seikoilla, kuten lääkityksellä, erilaisilla stressitekijöillä ja kuukautiskierron vaiheella. Luotettavien päätösten tekeminen vaatisikin huomattavasti laajempaa selvitystä hormonitoimintaan vaikuttavista tekijöistä.

10.6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Yksi merkittävimmistä tutkimuksen havainnoista oli, että sekä rasvaprosentin lasku että rasvattoman massan nousu olivat yhteydessä parantuneeseen maksimaaliseen kestävyysjuoksusuorituskykyyn. Kehon kokonaismassan ei puolestaan havaittu korreloivan juoksumattotestissä havaittuun suorituskykyyn, vaikka suurempi massa lisäsikin absoluuttista hapenkulutusta. Tämän perusteella näyttäisikin, että rasvaprosentin pienentämisestä voi olla hyötyä maksimaalisen kestävyyssuorituskyvyn saavuttamiseksi. Kehon rasvan määrän pienenemisen ei kuitenkaan tulisi tapahtua lihaskudoksen menetyksen kustannuksella, jotta riittävät voimatasot kyetään ylläpitämään. Todennäköisesti varsinaisen laihduttamisen sijaan ehjä lajinomainen ja riittävällä voimaharjoittelulla varustettu harjoittelu yhdessä tasapainoisen ruokavalion kanssa muokkaa kehonkoostumuksen lajin tarpeita vastaavaksi.

Toinen merkittävä havainto tutkimuksessa olivat tutkittavien niukat energian saatavuuden tasot. Valtaosa tutkittavista liikkui energian saatavuudeltaan alle 40 kcal/kg/vkr arvoissa, minkä tiedetään olevan liian matala harjoitusadaptaation optimoimiseksi. Normaalille

hormonitoiminnan alarajan 30 kcal/kg/vkr alitti jopa kolmannes alkumittauksissa mukana olleista tutkittavista, mikä kasvattaa heidän riskiään hormonitoiminnan häiriöille edelleen muille terveyshaitoille, kuten rasitusmurtumille. Vaikka ainakin osa niukasta energian saatavudesta selittyykin joko energiansaannin aliraportoinnilla tai energiankulutuksen yliarvioinnilla, on korkeahkojen SHBG- ja kortisolipitoisuuksien sekä matalien estrogeenitasojen perusteella syytä tiedostaa, että suurin osa tutkittavista kärsinnee vähintään lievästä kroonisesta energiavajeesta. Suorituskykynsä maksimoimiseksi tutkittavien tulisikin kiinnittää huomiota suurempaa hiilihydraattien ja rasvojen saantiin proteiinien saannin ollessa harjoitusadaptaation ja lihasmassan säilyttämisen kannalta riittävää.

Koko tutkimusjakson läpikäynyt tutkittavien joukko (n = 6) jäi valitettavan pieneksi yleistävien johtopäätöksen tekemiseksi. Myös kahden kuukauden seurantajaksoa voidaan pitää varsin lyhyenä merkittävien muutosten havaitsemiseen suorituskyvyssä tai kehonkoostumuksessa, sillä kestävyysharjoittelun adaptaatiot tapahtuvat hitaasti pitkäaikaisen harjoittelun seurauksena. Koska tieto ravitsemuksen ja kehonkoostumuksen vaikutuksista naiskestävyysjuoksijoiden suorituskykyyn ja terveyteen on yhä ristiriitaista, tulisi aiheen tutkimusta tärkeytensä vuoksi jatkaa. Kehonkoostumuksen, hormonipitoisuuksien, harjoittelun ja kestävyyssuorituskyvyn pitkäaikaisseuranta tulevaisuuden tutkimuksessa tarjoaisi todennäköisesti merkittävää tietoa ravitsemuksen, kehonkoostumuksen, terveyden ja suorituskyvyn yhteyksiin liittyen.

LÄHTEET

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., Rowell S. & Colley, E. 1985. Anthropometric and training characteristics of female marathon runners as determinants of distance running performance. Journal of Sports Sciences 3, 115– 126.

Bergstrom, J., Hermansen, L., Hultman, E., & Saltin, B. 1967. Diet, muscle glycogen and physical performance. Acta Physiologica Scandinavica 71, 140 – 150.

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% ·VO2max with other bioenergetic characteristics. Medicine & Science in Sports & Exercise 28 (8), 1049– 1055.

Billat, V., Demarle, J., Slawinski, J., Paiva, M. & Koralsztein 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. & Koralsztein 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.

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.

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.

Coyle, EF. 2007. Physiological Regulation of Marathon Performance. Sports Medicine 37, 306– 311.

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.

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.

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.

Enoka, RM. 2002. Neuromechanics of Human Movement. 3th ed. Champaign, IL. Human Kinetics.

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.

Fogelhom, 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.

Garthe, I., Raastad, T., Refsnes, P. E., Koivisto, A. & Sundgot-Borgen, J. 2011a. 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.

