

**RASVAN JAKAUTUMISEN, KEHONKOOSTUMUKSEN, HORMONITOIMINNAN  
JA URHEILIJAN LAJIN YHTEYDET LUUNTIHEYTEEN SUOMALAISILLA  
NAISURHEILJOILLA**

Ida Laisi

Liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma  
Liikuntatieteellinen tiedekunta  
Jyväskylän yliopisto  
Kevät 2022

## TIIVISTELMÄ

Laisi, I. 2022. Rasvan jakautumisen, kehonkoostumuksen, hormonitoiminnan ja urheilijan lajin yhteydet luuntiheyteen suomalaisilla naisurheilijoilla. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma, 65 s.

Liikunnalla ja fyysisellä aktiivisuudella on keskeinen merkitys luiden vahvistumisen kannalta. Monipuolista ja epätavallista iskutusta sisältävissä lajeissa luuntiheys kehittyy parhaiten. Alhaisen luuntiheyden riskissä ovat urheilijat, joiden lajissa ei ole iskutusta, iskutusta on yksipuolista sekä urheilijat, joilla on alhainen kehonpaino ja kuukautiskierron häiriöitä. Alhainen energiansaataavuus ja siitä johtuvat kuukautiskierron häiriöt ovat yhteydessä alentuneeseen luuntiheyteen, sillä estrogeenillä on keskeinen merkitys naisten luunterveydelle. Estrogeeni vaikuttaa naisilla myös rasvan jakautumiseen lisäämällä rasvan varastoitumista ihonalaiseen kudokseen lantion, reisien ja pakaroiden alueelle. Kuukautiskierron häiriöistä kärsivillä urheilijoilla on yleensä kehossaan vähemmän rasvaa normaalin kuukautiskierron omaaviin henkilöihin verrattuna, sillä normaaliin hormonitoimintaan tarvitaan riittävä määrä ihonalaista rasvaa.

Rasvan jakautumisesta ja sen yhteyksistä luuntiheyteen on vain vähän tutkimuksia urheilijoilla. Lisäksi tutkimusten tulokset ovat osittain ristiriitaisia keskenään ja sen vuoksi tällaiselle tutkimukselle on tarvetta. Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena olikin selvittää rasvan jakautumisen, kehonkoostumuksen, kuukautiskierron ja hormonitoiminnan yhteyksiä luuntiheyteen suomalaisilla naisurheilijoilla. Lisäksi tarkoituksena oli tutkia lajien välisiä eroja samojen muuttujien osalta. Tutkimusaineisto koostui yli 300 urheilijasta 16 eri lajista, joten aineistoa voidaan pitää laajana. Lajit jaoteltiin painosensitiivisiin ja vähemmän painosensitiivisiin lajeihin. Tilastollisina menetelminä käytettiin Pearsonin korrelaatiota, T-testiä, Man-Whitneyn U-testiä, regressioanalyysiä sekä varianssianalyysiä. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi asetettiin  $p < 0,05$ .

Koko kehon luuntiheys ja Z-luku olivat tässä aineistossa urheilijoilla hyvällä tasolla, sillä vain yhdellä urheilijalla Z-luku oli alle kriittisen -1 rajan. Tutkimuksessa havaittiin, että rasvaton massa oli positiivisesti yhteydessä luuntiheyteen ( $r=0,478$ ,  $p < 0,001$ ). Rasvan määrällä tai sen jakautumisella taas ei havaittu yhteyttä luuntiheyteen. Amenorrisilla urheilijoilla oli tilastollisesti merkitsevästi alhaisempi rasvaprosentti ( $p < 0,001$ ) ja rasvan määrä ( $p < 0,001$ ) kuin muilla urheilijoilla. Heillä oli myös alhaisempi BMD ja Z-luku, mutta erot eivät yltäneet tilastolliseen merkitsevyyteen. Painosensitiivisten ja vähemmän painosensitiivisten lajien välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja useissa muuttujissa. Painosensitiivisten lajien urheilijoilla oli muun muassa suurempi Z-luku ( $p < 0,001$ ), BMD ( $p < 0,001$ ) ja enemmän rasvaa kaikilla muuttujilla mitattuna verrattuna vähemmän painosensitiivisten lajien urheilijoihin.

Tutkimuksen perusteella painosensitiivisissä lajeissa urheilijat ovat suuremmassa riskissä kuukautiskierron häiriöihin ja alhaisempaan luuntiheyteen verrattuna vähemmän painosensitiivisiin lajeihin. Suurimmassa riskissä vaikuttavat olevan kestävyyslajien harrastajat sekä esteettisten lajien urheilijat. Urheilijoille tulee levittää tietoisuutta siitä, että kuukautiskierron häiriöt ja rasitusmurtumat voivat olla merkkejä alhaisesta energiansaataavuudesta, jolla voi olla haitallisia vaikutuksia luustolle pidemmällä aikavälillä.

Asiasanat: naisurheilija, luuntiheys, rasvan jakautuminen, rasvaton massa

## ABSTRACT

Laisi, I. 2022. Relationship between fat distribution, body composition, endocrine function and athlete's sport on bone density in Finnish female athletes. The Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis, 65 pp.

Exercise and physical activity play a key role in strengthening the bones. Sports that involve a variety of impacts develop the highest bone mineral density. Athletes who are at risk of low bone mineral density are those whose sport is without impact or has unilateral impact, and athletes with low body weight and menstrual disorders. Low energy availability and menstrual disorders are associated with reduced bone density as estrogen plays a key role in women's bone health. Estrogen also affects fat distribution in women by increasing the storage of fat in subcutaneous tissue in the pelvic, thigh, and buttock areas. Athletes with menstrual disorders tend to have less body fat than those with normal menstrual cycles, as a sufficient amount of subcutaneous fat is needed for normal endocrine function.

There are only few studies on fat distribution and its relationship with bone mineral density in female athletes and the results of these studies are partly contradictory. Therefore, there is a need for such a study. The aim of this thesis was to investigate the relationship between fat distribution, body composition, menstrual cycle, endocrine function and bone mineral density in Finnish female athletes. In addition, the aim was to investigate differences between sports. Data can be considered extensive because this study examined more than 300 athletes from 16 different sports. The sports were divided into weight-sensitive and less weight-sensitive sports. The statistical methods used were Pearson correlation, T-test, Man-Whitney U-test, regression analysis and variance analysis. The threshold for statistical significance was set at  $p < 0,05$ .

Total BMD and Z-scores were at a good level in the athletes in this study, with only one athlete having a Z-score below the critical -1 threshold. The study found that fat free mass was positively associated with bone mineral density ( $r=0,478$ ,  $p < 0,001$ ). No association was found between fat quantity or fat distribution and BMD. Amenorrheic athletes had statistically significantly lower fat percentage ( $p < 0,001$ ) and fat mass ( $p < 0,001$ ) than other athletes. They also had lower BMD and Z-scores, but the differences did not reach statistical significance. There were statistically significant differences between weight-sensitive and less-weight sensitive sports on several variables. For example, athletes in less weight-sensitive sports had higher Z-scores ( $p < 0,001$ ), BMD ( $p < 0,001$ ) and more body fat compared to athletes in weight-sensitive sports.

The study found that athletes in weight-sensitive sports are at higher risk of menstrual disorders and lower bone mineral density compared to athletes in less weight-sensitive sports. Endurance and aesthetic athletes are at the greatest risk. Athletes should be made aware of menstrual disorders and stress fractures as a sign of low energy availability, which can have a detrimental effect on bones in the longer term.

Key words: female athlete, bone mineral density, fat distribution, fat-free mass

## TÄRKEIMMÄT KÄYTETYT LYHENTEET

BMC	bone mineral content, luun mineraalisisältö
BMD	bone mineral density, luun mineraalitiheys, luuntiheys
DXA	dual-energy X-ray absorptiometry, kaksienergisien röntgensäteiden absorptiometria
FSH	follikkeleita stimuloiva hormoni
GnRH	gonadotropiineja vapauttava hormoni
IGF-1	insuliinin kaltainen kasvutekijä
LH	luteinisoiva hormoni
RED-S	Relative Energy Deficiency in Sport, urheilijan suhteellinen energiavaje
Z-luku	Keskihajonnan avulla ilmaistu luuntiheyden ero keskimääräiseen samaa sukupuolta olevaan, saman ikäiseen ja samaan etniseen ryhmään kuuluvaan henkilöön

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	1
2	LUUNTIHEYS URHEILJOILLA.....	3
2.1	Luun koostumus ja luuntiheys .....	3
2.2	Liikunnan ja urheilulajin vaikutus luihin.....	5
3	HORMONIT JA NIIDEN YHTEYS LUUNTIHEYTEEN .....	7
3.1	Hypotalamus-aivolisäke-munasarja-akseli ja luuntiheys .....	7
3.1.1	Kuukautiskierron häiriöt, niiden syyt ja yleisyys urheilijoilla .....	9
3.1.2	Kuukautiskierto ja luuntiheys.....	12
3.2	Muiden keskeisten hormonien yhteys luuntiheyteen .....	15
3.2.1	Leptiini .....	15
3.2.2	IGF-1 .....	17
3.2.3	Kortisoli .....	18
4	KEHONKOOSTUMUKSEN YHTEYS LUUNTIHEYTEEN .....	20
4.1	Kehonkoostumus ja rasvakudos.....	20
4.2	Rasvan jakautuminen ja sen yhteys hormonitoimintaan .....	21
4.3	Lihasmassan, rasvakudoksen ja rasvan jakautumisen yhteydet luuntiheyteen.....	23
5	TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT.....	27
6	TUTKIMUSMENETELMÄT .....	29
6.1	Aineiston kerääminen.....	29
6.2	Tutkittavat.....	29
6.3	Tutkimusasetelma.....	31
6.4	Tilastolliset menetelmät.....	32
7	TULOKSET.....	34
7.1	Kehonkoostumuksen ja luuntiheyden välinen yhteys tutkittavilla.....	34

7.2	Amenorrean vaikutus kehonkoostumukseen ja luuhun.....	36
7.3	Painosensitiiviset lajit ja vähemmän painosensitiiviset lajit.....	38
7.4	Luuntiheys ja yksittäisten lajien välinen vertailu.....	43
7.5	Luuntiheyteen vaikuttavat muuttujat.....	45
8	POHDINTA.....	47
8.1	Keskeiset tulokset.....	47
8.1.1	Kehonkoostumus, rasvan määrä ja sen jakautuminen .....	48
8.1.2	Rasvan, lihasmassan ja rasvan jakautumisen merkitys luuntiheyteen.....	50
8.1.3	Amenorrean vaikutus luuntiheyteen .....	51
8.1.4	Muiden hormonien vaikutus luuntiheyteen.....	52
8.1.5	Luuntiheys ja lajien väliset erot.....	54
8.2	Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet.....	55
8.3	Johtopäätökset .....	56
	LÄHTEET .....	58

# 1 JOHDANTO

Käsite Female Athlete Triad eli naisurheilijan oireyhtymä syntyi vuonna 1992, kun huomattiin, että syömishäiriöt, amenorrea ja osteoporoosi esiintyvät yhdessä hoikkuutta ihannoivissa urheilulajeissa. Myöhemmin vuonna 2007 Nattiv ym. tarkensivat määritelmää kuvaamaan suhteellisen energiavajeen, kuukautiskierron ja luuntiheyden keskinäistä yhteyttä. Erityisesti alhaisen energiansaataavuuden katsottiin olevan tekijä, joka heikentää lisääntymisterveyttä ja luunterveyttä. (Nattiv ym. 2007)

Urheilijan suhteellinen energiavaje RED-S (eng. Relative Energy Deficiency in Sports) syntyi korvaamaan ja tarkentamaan naisurheilijan oireyhtymän määritelmää. RED-S kuvaa alhaisesta energiansaataavuudesta johtuvaa fysiologisten toimintojen heikkenemistä. Oleellinen ero naisurheilijan oireyhtymään on se, että RED-S huomioi alhaisen energiansaataavuuden vaikuttavan kuukautiskierron ja luunterveyden lisäksi haitallisesti myös muihin fysiologisiin toimintoihin. RED-S huomioi sen, että suhteellisen energiavajeen ongelmista voivat naisurheilijoiden lisäksi kärsiä myös miehet sekä tavalliset kuntoilijat. (Mountjoy ym. 2014)

RED-S:ssa energiaa pyritään säästämään toiminnoista, jotka eivät ole hengissä selviämisen kannalta oleellisia, kuten lisääntymisestä, rasvan kertymisestä, kasvusta ja kehityksestä (Elliot-Sale ym. 2018). Naisilla erilaiset kuukautiskierron häiriöt voivatkin olla merkki alhaisesta energiansaataavuudesta (Mountjoy ym. 2014). Kuukautiskierron häiriöt ja alhainen estrogeenitaso liittyvät yleensä pitkään jatkuneeseen alhaiseen energiansaataavuuteen, mikä johtaa luun muodostumisen vähenemiseen, sillä estrogeenillä on välttämätön rooli luuntiheyden maksimoimisessa sekä ylläpitämisessä (Forsyth & Hind 2019, 88; Nattiv ym. 2007). RED-S vaikuttaa luuhun myös vaikuttamalla muihin hormoneihin kuten insuliiniin, kasvuhormoniin, insuliinin kaltaiseen kasvutekijään (IGF-1), trijoditryroniiniin (T<sub>3</sub>) ja leptiiniin (Nattiv ym. 2007).

Urheilijan luuntiheyteen vaikuttavat monet tekijät ja luuntiheys kuvastaa muun muassa pidemmän aikavälin energiansaataavuutta, kuukautiskierron statusta, geneettisiä tekijöitä sekä muita ravitsemukseen, käyttäytymiseen ja ympäristöön liittyviä tekijöitä (Nattiv ym. 2007). Ympäristöön ja käyttäytymiseen liittyvistä tekijöistä erityisesti liikunnalla on keskeinen merkitys luiden vahvistumiselle. Luustolle hyviä liikuntamuotoja ovat lajit, jotka sisältävät monipuolista iskutusta, liikettä eri suuntiin sekä kovia kuormia. (Dolan ym. 2020)

Estrogeenillä on tärkeä merkitys myös rasvan jakautumiseen, sillä se lisää rasvan varastoitumista ihonalaiseen kudokseen, mistä johtuen naisilla on suurempi määrä rasvaa kehossaan miehiin verrattuna (Hall & Guyton 2016, 1045). Rasva varastoituu naisilla ennen menopaussia pääosin rintoihin, ihonalaiseen kudokseen sekä reisien ja pakaroiden alueelle (Palmer & Clegg 2015). Kuukautiskierron häiriöistä kärsivillä urheilijoilla on havaittu olevan kehossaan vähemmän rasvaa ja alhaisempi luutiheys verrattuna niihin, joilla on normaali kuukautiskierto (Ackerman ym. 2011). Rasvan määrän ja sen jakautumisen vaikutuksista luuntiheyteen on kuitenkin vain vähän tutkimusta urheilijoilla ja tutkimukset ovat keskenään osittain ristiriitaisia.

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena on selvittää rasvan jakautumisen yhteyttä luuntiheyteen ja hormonitoimintaan suomalaisilla naisurheilijoilla. Tarkoituksena on selvittää myös kehonkoostumuksen, rasvan jakautumisen ja lihasmassan vaikutusta luuntiheyteen sekä tutkia lajien välisiä eroja näissä muuttujissa.



## 2 LUUNTIHEYS URHEILJOILLA

Liikunnalla on luuhun monia hyödyllisiä vaikutuksia niin lapsuudessa, aikuisuudessa kuin ikääntyessä. Tässä luvussa käsitellään luun koostumusta, luuntiheyttä, liikunnan vaikutuksia luihin sekä sitä, millaiset liikuntalajit ovat luuston kannalta hyödyllisimpiä.

### 2.1 Luun koostumus ja luuntiheys

Luu koostuu vahvasta orgaanisesta soluväliaineesta sekä kalsiumsuoloista. Orgaaninen luuaines sisältää pääosin kollageenisäikeitä, jotka saavat aikaan luussa suuren vetolujuuden. Luusuolat sisältävät enimmäkseen kalsiumia sekä fosfaattia, joiden ansiosta luut kestävät hyvin puristusta. Yleisin luusuola on hydroksiapatiitti. Luusuolat ja kollageenisäikeet ovat sitoutuneet toisiinsa tiukasti. Tämä luusuolojen ja kollageenisäikeiden järjestäytyminen sekä niiden ominaisuudet tekevät luusta erittäin vahvan rakenteen, joka kestää sekä puristusta että vetoa. (Hall & Guyton 2016, 1003–1004) Muutokset joko luusuoloissa tai kollageenisäikeissä voivat vaikuttaa luun mekaanisiin ominaisuuksiin ja sitä kautta kasvattaa murtumariskiä (Fonseca ym. 2014).

Luu voidaan jakaa kahteen erilaiseen kudokseen, joita ovat kortikaalinen luukudos eli tiivisluu ja trabekulaarinen luukudos eli hohkaluu. Kortikaalista luuta on useimpien luiden ulkopinnalla sekä pitkien luiden varsissa. Trabekulaarista luuta taas on pitkien luiden päissä sekä tiettyjen luiden, kuten selkänikamien ja lantion sisällä. Trabekulaarinen luu on metabolisesti aktiivisempaa ja luun muodostuminen tapahtuu pääosin tässä luukudoksessa. (Forsyth & Hind 2019, 87) Kortikaalinen luu on vahvempaa ja kestää paremmin kuormitusta, mutta huonommin venytystä (Hart ym. 2017). Trabekulaarinen luu taas kestää huokoisemman luonteensa vuoksi huonommin kuormitusta, mutta on elastisempaa ja kestää siksi paremmin venytystä (Hart ym. 2017).

Luukudoksessa on uutta luuta muodostavia soluja eli osteoblasteja, joita on luiden ulkopinnoilla sekä luuontelossa. Lisäksi on luuta hajottavia soluja, osteoklasteja. Uutta luuta muodostetaan jatkuvasti kaikissa elävissä luissa ja vastaavasti luun hajotusta tapahtuu jatkuvasti osteoklastien toimesta. Osteoblastien ja osteoklastien toiminta on yleensä tasapainossa niin, että luumassa pysyy muuttumattomana. Tässä poikkeuksena ovat kasvavat luut, joissa luun muodostus on luun hajotusta suurempaa. (Hall & Guyton 2016, 1005–1006)

Luun uudelleenmuodostumista tapahtuu vasteena mekaaniselle stressille, hormonikonsentraatioiden muutoksille sekä vasteena kalsiumin tarpeelle solun ulkoisessa nesteessä (Forsyth & Hind 2019, 87). Tärkein luiden mukautumiseen vaikuttava tekijä on lihassupistusten ja painovoiman aiheuttama kuormitus (Hart ym. 2017). Luut mukautuvat vahvuuteensa sekä muotoonsa sen mukaan, millaista ja kuinka suurta kuormitusta ne joutuvat kestävänsä (Hart ym. 2017). Luun vahvistuminen riippuu siitä, millaisia kompressiovoimia se joutuu kestävänsä ja fyysinen kuormitus saakin aikaan osteoblastien aktivoitumisen. Luun jatkuvalla uudelleenmuodostumisella ja hajoamisella on monia tärkeitä fysiologisia tehtäviä. Vanhoista luista tulee lopulta hauraita ja siksi uuden luuaineksen muodostaminen on tärkeää vanhan aineksen hajotessa ja heiketessä. (Hall & Guyton 2016, 1006–1007)

Luun mineraalipitoisuus (eng. bone mineral content, BMC) kuvaa luun mineraalipitoisuutta grammoissa. Luuntiheys (eng. bone mineral density, BMD) taas kuvaa luiden sisältämää mineraalien määrää tietyllä alueella ja se määritetään jakamalla BMC mitatulla luualueella, jolloin sen yksikkö on  $\text{g}/\text{cm}^2$ . (Licata ym. 2018) BMD on tärkein mittari, johon osteoporoosin diagnosointi ja seuranta perustuvat ja se selittää luun vahvuudesta keskimäärin 60–80 % (Käypä Hoito -suositus 2020). Luun vahvuus ja riski luun murtumiin riippuu luuntiheyden lisäksi luun sisäisestä mineraalirakenteesta sekä luuproteiinien laadusta, mistä johtuen BMD onkin vain yksi luun vahvuutta kuvaava mittari (Nattiv ym. 2007).

Luuntiheyden lisäksi luun vahvuudesta kertovat myös monet muut tekijät, kuten luun morfologia eli luukudoksen määrä, jakautuminen ja koostumus sekä luukudoksen komponenttien ominaisuudet (Fonseca ym. 2014). Tästä johtuen alentunut luun vahvuus voi johtua luumassan määrän vähenemisestä, muutoksista luun mikrorakenteessa tai ominaisuuksissa tai näiden kaikkien yhdistelmästä (Fonseca ym. 2014). Osteoporoosin ja alentuneen luuntiheyden taustalla voi olla luun mineraalien menetys aikuisiällä, mutta taustalla voi olla myös se, ettei luuntiheys ole kehittynyt lapsuuden ja nuoruuden aikana tarpeeksi optimaalisen luuntiheyden saavuttamiseksi (Nattiv ym. 2017).

Luuntiheysmittauksen tulokset ilmoitetaan yleensä suhteutettuna johonkin keskimääräiseen arvoon ja ero ilmaistaan keskihajonnan perusteella. Urheilijoilla, alle 50-vuotiailla miehillä sekä naisilla ennen menopaussia vertailussa käytetään Z-lukua, joka suhteuttaa BMD:n samaa sukupuolta oleviin, saman ikäisiin ja samaan etsineen ryhmään kuuluviin (Licata ym. 2018).

$$Z - \text{luku} = \frac{\text{Mitattu BMD} - \text{Samanikäisten keskimääräinen BMD}}{\text{Samanikäisten BMD keskihajonta}}$$

American College of Sports Medicinen mukaan urheilijan Z-luvun ollessa alle -1 tulee asiaa tutkia tarkemmin (Nattiv ym. 2007). Urheilijan BMD:n voidaan todeta olevan alhainen, kun Z-luku on alle -1 ja lisäksi urheilijalla on historiaa puutteellisesta syömisestä, alhaisesta estrogeenitasosta, rasisusmurtumista ja/tai muista kliinisistä murtuman riskitekijöistä (Nattiv ym. 2007).

## 2.2 Liikunnan ja urheilulajin vaikutus luihin

American College of Sports Medicinen (ACSM) tekemän katsauksen mukaan liikunnalla ja fyysisellä aktiivisuudella on tärkeä merkitys luun vahvistumiseen koko elinkaaren ajan. Lapsuudessa ja nuoruudessa liikunnalla on merkittävä rooli luumassan maksimoimisessa, aikuisuudessa luumassan yläpidossa ja ikääntyessä luukadon hidastamisessa sekä kaatumisten ja murtumien vähentämisessä. Liikunnan aiheuttamat vaikutukset luihin ovat spesifejä eli vain ne luut, jotka joutuvat jatkuvalla kuormitukselle, mukautuvat siihen. Lisäksi luut mukautuvat vain, kun kuormitus ylittää tavallisen päivittäisen kuormituksen. Mekaanisen kuorman tulee olla vaihtelevaa, dynaamista ja ainutlaatuista, jotta luut mukautuvat. (Kohrt ym. 2004)

Harjoittelun tiedetään aiheuttavan luille monia hyödyllisiä vaikutuksia (Forsyth & Hind 2019, 85). Luiden vaste liikunnalle on monimutkainen ja siihen vaikuttavat ravitseminen, harjoitustausta, ikä, perimä ja harjoittelun tyyppi (Dolan ym. 2020). Lihassupistuksen, iskukuormituksen ja painovoiman aiheuttama mekaaninen rasitus stimuloi luussa uudistumis-, muodostumis- ja hajoamisprosesseja (Hart ym. 2017). Harjoittelun aiheuttama akuutti stimulus lisää yleensä luiden resorptiota eli hajotusta, mutta kroonisesti harjoittelu aiheuttaa luun muodostumisen lisääntymistä (Dolan ym. 2020). Lajeja, jotka sisältävät monipuolista iskutusta, liikettä eri suuntiin sekä kovia kuormia, pidetään parhaina liikuntamuotoina luiden vahvistumisen kannalta (Dolan ym. 2020). Kuitenkin tietyt urheilulajit, joissa tavoitellaan hoikkuutta tai joissa harjoitellaan määrällisesti paljon, voivat olla yhteydessä alentuneeseen luun vahvuuteen, luukatoon sekä suurentuneeseen rasisusmurtumien riskiin (Forsyth & Hind 2019, 85). Luihin liittyvät ongelmat ovat usein yhteydessä suhteelliseen energiavajeeseen sekä kuukautiskierron häiriöihin (Forsyth & Hind 2019, 85).

Tenforde ym. (2018) tutkimuksen mukaan suurimmassa riskissä alhaisiin BMD Z-lukuihin ovat urheilijat, joiden lajissa ei ole iskutusta ja/tai iskutusta on yksipuolista sekä urheilijat, joilla on alhainen painoindeksi ja kuukautiskierron häiriöitä. Tutkimuksessa tutkittiin 16 eri lajin College-urheilijoilta ja alhaisimmat Z-luvut tutkimuksessa olivat taitouinnissa, uinnissa, soudussa ja maastajuoksussa. Korkeimmat Z-luvut taas olivat telinevoimistelijoilla, lentopalloilijoilla, koripalloilijoilla ja softballin pelaajilla. (Tenforde ym. 2018) Samankaltaisia tuloksia saatiin Nikander ym. (2005) tutkimuksessa, jossa tutkittiin 255 naisurheilijan reisiluun kaulaa. Tutkimuksen mukaan luuntiheys ja luun vahvuus olivat suurimpia suurta iskutusta sisältävissä lajeissa (high-impact loading) sekä epätavallista iskutusta (od-impact loading) sisältävissä lajeissa, kuten lentopallossa, jalkapallossa ja aerobicissä. Sen sijaan iskutusta sisältämättömien lajien urheilijoilla urheilusta ei ollut merkittävää hyötyä luuston kannalta kontroleihin verrattuna. (Nikander ym. 2005)

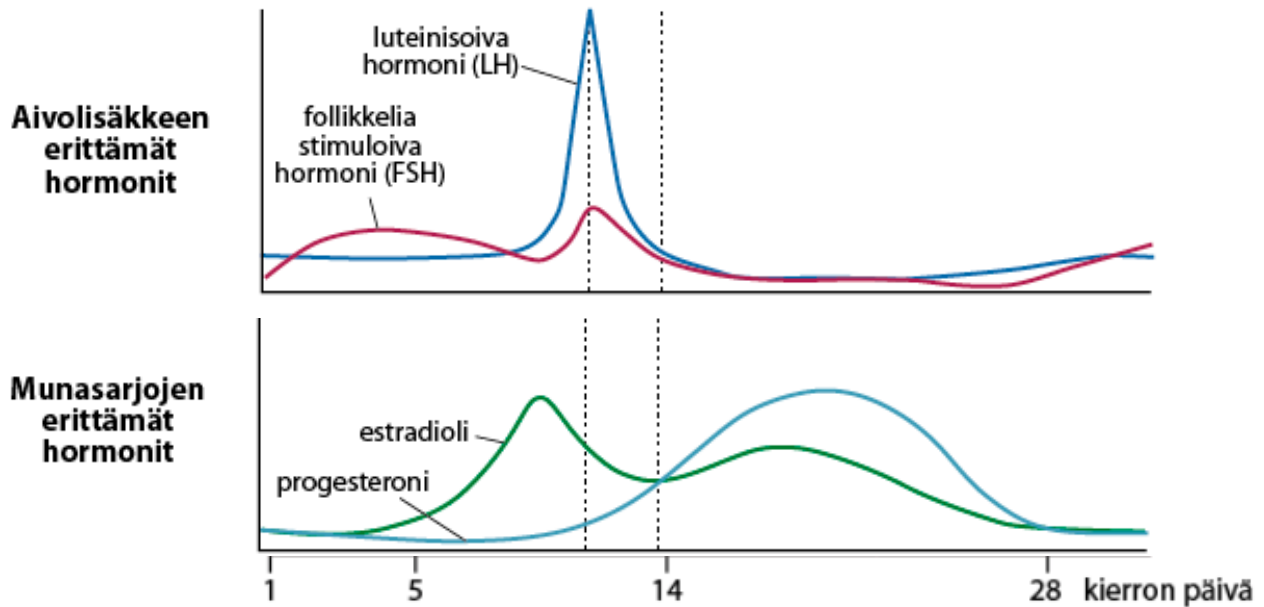
### **3 HORMONIT JA NIIDEN YHTEYS LUUNTIHEYTEEN**

Tässä luvussa käsitellään hormonitoiminnan ja luuntiheyden välistä yhteyttä. Luvussa kerrotaan normaalista kuukautiskierrosta sekä kuukautiskierron häiriöistä ja niiden yleisyydestä urheilijoilla. Lisäksi luvussa käsitellään kuukautiskierron ja luuntiheyden välistä yhteyttä sekä muiden keskeisten hormonien, leptiinin, IGF-1:n ja kortisolin merkitystä luun kannalta.

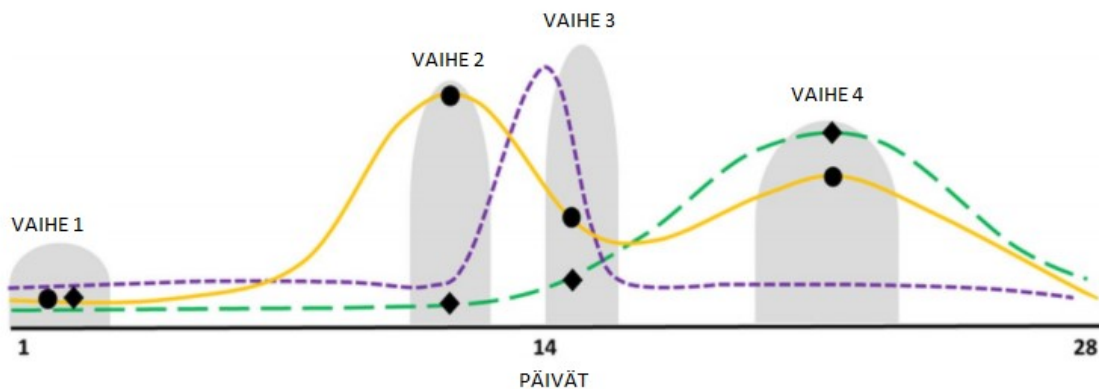
#### **3.1 Hypotalamus-aivolisäke-munasarja-akseli ja luuntiheys**

Naishormonijärjestelmä voidaan jakaa kolmitasoiseen osaan, johon kuuluvat hypotalamuksesta, aivolisäkkeestä ja munasarjoista vapautuvat hormonit. Hypotalamuksesta erittyvä gonadotropiinia vapauttava hormoni (GnRH) ohjaa aivolisäkkeestä vapautuvia follikkeleita stimuloivaa hormonia (FSH) sekä luteinisoivaa hormonia (LH). Aivolisäkkeestä vapautuvat FSH ja LH taas ohjaavat munasarjoista vapautuvien estrogeenin ja progesteronin eli keltarauhashormonin eritystä. FSH:n ja LH:n erityks vaihtelee hyvin paljon ja kuukautiskierto aiheutuu tämän vaihtelun mukaan. (Hall & Guyton 2016, 1039) Kuvassa 1 ja 2 on esitetty, kuinka edellä mainitut hormonit vaihtelevat kuukautiskierron aikana.

Kuukautiskierron keskimääräinen pituus on 28 päivää, mutta normaali kierto vaihtelee 24–38 päivän välillä (Tiitinen 2021). Kuukautiskierron tarkoituksena on vapauttaa munasolu hedelmöitymistä varten sekä valmistella kohdun limakalvoja raskautta varten. Kuukautiskierto jakautuu karkeasti kahteen vaiheeseen, jotka ovat follikulaarivaihe ja luteaalinen vaihe ja näiden välissä tapahtuu ovulaatio. (Hall & Guyton 2016, 1039–1042) Estrogeenin ja progesteronin vaihtelevat pitoisuudet erottelevat kuukautiskierron vaiheita. Kuvasta 1 nähdään, että näiden molempien hormonien tasot ovat alhaiset kuukautisten alussa follikkulaarivaiheessa, ovulaation aikana estrogeenitasot ovat korkealla ja progesteronitasot ovat alhaiset ja luteaalivaiheessa taas molempien hormonien pitoisuudet ovat korkealla (Lebrun ym. 2020). Kuukautiskierto voidaan jakaa myös useampaan kuin kahteen vaiheeseen, kuten kuvassa 2 on esitetty.



KUVA 1. Hormonipitoisuuksien vaihtelu kuukautiskierron aikana. Ylemmässä kuvassa on kuvattu punaisella FSH-pitoisuus ja sinisillä LH-pitoisuus kierron eri vaiheissa. Alemmassa kuvassa on kuvattu vihreällä estradiolipitoisuuksia ja sinisellä progesteronipitoisuuksia kierron aikana. Ovulaatio tapahtuu katkoviivojen välisellä alueella. LH, luteinisoiva hormoni. FSH, follikkeleita stimuloiva hormoni. (Mukaihtu Tiitinen 2021.)



KUVA 2. Kuukautiskierron neljä vaihetta. Keltaisella värillä kuvataan estrogeenitasoja, violetilla luteinisoivan hormonin tasoja ja vihreällä keltarauhashormonipitoisuutta. Mustat ympyrät kuvaavat keskimääräistä estrogeenitasoa kussakin vaiheessa ja mustat nelikulmiot taas keskimääräistä keltarauhashormonin tasoja. (Mukaihtu Elliot-Sale ym. 2021.)

Kierto alkaa kuukautisvuodosta ja ensimmäinen vuotovaihe kestää keskimäärin 5 päivää (Elliot-Sale ym. 2021). Tänä aikana estrogeeni- ja progesteroni tasot ovat alhaiset, mutta FSH- ja LH-tasot alkavat nousta hiljalleen aiheuttaen uuden follikkelin kasvua ja estrogeenin vapautumista munasarjoista (Hall & Guyton 2016, 1049). Juuri ennen ovulaatiota tapahtuu kierron toinen vaihe, johon liittyy kierron korkein estrogeenitaso ja LH-tason merkittävä nousu (Ellio-Sale ym. 2021). LH-tason nousu on välttämätön ovulaation tapahtumiseksi ja jos LH:a ei erity riittävästi ovulaatiota ei pääse tapahtumaan (Hall & Guyton 2016, 1041).

Vaiheessa kolme tapahtuu ovulaatio eli munarakkulan irtoaminen sekä keltarauhasen muodostuminen (Hall & Guyton 2016, 1042). Keltarauhasesta alkaa erittyä estrogeenia ja progesteronia, ja vaiheessa neljä voidaankin havaita kierron korkein progesteronitaso ja korkea estrogeenitaso (Elliot-Sale ym. 2021). Keltarauhasesta erittyvät suuret hormonikonsentraatiot inhiboivat aivolisäkkeestä erittyvien FSH:n ja LH:n eritystä ja niiden määrä laskee alhaiseksi (Hall & Guyton 2016, 1049). Kierron loppua kohti siirryttäessä keltarauhanen alkaa surkastua ja sen hormonieritys vähentyä. Tämä laukaisee hypotalamuksen ja aivolisäkkeen hormonierityksen nousun muutaman päivän ennen kuukautiskierron alkamista. (Hall & Guyton 2016, 1049)

Hormonaalisen ehkäisyn käyttö vaikuttaa hormonitasoihin, sillä ehkäisyn sisältämät hormonit inhiboivat aivolisäkkeestä vapautuvia hormoneja ja sitä kautta estävät ovulaation tapahtumisen (Lebrun ym. 2020). Hormonaalinen ehkäisy kattaa terminä monenlaisia ehkäisyvalmisteita, joiden ensisijaisena tehtävänä on estää raskaaksi tuleminen. Ehkäisyn avulla voidaan hoitaa myös runsaita kuukautisia, kuukautiskipuja ja aknea. Ehkäisymuodoissa on paljon vaihtelua hormonipitoisuuksissa sekä siinä, onko niissä estrogeeniä ja progesteronia (yhdistelmäehkäisy) vai pelkkää progesteronia. Osa urheilijoista käyttää hormonaalista ehkäisyä kuukautiskierron ja kuukautisvuodon ajankohdan säätelyyn. Hormonaalisen ehkäisyn vaikutukset suorituskykyyn ovat edelleen epäselviä. (Elliot-Sale & Hicks 2019, 39–40)

### **3.1.1 Kuukautiskierron häiriöt, niiden syyt ja yleisyys urheilijoilla**

Munasarjoista erittyvän estrogeenin määrän tulee ylittää tietty taso, jotta kuukautiskierto syntyy säännöllisesti (Hall & Guyon 2016, 1051). Jos erittyvän estrogeenin määrä on syystä tai toisesta liian alhainen, ei säännöllistä kuukautiskiertoa tapahdu (Hall & Guyton 2016, 1051).

Kuukautisten poisjääntiä vähintään kolmen kuukauden ajaksi kutsutaan amenorreaksi (Williams & Ruffing 2019).

Taulukossa 1 nähdään Elliot-Sale ym. (2021) tutkimuskäyttöön suosittelemat määritelmät ja määrittelytavat liittyen naisen hormonitoimintaan, kuukautiskiertoon ja niiden häiriöihin. Normaali kuukautiskierto eli eumenorrea määritetään kuukautiskierron keston ollessa 21–35 päivää (Elliot-Sale ym. 2021). Oligomenorrealla tarkoitetaan epäsäännöllistä kuukautiskierron pituutta, jolloin kierto vaihtelee 30–90 päivän välillä (Williams & Ruffing 2019). Sekundaarisella amenorrealla tarkoitetaan kuukautisten poisjäämistä niiden alkamisen jälkeen, kun taas primaarinen amenorrea tarkoittaa sitä, että kuukautiset eivät ole alkaneet 15 ikävuoteen mennessä (Nattiv ym. 2017).

TAULUKKO 1. Kuukautiskiertoon liittyvät termit ja niiden suositellut määrittelytavat tutkimuskäytössä (Mukailtu Elliot-Sale ym. 2021).

Termi	Määritelmä
Eumenorrea	<ul style="list-style-type: none"><li>- Kuukautiskierron pituus on 21–35 päivää</li><li>- Kiertoja on peräkkäin 9 tai enemmän vuoden aikana</li><li>- Hormonimittauksella todettu LH:n piikki sekä normaali hormoniprofiili</li><li>- Ei hormonaalisen ehkäisyn käyttöä kolme kuukautta ennen tutkimusta</li></ul>
Primaarinen amenorrea	<ul style="list-style-type: none"><li>- Kuukautiskierto puuttuu 15 ikävuoteen mennessä muiden murrosiän merkkien ollessa kehittyneitä</li><li>- 14 ikävuoteen mennessä ei esiinny mitään murrosiän merkkejä</li></ul>
Sekundaarinen amenorrea	<ul style="list-style-type: none"><li>- Peräkkäisten kuukautisten puuttuminen yli kolmen kuukauden ajan naisella, jolla on ollut kuukautiskierto aikaisemmin ja joka ei ole raskaana</li></ul>
Oligomenorrea	<ul style="list-style-type: none"><li>- Kuukautiskierron pituus on yli 35 päivää</li></ul>
Anovulaatio	<ul style="list-style-type: none"><li>- Kuukautisvuoto, mutta ei ovulaatiota</li></ul>
Luteaalisen vaiheen puuttuminen	<ul style="list-style-type: none"><li>- Kierto, jossa luteaalisen vaiheen aikana progesteronitaso jää alle 16 nmol/L</li></ul>



Robertsin ym. (2020) mukaan hypotalaaminen amenorrea kattaa noin 30 % kaikista sekundaarisen amenorran syistä lisääntymisikäisillä naisilla. Hypotalaamisessa amenorreassa hypotalamuksesta ei erityisesti riittävästi GnRH:a, jotta aivolisäkkeen ja munasarjojen hormonitoiminta olisi normaalia. Muita syitä amenorrealle voivat olla esimerkiksi munasarjojen monirakkulaoireyhtymä, munasarjojen toiminnan ennenaikainen hiipuminen, kohtuun liittyvät ongelmat ja endokriiniset sairaudet. Toiminnallinen hypotalaaminen amenorrea (eng. functional hypotamamic amenorrhea, FHA) määritetään amenorreaksi, joka johtuu muista kuin rakenteellisista syistä ja yleensä taustalla on suhteellinen energiavaje, merkittävä painonpudotus, kova harjoittelu, stressi tai näiden kaikkien yhdistelmä. (Roberts ym. 2020)

Kuukautiskierron häiriöitä pidetään yhtenä parhaiten alhaista energiansaataavuutta kuvaavana merkinä (Heikura ym. 2018). Syömisen rajoittaminen ja raskas urheilu ovat molemmat itsenäisiä riskitekijöitä hypotalaamiselle amenorrealle, mutta yleensä molemmat näistä tekijöistä esiintyvät yhtä aikaa (Roberts ym. 2020). Urheilijoilla FHA:n diagnosoimiseksi tulee rajata muut kuukautiskierron häiriöitä aiheuttavat tekijät pois (Nattiv ym. 2017).

Kuukautiskierron häiriöt ovat melko yleisiä urheilijoilla, mutta vaihtelua on lajista ja tutkimuksesta riippuen hyvin paljon. Gibbsin ym. (2013a) katsauksen mukaan sekundaarisen amenorran esiintyvyys 34 eri tutkimuksessa vaihteli 1–60 % välillä. Ravin ym. (2021) suomalaisilla urheilijoilla ja ei-urheilijoilla tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että nuoret 18–20-vuotiaat aikuisurheilijat ilmoittivat kuukautiskierron häiriöistä useammin ei-urheilijoihin verrattuna. Nuorilla aikuisilla urheilijoilla kuukautiskierron häiriöitä oli jopa 38,7 % tutkimukseen osallistujista, kun taas ei-urheilijoilla häiriöitä oli vain 5,6 %. Lisäksi teini-iässä primäärinen amenorrea oli yleisempää urheilijoilla ei-urheilijoihin verrattuna. (Ravi ym. 2021) Heikura ym. (2018) tutkimuksessa vastaavasti 37 % kansallisen tason ja maailmanluokan pitkän matkan urheilijoista kärsi amenorreasta.

Vaikuttaa siltä, että nuoruusajan kuukautiskierron häiriöt ennustavat kuukautiskierron häiriöitä myös aikuisuudessa. Nose-Oguran ym. (2020) tekemässä tutkimuksessa havaittiin, että kaikilla urheilijoilla, joilla oli kuukautiskierron häiriöitä teini-iässä, oli niitä myös aikuisuudessa. Myös Ravin ym. (2021) tutkimuksessa havaittiin, että kuukautishäiriöt 14–16 vuoden iässä olivat tärkein ennustava tekijä kuukautiskierron häiriöihin 18–20-vuotiaana. Nuoret urheilijat ovat myös erityisen herkkiä kovan harjoittelun ja energiavajeen aiheuttamille haitoille, sillä naisilla

kestää useita vuosia kuukautisten alkamisen jälkeen saavuttaa hormonitoiminnan tasapaino ja ovulaation kannalta optimaalisin tila (Liu ym. 2020).

### 3.1.2 Kuukautiskierto ja luuntiheys

Luun uudelleenmuodostumista säätelevät useat hormonit, joista naishormoneilla eli estradiolilla, estronilla ja estriolilla on tärkein merkitys naisten luunterveydelle (Forsyth & Hind 2019, 87-88). Estrogeenillä on välttämätön rooli luuntiheyden kehittämisessä ja ylläpitämisessä, kun taas estrogeenin vajauksella voi olla erittäin haitallisia seurauksia naisen luunterveydelle (Forsyth & Hind 2019, 87-88). Vasta alkanut amenorrea ei vielä näy luuntiheydessä, mutta kuukautiskierron ongelmien jatkuessa pidempään myös luussa tapahtuu muutoksia (Nattiv ym. 2007). Urheilijan luuntiheys kuvastaa pidemmän aikavälin energiansaataavuutta, kuukautiskierron statusta, geneettisiä tekijöitä sekä muita ravitsemukseen, käyttäytymiseen ja ympäristöön liittyviä tekijöitä (Nattiv ym. 2007). Huomioitavaa on, että hormonaalisen ehkäisyn käyttö voi piilottaa alhaisen energiansaataavuuden vaikutuksien näkymisen kuukautiskierrossa, mutta tällöin alhaisen energiansaataavuuden merkkeinä voivat olla alhainen luuntiheys, luuhun liittyvien vammojen suurentunut määrä tai alhaiset metabolisten hormonien pitoisuudet (Heikura ym. 2018).

Estrogeenin ja luun muodostuksen väliseen linkkiin kuuluvat osteoblastien tuottamat tuumorinekroosi-tekijä (TNF) solut, joita ovat RANK-ligandi (eng. Reseptor Activator of Nuclear factor Kappa-B Ligand, RANKL) sekä osteoprotegeriini (OPG) (Forsyth & Hind 2019, 88). RANKL sitoutuu reseptoriinsa pre-osteoklasti soluissa ja saa aikaan niiden muuttumisen kypsyneiksi osteoklasteiksi, mikä näin ollen lisää luun hajotusta (Hall & Guyton 2016, 1006). OPG taas toimii vastakkaisesti estämällä RANKL sitoutumisen reseptoriinsa. OPG:n ja RANKL:n välinen tasapaino selittää osteoklastien aktiivisuutta sekä luun hajotuksen ja uudelleenmuodostumisen tasapainoa (Hall & Guyton 2016, 1006). Estrogeenin vaikutus luunterveyteen selittyy niin, että optimaalinen estrogeenitaso stimuloi OPG:n tuotantoa ja näin ollen inhiboi osteoklastien aktiivisuutta (Hall & Guyton 2016, 1006). Lisäksi estrogeeni inhiboi useiden RANKL:a aktivoivien ja OPG:a inhiboivien proinflammatoristen sytokiinien, kuten IL-1:n, IL-6:n, TNF:n ja PGE<sub>2</sub>:n eritystä (Misra 2012).

Luuntiheyden aleneminen postmenopausaalisilla naisilla liittyy oleellisesti estrogeenin määrän vähenemiseen. Urheilijoilla taas alhainen estrogeenitaso liittyy yleensä pitkään jatkuneeseen

alhaiseen energiansaataavuuteen, mikä johtaa luun muodostumisen vähenemiseen (Nattiv ym. 2007). Todennäköisesti sekä alhainen energiansaataavuus että alentunut estrogeenitaso vaikuttavat itsenäisesti ja kasaantuvasti luuntiheyden alenemiseen (Javed ym. 2013). Amenorreassa hypotalamuksen GnRH:n erityksen laskuun ja sitä kautta alhaisiin estrogeenitasoihin saattavat vaikuttaa amenorreaan liittyvät muut hormonaaliset tekijät, kuten IGF-1 ja kilpirauhashormonien lasku, kortisoli- ja greliinipitoisuuksien nousu sekä alentunut leptiiniipitoisuus (Ackerman ym. 2013; Roberts ym. 2020). Muita hormonaalisia tekijöitä ja niiden vaikutusta luuntiheyteen käsitellään seuraavassa luvussa.

Energiavaje sekä normaalin hormonitoiminnan häiriöt nuoruudessa ja nuorena aikuisena voivat olla erittäin haitallisia luunterveyden kannalta, sillä tänä aikana saavutetaan maksimaalinen luumassa (Forsyth & Hind 2019; Hart ym. 2017). Kuukautiskierron häiriöt murrosiän aikana saattavat aiheuttaa luunmassan alenemista, jota ei voida korjata enää myöhemmin aikuisiällä (Misra 2012). Tätä tukee Nose-Oguran ym. (2020) tutkimus, jonka mukaan teini-ikäinen amenorrea saattaa olla luuntiheyden kannalta vielä haitallisempaa aikuisiän amenorreaan verrattuna. Tutkimuksessa havaittiin, että alhainen BMI ja teini-ikäinen amenorrea olivat molemmat itsenäisesti yhteydessä alentuneeseen luuntiheyteen japanilaisilla naisurheilijoilla aikuisiällä (Nose-Ogura ym. 2020). Tenforde ym. (2015) tutkimuksessa historia amenorreasta, nykyinen kuukautiskierron epäsäännöllisyys ja myöhemmin alkaneet kuukautiset olivat kaikki yhteydessä alhaisempaan BMD Z-lukuun 15–18-vuotiailla juoksijoilla.

Kuukautiskierron häiriöt näyttävät olevan yhteydessä alentuneeseen luuntiheyteen sekä kohonneeseen murtumarisktiin. Ackermanin ym. (2015) tutkimuksessa havaittiin, että amenorrisilla urheilijoilla oli ollut useammin murtuma eumenorriisiin urheilijoihin sekä kontroleihin verrattuna. Lisäksi eumenorrisilla urheilijoilla oli suurempi BMD Z-luku reisiluun kaulassa, lonkassa, lannerangassa ja koko kehossa amenorriisiin urheilijoihin verrattuna (Ackerman ym. 2015). Heikuran ym. (2018) tutkimuksessa havaittiin, että amenorrisilla urheilijoilla BMD ja lannerangan Z-luku olivat alhaisempia eumenorriisiin urheilijoihin verrattuna. Amenorrisilla urheilijoilla oli 4,5 kertaa useammin harjoittelusta poissaolo luuhun liittyvien vammojen takia (Heikura ym. 2018). Tenforde ym. (2015) tutkimuksessa havaittiin, että suurimmat riskitekijät alentuneelle luuntiheydelle olivat alipaino ( $BMI \leq 17,5 \text{ kg/m}^2$ ), aiempi murtuma ja kuukautiskierron epäsäännöllisyys.

Vaikuttaa siltä, että kuukautiskierron häiriöistä kärsivät urheilijat eivät hyödy liikunnasta luunterveyden kannalta yhtä merkittävästi kuin eumenorriset urheilijat. Ackermanin ym. (2015) tutkimuksessa amenorrisilla urheilijoilla BMD oli samaa tasoa ei-urheilijoiden kanssa eli he eivät olleet hyötynneet urheilusta yhtä merkittävästi luuntiheyden osalta eumenorrisiin urheilijoihin verrattuna. Vastaavasti Kandemirin ym. (2018) tutkimuksessa oligomenorrisilla urheilijoilla luuntiheys ja osa muista luumuuttujista oli samalla tasolla ei-urheilevien kontrollien kanssa, mutta siitä huolimatta urheilijoilla oli ollut huomattavasti enemmän rasisurmurtumia kontrolleihin verrattuna. Kuukautiskierron häiriöt näyttävät näiden tutkimusten mukaan lisäävät rasisurmurtumien riskiä ja urheilijoilla rasisurmurtumien riskien ehkäisemiseksi luuntiheyden tulisi olla vielä suurempi.

Alhainen estrogeenitaso näyttäisi vaikuttavan Kandemirin ym. (2018) tutkimuksen mukaan erityisen haitallisesti lannerankaan, sillä tutkimuksessa oligomenorrisilla urheilijoilla oli alhaisempi BMD selkärangassa kontrolleihin verrattuna. Myös Mallinsonin ym. (2013) tutkimuksessa havaittiin, että alhainen estrogeenitaso ja myöhäinen kuukautisten alkamisikä olivat tärkeimmät määrittävät tekijät luuntiheyden osalta juuri lannerangassa.

Luiden vahvistumiseen vaikuttaa myös se joutuvatko ne kestäämään kehon kuormaa. Piaseckin ym. (2018) tutkimuksessa havaittiin, että kehonpainoa kannattelevat pitkät luut vahvistuvat eri tavalla amenorreasta huolimatta keskivartalon luihin verrattuna. Tutkimuksessa amenorrisilla aikuisilla kestävyysjuoksijoilla (keski-ikä 26) oli alhaisempi luuntiheys lannerangassa, kylkiluissa ja lonkassa eumenorrisiin urheilijoihin ja kontrolleihin verrattuna. Sääriluussa taas kortikaalisen luun mittarit olivat urheilijoilla suurempia kontrolleihin verrattuna eikä amenorristen ja eumenorristen urheilijoiden välillä näkynyt eroa. (Piasecki ym. 2018)

Urheilijan laji voi ainakin jossain määrin suojata hormonitoiminnan aiheuttamilta haitoilta, vaikka tutkimuksia tähän liittyen onkin melko vähän. Esimerkiksi Bemben ym. (2004) tutkimuksessa telinevoimistelijoilla esiintyi useammin kuukautiskierron häiriöitä juoksijoihin verrattuna, mutta siitä huolimatta heillä oli suurempi luuntiheys kaikissa mitatuissa luissa. Selitys tähän voi liittyä siihen, että luustoon kohdistuva kova iskukuormitus lisää luuston säilyttämisen ja ylläpitämisen tarvetta (Shirley ym. 2022), mutta tutkimuksia aiheesta tarvitaan lisää.

## 3.2 Muiden keskeisten hormonien yhteys luuntiheyteen

Kuten jo aiemmin on naishormonien osalta tuotu esiin, on normaali hormonitoiminta pitkälti riippuvainen riittävästä energiansaataavuudesta (Ackerman & Misra 2011). Riittävä energiansaataavuus vaikuttaa luuntiheyteen vaikuttamalla kuukautiskiertykseen ja estrogeenitasoihin, mutta lisäksi se vaikuttaa moniin muihin hormoneihin, kuten insuliiniin, kortisoliin, kasvuhormoniin, insuliinin kaltaiseen kasvutekijään (IGF-1), trijoditryroniiniin (T<sub>3</sub>) ja leptiiniin (Nattiv ym. 2017).

Edelleen on kuitenkin epäselvää, mitkä ovat ne tarkat endokriiniset tekijät, jotka yhdistävät alhaisen energiansaataavuuden, hormonitoiminnan häiriöt ja alentuneen luuntiheyden toisiinsa. Kuitenkin monet energiansaataavuutta signaloivat hormonit, kuten leptiini, IGF-1, insuliini, kortisoli ja greliini, näyttävät vaikuttavan luuhun ja sen metaboliaan (Ackerman & Misra 2011). Seuraavissa kappaleissa käsitellään tarkemmin tähän pro gradu -tutkimukseen valittuja keskeisimpiä hormoneja, joita ovat leptiini, IGF-1 sekä kortisoli.

### 3.2.1 Leptiini

Hypotalamus aistii kehon energiatasapainoa rasvakudoksesta vapautuvan peptidihormonin leptiinin välityksellä. Leptiinin avulla rasvakudos viestittää aivoille, että energiaa on saatu riittävästi ja enempää energiaa ei tarvita. Leptiini muun muassa vähentää ruokahalua stimuloivien tekijöiden eritystä, vähentää insuliinin eritystä ja lisää sympaattisen hermoston aktiivisuutta. (Hall & Guyton 2016, 893) Koska leptiini on rasvakudoksesta erittyvä hormoni, sen määrä korreloi merkittävästi kehon rasvakudoksen määrän kanssa (Ackerman ym. 2011; Puder ym. 2006). Lisäksi on havaittu, että se korreloi BMI:n ja rasvamassan määrän kanssa (Ackerman ym. 2012). Tästä johtuen ylipainoisilla leptiinipitoisuus on korkeampi normaalipainoisiin verrattuna ja naisilla leptiinipitoisuus on suurempi miehiin verrattuna (Mantzoros ym. 2011).

Rasvakudoksen määrä kuvaa hyvin energiavarastojen määrää, sillä alhainen rasvakudoksen määrä viittaa siihen, että rasvaa käytetään jatkuvasti energianlähteenä alhaisesta energiansaataavuudesta johtuen (Ackerman ym. 2013). Leptiiniä voidaan pitää energiansaataavuutta kuvaavana hormonina, sillä sen määrä korreloi vahvasti kehon rasvakudoksen määrän kanssa (Ackerman ym. 2011; Puder ym. 2006). Lisäksi sen määrä kuvaa

myös akuutteja muutoksia energiansaannissa, sillä jo lyhytaikainen energiansaatavuuden aleneminen esimerkiksi paastoamisen vuoksi johtaa nopeasti leptiinipitoisuuden laskuun, vaikka rasvakudoksen määrä ei olisi vielä laskenut (Mantzoros ym. 2011). Energiansaatavuuden väheneminen tai painonpudotus voivat siis vaikuttaa leptiinipitoisuuteen laskevasti (Dipla ym. 2021). Hulmin ym. (2017) fitness-urheilijoilla tehdyssä tutkimuksessa merkittävä lasku rasvaprosentissa johti laskuun leptiinissä. Dieetin jälkeisessä palautumisvaiheessa leptiini nousi kuitenkin takaisin alkutilanteen tasolle (Hulmi ym. 2017).

Osassa tutkimuksissa on havaittu, että amenorrisilla naisilla leptiinipitoisuus on merkittävästi alhaisempi eumenorriisiin naisiin verrattuna (Ackerman ym. 2013; Mallinson ym. 2013). Hypotalaamisessa amenorreassa alhainen energiansaatavuus johtaa alentuneeseen leptiinipitoisuuteen, jonka taas on ehdotettu välittävän muita endokriinisia vaikutuksia amenorreaan liittyen (Chou ym. 2011).

Leptiinin yhteyttä luuhun on tutkittu muutamissa amenorrisilla naisilla tehdyissä tutkimuksissa, joissa on tutkittu leptiinilisän vaikutusta luuhun ja muihin merkittäviin hormoneihin. Näiden tutkimusten tarkoituksena on ollut selvittää, mikä on leptiinin rooli muiden hormonien ja luun kannalta. Weltin ym. (2004) tutkimuksessa kahdeksan amenorrista naista sai leptiiniä 2–3 kuukauden ajan ja se johti luunmuodostumista kuvaavien merkkiaineiden (osteokalsiini, luun alkalinen fosfataasi) määrän merkittävään lisääntymiseen, mutta ei muutoksiin luuntiheydessä. Tutkimusaika oli kuitenkin melko lyhyt aikaansaamaan muutoksia luuntiheydessä ja lisäksi tutkittavia oli vähän.

Kahdessa tutkimuksessa on tutkittu leptiinilisän vaikutuksia pidemmällä ajanjaksolla. Chou ym. (2011) satunnaistetussa kontrolloidussa tutkimuksessa tutkittiin metraleptiinin ja placebon vaikutuksia hypotalaamisesta amenorreasta kärsivillä naisilla 36 viikon ajan. Leptiinilisä kasvatti luun muodostumista kuvaavia osteokalsiinitasoja, mutta ei vaikuttanut luuntiheyteen. Lisäksi leptiinilisällä oli vaikutusta luun hajoitusta kuvaavien merkkiaineiden vähenemiseen placebo-ryhmään verrattuna. (Chou ym. 2011) Sienkiewicz ym. (2011) tutkimuksessa tutkittiin leptiinin vaikutuksia 3–24 kuukauden ajan. Yhdeksän kuukauden aikana metraleptiini kasvatti lannerangan BMC:a. Osa tutkittavista jatkoi tutkimusta kahden vuoden ajan ja silloin muutokset BMD- ja BMC-arvoissa olivat merkittävämmät kuin yhdeksän kuukauden jälkeen lannerangan osalta. Metraleptiinillä ei kuitenkaan ollut vaikutusta koko kehon, lonkan tai rajuksen BMD ja BMC tuloksiin. (Sienkiewicz ym. 2011.)

Leptiinin hyöty luulle ei näiden tutkimusten valossa vaikuta olevan suora vaan se vaikuttaa epäsuorasti normalisoimalla naishormonitoimintaa ja vaikuttamalla muihin hormoneihin. Esimerkiksi Weltin ym. (2004) tutkimuksessa leptiini vaikutti lisäten IGF-1 tasoja, LH-pulssien määrää, estradiolitasoja ja T<sub>3</sub>-hormonia. Choun ym. (2011) tutkimuksessa taas leptiinilisiä vaikutti palauttamalla kuukautiset merkittävästi suuremmalle osalle placeboa saaneisiin verrattuna ja lisäksi kasvattamalla estradioli-, progesteroni- ja T<sub>3</sub>-tasoja sekä laskemalla kortisolitasoja (Chou ym. 2011).

Näiden tutkimusten perusteella voidaan todeta, että leptiinillä on todennäköisesti tärkeä merkitys lisääntymisen, luun ja hormonitoiminnan kannalta. Kuukautiskierron häiriöistä ja alhaisesta leptiinipitoisuudesta kärsivillä naisilla voi siis olla luun kannalta hyötyä leptiinilisestä, mutta tutkimuksia aiheesta on vähän ja kyseisissä tutkimuksissa tutkittavia on ollut vähän. Leptiinin suoria vaikutuksia luuhun ei ole todistettu ihmistutkimuksilla ja vaikuttaa siltä, että leptiinin vaikutus luuhun liittyy rasvakudoksen määrään, energiansaataavuuteen ja muihin hormonipitoisuuksiin, kuten estradioli- ja IGF-1 -tasoihin (Mantzoros ym. 2011).

### **3.2.2 IGF-1**

Kasvun aikana luun muodostumiseen vaikuttavista hormoneista erityisen tärkeitä ovat sukupuolihormonien lisäksi kasvuhormoni ja insuliinin kaltainen kasvutekijä (IGF-1) (Misra 2012). Kun energiatasapaino on kunnossa, erittyy kasvuhormonin vaikutuksesta maksasta pieniä proteiineja, joita kutsutaan somatomeidiineiksi ja ne vaikuttavat kasvuun (Hall & Guyton 2016, 945). Tärkein somatomeidiini on somatomeidiini C eli IGF-1, joka välittää monia kasvuhormonin vaikutuksia kasvuun ja on erityisen tärkeä hormoni luuston kasvun kannalta (Hall & Guyton 2016, 945). IGF-1-tasoihin vaikuttaa erityisesti riittävä energiansaataavuus. Alhainen energiansaataavuus aiheuttaa laskua IGF-1-tasoissa, mikä voi johtaa luun muodostumisen ja muokkautumisen vähenemiseen ja sitä kautta alhaisempaan luuntiheyteen (Dipla ym. 2021).

Snown ym. (2000) tutkimuksessa havaittiin, että IGF-1-tasot korreloivat merkittävästi luuntiheyden ja lihasmassan kanssa telinevoimistelijoilla, juoksijoilla ja kontroleilla. Telinevoimistelijoilla oli merkittävästi korkeammat IGF-1-tasot, BMD ja lihasmassan määrä muihin tutkittaviin verrattuna (Snow ym. 2000). Christo ym. (2008) 12-18-vuotiailla kestävyysurheilijoilla tehdyssä tutkimuksessa amenorrisilla urheilijoilla oli huomattavasti

alhaisemmat IGF-1-tasot kontroleihin ja eumenorriisiin urheilijoihin verrattuna. IGF-1-tasot myös ennustivat itsenäisesti lannerangan luuntiheyttä (Christo ym 2008).

Kaikissa tutkimuksissa ei kuitenkaan ole havaittu merkittäviä eroja IGF-1-tasoissa amenorrusten ja eumenorrusten urheilijoiden välillä. Esimerkiksi Heikuran ym. (2018) tutkimuksessa aikuisilla amenorrisilla urheilijoilla IGF-1-tasot olivat hiukan alhaisemmat eumenorriisiin urheilijoihin verrattuna, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

### **3.2.3 Kortisoli**

Kortisoli on lisämunuaisen kuoresta erittyvä hormoni, jonka erittyminen lisääntyy erityisesti erilaisissa stressitilanteissa. Kortisolin erittymistä säätelee aivolisäkkeestä erittyvä adrenokortikotropiini (ACTH). (Hall & Guyton 2016, 977) Kortisolilla on tärkeä merkitys energiatasapainon säätelijänä, sillä se vaikuttaa energian varastoitumiseen ja energian käyttöönottoon (Elliot-Sale ym 2018). Kortisoli muun muassa lisää glukoneogeneesiä sekä proteiinien ja rasvahappojen vapautumista verenkiertoon (Hall & Guyton 2016, 972–973). Sairauksista johtuvien poikkeuksellisen korkeiden kortisolipitoisuuksien on havaittu olevan yhteydessä luukatoon (Lawson ym. 2009). Kuukautiskierron häiriöistä kärsivillä urheilijoilla on havaittu korkeampia kortisolipitoisuuksia ja siitä syystä on kiinnostuttu tutkimaan, onko kohonneella kortisolipitoisuudella yhteyttä luustoon kuukautiskierron häiriöistä kärsivillä urheilijoilla (Ellio-Sale ym. 2018).

Ackerman ym. (2013) tutkivat yönaikaista kortisolipitoisuutta amenorrisilla urheilijoilla, emenorrisilla urheilijoilla ja ei-urheilijoilla. He havaitsivat, että amenorrisilla urheilijoilla kortisolipitoisuus oli korkeampi muihin ryhmiin verrattuna. Lisäksi he havaitsivat, että korkea kortisolipitoisuus oli yhteydessä alhaisempaan LH-pitoisuuteen ja että kortisolitaso korreloi negatiivisesti rasvamassan kanssa. Samassa tutkimuksessa havaittiin, että eumenorrisilla urheilijoilla kortisolipitoisuus oli positiivisesti yhteydessä luun hajoitukseen liittyviin merkkiaineisiin. Lisäksi havaittiin, että ei-urheilijoilla kortisolipitoisuus oli käänteisesti yhteydessä luun muodostumiseen liittyviin merkkiaineisiin. Kortisolin yhteyttä merkkiaineisiin ei kuitenkaan havaittu amenorrisilla urheilijoilla ja tutkijat arvelivat tämän johtuvan ryhmän suuresta sisäisestä vaihtelusta luumerkkiaineissa. (Ackerman ym. 2013)



Lawson ym. (2009) tutkimuksessa tutkittiin anorektikkojen, normaalipainoisten amenorristen ja terveiden kontrollien kortisolitasoja ja niiden yhteyttä luuntiheyteen. Kortisolitaso oli korkein anorektikoilla, seuraavaksi korkein amenorrisilla naisilla ja alhaisin kontrolleilla. Luumuuttajat olivat amenorrisilla ja anorektikoilla merkittävästi alhaisempia kontrolleihin verrattuna. Korkea kortisolitaso korreloi negatiivisesti BMD:n kanssa kaikilla mitatuilla alueilla (lonkka, selkäranga edestä ja selkäranka sivulta). Erityisen voimakas korrelaatio oli selkärangan osalta. Regressioanalyysissä selvisi, että kortisoli ennusti parhaiten BMD:n vaihtelua, kun tutkittavina muuttujina olivat amenorrean kesto kuukausissa, ikä, IGF-1 tasot ja 12 h kortisolitasot. (Lawson ym. 2009)

Kortisolipitoisuuden on yleensä havaittu olevan korkeampi alhaisen energiansaataavuuden aikana (Elliot-Sale ym. 2018). Kuitenkaan kaikilla alhaisesta energiansaataavuudesta kärsivillä urheilijoilla ei ole havaittu olevan merkitsevästi korkeampia kortisolitasoja verrattuna urheilijoihin, joilla on riittävä energiansaataavuus (Elliot-Sale ym. 2018). Esimerkiksi Hulmin ym. (2017) fitness-urheilijoilla tehdyssä tutkimuksessa ei havaittu, että kortisolitaso olisi noussut dieetin myötä. Päinvastoin kortisolipitoisuuden havaittiin olevan jopa hiukan alhaisempi dieetin aikana verrattuna alkutilanteeseen (Hulmi ym. 2017).

Elliot-Salen ym. (2018) katsauksen mukaan on edelleen epäselvää, vaikuttaako korkea kortisolipitoisuus suoraan kuukautiskiertoon vai onko se enemmänkin merkki stressistä ja kuukautiskierron häiriöistä amenorrisilla urheilijoilla. Kortisolin erittymiseen saattavat vaikuttaa myös muut hormonit, kuten leptiini. Esimerkiksi Ackermanin ym. (2013) tutkimuksessa kortisoli korreloi positiivisesti greliinin kanssa ja negatiivisesti leptiinin ja LH:n kanssa. Tutkijat ehdottivat, että leptiinin vaikutus luteinisoivan hormonin erittymiseen johtuu ainakin osittain sen vaikutuksesta kortisolin erittymiseen, sillä leptiini inhiboi kortisolin erittymistä. (Ackerman ym. 2013)

## 4 KEHONKOOSTUMUKSEN YHTEYS LUUNTIHEYTEEN

Tässä luvussa keskitytään kehonkoostumuksen ja luuntiheyden välisiin yhteyksiin. Aluksi käsitellään yleisesti kehonkoostumusta, rasvakudosta ja rasvan jakautumista. Lopuksi tarkastellaan lihasmassan, rasvakudoksen ja rasvan jakautumisen yhteyksiä luuntiheyteen.

### 4.1 Kehonkoostumus ja rasvakudos

Kehonkoostumusta jaotellaan yleisemmin molekyylien tasolla, solutasolla, kudoksen-elin-tasolla ja koko kehon tasolla (Müller ym. 2016). Käytännössä yksinkertaisimmillaan kehonkoostumus voidaan jakaa rasvattomaan massaan ja rasvamassaan (Kuriyan 2018). Rasvaton massa voidaan jakaa edelleen proteiinien kokonaismäärään, solun sisäiseen nesteeseen, solun ulkoiseen nesteeseen ja luumassaan (Müller ym. 2016).

Suurin osa kehon rasvasta on varastoitunut rasvakudokseen ja maksaan. Rasvakudoksen tärkein tehtävä on varastoida triglyseridejä niin kauan kunnes niitä tarvitaan energiantuotossa. Muita rasvakudoksen tärkeitä tehtäviä ovat lämmönsäätely sekä erilaisten hormonien erityminen. (Hall & Guyton 2016, 865) Rasvakudoksella on tärkeä tehtävä metabolisen homeostasian ylläpitämisessä, sillä rasvakudos erittää erilaisia signaalimolekyylejä ja hormoneja (Palmer & Clegg 2015). Näistä tärkeimpiä ovat leptiini ja adiponektiini, jotka vaikuttavat muun muassa nälänsäätelyyn ja energiankulutukseen (Hall & Guyton 2016, 865).

Rasvakudosten rasva jakautuu pääosin ihonalaiseen rasvaan, sisäelimiä ympäröivään rasvaan eli viskeraalirasvaan, lihasten ja muiden kudosten sisäiseen rasvaan sekä elinten sisäiseen rasvaan. Ihonalainen rasva sijaitsee pääosin vatsassa, subskapulaarisella alueella sekä pakaroiden ja reisien alueella. Se sijaitsee nimensä mukaisesti ihon alla eikä näin ole yhteydessä muihin elimiin. (Frank ym. 2019) Ihonalaista rasvaa on yleensä noin 80 % kaikesta rasvasta, kun taas viskeraalista rasvaa on keskimäärin 10–20 % (Palmer & Clagg 2015).

Rasvan kertyminen keskivartaloon viskeraaliseen rasvakudokseen on havaittu olevan yhteydessä suurempaan kuolleisuuteen, tyyppin 2 diabetekseen sekä sydän- ja verisuonisairauksiin (Bracht ym. 2020). Näihin tekijöihin vaikuttavat viskeraalisesta rasvasta erittyvät proinflammatoriset sytokiinit, jotka vaikuttavat insuliiniresistenssin syntymiseen (Palmer & Clagg 2015). Lisäksi viskeraaliseen rasvakudokseen liittyy voimistunut lipolyysin

määrä, jonka vaikutuksesta verenkiertoon vapautuu runsaasti vapaita rasvahappoja (eng. free-fatty-acids, FFA), jotka aiheuttavat maksassa voimistunutta glukoosin tuottoa ja insuliiniresistenssiä (Palmer & Clagg 2015). Ihonalaisella rasvakudoksella taas on suojaava vaikutus moniin sairauksiin rasvaprosentista huolimatta (Bracht ym. 2020).

#### **4.2 Rasvan jakautuminen ja sen yhteys hormonitoimintaan**

Naisten ja miesten erilainen hormonitoiminta aiheuttaa eroja rasvakudoksen kertymiseen ja rasvan jakautumiseen. Estrogeeni lisää rasvan varastoitumista ihonalaiseen kudokseen ja tästä johtuen naisilla on suurempi määrä rasvaa kehossaan miehiin verrattuna. Rasva jakautuu naisilla pääosin rintoihin, ihonalaiseen kudokseen, sekä reisien ja pakaroiden alueelle. (Hall & Guyton 2016, 1045) Rasvaa varastoituu naisilla näin erityisesti ennen menopaussia (Palmer & Clegg 2015). Miehillä taas rasva varastoituu helpoiten viskeraaliseen rasvaan vatsan alueelle ja jopa hoikilla miehillä rasvaa varastoituu keskivartaloon suhteellisesti enemmän kuin hoikilla naisilla (Palmer & Clegg 2015). Naisilla viskeraalisen rasvan määrä lisääntyy menopaussin jälkeen estrogeenitasojen romahtaessa, ja tällöin rasvan jakautuminen muuttuu miehille tyypillisemmäksi (Bracht ym. 2020). Näistä eroista johtuen viskeraalista rasvaa kuvataan osassa lähteistä miehille tyypilliseksi rasvan jakautumiseksi (android fat) ja ihonalaista rasvaa taas naisille tyypilliseksi rasvan jakautumiseksi (gynoid fat) (Bracht ym. 2020).

Erytisesti naisilla riittävä ihonalaisen rasvakudoksen määrä on tärkeää normaalin hormonitoiminnan kannalta. Painon lasku voi aiheuttaa naisille kuukautiskierron häiriöitä tai kuukautisten puuttumisen kokonaan ja sen uskotaan olevan vaste liian vähäiseen ihonalaisen rasvan määrään (Palmer & Clegg 2015). Painonpudotuksen vaikutus kuukautiskierron häiriöihin on havaittu muun muassa Hulmi ym. (2017) tutkimuksessa, jossa fitness-kilpailijoilla 35–50 % lasku kehon rasvassa johti suurempaan kuukautiskierron häiriöiden esiintymiseen. Rasvakudoksen riittävän määrän ja hormonitoiminnan yhteys on huomattu useissa urheilijoilla tetyissä tutkimuksissa, joissa amenorrisilla urheilijoilla on havaittu olevan kehossaan vähemmän rasvaa eumenorrisiin urheilijoihin ja kontroleihin verrattuna (Ackerman ym. 2011; Ackerman ym. 2013; Christo ym. 2008; Mallinson ym. 2013). Anoreksiatutkimuksissa taas anoreksiaa sairastavilla alhaisen raajojen rasvan määrän on havaittu olevan yhteydessä amenorreaan (Hübel ym. 2019).

Rasvan jakautumisen osalta on melko selvää, että menopaussin jälkeen alhaiset estrogeenitasot vaikuttavat siihen, että rasvaa kertyy helpommin keskivartaloon ja viskeraaliseen rasvakudoksen (Bracht ym. 2020). Epäselvempää on se, miten alhaisesta energiansaataavuudesta johtuvat alhaiset estrogeenitasot vaikuttavat rasvan jakautumiseen. Puder ym. (2006) tutkimuksessa havaittiin, että normaalin kuukautiskierron omaavilla henkilöillä korkeampi estrogeenin määrä korreloi negatiivisesti keskivartalon rasvan määrän kanssa ja positiivisesti raajojen rasvan määrän kanssa, mutta samaa ilmiötä ei havaittu amenorrisilla urheilijoilla (Puder ym. 2006). Joissakin tutkimuksissa on havaittu, että kuukautishäiriöihin liittyvä alentunut estrogeenipitoisuus voi vaikuttaa urheilijoilla niin, että heillä on eumenorriisiin urheilijoihin verrattuna rasvaa suhteessa vähemmän ihonalaisessa kudoksessa viskeraaliseen rasvakudokseen verrattuna (Singhal ym. 2015). Rasva on kuitenkin teoriassa helpommin mobilisoitavissa viskeraalisesta rasvakudoksesta ja sitä voidaan käyttää energiana nopeammin ihonalaiseen rasvakudokseen verrattuna (Palmer & Clegg 2015). Tämä viskeraalisen rasvakudoksen ominaisuus voi olla yksi tekijä, joka vaikuttaa siihen, että osassa tutkimuksissa on havaittu rasvan vähenevän eniten viskeraalisesta rasvakudoksesta. Esimerkiksi Hulmi ym. (2017) tutkimuksessa dieetin aikana rasva väheni enemmän viskeraalisesta rasvakudoksesta (68 %) verrattuna ihonalaiseen rasvakudokseen (44 %).

Tutkimusten välisiä eroja voi aiheuttaa tapa, jolla rasvan jakautuminen on määritetty. Singhal ym. (2015) tutkimuksessa ihonalainen rasva (SAT) ja viskeraalinen rasva (VAT) määritettiin magneettikuvan poikkileikkeestä neljännen lannenikaman kohdalta, kun taas Hulmi ym. (2017) tutkimuksessa rasvan jakautuminen arvioitiin kaksiennergisen röntgensäteiden absorptiometrian eli DXA:n määrittämien gynoid- ja android-rasvakudosten avulla. Puder ym. (2006) tutkimuksessa rasvan jakautuminen määritettiin myös DXA:n avulla, mutta keskivartalo/raajat-rasvasuhteen kautta.

Anorektikoilla on tehty enemmän tutkimusta rasvanjakautumisen osalta urheilijoihin verrattuna ja niiden avulla voidaan saada käsitystä siitä, miten alhainen energiansaataavuus vaikuttaa rasvan jakautumiseen. Tutkimusten tulokset ovat kuitenkin osittain ristiriitaisia, kuten ovat urheilijoillakin tehdyt tutkimukset. El Ghoch ym. (2014) systemaattisen katsauksen mukaan aikuisilla anorektikoilla sairauden aikana rasvaa vähenee suhteessa enemmän ihonalaisesta rasvakudoksesta viskeraaliseen rasvakudokseen verrattuna. Nuorilla anorektikoilla on kuitenkin havaittu päinvastainen rasvanjakautuminen aikuisiin anorektikkoihin verrattuna, sillä he menettävät enemmän keskivartalon rasvaa ihonalaiseen rasvaan verrattuna painon pudotessa

(El Ghoch ym. 2014). Anoreksiasta palautumisen aikana rasvaa kertyy enemmän keskivartaloon kontroleihin verrattuna (Hübel ym. 2019). Myös El Ghoch ym. (2014) systemaattisen katsauksen mukaan anoreksian palautumisen aikana rasvaa kertyy enemmän keskivartaloon terveisiin kontroleihin verrattuna, mutta rasvan jakautuminen tasapainottuu pidemmän palautumisajan ja painon ylläpitämisen jälkeen. Todennäköisesti hormonitoiminnan normalisoituessa anoreksiasta palautumisen aikana myös rasvan jakautuminen normalisoituu. (El Ghoch ym. 2014)

Vaikuttaa kuitenkin siltä, että alhaisesta energiansaataavuudesta johtuvasta alhaisemmasta rasvakudoksen määrästä huolimatta naisilla säilyy heille ominainen rasvan jakautumisen malli, sillä esimerkiksi aikuisilla ja nuorilla anorektikoilla säilyy naisille normaali rasvan jakautumisen malli suuresta painonpudotuksesta ja alhaisesta rasvaprosentista huolimatta (El Ghoch ym. 2014). Myös urheilijoilla tämä rasvasuhteen säilyminen näkyy, sillä amenorrisilla ja eumenorrisilla urheilijoilla rasvan jakautuminen on keskivartalo/raajat-rasvasuhteella arvioituna hyvin samankaltaista, vaikka rasvan kokonaismäärä olisi amenorrisilla urheilijoilla alhaisempi (Ackerman ym. 2011; Puder ym. 2006). Toisin sanoen, vaikka rasvan määrä vähenisi suhteellisesti enemmän joko ihonalaisesta tai viskeraalisesta rasvakudoksesta, ei vaikutus ole niin suuri, että naisille ominainen rasvan jakautumisen malli muuttuisi täysin.

### **4.3 Lihasmassan, rasvakudoksen ja rasvan jakautumisen yhteydet luuntiheyteen**

Lihasmassan yhteys luuntiheyteen on havaittu systemaattisesti eri tutkimuksissa. Ho Pham ym. (2014) tekemän meta-analyysin mukaan rasvaton kehonpaino korreloi rasvamassaa selkeämmin luuntiheyden kanssa kaiken ikäisillä naisilla ja miehillä etnisyydestä riippumatta. Lihasmassan kokonaismäärän on havaittu korreloivan luuntiheyden kanssa niin nuorilla kuin aikuisilla naisurheilijoilla (Ackerman ym. 2011; Gibbs ym. 2013b). Mallinson ym. (2013) tutkimuksen mukaan lihasmassa selittää erityisesti kehonpainoa kannattelevien luiden, kuten lonkan ja reisiluun kaulan vahvuutta.

Sukupuolella voi olla merkitystä siihen, kuinka merkittävä tekijä lihasmassa ja rasvamassa on luuntiheyden kannalta. 15–17-vuotiailla tytöillä ja pojilla tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että tytöillä rasvamassalla oli tärkeämpi merkitys luuntiheyteen poikiin verrattuna (Winther ym. 2018). Tutkimuksessa huomattiin, että molemmilla sukupuolilla lihasmassa määritteli luuntiheyttä merkittävästi, mutta ainoastaan tytöillä myös rasvamassa oli yhteydessä

suurempaan luuntiheyteen (Winther ym. 2018). Vastaavasti Ho Pham ym. (2014) tutkimuksessa havaittiin, että rasvattoman kehonpainon korrelaatio luuntiheyden kanssa oli suurempi miehillä kuin naisilla. Premenopausaalisilla naisilla lihasmassan merkitys oli suurempi rasvamassaan verrattuna, kun taas postmenopausaalisilla naisilla rasvamassan ja lihasmassan merkitys oli lähes yhtä suuri (Ho Pham ym. 2014).

Joissakin tutkimuksissa on havaittu kehonpainon ja BMI:n korreloivan luuntiheyden kanssa (Liu ym. 2014). Alhainen painoindeksi taas on riskitekijä alentuneeseen luuntiheyteen ja erityisesti painoindeksin ollessa  $17,5 \text{ kg/m}^2$  tai vähemmän kasvaa riski alhaiseen luuntiheyteen (Tenforde ym. 2015). Alhaisen BMI:n vaikutukset näyttävät vähenevän ainakin osittain, jos huomioon otetaan myös muut kehonkoostumukseen liittyvät tekijät, kuten lihasmassan määrä, sillä suurempi lihasmassa on yhteydessä suurempaan luuntiheyteen (Tenforde ym. 2018). Toisaalta Ackerman ym. (2011) tutkimuksessa amenorrisilla urheilijoilla lihasmassa oli vähemmän yhteydessä lonkan luuntiheyteen eumenorriisiin urheilijoihin verrattuna.

Vaikka BMI näyttää olevan yhteydessä suurempaan luuntiheyteen myös ylipainoisilla henkilöillä, saattaa ylipainolla olla haitallisia vaikutuksia muihin luuhun liittyviin mittareihin (Shinghal ym. 2019; Sharma ym. 2020). Liu ym. (2014) 471 tutkittavan poikkileikkaustutkimuksessa havaittiin, että rasvaprosentin ollessa enemmän kuin 33–38 %, oli rasvan määrällä negatiivinen yhteys luuntiheyteen useissa luissa ylipainoisilla ja lihavilla naisilla. Tutkimusten perusteella vaikuttaa siltä, että ihonalainen rasvakudos on hyödyllistä luun kannalta, kun taas viskeraalisella rasvakudoksella näyttää olevan negatiivisia vaikutuksia. Gilsanz ym. (2009) tutkimuksessa 15–25-vuotiailla normaalipainoisilla naisilla ihonalainen rasva oli positiivisesti yhteydessä luumuuttujiin, kun taas viskeraalinen rasva oli niihin negatiivisesti yhteydessä. Sharma ym. (2020) tutkimuksessa havaittiin, että viskeraalisen rasvan määrä oli positiivisesti yhteydessä luuntiheyteen, mutta kun huomioon otettiin BMI, ennusti viskeraalisen rasvan määrä negatiivisesti luuntiheyttä.

Viskeraalinen rasva ja ylipaino vaikuttavat erityisesti luun mikrorakenteeseen. Cohen ym. (2013) havaitsivat tutkimuksessaan, että tutkittavilla, joilla oli eniten rasvaa keskivartalossa, oli huonompi luun laatu. Heillä oli vähemmän trabekulaarista luuta ja se oli vähemmän jäykkää. Kortikaalinen luu puolestaan oli huokoisempaa. Lisäksi luun muodostumista osoittavan merkkiaineet olivat heillä alhaisempia. (Cohen ym. 2013) Singhal ym. (2019) tekemässä tutkimuksessa 14–21-vuotiailla ylipainoisilla kortikaalisen luun huokoisuus värttinä- ja

sääriluussa olivat suurempia normaalipainoisiin ja alipainoisiin verrattuna. Lisäksi sääriluun trabekulaarinen paksuus oli alhaisempi ylipainoisilla normaalipainoisiin verrattuna. (Singhal ym. 2019)

Rasvan jakautumisen ja viskeraalisen/ihonalaisen-rasvasuhteen vaikutus luuntiheyteen vaikuttaa tutkimusten mukaan ristiriitaiselta. Varsinkin nuorilla amenorrisilla urheilijoilla ristiriitaisuutta tuloksiin voi tuoda hyvin alhainen rasvan kokonaismäärä. Esimerkiksi Tenforde ym. (2015) tutkimuksessa nuorilla juoksijoilla alhainen painoindeksi ja alhainen android/gynoid-rasvan suhde olivat yhteydessä alhaisempiin Z-lukuihin.

Osassa tutkimuksissa on kuitenkin havaittu päinvastoin suuremman viskeraalisen/ihonalaisen-suhdeluvun yhteys huonompaan luuntiheyteen (Ackerman ym. 2011 ja Singhal ym. 2015). Singhal ym. (2015) tutkimuksessa oligomenorrisilla urheilijoilla oli alhaisempi rasvaprosentti ja alhaisempi ihonalaisen rasvan määrä eumenorrisiin urheilijoihin ja kontroleihin verrattuna. Kaikilla tutkittavilla suurempi viskeraalisen/ihonalaisen rasvan suhdeluku oli negatiivisesti yhteydessä lannerangan Z-lukuihin. Oligomennorrisilla urheilijoilla oli myös enemmän luuydin rasvaa neljännessä lannerangan nikamassa eumenorrisiin urheilijoihin verrattuna, ja luuydin rasvan määrä oli yhteydessä alhaisempaan luuntiheyteen sääri- ja varttinäluussa. (Singhal ym. 2015) Ackerman ym. (2011) tutkimuksessa 12–18-vuotiailla juoksijoilla keskivartalon rasvan määrä ja suurempi keskivartalo/raajat-rasvasuhde olivat negatiivisesti yhteydessä lannerangan ja koko kehon luuntiheyteen.

Naisilla erittäin alhainen rasvan määrä on yhteydessä huonompaan luuston terveyteen. Ackerman ym. (2015) tutkimuksessa niillä amenorrisilla urheilijoilla, joilla oli ollut rasisurmurtumia kaksi tai enemmän oli vähemmän rasvaa ja alhaisempi rasvaprosentti verrattuna niihin amenorrisiin urheilijoihin, joilla rasisurmurtumia oli ollut vähemmän kuin kaksi tai ei ollenkaan. Hübel ym. (2019) meta-analyysissä havaittiin, että anorektikoilla alhaisempi rasvan määrä oli yhteydessä alhaisempaan luuntiheyteen ja luun mineraalisisältöön.

Yhteenvetona voidaan todeta, että erityisesti lihamassan määrä ennustaa luuntiheyttä. Rasvakudoksella voi olla naisille tärkeämpi merkitys luuntiheyteen miehiin verrattuna, sillä riittävä rasvakudoksen määrä on yhteydessä normaaliin kuukautiskiertykseen ja voi sitä kautta kuvata myös riittävää energiansaataavuutta. Erittäin alhainen painoindeksi (alle 17,5) yhdistettynä kuukautiskierron häiriöihin on hyvin haitallista luun kannalta. Viskeraalinen rasva

vaikuttaa olevan luulle haitallista, kun taas riittäväällä ihonalaisen rasvan määrällä on positiivisia vaikutuksia luuhun. Tutkimusten mukaan on vielä epäselvää, onko rasvan jakautumisella yhteyttä luuntiheyteen nuorilla ja aikuisilla naisurheilijoilla. Tämän pro gradu -tutkielman yhtenä tavoitteena onkin selvittää, onko rasvan jakautumisella yhteyttä luuntiheyteen.



## 5 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT

1. Onko kehon rasvan määrä ja sen jakautuminen yhteydessä luuntiheyteen urheilijoilla?

Hypoteesi: Alhainen rasvan määrä on yhteydessä matalampaan luuntiheyteen (Ackerman ym. 2015; Hübel ym. 2019) ja kuukautiskierron häiriöihin (Ackerman ym. 2011; Ackerman ym. 2013; Christo ym. 2008). Rasvan jakautuminen lantion, reisien ja rintojen alueelle on positiivisesti yhteydessä luuntiheyteen (Gilsanz ym. 2009).

2. Onko luuntiheydessä eroa urheilijoiden välillä, joilla on normaali kuukautiskierto verrattuna urheilijoihin, joilla on kuukautiskierron häiriöitä?

Hypoteesi: Urheilijoilla, joilla on kuukautishäiriöitä, on alhaisempi luuntiheys verrattuna urheilijoihin, joilla ei ole kuukautishäiriöitä (Heikura ym. 2018; Nose-Ogura ym. 2020).

3. Ovatko rasvaton massa ja rasvamassa yhteydessä luuntiheyteen urheilijoilla?

Hypoteesi: Suurempi rasvattoman massan määrä on yhteydessä suurempaan luuntiheyteen (Ackerman ym. 2011; Gibbs ym. 2013b; Ho Pham ym. 2014). Alhainen painoindeksi ja alhainen rasvan määrä yhdistettynä kuukautiskierron häiriöihin on haitallista luun kannalta (Tenforde ym. 2018).

4. Ovatko leptiini, IGF-1 ja kortisoli yhteydessä luuntiheyteen?

Hypoteesi: Hormonien merkitys luuntiheyteen on todennäköisesti epäsuora ja ne toimivat luultavammin merkinä alhaisesta energiansaataavuudesta, alhaisesta rasvan määrästä tai molemmista (Ackerman & Misra 2011). Leptiinin määrä korreloi rasvamassan määrän kanssa (Ackerman ym. 2011; Puder ym. 2006). Leptiinin määrä on alhaisempi amenorrisilla urheilijoilla eumenorriisiin urheilijoihin verrattuna (Ackerman ym. 2013; Mallinson ym. 2013). IGF-1 on alentunut ainakin, jos urheilija on suhteellisessa energiavajeessa (Dipla ym. 2021), mistä voidaan olettaa, että IGF-1 olisi alhaisempi amenorrisilla urheilijoilla. Aikaisempien tutkimusten perusteella kortisolitaso on amenorrisilla urheilijoilla korkeampi muihin verrattuna (Ackerman ym. 2013; Lawson ym. 2009).

## 5. Eroaako luuntiheys eri lajien välillä?

Hypoteesi: Luuntiheys ja Z-luku ovat suurimpia suurta iskutusta sisältävissä lajeissa sekä epätavallista iskutusta sisältävissä lajeissa (Nikander ym. 2005; Tenforde ym. 2018). Luuntiheys on alhaisempi lajeissa, jotka eivät sisällä iskutusta, iskutus on yksipuolista tai lajeissa, joissa harjoitellaan määrällisesti paljon ja tavoitellaan alhaista kehonpainoa (Forsyth & Hind 2019; Tenforde ym. 2018).

## 6 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tämän tutkimuksen aineisto on kerätty alun perin useammassa eri tutkimuksessa. Seuraavaksi käsitellään aineiston keräämistä, tutkimusasetelmaa sekä tutkimusmenetelmiä.

### 6.1 Aineiston kerääminen

Aineiston mittauksia on suoritettu vuosina 2015–2021. Aineiston alkuperäiset mittaukset ovat kuuluneet seuraaviin tutkimuksiin: ”Urheilijoiden vammojen ja sairastavuuden monitorointitutkimus – monialaisen intervention käyttökelpoisuuden arviointi (MIIA-tutkimus)” (eettinen lausunto 5U/2019 KSSHP), ”Jyväskylän Yliopiston Fitness -tutkimuksiin” vuosilta 2015 (JYU:n eettinen) ja 2019 (KSSHP), ”Ravinnon, kehonkoostumuksen, harjoittelun, vammojen ja hormonitoiminnan yhteydet nuorten kestävyysjuoksijoiden suorituskykyyn” (JYU:n eettinen 10/2016) sekä tutkimukseen ”Effects of weight reduction on body composition, hormone concentrations and physical performance in female track and field jumpers during a preparatory and competition season” (JYUN eettinen 3/2017). Näiden tutkimusten pohjalta aineisto on koottu yhteen syksyllä 2021.

### 6.2 Tutkittavat

Aineisto koostuu yhteensä 311 urheilijasta ja 17 ei-urheilijasta (kontrolliryhmä). Tutkittavien rekrytointi alkuperäisiin tutkimuksiin tapahtui tutkimuskutsuilla, joita jaettiin urheiluseurojen, harjoitusryhmien ja sosiaalisen median kautta. Taulukossa 2 on esitelty tutkittavien perustiedot. Urheilijoiden keski-ikä mittaushetkellä oli 23 vuotta, ja ikä vaihteli 15 ja 40 vuoden välillä. Kontrolliryhmän keskiarvoikä oli 23 vuotta ja ikä vaihteli 19 ja 34 vuoden välillä. Urheilijoita on 16 eri lajista, joita ovat jääkiekko, jalkapallo, lentopallo, joukkuevoimistelu, TeamGym, hiihto, pikajuoksu, yleisurheilun hyppylajit, yleisurheilun heittolajit, rugby, kestävyysjuoksu, triathlon, suunnistus, kävely, fitness-urheilu ja mäkihyppy. Kaikki tutkimuksen urheilijat olivat tavoitteellisesti harjoittelevia ja kansallisella tasolla kilpailevia. Fitness-lajien harrastajiin kuului henkilöitä, jotka olivat kilpailleet aiemmin sekä henkilöitä, jotka eivät olleet kilpailleet aiemmin, mutta olivat harjoitelleet aktiivisesti ja tavoitteellisesti kuntosalilla. Fitness-lajien urheilijoiden mittaukset suoritettiin ennen dieettiä.

TAULUKKO 2. Tutkittavien perustiedot.

	Urheilijat (n=311)	Ei-urheilijat (n=17)
Ikä (vuosi)	23 ± 5,4	23 ± 3,8
Paino (kg)	64,6 ± 8,3	64,5 ± 8,8
Pituus (cm)	168 ± 6,4	170 ± 5,1
BMI (kg/cm <sup>2</sup> )	22,8 ± 2,5	22,4 ± 3,8
Rasvaprosentti (%)	23,7 ± 6,7	27,9 ± 7,4

Taulukossa 3 on esitelty kaikki tutkimuksen lajit ja tutkittavien määrä lajeittain. Lajit on jaoteltu painosensitiivisiin ja vähemmän painosensitiivisiin lajeihin mukailen Martinsen & Sundgot-Borgen (2013) jaottelua. Kontrolliryhmää ei ole huomioitu lajien jaottelussa. Painosensitiivisiin lajeihin luokiteltiin kestävyysjuoksu, hiihto, suunnistus, kävely, triathlon, yleisurheilun hyppylajit, mäkihyppy, joukkuevoimistelu, TeamGym ja fitness-lajit. Vähemmän painosensitiivisiin lajeihin taas luokiteltiin jääkiekko, rugby, yleisurheilun heittolajit, lentopallo, jalkapallo ja pikajuoksu.

TAULUKKO 3. Lajien jaottelu ja tutkittavien määrä lajeittain (mukailtu Martinsen & Sundgot-Borgen 2013).

<b>Painosensitiiviset lajit (n=133)</b>		<b>Vähemmän painosensitiiviset lajit (n=178)</b>	
Kestävyyslajit (n=34)	Kestävyysjuoksu (n=15) Hiihto (n=12) Suunnistus (n=2) Kävely (n=4) Triathlon (n=1)	Korkean massan lajit (n=69)	Jääkiekko (n=53) Rugby (n=12) Yleisurheilun heittolajit (n=4)
Tekniikka- ja teholajit (n=17)	Yleisurheilun hyppylajit (n=15) Mäkihyppy (n=3)	Palloilulajit (n=100)	Lentopallo (n=54) Jalkapallo (n=46)
Esteettiset lajit (n=82)	Joukkuevoimistelu (n=7) Team Gym (n=7) Fitness (n=68)	Teholajit (n=9)	Pikajuoksu (n=9)

### 6.3 Tutkimusasetelma

Kyseessä on poikkileikkaustutkimus, jossa mittaukset suoritettiin tietyinä ajanhetkenä vuosien 2015 ja 2021 välillä. Tutkittavien pituus- ja kehonkoostumusmittaukset suoritettiin samana päivänä verinäytemittausten yhteydessä yönjälkeisessä paastossa.

*Kehonkoostumus ja luusto.* Pituus mitattiin mittanauhalla 0,5 cm tarkkuudella ja painona käytettiin DXA-mittauksesta saatua arvoa 0,1 kg tarkkuudella. Painoindeksi (BMI) laskettiin jakamalla paino (kg) pituuden neliöllä (m<sup>2</sup>). Kehonkoostumus määritettiin DXA-mittauksella (GE Medical System Lunar Prodigy, Madison WI, USA) kuten Hulmin ym. (2017) tutkimuksessa. Mittauksessa tutkittava aseteltiin mittauspöydälle seuraavasti: tutkittava ohjeistettiin asettumaan selinmakuulle mittaustason keskiviivan molemmin puolin pää noin 5 cm tason yläpäässä olevan viivan alapuolelle. Jalkojen asento vakioitiin polvien ja jalkateriin asetetun remmi avulla ja käsien asento vakioitiin kehon viereen, mutta irti vartalosta. Luuntiheys (g/cm<sup>2</sup>) ja luun mineraalimäärä (g) määritettiin kokokehon kuvasta. Rasvaton massa (eng. fat-free mass) on kokonaismassa, josta on vähennetty kokonaisrasvan määrä (Scafoglieri & Clarys 2018). Rasvaton pehmytkudosmassa (eng. lean mass) taas on rasvaton massa, josta on vähennetty luumassa (Scafoglieri & Clarys 2018).

*Rasvan jakautuminen.* Rasvan jakautuminen määritettiin DXA:n avulla. Rasvan jakautumista arvioitiin DXA:n automaattisesti määrittämien android- ja gynoid-alueiden avulla sekä keskivartalon ja raajojen rasvan määrän avulla. Keskivartalorasvan ja raajojen rasvan suhde laskettiin Puderin ym. (2006) esittämien laskukaavojen mukaan.

Keskivartalorasvan prosentuaalinen osuus kokonaisrasvasta määritettiin seuraavasti:  
*keskivartalorasvan määrä/kokonaisrasvan määrä x 100.*

Raajojen rasvan prosentuaalinen osuus kokonaisrasvasta määritettiin seuraavasti:  
*raajojen rasvan määrä (jalkojen rasva + käsien rasva)/ kokonaisrasvan määrä x 100.*

Keskivartalo/raajat -rasvasuhde laskettiin seuraavasti:  
*keskivartalorasvan prosentuaalinen osuus/raajojen rasvan prosentuaalinen osuus.*

*Verinäytteet.* Verinäytteet kerättiin 10 tunnin paaston jälkeen kello 6:30–10:00 välillä. Verinäyte otettiin kyynärlaskimosta. Seerumin IGF-1- ja kortisolikonsentraatiot määritettiin kemiluminometrisellä immunologisella analyysimenetelmällä Immulite 2000 XPi - analysaattorilla (Siemens, Llanberis, UK). Menetelmän erottelukyky on kortisolille 5,5 nmol/l ja IGF-1:lle 0,26 nmol/l. Reagenssivalmistajan ilmoittamat toistettavuudet hormoneille olivat seuraavat: COR 7,7 % ja IGF-1 6,6 %. Leptiini määritettiin seerumista immunologisella ELISA-menetelmällä DYNEX DS 2 ELISA Processing System -laitetta (DYNEX Technologies, Chantilly, VA, USA) käyttäen. Laitteen määrittelyherkkyys on 0,2 ng/ml ja reagenssivalmistajan ilmoittama toistettavuus on 4,2 %.

*Kuukautiskierto.* Kuukautiskierto määritettiin ”The low energy availability in females questionnaire (LEAF-Q) -kyselylomakkeen (Melin ym 2014) avulla sekä haastattelemalla urheilijoilta kuukautiskierron pituudesta, säännöllisyydestä ja ehkäisyn käytöstä. Urheilijoista 50 luokiteltiin LEAF-Q kyselyn ja haastattelujen mukaan amenorrisiksi, 34 oligomenorrisiksi ja 219 eumenorrisiksi. Oligomenorrisia ja eumenorisia urheilijoita käsitellään yhtenä ryhmänä, sillä näiden ryhmien välillä ei ollut merkittäviä eroja ja oligomenorristen ryhmä oli melko pieni.

#### **6.4 Tilastolliset menetelmät**

Aineisto taulukoitiin Microsoft Excel 16.43 -ohjelmalla. Aineiston analysoinnissa käytettiin SPSS Statistics 27 -ohjelmaa. Normaalijakaumat tarkistettiin muuttujien osalta käyttämällä Kolmogorov-Smirnov-testiä sekä tarkistamalla muuttujien jakaumien vinous ja huipukkuus. Koska aineiston koko on suuri, ei aivan kaikkien muuttujien jakaumien tarvinnut noudattaa normaalijakaumaa täydellisesti, kun tutkittiin koko aineistoa. Korrelaatiot ja niiden p-arvot on määritetty Pearsonin korrelaation perusteella. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi määritettiin  $p < 0,05$ .

Analyyseissä käytettiin parametritonta Man-Whitney U-testiä, kun vertailtiin urheilijoita ja kontrolleja, sillä kontrolliryhmän koko oli pienempi kuin 20. Kun vertailtiin yli 50 henkilön ryhmiä, käytettiin parametrisia testejä. Kahden ryhmän välisessä vertailussa käytettiin T-testiä. Useampien ryhmien välisiä eroja vertailtiin yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla ja tämän lisäksi selvitettiin tarkemmin Bonferroni-menetelmän avulla, minkä ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevää eroa. Yksittäisiä lajeja vertaillaessa vertailuun otettiin kaikki lajit,

joissa ryhmien koko oli vähintään 10. Regressioanalyysissä tarkistettiin VIF-kertoimen avulla, etteivät valitut muuttujat aiheuttaneet multikollinearisuutta ongelmaa.

## 7 TULOKSET

Tässä luvussa käsitellään tutkimuksen tuloksia. Tuloksia käsitellään ensin koko aineiston tasolla, sitten amenorrean osalta ja lopuksi vertaillaan lajien välisiä eroja. Lajien välistä vertailua tehdään painosensitiivisten ja vähemmän painosensitiivisten lajien osalta sekä yksittäisen lajien välisiä eroja vertailemalla.

### 7.1 Kehonkoostumuksen ja luuntiheyden välinen yhteys tutkittavilla

Tutkimuksessa oli mukana 311 urheilijaa ja 17 ei-urheilijaa. Taulukossa 4 on esitelty urheilijoiden ja ei-urheilijoiden väliset erot. Urheilijoilla oli tilastollisesti merkitsevästi matalampi rasvaprosentti ( $p=0,023$ ), suurempi rasvattoman kokonaismassan ( $p=0,002$ ) ja rasvattoman pehmytkudoksen ( $p=0,001$ ) määrä. Luuntiheydessä ja Z-luvussa ei ollut eroa kontrollien ja urheilijoiden välillä. Myöskään rasvan kokonaismäärä ei eronnut ryhmien välillä, vaikka urheilijoilla oli keskimäärin vähemmän rasvaa ei-urheilijoihin verrattuna.

TAULUKKO 4. Kehonkoostumus ja luuntiheys urheilijoilla ( $n=311$ ) ja kontrolleilla ( $n=17$ ).

	Urheilijat	Kontrollit	P-arvo
Rasvaton pehmytkudosmassa (kg)	$47,6 \pm 5,2$	$44,0 \pm 3,0$	<b>0,001</b>
Rasvaton kokonaismassa (kg)	$50,5 \pm 5,4$	$46,8 \pm 3,1$	<b>0,002</b>
Rasvaprosentti (%)	$23,7 \pm 6,7$	$27,9 \pm 7,4$	<b>0,023</b>
Rasvan kokonaismäärä (kg)	$15,2 \pm 5,7$	$17,8 \pm 7,1$	0,149
BMD ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )	$1,27 \pm 0,09$	$1,25 \pm 0,10$	0,236
Z-luku	$1,84 \pm 1,03$	$1,54 \pm 1,00$	0,187

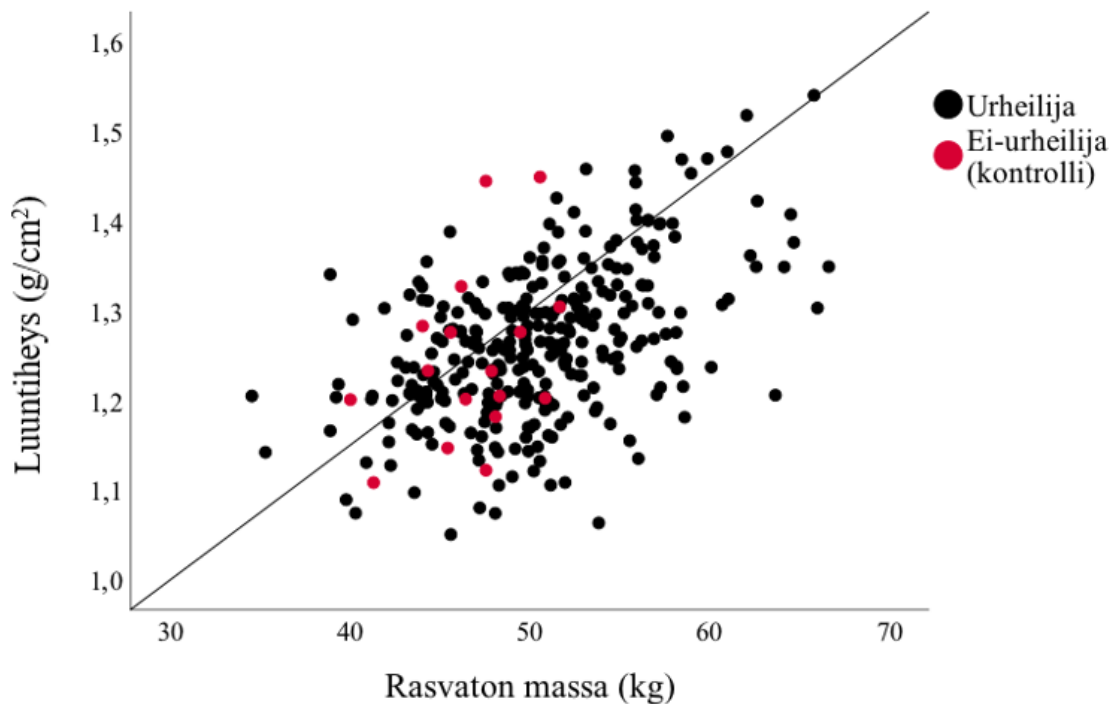


Taulukossa 5 on esitelty lihasmassan ja rasvamassan korrelaatioita luuntiheyteen koko aineistossa. Luuntiheys oli positiivisesti yhteydessä sekä rasvattomaan massaan ( $r=0,478$ ,  $p<0,001$ ) että rasvattomaan pehmytkudosmassaan ( $r=0,452$ ,  $p<0,001$ ). Rasvamuuttujista gynoid-rasvan määrällä oli suurin positiivinen korrelaatio luuntiheyteen, mutta korrelaatiota ei voida pitää kovin suurena ( $r=0,192$ ,  $p<0,001$ ). Painoindeksin positiivinen korrelaatio luuntiheyteen oli merkitsevämpi kuin rasvamuuttujien, mutta vähäisempi kuin lihasmassaa kuvaavien muuttujien ( $r=0,226$ ,  $p<0,001$ ). Kuvassa 3 on esitetty rasvattoman massan ja luuntiheyden välinen korrelaatio koko aineistossa niin, että urheilijat ja kontrollit on esitetty erikseen.

TAULUKKO 5. Eri muuttujien korrelaatio BMD-arvoon koko aineistossa.

	r	P-arvo
Rasvaton massa	0,478	<b>&lt;0,001</b>
Rasvaton pehmytkudosmassa	0,452	<b>&lt;0,001</b>
Jalkojen rasvaton pehmytkudosmassa	0,375	<b>&lt;0,001</b>
Käsien rasvaton pehmytkudosmassa	0,249	<b>&lt;0,001</b>
BMI	0,226	<b>&lt;0,001</b>
Gynoid rasva	0,192	<b>&lt;0,001</b>
Rasvan määrä	0,158	<b>&lt;0,01</b>
Android rasva	0,078	0,161
Rasvaprosentti	0,074	0,183
Android/gynoid-rasvasuhde	-0,047	0,40
Keskivartalo/raajat-rasvasuhde	0,023	0,681

BMI=painoindeksi.



KUVA 3. Rasvattoman massan ja luuntiheyden välinen korrelaatio koko aineistossa. Mustalla on esitetty urheilijat ja punaisella kontrollit.

## 7.2 Amenorrean vaikutus kehonkoostumukseen ja luuhun

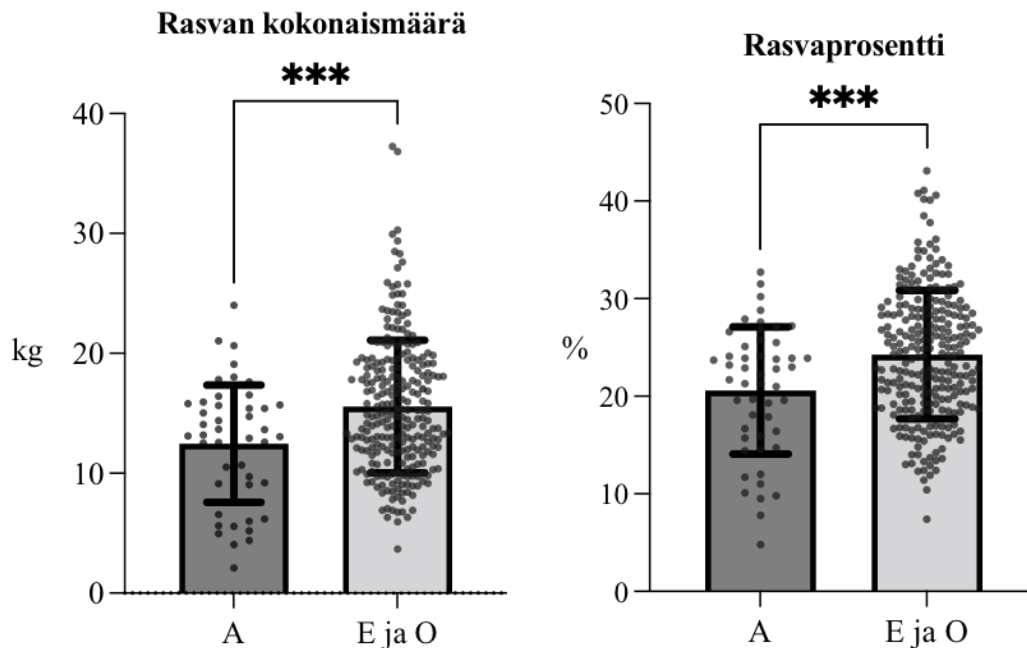
Tieto kuukautiskierron säännöllisyydestä oli selvillä 303 urheilijan osalta. Tässä tutkimuksessa itseraportoidun amenorrean esiintyvyys oli 16,5 %, mutta lajien välillä oli suuria eroja esiintyvyydessä. Painosensitiivisissä lajeissa amenorreaa esiintyi enemmän kuin vähemmän painosensitiivisissä lajeissa, sillä painosensitiivisissä lajeissa amenorrean esiintyvyys oli 23 %, kun taas vähemmän painosensitiivisissä lajeissa itseraportoitua amenorreaa esiintyi 11 prosentilla urheilijoista. Eniten amenorrisia urheilijoita oli kestävyysjuoksussa ja fitness-urheilussa, sillä kestävyysjuoksijoista 53 % ja fitness-urheilijoista 22 % oli amenorrisia.

Taulukosta 6 nähdään, että T-testin vertailussa amenorrisilla urheilijoilla oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi paino, rasvaprosentti, rasvan kokonaismäärä, raajojen rasvan määrä, keskivartalon rasvan määrä, gynoid-rasvan määrä, android-rasvan määrä sekä android/gynoid-rasvasuhde kuin muilla urheilijoilla. Amenorrisilla urheilijoilla oli myös keskimäärin matalampi BMD ja Z-luku, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Amenorrisilla urheilijoilla oli keskimäärin matalammat keskiarvot kaikissa hormonimittauksissa, mutta erot ryhmien välillä eivät olleet tilastollisesti merkitsevät.

TAULUKKO 6. Eri muuttujien vertailu amenorristen urheilijoiden ja muiden välillä.

	Amenorrea (n=50)	Eumenorrea ja oligomenorrea (n=253)	p-arvo
Paino (kg)	61,5 ± 9,4	64,5 ± 7,4	<b>0,017</b>
Rasvaprosentti (%)	20,6 ± 6,5	24,2 ± 6,6	<b>&lt;0,001</b>
Rasvan kokonaismäärä (kg)	12,5 ± 4,9	15,6 ± 5,5	<b>&lt;0,001</b>
Gynoid rasva (kg)	3,1 ± 1,0	3,6 ± 1,0	<b>0,003</b>
Android rasva (kg)	0,77 ± 0,39	1,02 ± 0,56	<b>&lt;0,001</b>
Android/gynoid-rasvasuhde	0,24	0,27	<b>0,013</b>
Keskivartalon rasva (kg)	5,5 ± 3,0	6,8 ± 3,3	<b>0,012</b>
Keskivartalorasvan %-osuus kokonaisrasvasta	41,8 ± 8,1	42,5 ± 8,7	0,632
Raajojen rasva (kg)	6,8 ± 2,8	8,2 ± 2,7	<b>0,001</b>
Raajojen rasvan %-osuus kokonaisrasvasta	53,9 ± 7,8	53,6 ± 8,2	0,777
Keskivartalo/raajat - rasvasuhde	0,81 ± 0,25	0,83 ± 0,27	0,574
BMC (g)	2733 ± 453	2810 ± 337	0,256
BMD (g/cm <sup>2</sup> )	1,24 ± 0,09	1,26 ± 0,08	0,216
Z-luku	1,56 ± 1,03	1,82 ± 0,98	0,101
Leptiini (ng/l)	22,1 ± 15,6	28,3 ± 20,6	0,086
IGF-1 (nmol/l)	30,9 ± 9,6	32,3 ± 10,1	0,355
Kortisoli (nmol/l)	460,9 ± 142,6	485,7 ± 161,7	0,323

Kuvassa 4 on havainnollistettu amenorristen urheilijoiden ja muiden tutkittavien vertailua rasvaprosentin ja rasvan kokonaismäärän osalta.



KUVA 4. Urheilijoiden rasvaprosenttien erot amenorristen ja muiden välillä. Kuvassa on esitetty ryhmien keskiarvot ja keskihajonnat sekä yksittäisten urheilijoiden tulokset pisteinä.

A= amenorriset urheilijat, E ja O= eumenorriset ja oligomenorriset urheilijat

\*\*\*=  $p < 0,001$

### 7.3 Painosensitiiviset lajit ja vähemmän painosensitiiviset lajit

Kehonkoostumukseen liittyvien muuttujien korrelaatiota luuntiheyteen tarkasteltiin koko aineistossa (taulukko 5, kuva 3) sekä niin, että urheilijat jaoteltiin painosensitiivisiin ja vähemmän painosensitiivisiin lajeihin (taulukko 7, kuva 5). Painosensitiivisten ja vähemmän painosensitiivisten lajien välillä oli eroa siinä, kuinka suuri oli rasvattoman massan ja muiden kehonkoostumusmuuttujien korrelaatio luuntiheyteen. Molemmilla ryhmillä tilastollisesti merkitsevin korrelaatio oli rasvattoman massan ja luuntiheyden välillä, mutta vähemmän painosensitiivisissä lajeissa rasvattoman massan korrelaatio ( $r=0,566$ ,  $p < 0,001$ ) oli suurempi kuin painosensitiivisissä lajeissa ( $r=0,347$ ,  $p < 0,001$ ).

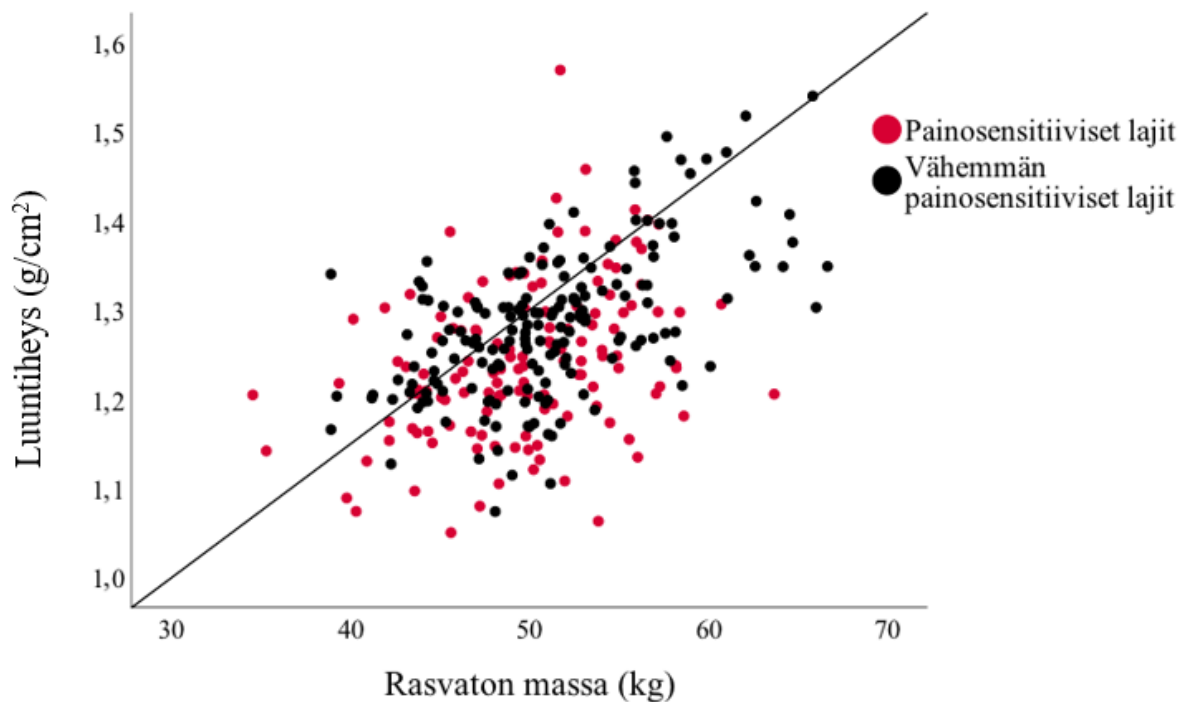
Rasvamuuttujien ja luuntiheyden välillä ei ollut korrelaatiota, kun kontrollit on poistettu ja ryhmiä tarkastellaan erillisinä. Rasvamuuttujien osalta tilastollisesti merkitsevä on ainoastaan android/gynoid-rasvasuhteen negatiivinen korrelaatio luuntiheyden kanssa vähemmän painosensitiivisissä lajeissa ( $r=-0,159$ ,  $p=0,036$ ).

TAULUKKO 7. Kehonkoostumukseen liittyvien muuttujien korrelaatio luuntiheyteen painosensitiivisten lajien ja vähemmän painosensitiivisten lajien urheilijoilla

	Painosensitiiviset lajit		Vähemmän painosensitiiviset lajit	
	r	p-arvo	r	p-arvo
Rasvaton massa	0,347	<b>&lt;0,001</b>	0,566	<b>&lt;0,001</b>
Rasvaton pehmytkudosmassa	0,304	<b>&lt;0,001</b>	0,540	<b>&lt;0,001</b>
Jalkojen rasvaton pehmytkudosmassa	0,315	<b>&lt;0,001</b>	0,510	<b>&lt;0,001</b>
Käsien rasvaton pehmytkudosmassa	0,084	0,337	0,533	<b>&lt;0,001</b>
BMI	0,015	0,863	0,216	<b>0,011</b>
Gynoid rasva	0,061	0,486	0,130	0,086
Rasvan määrä	0,043	0,619	0,102	0,178
Android rasva	-0,025	0,779	-0,004	0,960
Rasvaprosentti	-0,019	0,830	-0,075	0,327
Android/gynoid -rasvasuhde	-0,067	0,443	-0,159	<b>0,036</b>
Keskivartalo/raajat -rasvasuhde	-0,132	0,133	-0,111	0,143

BMI = painoindeksi

Kuvassa 5 on esitetty rasvattoman massan ja luuntiheyden välinen korrelaatio urheilijoiden osalta niin, että painosensitiiviset ja vähemmän painosensitiiviset lajit on kuvattu erikseen.



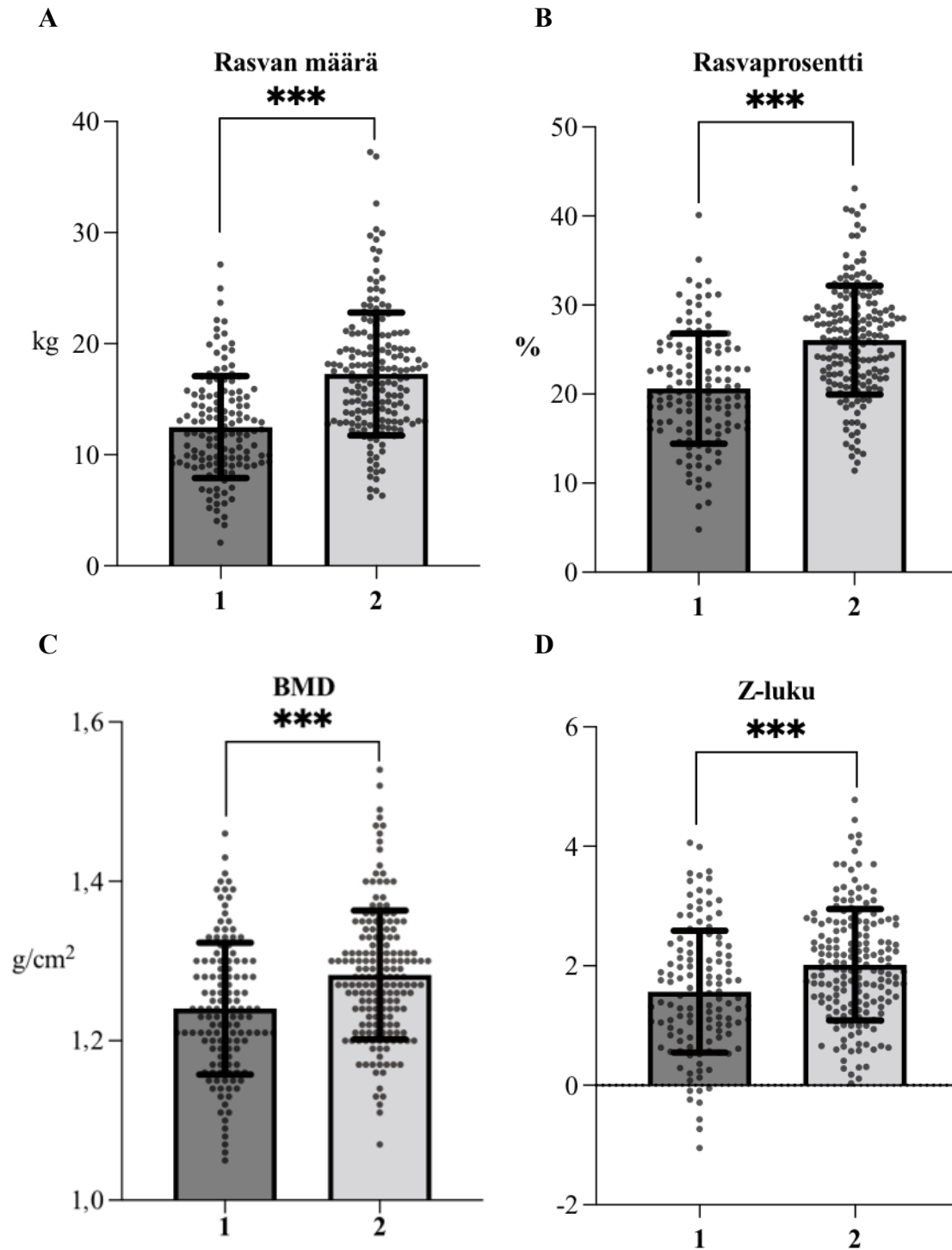
KUVA 5. Rasvattoman massan ja luuntiheyden välinen korrelaatio urheilijoilla. Punaisella on esitetty painosensitiivisten lajien urheilijat ja mustalla vähemmän painosensitiivisten lajien urheilijat.

Vähemmän painosensitiivisissä lajeissa oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi paino ( $p < 0,001$ ), pituus ( $p = 0,001$ ), BMD ( $p < 0,001$ ), BMC ( $p < 0,001$ ), Z-luku ( $p < 0,001$ ) ja rasvattoman massan määrä ( $p = 0,024$ ) verrattuna painosensitiivisiin lajeihin. Vähemmän painosensitiivisissä lajeissa oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi rasvan määrä kaikilla rasvamuuttujilla mitattuna. Vähemmän painosensitiivisissä lajeissa leptiinipitoisuus oli korkeampi ( $p = 0,022$ ) ja kortisolipitoisuus matalampi ( $p = 0,046$ ) painosensitiivisiin lajeihin verrattuna. Taulukossa 8 on esitelty ryhmien keskiarvot ja keskihajonnat muuttujien osalta sekä ryhmien välisen vertailun T-testin p-arvo.

Kuvassa 6 on esitetty painosensitiivisten lajien ja vähemmän painosensitiivisten lajien välisiä eroja tärkeimpien muuttujien osalta. Kuvassa 7 on esitetty ryhmien väliset erot leptiini- ja kortisolipitoisuudessa.

TAULUKKO 8. Painosensitiivisempien lajien ja vähemmän painosensitiivisten lajien väliset erot kehonkoostumuksessa, rasvanjakautumisessa, luumuuttujissa ja hormonipitoisuuksissa.

	Painosensitiiviset lajit (n=133)	Vähemmän painosensitiiviset lajit (n=178)	p-arvo
Paino (kg)	61,5 ± 7,1	67,6 ± 8,2	<b>&lt;0,001</b>
Pituus (cm)	167,1 ± 6,1	169,5 ± 6,4	<b>0,001</b>
Rasvan määrä (kg)	12,5 ± 4,6	17,3 ± 5,5	<b>&lt;0,001</b>
Rasvaprosentti (%)	20,6 ± 6,2	26,0 ± 6,1	<b>&lt;0,001</b>
Gynoid-rasva (kg)	3,2 ± 0,96	3,9 ± 1,1	<b>&lt;0,001</b>
Android-rasva (kg)	0,84 ± 0,43	1,2 ± 0,64	<b>&lt;0,001</b>
Android/gynoid-rasvasuhde	0,25 ± 0,08	0,28 ± 0,09	<b>0,034</b>
Raajojen rasva (kg)	7,2 ± 2,8	8,6 ± 2,5	<b>&lt;0,001</b>
Raajojen rasvan %-osuus kokonaisrasvasta	57,9 ± 9,3	50,3 ± 4,9	<b>&lt;0,001</b>
Keskivartalon rasva (kg)	4,8 ± 2,3	8,1 ± 3,2	<b>&lt;0,001</b>
Keskivartalarasvan %-osuus kokonaisrasvasta	37,8 ± 9,5	46,0 ± 5,6	<b>&lt;0,001</b>
Keskivartalo/raajat-rasvasuhde	0,70 ± 0,27	0,93 ± 0,21	<b>&lt;0,001</b>
Rasvaton pehmytkudosmassa (kg)	47,0 ± 4,9	48,1 ± 5,3	0,070
Rasvaton massa (kg)	49,7 ± 5,1	51,1 ± 5,6	<b>0,024</b>
BMC (g)	2658 ± 356	2975 ± 363	<b>&lt;0,001</b>
BMD (g/cm <sup>2</sup> )	1,24 ± 0,09	1,28 ± 0,08	<b>&lt;0,001</b>
Z-luku	1,60 ± 1,1	2,02 ± 0,9	<b>&lt;0,001</b>
IGF-1 (nmol/l)	32,2 ± 10,1	31,1 ± 9,0	0,342
Kortisoli (nmol/l)	497,0 ± 154	461,0 ± 153	<b>0,046</b>
Leptiini (ng/l)	24,10 ± 17,6	29,90 ± 20,6	<b>0,022</b>

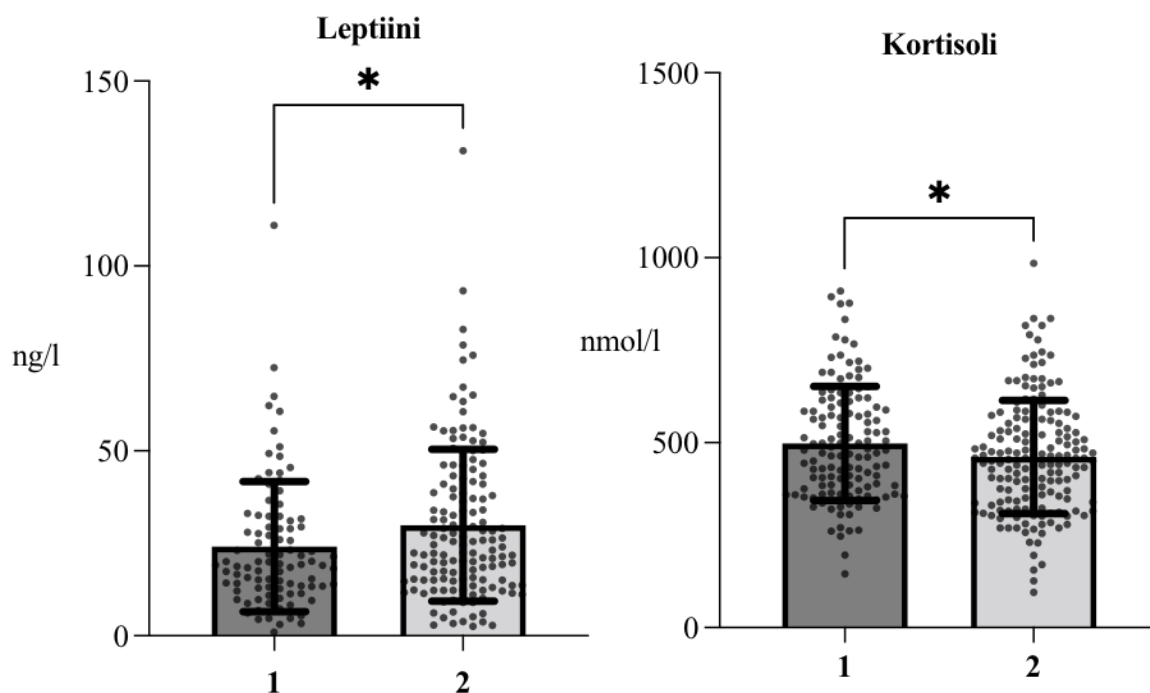


KUVA 6. Rasvan määrä (A), rasvaprosentti (B), BMD (C) ja Z-luku (D) painosensitiivisten ja vähemmän painosensitiivisten lajien urheilijoilla. Kuvassa on esitetty ryhmien keskiarvot ja keskihajonnat sekä yksittäisten urheilijoiden tulokset pisteinä.

1= painosensitiiviset lajit, 2= vähemmän painosensitiiviset lajit, BMD= luuntiheys

\*\*\* ero ryhmien välillä,  $p < 0,001$





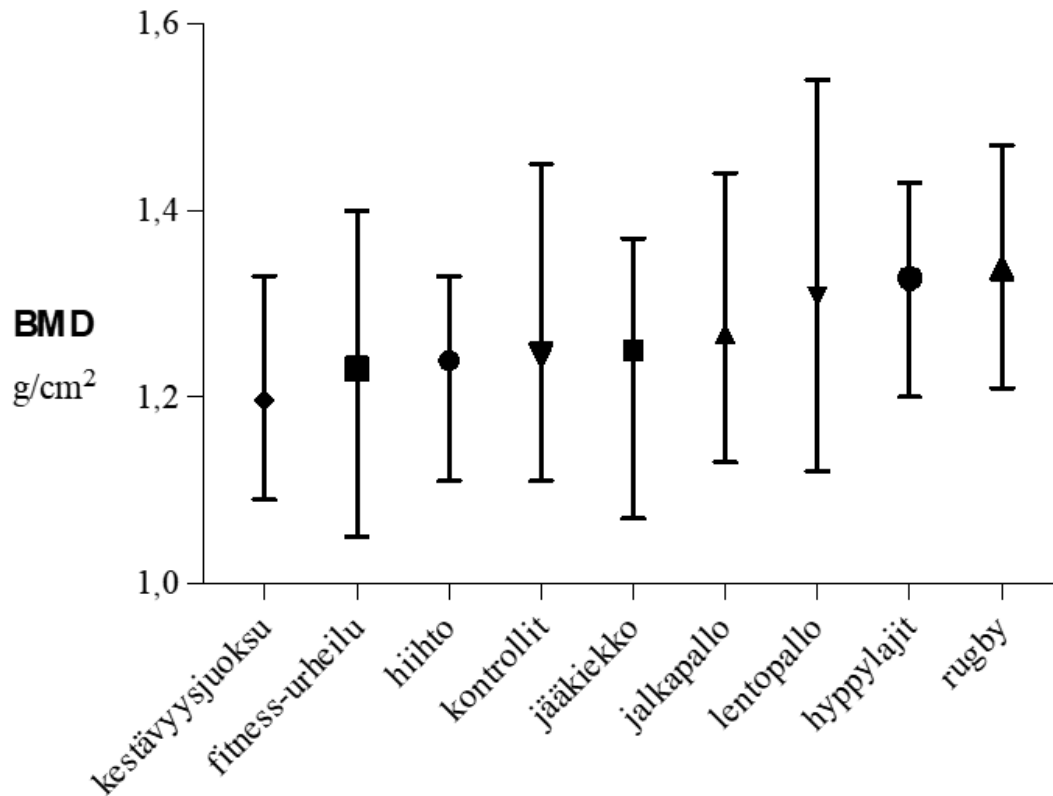
KUVA 7. Leptiini ja kortisoli painosensitiivisten ja vähemmän painosensitiivisten lajien urheilijoilla. Kuvassa on esitetty ryhmien keskiarvot ja keskihajonnat sekä yksittäisten urheilijoiden tulokset pisteinä. 1= painosensitiiviset lajit, 2= vähemmän painosensitiiviset lajit  
\* ero ryhmien välillä,  $p < 0,05$

#### 7.4 Luuntiheys ja yksittäisten lajien välinen vertailu

Kaikkien tutkittavien keskiarvo luuntiheydessä oli  $1,27 \text{ g/cm}^2$  ja Z-luvussa 1,84. Lajien väliseen vertailuun otettiin mukaan kaikki lajit, joissa ryhmien koko oli vähintään 10. Lajeista mukaan tulivat hiihto, jääkiekko, jalkapallo, lentopallo, kestävyysjuoksu, yleisurheilun hyppylajit, fitness-urheilu, rugby ja kontrollit (ei-urheilijat). Ryhmien välillä oli tilastollisesti erittäin merkitsevää eroa sekä Z-luvussa että luuntiheydessä p-arvon ollessa molempien osalta alle 0,001.

Yksittäisten lajien keskiarvot luuntiheyden vaihteluväli on esitetty kuvassa 8. Suurimmat luuntiheyden keskiarvot olivat rugbyssa ja hyppylajeissa. Pienimmät keskiarvot taas olivat kestävyysjuoksijoilla ja fitness-urheilijoilla. Yksittäisten ryhmien välisessä vertailussa tilastollisesti merkitsevimmät erot luuntiheydessä olivat hyppylajien ja kestävyysjuoksun välillä ( $p < 0,001$ ), hyppylajien ja fitness-urheilun välillä ( $p < 0,001$ ) sekä lentopallon ja fitness-urheilun välillä ( $p < 0,001$ ). Muita tilastollisesti merkitseviä eroja oli hyppylajien ja jääkiekon

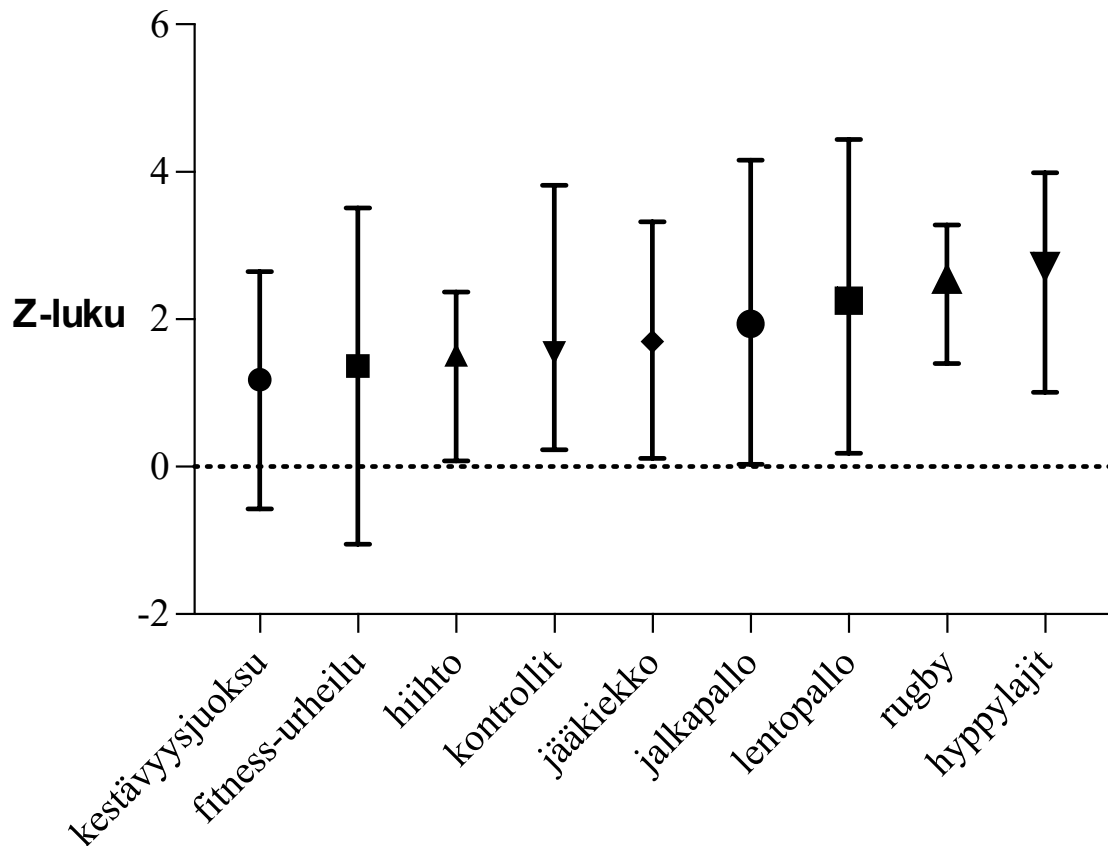
välillä ( $p < 0,01$ ), lentopallon ja kestävyysjuoksun välillä ( $p < 0,01$ ), rugbyn ja fitness-urheilun välillä ( $p < 0,01$ ), rugbyn ja kestävyysjuoksun välillä ( $p < 0,01$ ), hyppylajien ja hiihdon välillä ( $p < 0,05$ ), jalkapallon ja fitness-urheilun välillä ( $p < 0,05$ ) sekä hyppylajien ja kontrollien välillä ( $p < 0,05$ ).



KUVA 8. Luuntiheys lajeittain suuruusjärjestyksessä. Kuvassa on esitetty kunkin lajin keskiarvo sekä vaihteluväli. BMD=luuntiheys.

Yksittäisten lajien keskiarvot ja vaihteluväli Z-luvussa on esitetty kuvassa 9. Suurimmat Z-luvut olivat hyppylajien urheilijoilla ja rugbyn pelaajilla. Pienimmät Z-luvun keskiarvot olivat kestävyysjuoksijoilla ja fitness-urheilijoilla. Z-luvun osalta suurimmat ryhmien väliset erot olivat hyppylajien ja kestävyysjuoksun välillä ( $p < 0,001$ ), hyppylajien ja fitness-urheilun välillä ( $p < 0,001$ ) sekä lentopallon ja fitness-urheilun välillä ( $p < 0,001$ ). Muita tilastollisesti merkitseviä eroja oli lentopallon ja kestävyysjuoksun välillä ( $p < 0,01$ ), rugbyn ja kestävyysjuoksun välillä ( $p < 0,01$ ), jääkiekon ja hyppylajien välillä ( $p < 0,01$ ), hiihdon ja hyppylajien välillä ( $p < 0,05$ ),

jalkapallon ja fitness-urheilun välillä ( $p < 0,05$ ), hyppylajien ja kontrollien välillä ( $p < 0,05$ ) sekä fitness-urheilun ja rugbyn välillä ( $p < 0,05$ ).



KUVA 9. Z-luku lajeittain suuruusjärjestyksessä. Kuvassa on jokaisen lajin keskiarvo sekä vaihteluväli.

### 7.5 Luuntiheyden vaikuttavat muuttujat

Regressioanalyysillä tutkittiin eri muuttujien vaikutusta luuntiheyteen. Korkein selitysaste saavutettiin mallilla, jossa riippumattomina muuttujina käytettiin ikää, painoindeksiä, kokonaisrasvan määrää sekä rasvatonta massaa. Mallin selitysaste luuntiheyteen oli 22,9 % ja korjattu selitysaste 21,8 %. Ikä, painoindeksi, kokonaisrasvan määrä sekä rasvaton massa selittävät siis yhdessä 22,9 % luuntiheyden vaihtelusta. Tässä mallissa taustamuuttujista ikä ei selittänyt luuntiheyttä, mutta painoindeksillä oli vaikutusta luuntiheyteen (standardoitu beeta-kerroin 0,216,  $p < 0,001$ ). Kun taustamuuttujien lisäksi analyysiin lisättiin rasvan kokonaismäärä ja rasvaton massa, ei painoindeksillä ollut enää merkitsevyyttä luuntiheyteen. Sen sijaan rasvaton massa ja rasvan määrä selittivät luuntiheyttä. Rasvaton massa selitti luuntiheyttä voimakkaimmin (beeta 0,461,  $p < 0,001$ ), mutta myös rasvan kokonaismäärä selitti luuntiheyttä

merkitsevästi (beeta 0,240,  $p < 0,01$ ). Mallin selitysaste oli lähes sama, jos rasvan kokonaismäärän tilalla käytettiin gynoid-rasvan määrää (selitysaste 22,7 % ja korjattu selitysaste 21,6 %).

## 8 POHDINTA

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli selvittää rasvan jakautumisen yhteyttä luuntiheyteen ja kuukautiskiertoon suomalaisilla naisurheilijoilla. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää, mikä on rasvattoman massan merkitys luuntiheyteen suhteessa rasvan merkitykseen, mikä on eri hormonien rooli sekä miten urheilijan laji vaikuttaa luuntiheyteen. Seuraavaksi esitellään tutkimuksen päätulokset.

### 8.1 Keskeiset tulokset

Tutkimuksen päätulokset olivat

(1) Rasvaton massa ja rasvaton pehmytkudosmassa olivat yhteydessä luuntiheyteen suomalaisilla naisurheilijoilla. Korrelaatio oli voimakkaampaa vähemmän painosensitiivisten lajien urheilijoilla verrattuna painosensitiivisten lajien urheilijoihin. Rasvaton massa oli regressioanalyysissä voimakkaimmin luuntiheyttä selittävä muuttuja.

(2) Amenorrisilla urheilijoilla oli alhaisempi rasvaprosentti ja vähemmän rasvaa useilla rasvamuuttujilla mitattuna muihin urheilijoihin verrattuna. Heillä oli alhaisempi android/gynoid-rasvasuhde, mutta keskivartalo/raajat-rasvasuhteessa tai raajojen ja keskivartalorasvan prosentuaalisessa osuudessa kokonaisrasvasta ei ollut eroa muihin verrattuna. Amenorrisilla urheilijoilla oli alhaisempi BMD ja Z-luku muihin verrattuna, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

(3) Painosensitiivisten ja vähemmän painosensitiivisten lajien urheilijoiden välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja useissa muuttujissa. Vähemmän painosensitiivisten lajien urheilijoilla oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi luuntiheys, Z-luku, rasvattoman massan määrä, rasvan määrä kaikilla muuttujilla mitattuna sekä korkeammat leptiinipitoisuudet ja alhaisemmat kortisolipitoisuudet verrattuna painosensitiivisten lajien urheilijoihin.

(4) Lajien välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja luuntiheydessä ja Z-luvussa. Tutkimuksen mukaan luun kannalta hyödyllisimpiä lajeja olivat lentopallo, rugby ja yleisurheilun hyppylajit. Hiihto, kestävyysjuoksu ja fitness-urheilu taas olivat lajeja, jossa BMD ja Z-luku jäivät ei-urheilijoita alhaisemmalle tasolle.

Seuraavaksi käsitellään päätuloksia tarkemmin ja pohditaan niiden luotettavuutta ja suhdetta aikaisempaan tutkimustietoon.

### **8.1.1 Kehonkoostumus, rasvan määrä ja sen jakautuminen**

Urheilijoiden ja ei-urheilijoiden kehonkoostumuksessa oli eroja. Urheilijoilla oli tilastollisesti merkitsevästi alhaisempi rasvaprosentti, suurempi rasvattoman massan ja rasvattoman pehmytkudosmassan määrä ei-urheilijoihin verrattuna. Urheilijoilla oli myös alhaisempi rasvan kokonaismäärä, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Ei-urheilijoiden määrä oli tässä tutkimuksessa kuitenkin huomattavasti pienempi urheilijoihin verrattuna.

Urheilijoiden sisäisessä vertailussa urheilijan lajilla ja kuukautiskierron statuksella vaikuttaa tämän tutkimuksen mukaan olevan suuri merkitys kehonkoostumukseen. Painosensitiivisten lajien urheilijoilla oli keskimäärin vähemmän rasvaa kokonaisuudessaan kaikilla rasvamuuttujilla mitattuna vähemmän painosensitiivisten lajien urheilijoihin verrattuna. Painosensitiivisissä lajeissa painon pitäminen tietyllä tasolla voi olla suorituskyvyn tai lajin ulkonäköihanteen kannalta tärkeässä asemassa, mikä voi lisätä riskiä alhaiseen energiansaataavuuteen ja sitä kautta alhaisempaan painoon sekä alhaisempaan rasvan määrään. Lisäksi osassa painosensitiivisistä lajeista tehdään runsaasti kestävyysharjoittelua, mikä voi vaikuttaa painon pysymiseen matalampana. Toisaalta painosensitiivisempiin lajeihin valikoituu helpommin kevyempiä ja pienempiä urheilijoita. Tämä näkyi tässä tutkimuksessa siinä, että painosensitiivisten lajien urheilijat olivat tilastollisesti merkitsevästi lyhyempiä ja kevyempiä kuin vähemmän painosensitiiviset urheilijat.

Amenorrisilla urheilijoilla oli alhaisempi rasvan määrä ja rasvaprosentti verrattuna muihin urheilijoihin. Tämän tutkimuksen tulokset olivatkin samankaltaisia kuin useissa aiemmissa tutkimuksissa, joissa on havaittu amenorrisilla urheilijoilla olevan kehossaan vähemmän rasvaa eumenorrisiin urheilijoihin verrattuna (Ackerman ym. 2011; Ackerman ym. 2013; Christo ym. 2008; Mallinson ym. 2013). Säännölliseen kuukautiskierron tarviin tarvitaan riittävästi ihonalaista rasvaa (Palmer & Clegg 2015), ja todennäköisesti tästä syystä kuukautiskierron häiriöistä kärsivillä urheilijoilla rasvan määrän on havaittu olevan keskimäärin alhaisempi. Toisaalta on hyvä muistaa, että yksilöiden välillä voi olla suurta vaihtelua siinä, kuinka pienellä rasvaprosentilla kuukautiskierto vielä toimii säännöllisesti.

Rasvan jakautumisen osalta amenorrisilla urheilijoilla oli alhaisempi android/gynoid-rasvasuhde muihin verrattuna, mutta keskivartalo/raajat-rasvasuhteessa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Muutamissa aiemmissä tutkimuksissa on myös havaittu, että amenorrisilla ja eumenorrisilla urheilijoilla rasvan jakautuminen on hyvin samankaltaista keskivartalo/raajat-rasvasuhteella arvioituna, vaikka rasvan kokonaismäärä olisi amenorrisilla urheilijoilla alhaisempi (Ackerman ym. 2011; Puder ym. 2006). Tässäkin tutkimuksessa havaittiin, että amenorrisilla ja muilla urheilijoilla oli keskimäärin yhtä suuri osuus keskivartalorasvaa ja raajojen rasvaa kokonaisrasvan määrään suhteutettuna.

Painosensitiivisten ja vähemmän painosensitiivisten lajien urheilijoiden välillä oli eroa rasvan jakautumisessa. Painosensitiivisten lajien urheilijoilla oli alhaisempi android/gynoid-rasvasuhde sekä keskivartalo/raajat-rasvasuhde vähemmän painosensitiivisten lajien urheilijoihin verrattuna. Heillä oli rasvakudoksessa suhteessa vähemmän android-rasvaa kuin gynoid-rasvaa sekä suhteessa vähemmän keskivartalorasvaa verrattuna raajojen rasvaan. Heillä oli kokonaisrasvan määrään suhteutettuna suurempi prosentuaalinen osuus raajojen rasvaa ja pienempi prosentuaalinen osuus keskivartalorasvaa verrattuna vähemmän painosensitiivisiin urheilijoihin. Lajien välisessä vertailussa havaittiin siis suurempia eroja rasvan jakautumisessa verrattuna kuukautiskierron perusteella tehtyyn vertailuun.

Tässä tutkimuksessa android/gynoid-rasvasuhde oli tilastollisesti merkitsevästi alhaisempi amenorrisilla urheilijoilla verrattuna muihin urheilijoihin ja painosensitiivisten lajien urheilijoilla verrattuna vähemmän painosensitiivisten lajien urheilijoihin. Tämän tutkimuksen perusteella vähemmän rasvaa omaavilla urheilijoilla rasvaa on suhteellisesti vähemmän DXA:n määrittelemässä android-rasvakudoksessa kuin gynoid-rasvakudoksessa. Vaikuttaa siltä, että alhaisemmasta rasvaprosentista huolimatta, gynoid-rasvakudoksen osuus säilyy eli naisille ominainen rasvan jakautumisen malli säilyy. Lisäksi painosensitiivisten lajien urheilijoiden osalta voidaan todeta, että alhaisemmasta rasvan määrästä huolimatta, rasvaa on suhteellisesti enemmän raajoissa kuin keskivartalossa. Keskivartalon alhaisemman rasvan määrän taustalla voi olla estrogeenin vaikutuksen lisäksi se, että viskeraalisesta rasvakudoksesta rasva on helpommin otettavissa käyttöön, jolloin sitä voidaan tarpeen vaatiessa käyttää energiana nopeammin ihonalaiseen rasvakudokseen verrattuna (Palmer & Clegg 2015).

### 8.1.2 Rasvan, lihasmassan ja rasvan jakautumisen merkitys luuntiheyteen

Tämän tutkimuksen mukaan rasvattomalla massalla näyttäisi olevan suurempi merkitys luuntiheyteen rasvamassaan verrattuna. Näin on havaittu myös esimerkiksi Ho Pham ym. (2014) meta-analyysissä, jonka mukaan rasvattoman kehonpainon merkitys luuntiheyteen on suurempi rasvamassaan verrattuna kaiken ikäisillä naisilla ja miehillä. Tässä tutkimuksessa rasvattoman massan ja luuntiheyden sekä rasvattoman pehmytkudosmassan ja luuntiheyden välillä oli kohtalaisen voimakas korrelaatio. Lisäksi rasvattoman massan määrä oli regressioanalyysissä voimakkaimmin luuntiheyttä selittävä muuttuja. Rasvattoman massan osalta on hyvä tiedostaa, että DXA:lla mitattu rasvaton massa sisältää luun mineraalimassan, joten se voi osaltaan vaikuttaa tuloksiin. Toisaalta rasvaton pehmytkudosmassa ei sisällä luumassaa ja rasvattoman pehmytkudosmassan yhteydet luuntiheyteen olivat hyvin samankaltaisia rasvattomaan massaansa verrattuna.

Rasvattoman massan positiivinen korrelaatio luuntiheyteen oli voimakkaampi vähemmän painosensitiivisissä lajeissa painosensitiivisiin lajeihin verrattuna. Tähän voi olla monia selittäviä tekijöitä. Samankaltaisia tuloksia on saatu esimerkiksi Ackerman ym. (2011) tutkimuksessa, jossa rasvaton kudosmassa korreloi vähemmän lonkan luuntiheyteen amenorrisilla urheilijoilla verrattuna eumenorrisiin urheilijoihin. Tutkijat arvelivat tämän johtuvan siitä, että estrogeenillä on tärkeä merkitys luuntiheyden kehittymisen kannalta (Ackerman ym. 2011). Tässä tutkimuksessa painosensitiivisissä lajeissa esiintyi enemmän amenorreaa, heillä oli keskimäärin alhaisempi rasvan määrä, luuntiheys ja rasvattoman massan määrä ja nämä kaikki tekijät todennäköisesti vaikuttavat siihen, että rasvattoman massan ja luuntiheyden korrelaatio oli heillä pienempi vähemmän painosensitiivisiin lajeihin verrattuna.

Vaikka koko aineistossa havaittiin korrelaatio gynoid-rasvan ja luuntiheyden välillä, tämä korrelaatio hävisi, kun tutkittiin ainoastaan urheilijoita. Urheilijoilla mikään rasvamuuttuja (gynoid-rasva, android-rasva, rasvan kokonaismäärä, rasvaprosentti tai keskivartalo/raajat-rasvasuhde) ei ollut yhteydessä luuntiheyteen lukuun ottamatta android/gynoid-rasvasuhdetta, joka oli negatiivisesti yhteydessä luuntiheyteen vähemmän painosensitiivisten lajien urheilijoilla. Korrelaatio ei kuitenkaan ollut kovin voimakas ja sen vuoksi sitä ei voida pitää tutkimusten tulosten kannalta oleellisena tuloksena.



Rasvan jakautumisen ja luuntiheyden välisiä yhteyksiä ei löytynyt tässä tutkimuksessa, vaikka joissakin aikaisemmissa tutkimuksissa näitä on havaittu (Ackerman ym. 2011; Singhal ym. 2015; Tenforde ym. 2015). Tähän voi olla monia syitä. Eroja aikaisempiin tutkimuksiin löytyy siinä, että rasvan jakautumista on tutkittu yleensä vain yhden lajin urheilijoilla ja useimmin nuorilla urheilijoilla. Esimerkiksi Ackermann ym. (2011) tutkimuksessa, jossa havaittiin keskivartalorasvan prosentuaalisen osuuden ja keskivartalo/raajat-rasvasuhteen olevan negatiivisesti yhteydessä luumittauksiin selkärangassa ja koko kehossa, tutkittiin 12–18-vuotiaita kestävyysjuoksijoita. Myös Tenforde ym. (2015) tutkimuksessa tutkittavat olivat keskimäärin 16-vuotiaita kestävyysjuoksijoita.

Yleisesti ottaen tässä aineistossa luuntiheys oli hyvällä tasolla, sillä Z-luku oli alle -1 vain yhdellä urheilijalla, kun esimerkiksi Tenforde ym. (2015) tutkimuksessa Z-luku oli keskimäärin -0,03 ja jopa 13 urheilijalla lannerangan Z-luku oli alle -1. Ackermann ym. (2011) tutkimuksessa tutkittavien koko kehon Z-luku oli amenorrisilla urheilijoilla keskimäärin -0,58. Tässä tutkimuksessa myöskään rasvan määrä tai rasvaprosentti eivät olleet edes amenorristen urheilijoiden ryhmällä kovin alhaisia. Rasvaprosentin vaihteluväli aineistossa oli 5–47 % ja 11 urheilijalla rasvaprosentti oli alle 12 %. Nämä molemmat tekijät voivat vaikuttaa siihen, että merkittäviä yhteyksiä rasvan jakautumisen ja luuntiheyden välillä ei löydetty. Jos aineistossa olisi ollut myös enemmän alhaisen luuntiheyden ja alhaisen rasvaprosentin omaavia henkilöitä, olisivat tulokset voineet olla toisenlaisia.

Voidaan kuitenkin todeta, että tämän tutkimuksen mukaan suomalaisilla naisurheilijoilla rasvattoman massan määrä vaikuttaa olevan tärkein kehonkoostumuksen tekijä luuntiheyden kannalta. Rasvan määrä oli kuitenkin regressioanalyysissä luuntiheyttä selittävä muuttuja, joten sen merkitystä ei voida täysin unohtaa. Rasvan määrällä voi olla suurempi merkitys silloin, kun kehonpaino tai lihasmassan määrä on alhainen. Ho Pham ym. (2014) meta-analyysi toteaa, että rasvamassan merkitys luuntiheyteen voi selittyä sillä, että sukupuolihormoneilla ja ravitsemuksella on tärkeä rooli luumassan kehittämisessä ja ylläpitämisessä.

### **8.1.3 Amenorrean vaikutus luuntiheyteen**

Tutkimuksen hypoteesina oli, että amenorrisilla urheilijoilla on alhaisempi luuntiheys ja vähemmän rasvaa kehossaan (Heikura ym. 2018; Nose-Ogura ym. 2020) verrattuna eumenorrisiin urheilijoihin. Kuten jo todettiin, amenorrisilla urheilijoilla oli tilastollisesti

merkitsevästi alhaisempi rasvaprosentti ja rasvan määrä muihin urheilijoihin verrattuna. Luuntiheydessä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitseviä eroja näiden ryhmien välillä, vaikkakin amenorrisilla urheilijoilla oli keskimäärin alhaisempi BMD ja Z-luku muihin verrattuna.

Mielenkiintoista on se, että lajeissa, joissa esiintyi eniten amenorreaa (kestävyysjuoksu, fitness-urheilu), oli myös alhaisimmat keskiarvot luuntiheydessä ja Z-luvussa. Tässä ilmiössä näkyy hyvin se, miten kuukautiskierron häiriöiden esiintyvyys voi olla yhteydessä alhaisempaan luuntiheyteen. Aiemmissa tutkimuksissa on havaittu amenorreaan olevan yhteydessä alentuneeseen luuntiheyteen ja murtumariskin lisääntymiseen (Ackerman ym 2015; Heikura ym. 2018). Kuukautiskierron häiriöt kuvastavat hyvin alhaista energiansaataavuutta (Heikura ym. 2018), millä on itsessään haitallisia vaikutuksia luuhun. Optimaalisen estrogeenitason merkitys luulle on tärkeä, sillä estrogeeni muun muassa vähentää luun hajotusta inhiboimalla osteoklastien aktiivisuutta (Hall & Guyton 2016, 1006).

Tämä tutkimus toteutettiin poikkileikkausasetelmana ja siksi on hyvä muistaa, että kuukautiskierron häiriöiden vaikutukset eivät näy luuntiheydessä heti, vaan muutokset luussa vaativat pidempiaikaisia kuukautiskierron häiriöitä ja alhaista energiansaataavuutta (Nattiv ym. 2007). Kuukautiskierron ei kontrolloitu suositellun mukaisesti hormonipitoisuusmittauksilla (Elliot-Sale ym. 2021), vaan tutkimuksessa käytettiin itseraportoitua kuukautiskierron tilaa. Lisäksi tutkittavien urheilijoiden osalta ei ole tiedossa, kuinka pitkään amenorrea on jatkunut tai mikä kuukautiskierron tilanne on ollut aiemmin. Nuoruuden aikainen amenorrea vaikuttaa olevan erityisen haitallista luuntiheyden kannalta (Nose-Ogura ym. 2020) ja siksi olisi ollut hyvä kysyä tutkittavilta kuukautisten alkamisikää ja kuukautiskierron säännöllisyyttä pidemmällä aikavälillä.

#### **8.1.4 Muiden hormonien vaikutus luuntiheyteen**

Kuukautiskierron lisäksi tutkimuksessa oli hormoneista mukana leptiini, kortisoli, ja IGF-1. Näistä tutkituista hormoneista mikään ei ollut yhteydessä luuntiheyteen koko joukolla urheilijoilla. Sen sijaan vähemmän painosensitiivisten lajien urheilijoilla havaittiin olevan tilastollisesti merkitsevästi korkeampi leptiinipitoisuus ja alhaisempi kortisolipitoisuus painosensitiivisten lajien urheilijoihin verrattuna. Amenorrisilla urheilijoilla taas oli

alhaisemmat leptiini-, kortisoli- ja IGF-tasot muihin urheilijoihin verrattuna, mutta erot eivät yltäneet tilastolliseen merkitsevyyteen.

Leptiinin alhaisempi määrä amenorrisilla urheilijoilla ja painosensitiivisten lajien urheilijoilla selittyy todennäköisesti pitkälti alhaisemman rasvakudoksen määrällä, sillä leptiini on rasvakudoksesta erittyvä hormoni (Hall & Guyton 2016, 893). Tutkimuksen tulokset ovat hyvin samankaltaisia aiempiin tutkimuksiin verrattuna. Esimerkiksi sekä Ackerman ym. (2013) että Mallinson ym. (2013) tutkimuksissa on havaittu leptiinipitoisuuden olevan alhaisempi amenorrisilla urheilijoilla. Alentunut leptiinin määrä voi selittyä rasvakudoksen lisäksi alhaisemmalla energiansaatavuudella, sillä jo lyhytaikainen energiansaatavuuden aleneminen voi johtaa leptiinipitoisuuden laskuun (Mantzoros ym. 2011).

IGF-1-tasoihin vaikuttaa erityisesti riittävä energiansaatavuus ja alhainen energiansaatavuus aiheuttaa laskua IGF-1-tasoihin (Dipla ym. 2021). Tässä tutkimuksessa painosensitiivisten ja vähemmän painosensitiivisten lajien urheilijoilla IGF-1-tasot olivat samalla tasolla. Amenorrisilla urheilijoilla oli alhaisemmat IGF-1-tasot eumenorriisiin ja oligomenorriisiin urheilijoihin verrattuna, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Heikura ym. (2018) sai tutkimuksessaan samankaltaisen tuloksen, sillä he eivät havainneet amenorrisilla ja eumenorrisilla juoksijoilla tilastollisesti merkitsevää eroa IGF-1-tasoissa. Christo ym. (2008) tutkimuksessa vastaavasti havaittiin huomattavasti alhaisemmat IGF-1-pitoisuudet amenorrisilla kestävyysurheilijoilla eumenorriisiin urheilijoihin verrattuna. Christo ym. (2008) tutkimuksessa tutkittiin kuitenkin keski-ikältään 16-vuotiaita nuoria, mikä voi olla yksi tekijä, joka aiheuttaa eroja tutkimusten välille.

Tässä tutkimuksessa havaittiin kortisolin osalta jopa päinvastaisia tuloksia moniin aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna. Esimerkiksi Ackerman ym. (2013) tutkimuksessa amenorrisilla urheilijoilla oli korkeampi kortisolipitoisuus muihin tutkittaviin verrattuna ja Lawson ym. (2009) tutkimuksessa havaittiin myös, että amenorrisilla urheilijoilla kortisolipitoisuus oli korkeampi kontrolleihin verrattuna. Tässä aineistossa amenorrisilla urheilijoilla oli alhaisemmat kortisolipitoisuudet muihin verrattuna, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Mielenkiintoista kuitenkin oli, että painosensitiivisten lajien urheilijoilla kortisolipitoisuus oli korkeampi vähemmän painosensitiivisiin lajeihin verrattuna. Erot eivät olleet kuitenkaan kovin isoja, mutta ylsivät tilastolliseen merkitsevyyteen suuren ryhmäkoon ansiosta. Kortisolipitoisuus nousee yleensä erilaisissa stressitilanteissa, kuten alhaisesta

energiansaataavuudesta johtuen tai kovan harjoituksen aikana (Elliot-Sale ym. 2018). Tässä tutkimuksessa amenorrisilla urheilijoilla ei kuitenkaan havaittu olevan korkeampaa kortisolipitoisuutta, vaikka heidän voidaan olettaa kärsivän alhaisesta energiansaataavuudesta kuukautiskierron häiriöiden perusteella.

Tässä tutkimuksessa saatiin lehtiin osalta hypoteesin ja aiempien tutkimuksen kaltaisia tuloksia, mutta IGF-1:n ja kortisolin osalta tutkimuksen tulokset olivat ristiriitaisempia. Hormonaalisissa vaikutuksissa on hyvä muistaa, että yksilöiden välillä voi olla suuria eroja siinä, miten keho reagoi esimerkiksi alhaiseen energiansaataavuuteen ja siten kaikilla alentunut energiansaataavuus ei aiheuta samanlaisia muutoksia hormonitoiminnassa (Shirley ym. 2022).

### **8.1.5 Luuntiheys ja lajien väliset erot**

Luuntiheys oli yleisesti hyvällä tasolla tässä aineistossa, sillä kaikkien tutkittavien keskiarvo luuntiheydessä oli 1,27 g/cm<sup>2</sup> ja Z-luvussa 1,84. Z-luku oli alle nollan yhteensä kahdeksalla urheilijalla, joista kaikki olivat joko kestävyysjuoksijoita tai fitness-urheilijoita. Z-luku oli alle kriittisen -1 rajan ainoastaan yhdellä urheilijalla, joka oli fitness-urheilija.

Yleensä tutkimuksissa on havaittu urheilijoiden luuntiheyden olevan kontrollien luuntiheyttä suurempi. Myös tässä tutkimuksessa urheilijoiden luuntiheys ja Z-luku olivat ei-urheilijoita suurempia. Huomioitavaa on se, että urheilijoiden ja kontrollien välillä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää eroa Z-luvun tai BMD:n keskiarvossa, sillä osan lajien urheilijoiden BMD ja Z-luku olivat alhaisemmat kuin kontrolleilla. Kontrolleita alhaisempi keskiarvo BMD:ssä ja Z-luvussa oli kestävyysjuoksijoilla, fitness-urheilijoilla, kävelijöillä, hiihtäjillä, mäkihyppääjillä ja joukkuevoimistelijoilla. Esimerkiksi Nikander ym. (2005) tutkimuksessa kaikilla urheilijoilla oli suurempi BMD ja Z-luku kuin kontrolleilla. Erot kontrollien ja tiettyjen urheilulajien välillä eivät kuitenkaan olleet kovin suuria, eikä tutkimuksessa ollut lainkaan amenorrisia urheilijoita (Nikander ym 2005).

Lajien väliset erot olivat samankaltaisia kuin aiempien tutkimusten perusteella oli odotettavissa. Monipuolista ja vaihtelevaa iskutusta sisältävät lajit, kuten lentopallo, yleisurheilun hyppylajit ja rugby, olivat tässä tutkimuksessa korkeimmalla Z-luvun ja BMD:n osalta. Myös Tenforde ym. (2018) tutkimuksessa ja Nikanderin ym. (2005) tutkimuksessa lentopalloilijat olivat lajien välisessä vertailussa korkealla. Vaikka näissä tutkimuksissa tutkitut lajit erosivat hiukan tämän

tutkimuksen lajeista, vaikuttaa luuntiheyden kannalta hyödylliseltä, että lajeissa on monipuolista ja vaihtelevaa iskutusta sekä kovia kuormia. Kuten Nikanderin ym. (2005) ja Tenforden ym. (2018) tutkimuksissa, myös tässä tutkimuksessa havaittiin, että luun kannalta yksipuolisempaa kuormitusta sisältävissä painosensitiivisissä lajeissa, kuten kestävyysjuoksussa, kävelyssä ja hiihdossa, luuntiheys ja Z-luku olivat alhaisempia.

Painosensitiivisissä lajeissa Z-luku ja BMD olivat tilastollisesti merkitsevästi alhaisempia vähemmän painosensitiivisiin lajeihin verrattuna. Näin oli siitakin huolimatta, että painosensitiivisiin lajeihin luokitellussa yleisurheilun hyppylajeissa oli lajien osalta korkein Z-luku ja toiseksi korkein BMD. Samankaltaisia tuloksia lajien välisissä eroissa on havaittu aikaisemminkin. Gibbs ym. (2013a) katsauksen mukaan painosensitiivisissä lajeissa kuukautiskierron häiriöt ja alhainen luuntiheys ovat yleisempiä vähemmän painosensitiivisiin lajeihin verrattuna.

Luuntiheyden arvot olisivat voineet olla erilaisia, jos olisi tutkittu koko kehon sijaan erikseen tiettyjä luita ja anatomisia alueita. Aiempien tutkimusten mukaan vaikuttaa siltä, että amenorrea voi olla erityisen haitallinen lannerangalle (Kandemir ym 2018; Mallinson ym. 2013). Olisi ollut mielenkiintoista selvittää, millaisia tuloksia olisi saatu, jos olisi tutkittu koko kehon luuntiheyden sijaan erikseen lannerankaa sekä reisiluun kaulaa ja lonkkaa. Lisäksi luun mikrorakennetta tutkimalla olisi voitu saada lisää ja monipuolisempaa tietoa luun vahvuudesta, sillä luuntiheys selittää luun vahvuudesta vain osan (Fonseca ym. 2014; Käypä Hoito -suositus 2020).

## **8.2 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet**

Tutkimuksen vahvuutena oli suuri tutkittavien joukko ja monipuolinen lajivalikoima. Koska lajeja oli monipuolisesti, ne saatiin jaoteltua painosensitiivisiin ja vähemmän painosensitiivisiin lajeihin, minkä avulla saatiin aikaan mielenkiintoista vertailua lajien välille. Osassa lajeista tutkittavien määrä oli pieni ja siksi niiden lajien osalta yleisempien päättelyjen tekeminen on hankalaa. Toisaalta tutkimuksessa oli kuitenkin kahdeksan lajia, joissa tutkittavien määrä oli vähintään 10, ja näin saatiin aikaan tarkempaa yksittäisten lajien välistä vertailua. Lisäksi tutkimuksessa oli mukana kontrolliryhmä, jonka ansiosta voitiin vertailla urheilijoiden ja kontrollien välisiä eroja.

Tutkimuksen vahvuutena on kehonkoostumuksen ja luuntiheyden mittaaminen DXA:lla, jota voidaan pitää tarkkana ja toistettavana menetelmänä ja jota käytetään muun muassa osteoporoosin diagnosoinnissa (Käypä Hoito -suositus 2020). DXA:lla mitattu BMD on kuitenkin jonkin verran riippuvainen kehon koosta, mikä voi vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin. DXA mittaa luuta ainoastaan kaksiulotteisesti ja siitä johtuen se arvioi luuntiheyden todellista pienemmäksi pienillä koehenkilöillä ja todellista suuremmaksi pidemmällä henkilöillä, joilla on suuremmat luut (Di Iorgi ym. 2018).

Tutkimuksen heikkous on poikkileikkausasetelma, jonka perusteella on vaikeaa tehdä päätelmiä syy-seuraus-suhteista. Esimerkiksi amenorrean haittoja olisi hyvä tutkia pidemmällä aikavälillä. Kuten jo aiemmin on pohdittu, yksi tutkimuksen heikkous on kuukautiskierron määrittely. Tutkimuksessa käytettiin ainoastaan itseraportoitua kuukautiskierrtoa. Käytännössä amenorrean osalta ei voida tietää, johtuuko se alhaisen energiansaataavuuden aiheuttaman hypotalaamisen amenorrean sijaan jostakin muusta terveydellisestä syystä. Yksi tutkimuksen heikkous on myös se, että hormonaalisen ehkäisyn käyttäjiä ei ole tarkasteltu tutkimuksessa erikseen. Hormonaalisen ehkäisyn käyttö voi olla tekijä, joka piilottaa alhaisen energiansaataavuuden näkymisen kuukautiskierrossa, sillä se tekee tavallisesti kierrosta säännöllisemmän.

### **8.3 Johtopäätökset**

Tässä tutkimuksessa suomalaisten naisurheilijoiden luuntiheys ja Z-luku olivat hyvällä tasolla ja ainoastaan yhdellä urheilijalla Z-luku oli alle kriittisen -1 rajan. Rasvattoman massan havaittiin olevan merkittävimmin luuntiheyttä selittävä muuttuja. Rasvan määrällä tai sen jakautumisella ei havaittu olevan yhtä selkeää yhteyttä luuntiheyteen, mikä voi johtua mahdollisesti siitä, että tutkimuksessa urheilijoiden luuntiheys ja rasvan määrä olivat keskimäärin hyvällä tasolla.

Kuukautiskierron häiriöillä ei havaittu olevan yhteyttä alhaisempaan luuntiheyteen. Luuterveyttä tutkittaessa olisi hyvä käyttää koko kehon luuntiheyden lisäksi lannerankaa, reisiluun kaulaa ja lonkkaa sekä myös muita tarkempia menetelmiä, kuten luun mikrorakenteen tutkimista. Lisäksi poikkileikkaustutkimuksissa olisi hyvä selvittää esimerkiksi kyselyjen avulla aikaisempia rasisurmuksia ja kuukautiskierrtoon liittyviä tekijöitä pidemmällä aikavälillä. Kuukautiskierron häiriöiden lisäksi muiden hormonien yhteydestä luuntiheyteen

tarvitaan edelleen lisää tutkimusta. Hormonipitoisuuksiin ja hormonitoimintaan vaikuttavat monet tekijät ja yksilöllistä vaihtelua hormonipitoisuuksissa oli tässäkin tutkimuksessa paljon.

Tutkimuksen perusteella painosensitiivisemmissä lajeissa urheilijat ovat suuremmassa riskissä kuukautiskierron häiriöihin ja alhaisempaan luuntiheyteen vähemmän painosensitiivisiin lajeihin verrattuna. Yksittäisten lajien välillä on suuria eroja kuukautiskierron häiriöiden esiintyvyydessä ja luuntiheydessä. Tämän tutkimuksen mukaan riskissä ovat kestävyyslajien harrastajat, erityisesti kestävyysjuoksijat, sekä esteettisten lajien urheilijat, kuten fitness-urheilijat. Olisi mielenkiintoista saada enemmän tutkimustietoa siitä, voivatko tietyt lajit tai tietynlainen luuta vahvistava harjoittelu suojata luuta alhaisen energiansaataavuuden haitoilta.

Rasvan jakautumisen osalta tutkimustietoa on vähän ja tutkimusten välillä on suurta vaihtelua siinä, miten rasvan jakautumista on määritelty ja siksi asiaa olisi hyvä tutkia tulevaisuudessa tarkemmin yhtenevillä menetelmillä ja eri lajien urheilijoilla. Alhaiseen energiansaataavuuteen ja luuhun liittyvää tutkimustietoa tarvitaan edelleen, jotta osataan ennaltaehkäistä entistä paremmin luuhun liittyvien ongelmien kehittymistä. Luun osalta on hyvä muistaa, että kuukautiskierron häiriöistä aiheutuvat ongelmat voivat näkyä vasta pitkän ajan kuluttua. Erityisesti riskissä olevien lajien urheilijoille, kuten kestävyysurheilijoille ja esteettisten lajien urheilijoille, tulee levittää tietoisuutta siitä, että kuukautiskierron häiriöt ja rasisurmurtumat voivat olla merkkejä alhaisesta energiansaataavuudesta. Lisäksi tietoisuutta tulee levittää siitä, millaisia haitallisia vaikutuksia näillä voi olla luustolle pidemmällä aikavälillä.

## LÄHTEET

- Ackerman, K., Cano Sokoloff, N., De Nardo Maffazioli, G., Clarke, H., Lee, H. & Misra, M. (2015). Fractures in Relation to Menstrual Status and Bone Parameters in Young Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(8), 1577–1586. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000574
- Ackerman, K., Davis, B., Jacoby, L. & Misra, M. (2011). DXA surrogates for visceral fat are inversely associated with bone density measures in adolescent athletes with menstrual dysfunction. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism* 24(0), 496–504. DOI: 10.1515/jpem.2011.208
- Ackerman, K. & Misra, M. (2011). Bone Health in Adolescent Athletes with a Focus on Female Athlete Triad. *The Physician and Sportsmedicine* 39(1), 131-141. DOI: 10.3810/psm.2011.02.1871
- Ackerman, K., Patel, K., Guereca, G., Pierce, L., Herzog, D. & Madhusmita, M. (2013). Cortisol Secretory Parameters in Youth Exercisers in Relation to LH Secretion and Bone Parameters. *Clinical Endocrinology* 78 (1), 114–119. DOI: 10.1111/j.1365-2265.2012.04458.x
- Ackerman, K., Slusarz, K., Guereca, G., Pierce, L., Slattery, M., Medes, N., Herzog, D. & Misra, M. (2012). Higher ghrelin and lower leptin secretion are associated with lower LH secretion in young amenorrheic athletes compared with eumenorrheic athletes and controls. *The American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* 302(7), E800-E806. DOI: 10.1152/ajpendo.00598.2011
- Bemben, D., Buchanan, T., Bemben, M. & Knehans, A. (2004). Influence of Type of Mechanical Loading, Menstrual Status, and Training Season on Bone Density in Young Women Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18(2), 220–226. DOI: 10.1519/R-12652.1
- Bracht, J., Vieira-Potter, V., De Souza Santos R., Öz, O., Palmer, B. & Clegg, D. (2020). The role of estrogens in the adipose tissue milieu. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1461, 127–143. DOI: 10.1111/nyas.14281
- Chou, S., Chamberland, J., Liu, X., Matarese, G., Gao, C., Stefanakis, R., Brinkoetter, M., Gong, H., Arampatzi, K. & Mantzoros, C. (2011). Leptin is an effective treatment for hypothalamic amenorrhea. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States* 108(16), 6585–6590. DOI: 10.1073/pnas.1015674108



- Christo, K., Prabhakaran, R., Lamparello, B., Cord, J., Miller, K., Goldstein, M., Gupta, N., Herzog, D., Klibanski, A. & Misra, M. (2008). Bone Metabolism in Adolescent Athletes With Amenorrhea, Athletes With Eumenorrhea, and Control Subjects. *Pediatrics* 121(6), 1127–1136. DOI: 10.1542/peds.2007-2392
- Cohen, A., Demster, D., Recker, R., Lappe, J., Zhou, H., Zwahlen, A., Mülle, R., Zhao, B., Guo, X., Lang, T., Saeed, I., Liu, S., Guo, E., Cremers, S., Rosen, C., Stein, E., Nickolas, T., McMahon, D., Young, P. & Shane, E. (2013). Abdominal Fat is Associated With Lower Bone Formation and Inferior Bone Quality in Healthy Premenopausal Women: A Transiliac Bone Biopsy Study. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 98(6), 2562–2572. DOI: 10.1210/jc.2013-1047
- Dipla, K., Kraemer, R., Constantini, N. & Hackney, A. (2021). Relative energy deficiency in sports (RED-S): elucidation of endocrine changes affecting the health of males and females. *Hormones* 20, 35–47. DOI: 10.1007/s42000-020-00214-w
- Dolan, E., Varley, I., Ackerman, K., Pereira, R-M., Elliot-Sale, K. & Sale, C. (2020). The Bone Metabolic Response to Exercise and Nutrition. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 48(2), 49–58. DOI: 10.1249/JES.0000000000000215
- El Ghoch, M., Calugi, S., Lamborghini, S. & Dalle Grave, R. (2014). Anorexia Nervosa and Body Fat Distribution: A Systematic Review. *Nutrients* 6, 3895-3912. DOI: 10.3390/nu6093895
- Elliot-Sale, K. & Hicks, K.M. (2019). Hormonal-based contraception and the exercising female. Teoksessa Forsyth, J. & Roberts, C-M. (toim.) (2019). *The Exercising Female Science and Its Application*. London and New York: Routledge Taylor & Francis Group, 30-43.
- Elliot-Sale, K., Minahan, C., Janse de Jorje, X., Ackerman, K., Sipilä, S., Constantini, N., Lebrun, C. & Hackney, A. (2021). Methodological Considerations for Studies in Sport and Exercise Science with Women as Participants: A Working Guide for Standards of Practice for Research on Women. *Sports Medicine* 51(5), 843–861. DOI: 10.1007/s40279-021-01435-8
- Elliot-Sale, K., Tenforde, A., Parziale, A., Holtzman, B. & Ackerman, K. (2018). Endocrine Effects of Relative Energy Deficiency in Sport. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28, 335–349. DOI: 10.1123/ijsnem.2018-0127
- Fonseca, H., Moreira-Goncalves, D., Appell Coriolano, H-J. & Duarte, J.A. (2014). Bone Quality: The Determinants of Bone Strength and Fragility. *Sports Medicine* 44, 37–53. DOI: 10.1007/s40279-013-0100-7

- Forsyth, J. & Hind, K. 2019. Bone health and the exercising female. Teoksessa Forsyth, J. & Roberts, C-M. (toim.) (2019). *The Exercising Female Science and Its Application*. London and New York: Routledge Taylor & Francis Group, 85–99.
- Frank, A., de Souza Santos, R., Palmer, B. & Clegg, D. (2019). Determinants of body fat distribution in humans may provide insight about obesity-related health risks. *Journal of Lipid Research* 60 (10), 1710-1719. DOI: 10.1194/jlr.R086975
- Gibbs, J., Williams, N. & De Souza, M.J. (2013a). Prevalence of Individual and Combined Components of the Female Athlete Triad. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 45(5), 985–996. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31827e1bdc
- Gibbs, J., Nattiv, A., Barrack, M., Williams, N., Rauh, M., Nichols, J. & De Souza, M. (2013b). Low Bone Density Risk Is Higher in Exercising Women with Multiple Triad Risk Factors. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 46(1), 167–176. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182a03b8b
- Gilsanz, V., Chalfant, J., Mo, A., Lee, D., Dorey, F. & Mittelman, S. (2009). Reciprocal Relations of Subcutaneous and Visceral Fat to Bone Structure and Strength. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 94, 3387–3393. DOI: 10.1210/jc.2008-2422
- Hall, J. & Guyton, A. (2016). *Textbook of Medical Physiology*. Philadelphia: Saunders Elsevier.
- Hart, N.H., Nimphius, S., Rantalainen, T., Ireland, A., Siafarikas, A. & Newton, R.U. (2017). Mechanical basis of bone strength: influence of bone material, bone structure and muscle action. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions* 17(3), 1114–1139. PMID: PMC5601257
- Heikura, I., Uusitalo, A., Stellingwerff, T., Bergland, D., Mero, A. & Burke, L. (2018). Low Energy Availability Is Difficult to Assess but Outcomes Have Large Impact on Bone Injury Rates in Elite Distance Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28 (4), 403–411. DOI: 10.1123/ijsnem.2017-0313
- Ho Pham, L., Nguyen, U. & Nguyen, T. (2014). Association Between Lean Mass, Fat Mass, and Bone Mineral Density: A Meta-analysis. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 99(1), 30–38. DOI: 10.1210/jc.2014-v99i12-30A
- Hulmi, J., Isola, V., Suonpää, M., Järvinen, N., Kokkonen, M., Wennertsröm, A., Nyman, M., Perola, M., Ahtiainen, J. & Häkkinen, K. (2017). The Effects of Intensive Weight Reduction on Body Composition and Serum Hormones in Female Fitness Competitors. *Frontiers in Physiology* 7. DOI: 10.3389/fphys.2016.00689

- Hübel, C., Yilmaz, Z., Schaumberg, K., Breithaupt, L., Hunjan, A., Horne, E., García-González, J., O'Reilly, P., Bulik, C. & Breen, G. (2019). Body composition in anorexia nervosa: Meta-analysis and meta-regression of cross-sectional and longitudinal studies. *International Journal of Eating Disorders*, 52, 1205–1223. DOI: 10.1002/eat.23158
- Javed, A., Tebben, P., Ficher, P. & Lteif, A. (2013). Female Athlete Triad and Its Components: Toward Improved Screening and Management. *Mayo Clinic Proceedings* 88(9), 996–1009. DOI: 10.1016/j.mayocp.2013.07.001
- Kandemir, N., Slattery, M., Ackerman, K., Tulsiani, S., Bose, A., Singhal, V., Baskaran, C., Ebrahimi, S., Goldstein, M., Eddy, K., Klibanski, A. & Mista, M. (2018). Bone Parameters in Anorexia Nervosa and Athletic Amenorrhea: Comparison of Two Hypothalamic Amenorrhea States. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 103(6), 2392–2402. DOI: 10.1210/jc.2018-00338
- Kohrt, W., Bloomfield, S., Little, K., Nelson, M. & Yingling, V. (2004). Physical Activity and Bone Health. *American College of Sports Medicine. Position Stand. Medicine & Science in Sports & Exercise* 36(11), 1985–1996. DOI: 10.1249/01.mss.0000142662.21767.58
- Kuriyan, R. (2018). Body composition techniques. *Indian Journal of Medicine Research*. 148(5), 648–658. DOI: 10.4103/ijmr.IJMR\_1777\_18
- Käypä Hoito -suositus. (2020). Osteoporoosi. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Endokrinologiyhdistyksen, Suomen Gynekologiyhdistyksen ja Suomen Geriatriit ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 30.5.2021. <https://www.kaypahoito.fi/hoi24065#K1>
- Lawson, E., Donoho, D., Miller, K., Misra, M., Meenaghan, E., Lydecker, J., Wexler, T., Herzog, D. & Klibanski, A. (2009). Hypercortisolemia Is Associated with Severity of Bone Loss and Depression in Hypothalamic Amenorrhea and Anorexia Nervosa. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 94(12), 4710–4726. DOI: 10.1210/jc.2009-1046
- Lebrun, C., Joyce, S. & Constantini, N. (2020). Effects of Female Reproductive Hormones on Sport Performance. *Teoksessa Hackney, A. & Constantini, N. Endocrinology of Physical Activity and Sport. Springer Nature Switzerland*, 267–292.
- Licata, A., Binkley, N., Petak, S. & Camacho, P. (2018). Consensus statement by the American Association of Clinical Endocrinology on the Quality of DXA scans and reports. *Endocrine Practice*. 24(2). DOI: 10.4158/CS-2017-0081

- Liu, P-Y., Ilich, J., Brummel-Smith, K. & Ghosh, S. (2014). New Insight into Fat, Muscle and Bone Relationship in Women: Determining the Threshold at Which Body Fat Assumes Negative Relationship with Bone Mineral Density. *International Journal of Preventive Medicine*. 5(11), 1452–1463. PMID: PMC4274553
- Liu, A., Petit, M. & Prior, J. (2020). Exercise and the Hypothalamus: Ovulatory Adaptations. Teoksessa Hackney, A. & Constantini, N. *Endocrinology of Physical Activity and Sport*. Springer Nature Switzerland, 123–151.
- Mallinson, R., Williams, N., Hill, B. & De Souza, M.J. (2013). Body composition and reproductive function exert unique influences on indices of bone health in exercising women. *Bone* 56, 91–100. DOI: 10.1016/j.bone.2013.05.008
- Mantzoros, C., Magkos, F., Brinkoetter, M., Sienkiewicz, E., Dardeno, T., Kim, S-Y., Hamnvik, O-P. & Koniaris, A. (2011). Leptin in human physiology and pathophysiology. *The American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* 301, E567–E584. DOI: 10.1152/ajpendo.00315.2011
- Martinsen, M. & Sundgot-Borgen, J. (2013). Higher Prevalence of Eating Disorders among Adolescent Elite Athletes than Controls. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 45(6), 1188–1197. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318281a939
- Melin, A., Tornberg, A., Skouby, S., Faber, J. & Ritz, C. (2014). The LEF questionnaire: a screening tool for the identification of female athlete at risk for the female athlete triad. *British Journal of Sport Medicine* 48(7), 540–545. DOI:10.1136/bjsports-2013-093240
- Misra, M. (2012). Effects of hypogonadism on bone metabolism in female adolescents and young adults. *Nature Reviews. Endocrinology* 8 (7), 395–404. DOI: 10.1038/nrendo.2011.238
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Carter, S., Constantini, N., Lebrun, C., Meyer, N., Sherman, R., Steffen, K., Budgett, R. & Ljungqvist, A. (2014). The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad – relative Energy Deficiency in Sports (RED-S). *British Journal of Sport Medicine* 48(7), 491–497. DOI: 10.1136/bjsports-2014-093502
- Müller, M., Braun, W., Pourhassan, M., Geisler, C. & Bosy-Westphal, A. (2016). Application of standards and models in body composition analysis. *Proceedings of the Nutrition Society* 75(2), 181-187. DOI: 10.1017/S0029665115004206
- Nattiv, A., Loucks, A., Manore, M., Sanborn, C., Sundgot-Borgen, J. & Warren, M. (2007). American College of Sports Medicine position stand. The Female Athlete Triad.

- Medicine & Science in Sports & Exercise. 39(10), 1867–1882.  
DOI: 10.1249/mss.0b013e318149f111
- Nikander, R., Sievänen, H., Heinonen, A. & Kannus, P. (2005). Femoral Neck Structure in Adult Female Athletes Subjected to Different Loading Modalities. *Journal of bone and mineral research* 20(3), 520–528. DOI: 10.1359/JBMR.041119
- Nose-Ogura, S., Yoshino, O., Dohi, M., Kigawa, M., Harada, M., Kawahara, T., Osuga, Y. & Saito, S. (2020). Low Bone Mineral Density in Elite Female Athletes With a History of Secondary Amenorrhea in Their Teens. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 30(3), 245–250. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000571
- Pallmer, B. & Clegg, D. (2015). The sexual dimorphism of obesity. *Molecular and Cellular Endocrinology*. 402, 113–119. DOI: 10.1016/j.mce.2014.11.029
- Piasecki, J., Ireland, A., Piasecki, M., Cameron, J., McPhee, J.S. & Degens, H. (2018). The strength of weight-bearing bones is similar in amenorrheic and eumenorrheic elite long-distance runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 28(5), 1559–1568. DOI: 10.1111/sms.13062
- Puder, J., Monaco, S., Gupta, S., Wang, J., Ferin, M. & Warren, M. (2006). Estrogen and exercise may be related to body fat distribution and leptin in young women. *Fertility and Sterility* 86 (3), 694–699. DOI: 10.1016/j.fertnstert.2006.02.085
- Ravi, S., Waller, B., Valtonen, M., Villberg, J., Vasankari, T., Pakkari, J., Heinonen, O., Alanko, L., Savonen, K., Vanhala, M., Selänne, H., Kokko, S. & Kujala, U. (2021). Menstrual dysfunction and body weight dissatisfaction among Finnish young athletes and non-athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31 (2), 405–417. DOI: 10.1111/sms.13838
- Roberts, R., Farahani, L., Webber, L. & Jayasena, C. (2020). Current understanding of hypothalamic amenorrhea. *Therapeutic Advances in Endocrinology and Metabolism* 11, 1–12. DOI: 10.1177/2042018820945854
- Scafoglieri, A & Clarys, J.P. (2018). Dual energy X-ray absorptiometry: gold standard for muscle mass? *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* 9(4), 786-787. DOI: 10.1002/jcsm.12308
- Sharma, D., Anderson, P, Morris, H. & Clifton, P. (2020). Visceral Fat Is a Negative Determinant of Bone Health in Obese Postmenopausal Women. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(11). DOI: 10.3390/ijerph17113996

- Shirley, M., Longman, D., Elliot-Sale, K., Hackney, A., Sale, C. & Dolan, E. (2022). A Life History Perspective on Athletes with Low Energy Availability. *Sports Medicine*. DOI: 10.1007/s40279-022-01643-w
- Sienkiewicz, E., Magkos, F., Aronis, K., Brinkoetter, M., Chamberland, J., Chou, S., Arampatzi, K., Gao, C., Koniaris, A. & Mantzoros, C. (2011). Long-term metreleptin treatment increases bone mineral density and content at the lumbar spine of lean hypoleptinemic women. *Metabolism Clinical and Experimental* 60 (9), 1211–1221. DOI: 10.1016/j.metabol.2011.05.016
- Singhal, V., Maffazioli, G., Sokoloff, N., Ackerman, K., Lee, H., Gupta, N., Clarke, H., Slattery, M., Bredella, M. & Misra, M. (2015). Regional fat depots and their relationship to bone density and microarchitecture in young oligo-amenorrheic athletes. *Bone* 77, 83–90. DOI: 10.1016/j.bone.2015.04.005
- Singhal, V., Sachita, S., Malhotra, S., Bose, A., Torre Flores, P., Valera, R., Stanford, F., Slattery, M., Rosenblum, J., Goldstein, M., Schorr, M., Ackerman, K., Miller, K., Klibanski, A., Bredella, M. & Misra, M. (2019). Suboptimal Bone Microarchitecture in Adolescent Girls with Obesity Compared to Normal-weight Controls and Girls with Anorexia Nervosa. *Bone* 122, 246–253. DOI: 10.1016/j.bone.2019.03.007
- Snow, C., Rosen, C. & Robinson, T. (2000). Serum IGF-1 is higher in gymnast than runners and predicts bone and lean mass. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 32(11), 1902–1907. DOI: 10.1097/00005768-200011000-00013
- Tenforde, A., Carlson, J., Sainani, K., Chang, A., Hyung, K., Golden, N. & Fredericson, M. (2018). Sport and Triad Risk Factors Influence Bone Mineral Density in Collegiate Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 50(12), 2536–2543. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001711
- Tenforde, A., Fredericson, M., Carter Sayres, L., Cutti, P. & Lynn Sainani, K. (2015). Identifying Sex-Specific Risk Factors for Low Bone Mineral Density in Adolescent Runners. *The American Journal of Sports Medicine* 43(6), 1494–1504. DOI: 10.1177/0363546515572142
- Tiitinen, A. (2021). Normaali kuukautiskierto. *Duodecim Terveyskirjasto*. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00158>
- Welt, C., Chan, J., Bullen, J., Murphy, R., Smith, P., DePaoli, A., Karalis, A. & Mantzoros, C. (2004). Recombinant Human Leptin in Women with Hypothalamic Amenorrhea. *The New England Journal of Medicine* 351, 987–997. DOI: 10.1056/NEJMoa040388

- Williams, N. & Ruffing, K. (2019). The menstrual cycle and the exercising female. Teoksessa Forsyth, J. & Roberts, C-M. (toim.) 2019. *The Exercising Female Science and Its Application*. London and New York: Routledge Taylor & Francis Group, 19–29.
- Winther, A., Jørgensen, L., Ahmed, L.A., Christoffersen, T., Furberg, A-S., Grimnes, G., Jorde, R., Nilsen, O.A., Dennison, E. & Emaus, N. (2018). Bone mineral density at the hip and its relation to fat mass and lean mass in adolescents: the Tromsø Study, Fit Futures. *BMC musculoskeletal Disorders* 19(21). DOI: 10.1186/s12891-018-1933-x