Guyton, A. C. & Hall, J. E. 2006. Textbook of medical physiology. 11. painos. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders.

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 Excercise 8, 521– 533.

Hämäläinen, E. 2013. Kortisoli, seerumista. Viitattu 27.3.2016. http://www.huslab.fi/ohjekirja/2129.html.

Hämäläinen, E. 2016a. Estradioli, Seerumista. Viitattu 27.3.2016. http://huslab.fi/ohjekirja/1366.html.

Hämäläinen, E. 2016b. Sukupuolihormoneja sitova glubuliini, seerumista. Viitattu 27.3.2016. http://www.huslab.fi/ohjekirja/2737.html.

Hämäläinen, E. 2016c. Testosteroni, seerumista. Viitattu 27.3.2016. http://huslab.fi/ohjekirja/2735.html.

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 kestävyyspainoitteisessa 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. & Linblad, 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.

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.

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.

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.

Lieberman, DE. & Bramble, DM. 2007. The Evolution of Marathon Running. Sports Medicine. 37, 288– 290.

Londeree, B.R. 1986. The Use of Laboratory Test Results with Long Distance Runners, Sports Medicine 3, 201–213.

Loucks A. B. 2013. Energy balance and energy availability. Teoksessa R. J. Maughan. Sports Nutrition, 72– 87.

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.

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 Metabolism. 31, 530– 540.

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 healthnconsequences. Journal of Sport Sciences 25 (S1), 61– 71.

McCann, D. & Higginson, B. 2008. Training to maximize economy of motion in running gait. Current Sports Medicine Reports. 7, 158– 162.

McConell, 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.

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.

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.

Morisset, A-S., Blouin, K. & Tchernof, A. 2008. Impact of diet and adiposity on circulating levels of sex hormone-binding globulin and androgens. Nutrition Reviews 66 (9), 506–516.

Nattiv, A., Kennedy, G., Barrack, M. T., Cannon, M. D., Michelle, D., 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. American Journal of Sports Medicine 41, 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 & Scinece 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.) Urheiluvalmennus. VK-Kustannus Oy, 97– 126.

Nummela, A., Keskinen, K. & Vuorimaa, T. 2007. Kestävyys. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, K. Keskinen & K. Häkkinen (toim.) Urheiluvalmennus. VK-Kustannus Oy, 333– 363.

Nummela, A. 2010. Kestävyysominaisuuksien 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.

Pe´ronnet, F., & Thibault, G. 1989. Mathematical analysis of running performance and world running records. Journal of Applied Physiology 67, 453–465.

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. 2016. Jyväskylän yliopisto toistettavuus IMMU2000.

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.

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.

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.

Sinkkonen, K. 2000. Juoksukirja. Ajatus Kustannusoaskeyhtiö, 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.

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.

Tipton, K. D., & Wolfe, R. R. 2004.. Protein and amino acids for athletes. Journal of Sports Sciences 22, 65–79.

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.

Törmäkangas, T. 2010. LTKY012 Tutkimusaineiston analyysi: tilastollis-empiirinen tutkimus. Luentomoniste 2010-2016.

Valtion Ravitsemusneuvottelukunta. 2014. Terveyttä ruuasta – Suomalaiset ravitsemussuositukset. Helsinki. Juvenes Oy.

Vermeulen, A. 1988. Physiology of the testosterone-binding globulin in Man. Annals of the New York Academy of Sciences 538, 103–111.

Webster, S., Rutt, R. & Weltman, A. 1990. Physiological effects of a weight loss regimen paracticed by college wrestlers. Medicine & Science in Sports & Exercise 22, 229–234.

Willmore, 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.

LIITTEET

LIITE 1. Tiivistetty versio tutkittavien täyttämästä ruoka-, harjoitus- ja aktiivisuuspäiväkirjasta sekä ohjeet päiväkirjojen täyttämiseksi.

5 PÄIVÄN RUOKA- JA HARJOITUSPÄIVÄKIRJA

Harjoitus- ja ruokapäiväkirjan avulla pyritään kartoittamaan saatko kulutukseesi nähden riittävästi ravintoaineita tukemaan optimaalista kehitystä. Saamasi palautteen tarkoituksena on auttaa sinua tunnistamaan ruokavaliosi puutteet / heikkoudet ja mahdollistaa niiden korjaaminen. Päiväkirjan täyttäminen vaatii hiukan vaivaa, mutta MITÄ TARKEMMIN RAPORTOIT, SITÄ ENEMMÄN HYÖDYT MYÖS ITSE! Päiväkirjaa täytetään viitenä (mielellään) peräkkäisenä päivänä ennen Jyväskylässä suoritettavia mittauksia. Pidä tulostettua päiväkirjaa mukanasi täytä se syömisen yhteydessä. Palauta päiväkirja paperiversiona tullessasi mittauksiin. Täytäthän myös viimeisen sivun aktiivisuuspäiväkirjan käyttäen viiden päivän jakson arvioituja keskiarvoaikoja. Muista kirjata nimesi sivun yläreunaan.

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. Mars-patukka 60g)

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 9.15-10.30

4. Kuvaile ruoka-aine, ateria tai juoma mahdollisimman tarkasti, esim. täysjyväpasta tai Saarioisen lihapullat, ja kerro onko tuote valkoisesta/täysjyväviljasta, rasvaton/vähärasvainen/täysrasvainen, sokeriton/lisättyä sokeria sisältävä silloin kun vaihtoehtoja on monta (esim. spagetti, jogurtti, maito, kerma, margariini)

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 keittiövaaálla (maksaa tavarataloissa 10-20e). Jos et tiedä painoa, kuvaile “kiinteiden” ruoka-aineiden määrä ulottuvuuksina, käyttäen alla olevaa mittanauhaa (esim. grillipihvi, rasvaton, 20 cm x 8 cm x 4 cm paksu, tai vihreä omena 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, vaikuttaa öljyiseltä/kermaiselta)

10. Muista myös lisäravinteet!

11. Muista kertoa jos olet lisännyt ruokaan jotain – voita leivän päälle, maitoa muroihin, sokeria teehen/kahviin. Jos sitä ei ole kerrottu, oletan ettet ole lisännyt mitään.

12. Voit myös ottaa kuvan aterioistasi, jos et osaa arvioida (täytä joka tapauksessa arvioisi päiväkirjaan). KUVAA VÄHINTÄÄN YKSI ATERIA! Valokuvat voit lähettää sähköpostitse.

13. Kirjaa ylös harjoitustesi kellonaika, kesto, rasitustaso (1= erittäin kevyt, 10=maksimaalinen, PK 1-4, VK 5-7, MK/NK 8-10) sekä sisältö: harjoitustapa (juoksu, hiihto, lihaskunto), kilometrit, vauhti ja syke. Arvioi mahdollisimman lähelle, jos et tiedä tarkkoja arvoja, mutta kirjoita ylös mikäli kyseessä on arvio.

14. Jos sinulla on aktiivisuusmittari sykemittarissasi ja olet käyttänyt sitä koko päivän, voit merkitä energiankulutusarvion ylös. Merkitse myös kellon merkki ja malli.

14. Kirjaa jokaisen sivun yläreunaan aamupainosi ennen ruokailua tai juomista.

15. Ole rehellinen, merkkaa myös napostelut. Pyri syömään ja harjoittelemaan mahdollisimman normaalisti päiväkirjan täytöstä huolimatta!

16. Jos epäröit, miten jokin ruoka-aine tai harjoitus tulisi raportoida päiväkirjaan, kysy Oonalta (o.ona.94@hotmail.com / 0405058646)

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)	Kotimatkalla 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. Onneks jääkaapissa hätävaraa…
HARJOITUS 1: 9.30-11 kesto 1,5h Kovuus: 7	Juoksu vauhtikestävyys 10km (3.45min/km, keskisyke 160) + verryttelyt 3+3 km (n. 4.45 min/km, syke 130)		Meni maha sekaisin, kun söin aamiaista liian myöhään
HARJOITUS 2 18.30-20.30 kesto 2h Kovuus 2	Kevyt 1,5h pyöräily (keskisyke 119) Keskivartaloa 30min		

PÄIVITTÄINEN AKTIIVISUUS

Arvioi, kuinka paljon aikaa keskimäärin käytit päiväkirjan täyttöaikana seuraaviin toimintoihin vuorokaudessa. (esim. jos siivosit yhtenä päivänä 5h ja muina et ollenkaan, laita 1h). Mikäli tekemääsi toimintoa ei ole mainittu listoilla, voit lisätä sen rastitustasoltaan samantyyppisten askareiden joukkoon tai kuvailla mahd. tarkasti ”muu mikä” -kohtaan (aika + askare). Älä kirjaa päivittäiseen aktiivisuuteen mitään, jonka olet jo kirjannut harjoitukseksi.

1. Nukkuminen _____h

2. Makoilu (esim. TV:tä katsellessa):_____h

3. Istuminen (syöminen, TV:n katselu, kirjoittaminen, matkustus…):_____h

4. Ruoanlaitto, tiskaus, kevyt siivous, muu kevyt seisomatyö (suihku, hiustenlaitto…), musiikin soittaminen (Piano, viulu ym.), hidas kävely (alle 3km/h), lihashuolto (venyttely, foamroller ym.) _____h

5. Kova siivous, puutarhatyöt, ”kova musiikin soitto (rummut ym.), rauhallinen kävely (3-5 km/h), hidas pyöräily (alle 10km/h) _____h

6. Kevyet lumityöt, reipas kävely (yli 5km/h), rauhallinen pyöräily (10-16 km/h)_____h

7. Raskaat lumityöt, reipas pyöräily (yli 16 km/h)_____h

8. Muu mikä?

LISÄKOMMENTTEJA: