

RAVITSEMUKSEN YHTEYS URHEILIJOIDEN
RASITUSMURTUMIIN

Mehtänen Titta
Kandidaatin tutkielma
Ravitsemustiede
Lääketieteen laitos
Terveystieteiden tiedekunta
Itä-Suomen yliopisto
Maaliskuu 2019

Itä-Suomen yliopisto, Terveystieteiden tiedekunta
Kansanterveystieteen ja kliinisen ravitsemustieteen yksikkö
Ravitsemustiede
MEHTÄNEN TITTA K.: Ravitsemuksen yhteys urheilijoiden rasitusmurtumiin
Kandidaatin tutkielma, 28 sivua, 1 liitettä (5 sivua)
Ohjaaja: TtT Männikkö Reija
Maaliskuu 2019

Avainsanat: urheilu, ravitsemus, rasitusmurtuma

RAVITSEMUKSEN YHTEYS URHEILIJOIDEN RASITUSMURTUMIIN

Rasitusmurtumat ovat merkittävä haitta urheilijoilla. Niiden ennaltaehkäisy on tärkeää, jotta vältytään pitkiltä toipumisjaksoilta, ja täten mahdolliselta urheilijan kehityksen taantumalta. Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli tarkastella, onko ravitsemuksella yhteys rasitusmurtumiin. Erityisen tarkastelun kohteena ravitsemustekijöistä olivat energiansaanti, D-vitamiini ja kalsium. Muitakin ravitsemustekijöitä sivutaan tutkielmassa, kuten kofeiinia ja maitotuotteita. Energiaravintoaineet jäivät tutkielmasta lähes kokonaan pois puutteellisen tutkimustiedon vuoksi.

Riittävä energian, D-vitamiinin ja kalsiumin saanti suojaavat tutkimusten perusteella rasitusmurtumien ilmaantumiselta. Tutkimustulokset kofeiinin yhteydestä rasitusmurtumiin ovat ristiriitaisia. Tulokset vaihtelevat lievistä suojaavasta vaikutuksesta lievään altistavaan vaikutukseen. Maitotuotteiden nauttimisella vaikuttaa myös olevan rajallisen tutkimustiedon perusteella rasitusmurtumilta suojaava vaikutus. Maitotuotteiden vaikutukset kuitenkin todennäköisesti selittyvät niiden sisältämien D-vitamiinin ja kalsiumin välityksellä.

Erityisesti alhainen energiansaanti ja -saatavuus vaikuttavat monella tapaa urheilijan terveyteen. Urheilijan energiansaantia arvioitaessa on hyödyllisempää tutkia energian saatavuutta pelkän energiansaannin tarkastelun sijaan. Tällöin pystytään paremmin arvioimaan, kuinka hyvin elimistön lepoinaenvaihduntaan ja muihin toimintoihin jää energiaa harjoituksen aiheuttaman energiankulutuksen jälkeen. Energian saatavuuden ollessa hyvä, harjoituksen aikana luihin muodostuneet mikroauriot pystytään tehokkaammin korjaamaan. Näin pystytään ehkäisemään mikroaurioiden kertymistä luustoon, ja siten rasitusmurtumien syntyä.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella riittävä energiansaanti vaikuttaa suojaavan rasitusmurtumien ilmaantumiselta. Todennäköisesti myös riittävä kalsiumin ja D-vitamiini saanti suojaavat rasitusmurtumilta, vaikka vaikutus ei ole yhtä selvä kuin energiansaannilla. Tutkimusten perusteella näyttää kuitenkin siltä, että rasitusmurtumien ilmaantuminen on usein monen tekijän yhteisvaikutusta. Ravitsemuksen lisäksi rasitusmurtumien riskiin vaikuttavat muun muassa urheilulaji, harjoitusalue, harjoitusten määrä ja laatu, sukupuoli ja ikä. Moni tarkastelun kohteena ollut tutkimus oli retrospektiivinen tai poikkileikkaustutkimus, joten luotettavia syy-seuraus-suhteita on hankala vetää. Lisää prospektiivisiä tutkimuksia ravitsemuksen ja rasitusmurtumien yhteydestä tarvitaan.

SISÄLTÖ

1. JOHDANTO.....	4
2. RASITUSMURTUMAT URHEILJOILLA.....	5
2.1 Luun rakenne ja aineenvaihdunta	5
2.2 Rasitusmurtuman määritelmä	6
2.3 Rasitusmurtuman syntymekanismi	7
2.4 Rasitusmurtumien yleisyys urheilijoilla	7
3. RAVITSEMUSTEKIJÖIDEN YHTEYS URHEILJOIDEN RASITUSMURTUMIIN ..	8
3.1 Energian ja energiaravintoaineiden saanti	8
3.1.1 Suhteellinen energiavaje urheilussa (RED-S)	10
3.2 Kalsium	12
3.3 D-vitamiini	13
3.4 Muut ravintotekijät	14
4. POHDINTA.....	16
4.1 Tutkimusten arviointi.....	16
4.2 Energiansaanti.....	18
4.3 D-vitamiini ja kalsium	18
5. JOHTOPÄÄTÖKSET	20
LÄHTEET	21
LIITE 1. Taulukko työn pohjana käytetyistä tutkimuksista	24

1. JOHDANTO

Liikuntaharjoittelun seurauksena luusto vahvistuu, sillä se pyrkii mukautumaan suuremman lihasmassan aiheuttamaan kuormitukseen (Sand ym. 2015). Luustoa vahvistavaa liikuntaa ovat erilaiset kehon painoa kantavat liikuntalajit, joissa luustoon kohdistuu tärähdys, kuten esimerkiksi juoksu, pallopelit ja tanssi (Suomen Luustoliitto ry 2018). Tällaiset liikuntalajit ovat siis erityisen suositeltuja luuston terveyden kannalta, mutta niissä myös rasisusmurtumat ovat yleisimpiä (Field ym. 2011). Rasisusmurtumia pystytään kuitenkin suhteellisen tehokkaasti ennaltaehkäisemään erilaisia riskitekijöitä vähentämällä. Merkittävä rasisusmurtuman riskitekijä on äkillinen harjoitusten määrän lisääminen (Chapurlat ja Saunier 2018). Rasisusmurtuman kehittymisen riskiin vaikuttavat kuitenkin myös monet muut tekijät, kuten sukupuoli, ikä, harjoitusten intensiteetti ja laatu sekä ravitseminen.

Jotta urheilija pystyy suoriutumaan suunnitelluista harjoitteista ja kilpailuista, tulee kaikenlaisia loukkaantumisia, sairastumisia ja muita urheilijan toimintakykyä rajoittavia tekijöitä pyrkiä välttämään. Urheilijan on siis tärkeää keskittyä rasisusmurtumien ennaltaehkäisyyn, sillä rasisusmurtumien paranemisajat ovat pitkiä, eri tekijöistä riippuen paraneminen voi kestää jopa yli 12 viikkoa (Taimela ym. 1994).

Vaikka rasisusmurtumien tiedetään olevan merkittävä ongelma armeijassa (Ihle ja Loucks 2004), tässä kirjallisuuskatsauksessa keskitytään tarkastelemaan ravitsemuksen yhteyttä eri lajien urheilijoiden rasisusmurtumiin. Ravitsemustekijöistä tutkielmassa tarkastellaan erityisesti energiansaannin, D-vitamiinin ja kalsiumin vaikutuksia rasisusmurtumien riskiin. Kyseiset ravitsemustekijät valittiin mukaan tutkielmaan, sillä D-vitamiinin ja kalsiumin tiedetään olevan tärkeitä luuston aineenvaihdunnalle (Aro ym. 2015) sekä energiansaannilla tiedetään olevan merkittäviä ja moninaisia vaikutuksia urheilija suorituskykyyn, kehittymiseen ja palautumiseen (Ilander ym. 2015). Näiden lisäksi tutkielmassa sivutaan lyhyesti myös muita ravitsemustekijöitä, kuten kofeiinia. Tutkielman pohjana käytetyt tutkimukset ovat koottuna taulukkoon, joka löytyy työn lopusta (Liite 1).

2. RASITUSMURTUMAT URHEILIJOILLA

2.1 Luun rakenne ja aineenvaihdunta

Luukudos muodostuu soluista ja perusmassasta (Sand ym. 2015). Luukudoksen soluja ovat osteoblastit, osteoklastit ja osteosyytit. Osteoblastit tuottavat luumassaa ja kypsyessään, ne muuttuvat osteosyyteiksi eli luusoluiksi. Osteosyytit ylläpitävät luukudosta. Osteoklastit puolestaan osallistuvat luukudoksen hajottamiseen eli resorptioon. Luukudos on jatkuvasti uusiutuvaa, joten kaikkien solutyypin toiminta on tärkeää. Luun uudismuodostuksen ansiosta luuvauriot pystytään korjaamaan ja mekaaniseen kuormitukseen sopeudutaan.

Luumassa koostuu pääasiassa kalsiumfosfaatista sekä kollageenisyistä (Sand ym. 2015). Kalsiumfosfaatin ansiosta luu on kovaa sekä sillä on hyvä puristuslujuus. Kollageenisyyt antavat luulle hyvän taivutus- ja vetolujuuden. Luut koostuvat luukalvosta, tiiviistä luusta ja hohkaluusta. Luukalvo peittää luun pintoja. Tiivistä luuta kutsutaan kuoriluuksi ja sitä ovat pitkien luiden varsiosat sekä luiden pintaosat (Suomen luustoliitto ry 2018). Kuoriluu on kovaa ainesta sen tiiviin ja säännöllisen järjestäytymisen takia. Kuoriluun alla olevaa sienimäistä kudosta kutsutaan hohkaluuksi. Hohkaluun väliin jäävät luuydinontelot (Sand ym. 2015).

Elimistön kalsiumista 99 % on varastoitunut luustoon (Sand ym. 2015). Luustoon varastoitunutta kalsiumia voidaan tarpeen tullen vapauttaa plasmaan. Kalsiumilla on tärkeitä tehtäviä elimistössä sen lisäksi, että se toimii luuston ainesosana. Kalsium toimii solunsisäisenä viestinviejänä sekä osallistuu veren hyytymisprosessiin.

Luukudoksen aineenvaihdunnalle tärkeitä ravinnosta saatavia aineita ovat kalsium ja D-vitamiini (Aro ym. 2015). Kalsiumin puute voi johtaa luun mineralisaation, eli uuden luumassan muodostuksen, häiriöihin. Kalsiumin homeostaasi on tarkoin säädeltyä, jossa D-vitamiinilla on tärkeä rooli. D-vitamiini on nimittäin merkittävä tekijä kalsiumin imeytymisessä. Se myös osallistuu luun resorptioon sekä mineralisaatioon. 1,25-(OH)₂-D, kalsitrioli, on D-vitamiinin metabolisesti aktiivisin muoto. Plasmassa D-vitamiini on 25-(OH)-D-vitamiinin eli kalsidiolin muodossa. Seerumin kalsidiolipitoisuuden mittaaminen on hyvä tapa arvioida elimistön D-vitamiinitilaa, sillä sen pitoisuutta lisäävät sekä ravinnosta saatava D-vitamiini että iholla tapahtuva D-vitamiinin synteesi.

Solun ulkoinen kalsiumpitoisuus säätelee, vapautetaanko kalsiumia luustosta vai tehostetaanko sen imeytymistä luustoon (Aro ym. 2015). Plasman kalsiumpitoisuuden ollessa pieni, kalsitrioli stimuloi lisäkilpirauhashormonin (PTH) kanssa osteoklastien esiasteiden erilaistumista varsinaisiksi luukudosta hajottaviksi osteoklasteiksi sekä tehostaa kalsiumin takaisinimeytymistä munuaisista. Samanaikaisesti kalsitrioli myös tehostaa kalsiumin imeytymistä ohutsuoilesta. Nämä mekanismit johtavat siihen, että kalsiumia vapautuu verenkiertoon ja solun ulkoinen kalsiumpitoisuus nousee. Veren kalsiumpitoisuuden ollessa suuri, kalsitrioli sekä kilpirauhasen erittämä kalsitoniini lisäävät kalsiumin kiinnittymistä luustoon sekä kalsiumin takaisinimeytyminen heikkenee. Näin ollen solunulkoisen kalsiumin pitoisuus vähenee (Aro ym. 2015).

2.2 Rasitusmurtuman määritelmä

Rasitusmurtuma syntyy nimensä mukaisesti fyysisen rasituksen seurauksena (Chapurlat ja Saunier 2018). Tavanomainen luunmurtuma sen sijaan syntyy yksittäisen tapahtuman, kuten kaatumisen, seurauksena. Rasitusmurtumat voidaan jakaa väsymis- ja vajaatoimintatyyppeihin murtumiin (Philipson ja Parker 2009). Väsymistyyppinen murtuma syntyy epätavallisen ja toistuvan kuormituksen seurauksena (Chapurlat ja Saunier 2018). Tällaista räsitusta on esimerkiksi se, kun liikuntaharjoittelun määrää lisätään nopeasti paljon ja rasitus on toistuvaa. Tyypillinen tilanne on esimerkiksi urheilijalla, kun pidemmän harjoitustauon jälkeen palataan heti takaisin taukoa edeltävään runsaaseen harjoitusmäärään. Rasituksen seurauksena paikallinen kuoriluun hajotus lisääntyy johtaen ajan myötä rasitusmurtuman syntyyn (Matcuk Jr ym. 2016). Vajaatoimintatyyppeisiä murtumia syntyy yleensä normaalin rasituksen seurauksena luuhun, jonka elastinen rakenne on poikkeava, kuten esimerkiksi osteoporoosissa (Taimela ym. 1994). Vajaatoimintatyyppeinen murtuma sijaitsee usein subkondraalisessa eli rustonalaisessa luussa (Matcuk Jr ym. 2016). Tällaiset murtumat ovat tyypillisiä vanhemmalla väestöllä (Taimela ym. 1994).

Tyypillisiä rasitusmurtuman oireita ovat rasituskipu ja leposärky (Taimela ym. 1994). Rasitusmurtuman alue voi myös turvota (Chapurlat ja Saunier 2018). Paras tapa todentaa rasitusmurtuma on magneettikuvaus, sillä röntgenkuvauksessa ei nähdä muutoksia luussa vielä rasitusmurtuman varhaisessa vaiheessa. Rasitusmurtumien ensisijainen hoitokeino on kipua aiheuttavan rasituksen välttäminen (Taimela ym. 1994). Joissakin tapauksissa saatetaan tarvita myös kirurgisia toimenpiteitä, jos luukudoksen paraneminen ei tapahdu toivotulla tavalla (Philipson ja Parker 2009). Kuntouttavalla liikunnalla, useissa tapauksissa esimerkiksi uinnilla

tai vesijuoksulla, pystytään ylläpitämään urheilijan fyysistä kuntoa (Taimela ym. 1994). Paranemisajat rasitusmurtumissa vaihtelevat sen mukaan, missä luussa murtuma on ja kuinka aikaisessa vaiheessa se on havaittu. Esimerkiksi jalkaterän tai kantaluun rasitusmurtuman paranemiseen on arveltu kuluvan noin 2-4 viikkoa, kun taas reisiluun kaulan rasitusmurtuman paranemiseen kuluu usein yli 12 viikkoa. (Taimela ym. 1994)

2.3 Rasitusmurtuman syntymekanismi

Luukudos uusiutuu jatkuvasti erilaisten hormonaalisten ja mekaanisten tekijöiden yhteisvaikutuksen ansiosta (Philipson ja Parker 2009). Vuodessa koko luumassasta uusiutuu noin 10 % (Sand ym. 2015). Normaalitilassa luukudoksessa vallitsee tasapaino luun resorption, ja uudismuodostuksen välillä (Philipson ja Parker 2009). Osteoklastit ovat soluja, jotka osallistuvat luun hajotukseen, kun taas osteoblastit luovat uutta luuainesta. Rasitusmurtuman synnyssä luun normaali tasapaino järkkyy, osteoklastien toiminta on osteoblastien toimintaa aktiivisempaa, mikä johtaa lisääntyneeseen luukudoksen menetykseen.

Fyysisen rasituksen seurauksena luu taipuu mukautuvuutensa rajoissa, ja rasituksen loputtua palautuu takaisin normaaliin muotoonsa (Chapurlat ja Saunier 2018). Jos kuitenkin rasitus ylittää luun mukautuvuuden rajan, luukudos ei pysty palautumaan siitä. Tämä johtaa mikrovaurion syntyyn. Normaalitilassa luukudos pystyy korjaamaan siihen syntyneet mikrovauriot sekä sattumanvaraisella että kohdennetulla korjausmekanismilla. Kuitenkin, jos korjausmekanismit eivät pysty paikkaamaan syntyneitä vaurioita ja rasitusta jatketaan, mikrovaurioita kertyy luukudokseen ja ne voivat ajan myötä kehittyä murtumaksi. (Chapurlat ja Saunier 2018)

2.4 Rasitusmurtumien yleisyys urheilijoilla

Rasitusmurtumat ovat merkittävä ongelma urheilijoilla, sillä niiden arvellaan kattavan noin 10 % kaikista urheilijoiden vammoista (Philipson ja Parker 2009, Chapurlat ja Saunier 2018). Rasitusmurtumat ovat yleisimpiä lajeissa, joissa kehoon kohdistuu voimakas tärähdys (Field ym. 2011). Tällaisia lajeja ovat muun muassa juoksu, koripallo, jalkapallo, tennis, cheerleading, voimistelu ja lentopallo. Uinnin, pyöräilyn, rullalautailun ja painonnoston ei ole havaittu merkittävässä määrin altistavan rasitusmurtumille. Riskialttiita urheilulajeja harrastettaessa, rasitusmurtuman riski on sitä suurempi, mitä enemmän harjoitustunteja kertyy viikossa. Erityisen alttiita rasitusmurtumille ovat kestävyysjuoksijat, luustolle aiheutuvan tärähdyksen ja

harjoittelun runsaan määrän vuoksi (Philipson ja Parker 2009). Noin 95 % rasisurkastumista on todettu esiintyvän alaraajoissa (Feingold ja Hame 2006). Yleisimmät luut, joihin rasisurkastumia syntyy ovat sääri- ja pohjeluu sekä jalkapöydänluu. Seuraavaksi yleisimmät ovat nilkan luut, reisiluu sekä lantio (Chapurlat ja Saunier 2018).

Rasisurkastumat ovat yleisempiä naisilla kuin miehillä (Feingold ja Hame 2006). Tämä selittyy pitkälti estrogeenin luustovaikutuksista. Estrogeeni on luuston terveydelle tärkeä hormoni, sillä se pienentää kalsiumin resorptiota, jolloin kalsiumia varastoituu luustoon enemmän. Naisilla estrogeenitasot voivat laskea esimerkiksi kuukautiskierron häiriöiden seurauksena. Kuukautisten häiriöt voivat olla seurausta esimerkiksi alhaisesta energiansaannista. Estrogeenitasojen lasku johtaa luuntiheyden alenemiseen, joka on riskinä rasisurkastumien kehittymiselle. Eräässä tutkimuksessa tutkittiin erilaisten vammojen yleisyyden eroja miehillä ja naisilla (Iwamoto ym. 2008). Rasisurkastumien havaittiin olevan yleisempiä naispuolisilla yleisurheilijoilla, joilla niitä esiintyi 18,7 %:lla, kun miehillä vastaavasti 3,9 %:lla. Yleisurheilun eri lajeja ei tutkimuksessa oltu eritelty. Yleisurheilijoita tutkimuksessa oli mukana 363, ja urheilijoita kokonaisuudessaan 2898. Muita tutkittavia lajeja oli koripallo, uinti, tennis, lentopallo ja hiihto, mutta niissä ei rasisurkastumien osalta havaittu merkittävää eroa eri sukupuolten välillä.

3. RAVITSEMUSTEKIJÖIDEN YHTEYS URHEILIJOIDEN RASITUSMURTUMIIN

3.1 Energian ja energiaravintoaineiden saanti

Urheilijan on ensisijaisen tärkeää saada ravinnosta riittävästi energiaa, jotta elimistö pysyy kaikin puolin hyvinvoivana ja pystyy palautumaan suurestakin määrästä liikuntaharjoittelua (Ilander ym. 2014). Urheilijoilla riittävää energiansaantia kuvataan usein termillä energian saatavuus, josta kerrotaan lisää luvussa 3.1.1.

Energiavajeessa estrogeenipitoisuus elimistössä vähenee (Wentz ym. 2012). Tämä lisää luun hajotusta, joka johtaa luun tiheyden alenemiseen ja tätä kautta kasvattaa riskiä rasisurkastumien synnylle. Bennel ym. (1995) tekemässä retrospektiivisessä tutkimuksessa selvitettiin rasisurkastumien yleisyyttä 53 naispuolisella yleisurheilijalla. Tutkimukseen osallistuneet henkilöt olivat iältään 17–26-vuotiaita, ja lajeina heillä oli pika-, keskimatkan-, kestävyys- ja aitajuoksu, hyppylajit sekä seitsenottelu. 22 tutkittavaa raportoi sairastaneensa

rasitusmurtuman. Eniten rasitusmurtumia esiintyi aitajuoksijoilla ja kestävyysjuoksijoilla. Yleisimmät rasitusmurtumat olivat säärikuussa (33 %), nilkan venelussa (20 %) sekä jalkapöydänluussa (20 %). Tutkimuksessa todettiin, että rasitusmurtumat olivat yleisimpiä niillä, joilla oli huolta omasta painosta ja jotka olivat olleet laihdutusruokavaliolla yli yhden kuukauden ajan kerrallaan. Tutkimuksen perusteella voidaan siis päätellä, että laihduttaessa henkilö on ollut jonkin asteisessa energiavajeessa, ja tätä kautta se on altistanut rasitusmurtumien synnylle. Voi myös olla, että vajausta muistakin tärkeistä ravintoaineista on laihdustilanteessa ollut, mutta yksi mekanismi todennäköisesti on liian alhainen kokonaisenergiansaanti (Bennell ym. 1995). Wentz ym. (2012) retrospektiivisessä tutkimuksessa ei havaittu eroja energian kokonaissaannin suhteen niillä henkilöillä, joilla esiintyi enemmän rasitusmurtumia verrattuna henkilöihin, joilla ei esiintynyt rasitusmurtumia. Tutkimukseen osallistui 27 naispuolista maastajuoksijaa ja 32 verrokkaa. Tutkittavien ikä oli 18–40 vuotta.

Eräässä tutkimuksessa tutkittiin energiansaannin yhteyttä luukudoksen aineenvaihduntaan kahdeksalla mieskestävyysjuoksijalla, joiden keski-ikä oli 25 vuotta (Zanker ja Swaine 2000). Koehenkilöt toteuttivat kovatehoisen, 60 minuuttia kestävä juoksumattoharjoituksen kolmena peräkkäisenä päivänä. Seuraava kolmen päivän jakso toteutettiin 2 viikkoa ensimmäisen jälkeen. Toisessa koejaksoissa juoksumattotesti toteutettiin energiavajeessa, ja toisessa taas energiatasapainossa. Energiavajeessa energiansaanti rajoitettiin vastaamaan 50 % heidän oikeasta energiantarpeestaan. Seerumista mitattiin tyypin 1 kollageenin aminoterminaalinen pro-peptidin (P1NP), osteokalsiinin ja insuliinin kaltaisen kasvutekijä 1:n (IGF-1) pitoisuuksia harjoitusta edeltävänä päivänä sekä harjoituksen jälkeisenä päivänä. IGF-1 stimuloi osteoblastien erilaistumista ja tätä kautta se on tärkeä luun muodostukseen vaikuttava tekijä (Xian ym. 2012). P1NP on myös tärkeä luun muodostuksen biomarkkeri (Gavala ym. 2016). Havaittiin, että P1NP- ja IGF-1-pitoisuudet seerumissa laskivat energiavajeessa 15 ja 17 % (Zanker ja Swaine 2000). Osteokalsiinin pitoisuuksissa ei havaittu muutoksia. Energiatasapainossa pitoisuuksissa ei havaittu muutoksia. Johtopäätöksenä tuloksista voidaan sanoa, että kestävyysjuoksijoilla ei runsaan juoksuharjoittelun seurauksena tapahdu epäedullisia muutoksia luustossa, mikäli energiaa saadaan riittävästi. Tilanne on päinvastainen, mikäli energiaa ei saada ravinnosta riittävästi.

Energia- ja ravintoaineiden ja rasitusmurtumien yhteyttä koskevia tutkimuksia on todella niukasti. Tiedetään, että proteiinia tarvitaan luuston kasvuun ja luukudoksen uudismuodostukseen (Suomen luustoliitto ry 2018). Yksittäisen retrospektiivisen tutkimuksen tuloksena oli, että

energiaravintoaineiden saannissa ei havaittu eroja niillä, joilla esiintyi rasisurmutumia verrattuna niihin, joilla rasisurmutumia ei esiintynyt (Wentz ym. 2012). Näiden tietojen perusteella luotettavia päätelmiä energiaravintoaineiden saannin ja rasisurmutumien yhteydestä ei voi tehdä.

3.1.1 Suhteellinen energiavaje urheilussa (RED-S)

Energian saatavuudella tarkoitetaan sitä energiamäärää, joka keholle jää käyttöön liikunnan aiheuttaman energiankulutuksen jälkeen (Ilander ym. 2014). Jotta urheilijan kehitys ja jaksaminen olisivat optimaalisella tasolla, tulee energian saatavuuden olla vuorokaudessa noin 40-45 kcal per kehon rasvaton massa (kg). Energian saatavuus ei tulisi olla alle 30 kcal/kg rasvaton massa/vrk (Ihle ja Loucks 2004, Ilander ym 2014). Energian saatavuuden mennessä edellä mainitun alle, luukudoksen epäedulliset muutokset lisääntyvät; luun tiheys alenee ja luun lujuus heikkenee (Ihle ja Loucks 2004), ja ne voivat ajansaatossa johtaa luun rasisurmutumaan (Ilander ym. 2014).

Suhteellinen energiavaje urheilussa (relative energy deficiency, RED-S) on oireyhtymä, jossa niukka energian saatavuus aiheuttaa merkittäviä fysiologisia ja psykologisia häiriötiloja urheilijalle (Mountjoy ym. 2014). RED-S:n aiheuttamia ongelmia ovat muun muassa fyysisen suorituskyvyn lasku, hormonaaliset häiriöt, liiallinen painonlasku, palautumisen ja vastustuskyvyn heikentyminen, loukkaantumisen riskin kasvu, vammojen paranemisen hidastuminen, lepoenergiankulutuksen aleneminen, luun tiheyden pieneneminen ja yleinen luuston terveyden heikentyminen sekä psykologiset häiriöt, kuten stressin lisääntyminen, mielialan vaihtelut ja kohonnut riski syömiskäyttäytymisen häiriintymiseen.

Tutkimusten mukaan alhainen energian saatavuus urheilijalla altistaa rasisurmutumien ilmaantumiseksi (Papageorgiou ym. 2017, Heikura ym. 2018). Heikura ym. (2018) tekemässä poikkileikkaustutkimuksessa tutkittiin kestävyysurheilijoita: kestävyysjuoksijoita ja kilpakävelijöitä. Tutkimukseen osallistui 59 kestävyysurheilijaa, 35 naista ja 24 miestä. Tutkittavien ikä oli 18–40 vuotta. Tutkimukseen osallistuvien henkilöiden energiansaantia ja -kulutusta tarkasteltiin seitsemän päivän ruoka- ja harjoituspäiväkirjojen avulla. Tutkittavien luuston mineraalitiheys ja kehonkoostumus mitattiin kaksiennergisellä röntgenabsorptio menetelmällä. Naisilta selvitettiin myös kyselyn avulla kuukautiskierron säännöllisyys. Tutkittavien verinäytteistä analysoitiin insuliini- ja IGF-1 pitoisuudet, sekä miehiltä testosteroni- ja naisilta estradiolipitoisuus. Tutkimuksessa havaittiin, että naisilla amenorrea, eli

kuukautisten poisjääminen ja miehillä alhainen seerumin testosteronipitoisuus lisäsivät rasisurmurtuman riskiä 4,5 kertaiseksi verrattuna naisiin, joilla kuukautiskierto oli normaali sekä miehiin, joilla seeruminen testosteronipitoisuudet olivat suositellulla tasolla. Edellä mainitut hormonaaliset häiriöt ovat tutkimuksen mukaan todennäköisesti seurausta alhaisesta energian saatavuudesta. Energian alhaiseksi saatavuudeksi määriteltiin alle 30 kcal/kg kehon rasvaton massa/vrk (Heikura ym. 2018).

Toisessa tutkimuksessa tutkittiin, miten alhainen energian saatavuus vaikuttaa luun aineenvaihduntaan fyysisesti aktiivisilla miehillä ja naisilla (Papageorgiou ym. 2017). Tutkittavien energian saatavuus rajoitettiin viiden päivän ajaksi alhaiseksi (15 kcal/kg kehon rasvaton massa/vrk) ja vastaavasti viiden päivän ajan tutkittavien energian saatavuus oli kulutukseen nähden riittävää (45 kcal/kg kehon rasvaton massa/vrk). Tutkittavien verestä mitattiin kollagen 1:n beta-karboksiterminaalinen telopeptidin (β -CTX), P1NP:n, PTH:n ja IGF-1:n pitoisuudet. β -CTX suuri pitoisuus veressä kuvastaa luun hajoamista. Seerumista analysoitiin myös leptiinin, insuliinin, tyroksiinin, glukagonin kaltaisen peptidin (GLP-2), estradiolin, albumiinin, kalsiumin, magnesiumin ja fosfaatin pitoisuudet. Tutkimuksessa havaittiin, että naisilla viiden päivän aikainen alhainen energian saatavuus lisäsi seerumin β -CTX-pitoisuutta ja vähensi P1NP-pitoisuutta. Miehillä yksilöiden väliset erot olivat suuria, osalla tutkittavista havaittiin alhaisen energian saatavuuden vaikuttavan luukudoksen biomarkkereihin samalla tavalla kuin naisilla, ja osalla mitään vaikutuksia ei havaittu. Muiden verestä mitattavien tekijöiden pitoisuuksissa ei havaittu muutoksia. Tutkimuksen päätuloksena oli, että viiden päivän aikainen alhainen energian saatavuus (15 kcal/kg kehon rasvaton massa/vrk) vähensi luun uudismuodostusta ja lisäsi luun resorptiota naisilla. Kyseisessä tutkimuksessa otoskoko oli pieni, molempia sukupuolia oli 11 henkilöä ja koeaika oli lyhyt, joten luotettavia johtopäätöksiä tutkimuksesta ei voi tehdä.

Aiemmin RED-S termin sijaan on käytetty termiä 'naisurheilijan oireyhtymä' (Female Athlete Triad), jolla on kuvattu alhaisen energian saatavuuden aiheuttamia hormonaalisia muutoksia, kuukautiskierron häiriöitä sekä luun tiheyden pienenemistä. Termistä on pitkälti luovuttu, sillä energian alhaisen saatavuuden on ymmärretty aiheuttavan myös monia muita häiriöitä sekä sitä esiintyy yhtä lailla naisilla kuin miehilläkin (Ilander ym. 2014). Niin sanottua naisurheilijan oireyhtymää on tutkittu paljon. Monien tutkimuksien mukaan, alhainen energian saatavuus naisurheilijalla altistaa luun mineraalitiheyden alenemiselle ja kuukautiskierron häiriöille, joista merkittävin on amenorrea (Kelsey ym. 2007, Barrack ym. 2014, Tenforde ym. 2016). Yhdessä edellä mainitut tekijät toimivat merkittävänä rasisurmurtumien riskinä. Tenforde ym. (2016) ja

Kelsey ym. (2007) tutkimuksissa huomattiin myös, että jos henkilöllä on ollut aiemmin rasisiumurtuma, on riski uudelle rasisiumurtumalle kohonnut.

3.2 Kalsium

Kalsiumin riittävä saanti vaikuttaa ehkäisevän rasisiumurtumien ilmaantumiselta (Wentz ym. 2012, Barrack ym. 2017), mutta poikkeaviakin tutkimustuloksia löytyy (Sonneville ym. 2012, Tenforde ym. 2013). Kalsiumin vähäisempi saanti oli yhteydessä rasisiumurtumien riskiin 18–40-vuotiailla naisjuoksijoilla (Wentz ym. 2012). Ne henkilöt, jotka saivat kalsiumia ruuasta keskimäärin 900 mg, olivat alttiimpia rasisiumurtumille, kuin ne tutkittavat, joilla keskimääräinen kalsiumin saanti vuorokaudessa oli 1100 mg. Kuitenkin nämä haittavaikutukset tulivat ilmi vasta, kun läsnä oli muitakin riskitekijöitä. Rasisiumurtumille altistavia tekijöitä tutkimuksen mukaan olivat alhaisen kalsiumin saannin lisäksi kuukautisten epäsäännöllisyys, alhainen luuntiheys, pitkä historia juoksuharjoittelua sekä juoksu pääosin kovalla alustalla. Naisilla kuukautisten epäsäännöllisyydelle eräs merkittävä altistava tekijä on alhainen energiansaanti. Maastojuoksijoilla juoksukilometrejä kertyy viikossa runsaasti, tässä tutkimuksessa yli 32 km/vko. Tämä on omiaan nostamaan energiankulutusta ja täten altistuminen energiavajeelle on todennäköisempää.

Barrack ym. (2017) tekemän poikkileikkaustutkimuksen mukaan alhainen kalsiumin saanti (alle 1 annos kalsiumpitoista ruokaa päivässä) on yhteydessä luun mineraalitiheyden alenemiseen nuorilla 13–19-vuotiailla miesjuoksijoilla. Alhaisen kalsiumin saannin vaikutus oli luustolle epäedullisin, kun läsnä oli muitakin luukudoksen terveyttä heikentäviä tekijöitä, kuten alhainen kehonpaino, runsas määrä juoksuharjoittelua sekä aiemmin sairastettu rasisiumurtuma (Barrack ym. 2017). Alhaisen luun mineraalitiheyden on todettu olevan merkittävä riskitekijä rasisiumurtumien synnylle (Kelsey ym. 2007, Wentz ym. 2012, Barrack ym. 2014). Luuston alhainen mineraalitiheys yhdistettynä runsaaseen, vähintään 12 tuntia viikossa, liikuntamäärään lisää rasisiumurtumien riskiä huomattavasti (Barrack ym. 2014).

Tenforde ym. (2013) tekemässä tutkimuksessa havaittiin, että niillä henkilöillä, jotka käyttivät kalsiumia lisäravinteena, oli kolme kertaa todennäköisempi riski saada rasisiumurtuma tulevaisuudessa. Tutkijoiden mukaan tämä kuitenkin selittyy sillä, että näillä tutkittavilla, jotka käyttivät kalsiumia lisäravinteena, oli ollut joskus rasisiumurtuma. Aiemmin sairastettu rasisiumurtuma on merkittävä riski uudelle rasisiumurtumalle, joten todennäköisesti kohonnut riski johtuikin siitä, ei kalsiumista. Kun tämä tekijä pyrittiin ottamaan huomioon, kalsiumlisällä

ei havaittu myönteisiä eikä kielteisiä vaikutuksia rasisurmurtuman syntyyn (Tenforde ym. 2013). Myöskään Sonneville ym. (2012) tekemässä tutkimuksessa kalsiumin saannilla ei havaittu olevan yhteyttä rasisurmurtumien syntyyn.

3.3 D-vitamiini

Kalsiumin tapaan myös D-vitamiinia koskevista tutkimuksista on löydetty toisistaan poikkeavia havaintoja. Suurimmassa osassa tutkimuksissa on havaittu, että D-vitamiinilla voidaan ennaltaehkäistä rasisurmurtumien syntyä (Sonneville ym. 2012, Shimasaki ym. 2015, Miller ym. 2016), mutta myös päinvastainen havainto löytyy (Grieshober ym. 2018). Sonneville ym. (2012) tekemässä prospektiivisessä kohorttitutkimuksessa tutkittavia oli 6712. Tutkittavat henkilöt olivat nuoria, 9–15-vuotiaita, urheilevia naisia. Urheilulajeja olivat koripallo, juoksu, jalkapallo, tennis, cheerleading ja lentopallo. Nämä lajit luokiteltiin tutkimuksessa lajeiksi, joissa kehoon kohdistuu voimakas tärähdys. Tutkimuksessa todettiin, että niillä henkilöillä, jotka harrastivat jotain edellä mainituista lajeista vähintään yhden tunnin päivässä, ja joilla D-vitamiinin saanti oli noin 16,5 µg vuorokaudessa, oli noin 50 % pienempi riski saada rasisurmurtuma verrattuna niihin koehenkilöihin, jotka harrastivat urheilua saman verran ja saivat D-vitamiinia vuorokaudessa noin 2,6 µg. D-vitamiinin kokonaissaannissa huomioitiin sekä ruuasta että ravintolisistä saatava D-vitamiini. Alle yhden tunnin päivässä liikuntaa harrastavilla yhteyttä D-vitamiinin ja rasisurmurtumien välillä ei ollut (Sonneville ym. 2012).

Eräässä epidemiologisessa tutkimuksessa tutkittiin NBA:ssa (national basketball association) vuosina 2009-2013 pelaavia ammattikoripalloilijoita (Grieshober ym. 2018). Tutkittavia oli yhteensä 279. Vain 26,5 %:lla koehenkilöistä seerumin kalsidiolipitoisuus oli riittävällä tasolla (yli 30 ng/mL) ja muilla havaittiin olleen joko lievä D-vitamiinin puutos (seerumin kalsidiolipitoisuus 20-30 ng/mL) tai merkittävä puutos (seerumin kalsidiolipitoisuus alle 20 ng/mL). Jopa 118 pelaajalla oli joskus ollut rasisurmurtuma. Yleisimmät murtumapaikat olivat käsi, ranne ja jalkapöydänluu. Vastoin hypoteesia ja muiden tutkimusten tuloksia (Sonneville ym. 2012, Shimasaki ym. 2015, Miller ym. 2016), tutkimuksessa havaittiin, että seerumin alhainen kalsidiolipitoisuus ei altistanut rasisurmurtumille vaan tulos oli päinvastainen. Havaittiin, että niillä pelaajilla, joilla oli ollut rasisurmurtuma, oli seerumin kalsidiolipitoisuus keskimäärin 30,7 ng/mL, kun taas niillä henkilöillä, joilla ei ollut ollut rasisurmurtumaa, seerumin kalsidiolipitoisuus oli alhaisempi, keskimäärin 25,1 ng/mL (Grieshober ym. 2018). Havaittiin myös, että ne urheilijat, joilla seerumin kalsidiolipitoisuus oli korkeampi, valittiin todennäköisemmin NBA:ssa pelaavaan kokoonpanoon. Tästä tutkimuksen mukaan voidaan

päätellä, että D-vitamiinilla on positiivinen yhteys urheilijan suorituskykyyn, vaikka yhteys rasisurmurtumiin oli päinvastainen.

Shimasaki ym. (2015) tekemässä tapaus-verrokkitutkimuksessa tutkittiin jalkapalloilijoilla jalkapöydän viidennen luun rasisurmurtuman ja seerumin kalsidiolipitoisuuden välistä yhteyttä. Tutkimukseen osallistui 18 henkilöä, joilla on tai on ollut kyseinen rasisurmurtuma ja 19 henkilöä, joilla ei ollut historiaa kyseisestä rasisurmurtumasta. Tutkittavien keski-ikä oli 21 vuotta. Tutkimuksessa huomattiin, että niillä henkilöillä, joilla oli joskus ollut jalkapöydän viidennen luun rasisurmurtuma, esiintyi enemmän vajausta D-vitamiinista seerumin kalsidiolipitoisuus mittausten perusteella. Tutkimusten tuloksista todettiin, että seerumin kalsidiolipitoisuuden ollessa alle 30 ng/mL, altisti se rasisurmurtumalle. Tutkimuksen mukaan, mitä alhaisempi seerumin kalsidiolipitoisuus on, sitä suurempi rasisurmurtuman riski on. Esimerkiksi kalsidiolipitoisuuden ollessa 20 ng/mL, riski rasisurmurtumille on lähes kolminkertainen ja pitoisuuden ollessa 10 ng/mL, riski on jopa viisinkertainen verrattuna seerumin riittävään kalsidiolipitoisuuteen (Shimasaki ym. 2015).

Miller ym. (2016) tekemässä retrospektiivisessä kohorttitutkimuksessa havaittiin, että rasisurmurtumia esiintyi huomattavasti enemmän niillä tutkittavilla, joilla seerumin kalsidiolipitoisuus oli alle 40 ng/mL. Riittävä seerumin kalsidiolipitoisuus tutkimuksen mukaan on 40-80 ng/mL. Tutkittavaksi valittiin henkilöitä, joilla oli diagnosoitu rasisurmurtuma. Tutkittavia oli yhteensä 124, joista 42 oli miehiä ja 82 oli naisia. Tutkittavien keski-ikä oli 44 vuotta ja he olivat fyysisesti aktiivisia, mutta tarkempi liikunnallisuus ei ollut tiedossa (Miller ym. 2016).

3.4 Muut ravintotekijät

Aiemmin mainittujen ravintoaineiden lisäksi myös muun muassa kofeiinin ja maidon nauttimisen vaikutuksista urheilijoiden rasisurmurtumiin on tehty tutkimuksia. Tutkimusnäyttö kofeiinin vaikutuksista rasisurmurtumien riskiin on ristiriitaista. Wentz ym. (2012) tekemässä tutkimuksessa havaittiin, että runsas kofeiinin nauttiminen oli yhteydessä alhaisempaan reisiluun mineraalitiheyteen, sillä kofeiini lisää kalsiumin eritystä virtsaan. Henkilöillä, jotka nauttivat kofeiinia keskimäärin 66 mg päivässä, esiintyi enemmän rasisurmurtumia, kuin niillä, jotka nauttivat sitä keskimäärin 47 mg päivässä. Toisessa tutkimuksessa havainnot olivat päinvastaiset, kohtuullinen kofeiinin nauttiminen ei vaikuttanut luustoon epäedullisesti vaan sillä oli jopa hyödyllisiä vaikutuksia, jos kahviin oli lisätty maitoa (Nieves ym. 2010). Tenforde

ym. (2013) tutkimuksessa havaittiin, että kofeiinilla ei ollut vaikutusta rasitusmurtumien syntyyn.

18–40-vuotiailla naispuolisilla maastojuoksijoilla tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että vähäisempi maidon juonti varhaisnuoruudessa oli yhteydessä alhaisempaan luuntiheyteen lonkkaluussa (Wentz ym. 2012). Ne tutkittavat, joilla lonkkaluun luuntiheys oli alentunut, raportoivat nauttineensa maitoa varhaisnuoruudessa noin 8-9 annosta vuorokaudessa (yksi annos on noin 2,4 dl). Vastaavasti niillä, joilla lonkkaluun luuntiheys oli paremmalla tasolla, raportoivat käyttäneensä maitoa varhaisnuoruudessa 10-11 annosta. Vähäisempi maidon juonti ei kuitenkaan näyttänyt suoraan olevan yhteydessä rasitusmurtumien riskiin vaan murtuman riski oli yhteisvaikutusta kuukautisten epäsäännöllisyyden, alhaisen kalsiumin saannin, kovan harjoittelualustan sekä pitkän juoksuharjoittelu historian kanssa. Sonnevile ym. (2012) tutkimuksessa maitotuotteiden käytön ja rasitusmurtumien välillä ei havaittu olevan yhteyttä.

Nieves ym. (2010) tekemässä tutkimuksessa tutkittavina oli 125 naispuolista 18–26-vuotiasta kestävyysjuoksijaa. Tutkittaviksi valittiin kilpailevia, vähintään 64 kilometriä viikossa juoksevia naisia. Tutkimus oli kestoltaan 2 vuotta. Tässä prospektiivisessä kohorttitutkimuksessa havaittiin vähärasvaisen, runsaasti maitotuotteita sisältävän ruokavalion vähentävän rasitusmurtuman riskiä 68 %. Maitotuotteiden edulliset vaikutukset luunterveyteen välittyivät todennäköisesti maitotuotteiden sisältämien kalsiumin, D-vitamiinin ja proteiinin avulla. Tutkimuksen mukaan proteiinin edulliset vaikutukset saavutetaan, kun sitä saadaan eläinperäisistä lähteistä 1-1,5 g painokiloa kohden vuorokaudessa. Suuremmilla annoksilla voi olla luustolle jopa haitallisia vaikutuksia. Kuitenkaan pelkkä riittävä proteiinin saanti ei tutkimuksen mukaan ole yhteydessä luuston terveyteen, vaan vaikutukset tulevat proteiinin, kalsiumin ja D-vitamiinin yhteisvaikutuksista. Tutkimuksessa havaittiin myös, että riittävä kaliumin saanti, voi parantaa koko kehon luuston mineraalitiheyttä ja luuston kokonaismassaa. Kaliumin yhteys rasitusmurtumiin on kuitenkin epäselvä (Nieves ym. 2010).

4. POHDINTA

4.1 Tutkimusten arviointi

Ravitsemuksen ja rasisusmurtumien yhteyttä käsitteleviä tutkimuksia on julkaistu suhteellisen vähän. Ravitsemuksen ja rasisusmurtumien yhteys vaikuttaa tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella olevan epäselvä siltä osin, että rasisusmurtuman syntyyn vaikuttaa usein samanaikaisesti moni eri tekijä. Voidaan kuitenkin todeta, että tämän tutkielman tarkastelun kohteena olleet ravitsemustekijät, energiansaanti sekä kalsiumin ja D-vitamiinin saanti vaikuttavat rasisusmurtumien syntyyn.

Tässä tutkielmassa käsitellyistä tutkimuksista noin puolet olivat retrospektiivisiä, havainnoivia tai poikkileikkaustutkimuksia. Syy-seuraussuhteita ei siis voida luotettavasti vetää. Vain kaksi tutkimusta oli kokeellisia (Zanker ja Swaine 2000, Papageorgiou ym. 2017). Niissä tutkimuksen kohteena oli verestä mitattavat eri tekijät, jotka voidaan yhdistää luuston muodostukseen tai hajotukseen. Verestä mitattaviin luuston aineenvaihduntaa kuvaaviin biomarkkereihin tulee suhtautua varauksella, sillä niissä voi esiintyä luonnollista päivästä toiseen tapahtuvaa vaihtelua (Arikoski ym. 2002). Tutkimukset olivat myös kestoaltaan lyhyitä, vain kolmesta viiteen päivään (Zanker ja Swaine 2000, Papageorgiou ym. 2017), jolloin on vaikea tehdä luotettavia johtopäätöksiä siitä, miten nämä verestä mitatut luun aineenvaihduntaa kuvaavat tekijät vaikuttavat pitkällä aikavälillä rasisusmurtuman syntyyn.

Tutkimukset olivat usein tehty vain tietyn lajin urheilijoilla, jolloin tulosten yleistämisessä muihin lajeihin tulee olla varovainen. Lajien harjoittelussa ja fyysisissä vaikutuksissa on kuitenkin yhteneväisyyksiä, jonka vuoksi oletuksia luustovaikutuksista voidaan tehdä yli lajirajojen. Muutamassa tutkimuksessa tutkittavien tarkka fyysinen aktiivisuus ei ollut tiedossa, joka heikentää tutkimustulosten yleistettävyyttä urheilijoihin (Miller ym. 2016, Papageorgiou ym. 2017). Yleistettävyyys urheilijoihin on heikentynyt, sillä urheilijoiden rasisusmurtumariskiä arvioitaessa, fyysisen harjoittelun määrä on oleellinen tieto, sillä tutkimuksissa on havaittu rasisusmurtumien riskin kasvavan sitä suuremmaksi, mitä enemmän harjoitustunteja viikossa kertyy (Field ym. 2011).

Monissa tarkastelun kohteena olevissa tutkimuksissa tutkittavien ruuan käyttöä mitattiin ruuankäytön frekvenssikyselyllä. Ruuankäytön frekvenssikyselyllä pyritään selvittämään, kuinka usein tutkittava on käyttänyt tiettyjä elintarvikkeita tai ruokalajeja tietyllä ajanjaksolla

(Aro ym. 2015). Usein frekvenssikyselyillä selvitetään tutkimusta edeltävän 6-12 kuukauden ruuankäyttöä. Kuitenkin esimerkiksi Wentz ym. (2012) tutkimuksessa tutkittavilta kysyttiin monen vuoden takaista ruuan käyttöä. Tutkimuksessa tutkittavia pyydettiin arvioimaan heidän maidon ja maitotuotteiden kulutus ala-asteella, ylä-asteella, lukiossa, lukion jälkeen sekä viimeisen vuoden aikana. Ruuankäytön frekvenssikyselyihin liittyy usein muistamisen ongelmat (Aro ym. 2015). Muistamisen ongelmat korostuvat erityisesti Wentz ym. (2012) tutkimuksessa, kun tutkittavat pyrkivät arvioimaan maidon ja maitotuotteiden kulutuksensa monen vuoden takaa ja erittelemään niiden käytön eri elämänvaiheissa. Frekvenssikysely on kuitenkin monissa tilanteissa käyttökelpoinen menetelmä, sillä se on helppo ja halpa tapa selvittää suurenkin tutkimusjoukon ruuankäyttöä.

Kirjallisuuskatsauksen joissakin tutkimuksissa käytettiin myös kolmen ja seitsemän päivän ruokapäiväkirjoja. Ruokapäiväkirjalla pyritään selvittämään, mitä ruoka-aineita tutkittava syö ja juo ja kuinka paljon (Aro ym. 2015). Ruokapäiväkirjan pohjalta voidaan arvioida ravintoaineiden saantia ravintoainelaskentaohjelmien avulla. Ruokapäiväkirjoissa muistamisen ongelmat eivät ole niin suuria kuin ruuankäytön frekvenssikyselyssä, mutta yli- ja aliraportointi voivat tuoda niihin harhaa. Ihmiset syövät usein esimerkiksi viikonloppuisin ja arkena erilaista ruokaa sekä ruokatottumukset voivat vaihdella vuodenaikasta riippuen. Seitsemän päivän ruokapäiväkirjasta voidaan saada kattavampi kuva henkilön ravintoaineiden saannista, sillä siinä otetaan huomioon arkipäivien ja viikonloppujen välinen ruuankäytön vaihtelu. Vain yhdessä tutkimuksessa käytettiin seitsemän päivän ruokapäiväkirjaa (Heikura ym. 2018), ja muissa ruokapäiväkirjaa käyttävissä tutkimuksissa ruokapäiväkirjan pidon kesto oli kolme päivää. Ruokapäiväkirjoihin liittyy myös muita sen luotettavuutta heikentäviä tekijöitä (Aro ym. 2015). Tutkittava saattaa esimerkiksi muuttaa normaalia ruokailuaan ruokapäiväkirjan pidon ajaksi, jolloin todellinen eri ravintoaineiden saanti vääristyy.

Yhdessä käsitellyistä tutkimuksista tutkimuksen raportointi oli osittain puutteellista (Nieves ym. 2010). Tutkimuksessa päätelmänä oli, että vähärasvainen, runsaasti maitotuotteita sisältävä ruokavalio vähentää rasisitusmurtuman kehittymisen riskiä. Tämän tutkimustuloksen klinisen merkittävyyden arviointia heikentää kuitenkin se, että maitovalmisteiden ja rasvan määrät eivät ole tiedossa.

4.2 Energiensaanti

Energiensaantia koskevien tutkimusten tulokset ovat linjassa toistensa kanssa. Alhainen energiansaanti tai -saatavuus altistavat joko suoraan rasisuurmurtumille tai heikentävät luun mineraalitiheyttä, jonka itsessään on todettu altistavan rasisuurmurtumien synnylle (Kelsey ym. 2007, Wentz ym. 2012, Barrack ym. 2014). Energiensaantia arvioitaessa tulee kuitenkin pohtia edellisessä kappaleessa mainittuja energiansaannin arviointiin liittyviä virhelähteitä. Tutkittavan energiansaantia mitattiin lähes poikkeuksetta erilaisilla ruuankäytön kyselytutkimuksilla, frekvenssikyselyillä ja ruokapäiväkirjoilla ja energiankulutus laskettiin erilaisten laskukaavojen ja harjoitusten määrän perusteella. Papageorgiou ym. (2017) tutkimuksessa tutkittavien energiankulutusta arvioitiin aktiivisuusrannekkeilla, joka voi lisätä tutkimuksen luotettavuutta verrattuna laskukaavoihin perustuvaan energiankulutuksen arviointiin.

4.3 D-vitamiini ja kalsium

D-vitamiinin ja kalsiumin saannin väliset yhteydet rasisuurmurtumien syntyyn ovat osin epäselviä. Suurin osa tutkimuksista on linjassa toistensa kanssa, mutta poikkeuksiakin löytyy. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että riittävä D-vitamiinin ja kalsiumin saanti ennaltaehkäisevät rasisuurmurtumien ilmaantumiselta.

Sonneville ym. (2012) tutkimuksessa havaittiin, että 16,5 µg D-vitamiinia vuorokaudessa suojaasi rasisuurmurtumalta verrattaessa 2,6 µg vuorokausittaiseen saantiin. D-vitamiinin saannin arvioinnissa huomioitiin sekä ravinnosta että ravintolisistä saatava D-vitamiinin määrä. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös 5 µg ja 11 µg vuorokausittaista D-vitamiinin saantimääriä, mutta niillä ei todettu olevan merkittävää suojaavaa tai altistavaa vaikutusta rasisuurmurtumille. Tutkimus oli tehty 9–15-vuotiaalla tytöillä. Suomalaisissa ravitsemussuosituksissa tämän ikäisille tytöille suositellaan 10 µg D-vitamiinia vuorokaudessa (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014). Tämä määrä on noin 60 % pienempi määrä kuin, mikä todettiin Sonneville ym. (2012) tutkimuksessa rasisuurmurtumilta suojaavaksi määräksi. D-vitamiinin osalta tarkastellut tutkimukset eroavat myös toisistaan sen suhteen, mikä määritellään riittäväksi seerumin kalsidiolipitoisuudeksi. Tämä vaikeuttaa tutkimusten vertailua. Kahdessa tutkimuksessa seerumin kalsidiolipitoisuus on optimaalinen ollessaan yli 30 ng/mL (Shimasaki ym. 2015, Grieshober ym. 2018). Miller ym. (2016) tutkimuksessa määritellään seerumin riittäväksi kalsidiolipitoisuudeksi 40-80 ng/mL. Vertailun vuoksi

sanottakoon, että Suomessa seerumin kalsidiolipitoisuudeksi tulisi olla yli 20 ng/mL (50 nmol/l), jotta mahdollisilta puutosoireilta vältytään (Paakkari 2016). Seerumin optimaalisesta kalsidiolipitoisuudesta ei Suomessa kuitenkaan ole yksimielisyyttä. Seerumin kalsidiolipitoisuuden viitearvojen määrittely tulevaisuudessa olisi tärkeää, jotta mahdollisilta puutos- ja myrkytysoireilta vältytään.

D-vitamiinin yhteys rasitusmurtumiin on tutkimusten mukaan osittain ristiriitaista. Suurimmassa osassa tutkimuksista todetaan, että riittävä D-vitamiinin saanti ruokavaliosta (Sonneville ym. 2012) tai riittävä seerumin kalsidiolipitoisuus (Shimasaki ym. 2015, Miller ym. 2016) ehkäisevät rasitusmurtumien ilmaantumista. Grieshofer ym. (2018) tutkimuksessa taas havaittiin, että rasitusmurtumia esiintyi enemmän niillä, joilla seerumin kalsidiolipitoisuus oli riittävällä tasolla. Tätä tutkimustulosta voi selittää se, että mahdollisesti ne tutkittavat, joilla oli diagnosoitu rasitusmurtuma, olivat lisänneet D-vitamiinin saantiaan diagnoosin jälkeen, ja siksi heillä seerumin kalsidiolipitoisuus oli verrokkeja korkeampi. Murtumien ja seerumin kalsidiolipitoisuus mittausten tarkkoja ajankohtia ei ollut tiedossa. Syy-seuraussuhteita on siis vaikea päätellä tästä havainnoivasta epidemiologisesta tutkimuksesta.

Tutkimukset kalsiumin osalta ovat samantapaiset kuin D-vitamiinin osalta. Suurimmassa osassa tutkimuksista havaitaan, että kalsiumilla on rasitusmurtumilta ehkäisevä vaikutus (Wentz ym. 2012, Barrack ym. 2014). Kuitenkin Tenforde ym. (2013) tutkimuksessa kalsiumin nauttiminen ravintolisän muodossa lisäsi rasitusmurtumien ilmaantumista kolminkertaiseksi. Kohonnut riski kuitenkin todennäköisesti johtui siitä, että kalsiumia ravintolisänä käyttivät ne henkilöt, joilla oli aiemmin jo ollut rasitusmurtuma. Aiemmin sairastettu rasitusmurtuma on merkittävä riski uudelle rasitusmurtumalle. Sonneville ym. (2012) tutkimuksessa kalsiumin saannin ja rasitusmurtumien välillä ei havaittu olevan yhteyttä.

Kalsiumin suositeltava saanti eroaa tutkimuksissa toisistaan. Eräässä tutkimuksessa havaittiin, että noin 900 mg kalsiumin päivittäinen saanti ruuasta altisti rasitusmurtumille verrattuna 1100 mg päivittäiseen saantiin (Wentz ym. (2012)). Suomalaisissa ravitsemussuosituksissa kalsiumin saanniksi aikuisille suositellaan vuorokaudessa 800 mg ja 18–20-vuotiaille 900 mg (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014). Nämä määrät ovat jonkin verran alempia kuin, mitä Wentz ym. (2012) tutkimuksessa todettiin rasitusmurtumilta suojaavaksi määräksi. Huomioitavaa on kuitenkin, että tutkimuksessa kerrottiin rasitusmurtuman riskin kasvavan vasta, kun läsnä oli muitakin tekijöitä kalsiumin saannin lisäksi (Liite 1). Toisin taas Barrack ym. (2017) tutkimuksen tulos on linjassa ravitsemussuosituksen kanssa. Tutkimuksessa havaittiin, että luun

mineraalitiheys aleni niillä, jotka nauttivat kalsiumpitoista ruokaa alle yhden annoksen päivässä. Yksi annos kalsiumpitoista ruokaa, esimerkiksi rasvatonta maitoa, sisältää noin 300 mg kalsiumia (Fineli 2019). Ravitsemussuosituksissa kehoitetaan nauttimaan päivittäin nestemäisiä maitovalmisteita 5-6 dl sekä 2-3 viipaletta juustoa takaamaan kalsiumin saannin (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014). Urheilijoiden kalsiumin tarve ei ole yleisiä suosituksia suurempi, sillä lihassoluun varastoitunutta kalsiumia pystytään käyttämään tehokkaasti uudelleen (Ilander ym. 2014).

D-vitamiinin ja kalsiumin tiedetään vaikuttavan yleiseen luuterveyteen (Aro ym. 2015). Kalsiumin ja D-vitamiinin puutos voi altistaa erilaisille luuston terveyttä heikentäville sairauksille, kuten riisitaudille ja osteomalasialle. Puutosoireet välittyvät lähinnä kalsiumin imeytymisen heikentymisestä. D-vitamiinin vähäinen saanti voi myös altistaa osteoporoosin kehittymiselle. Osteoporoosissa luun lujuuden alentuessa myös riski murtumille kasvaa. Kalsium todennäköisesti lisää luumassaa lapsuudessa ja murrosiässä (Osteoporoosi, Käypä hoito –suositus, 2018), jolloin kalsiumin saanti tulee olla normaalisaantia suurempi, 900 mg (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014). Kalsiumin saanti myös hidastaa luumassan menetystä naisilla ennen vaihdevuotia, sen jälkeen sekä myöhemmällä iällä (Osteoporoosi, Käypä hoito –suositus, 2018). Kalsiumin ja D-vitamiinin riittävään saantiin on siis syytä kiinnittää huomiota luuston terveyden ylläpitämiseksi.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Rasitusmurtumia pystytään jossain määrin ennaltaehkäisemään ravitsemuksen avulla. Riittävä energiansaanti vaikuttavaa olevan merkittävä tekijä rasitusmurtumien ennaltaehkäisyssä. Myös riittävä D-vitamiinin ja kalsiumin saanti todennäköisesti suojaavat rasitusmurtumien synnyltä, vaikka tutkimusnäyttö on osin ristiriitaista. Urheilijan energiansaannissa tulisi kiinnittää huomiota erityisesti riittävään energian saatavuuteen, jotta varmistetaan se, että energiaa jää riittävästi elimistön käyttöön harjoituksen aiheuttaman energiankulutuksen jälkeen. Tällöin varmistetaan, että urheiluharjoitusten seurauksena luihin syntyneet mikroauriot pystytään korjaamaan. Myös maitotuotteiden nauttiminen voi ennaltaehkäistä rasitusmurtumien syntyä, joskin tutkimusnäyttö ei ole kovin vahvaa. Ravitsemuksen ja rasitusmurtumien yhteydestä tarvitaan lisää prospektiivisiä ja randomoituja kontrolloituja tutkimuksia.

LÄHTEET

Arikoski P, Kröger L, Kröger H, Bishop NJ. Luuston terveystilaisuus- ja nuoruusiässä. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. 2002;118(12):1251-1258

Aro A, Mutanen M, Uusitupa M. Ravitsemustiede. Keuruu: Kustannus Oy Duodecim 2015.

Barrack MT, Fredericson M, Tenforde AS, Nattiv A. Evidence of a cumulative effect for risk factors predicting low bone mass among male adolescent athletes. Br J Sports Med 2017;51:200-205.

Barrack MT, Gibbs JC, Souza MJD, Williams NI, Nichols JF, Rauh MJ, Nattiv A. Higher Incidence of Bone Stress Injuries With Increasing Female Athlete Triad-Related Risk Factors: A Prospective Multisite Study of Exercising Girls and Women. The American Journal of Sports Medicine 2014;.

Bennell KL, Malcolm SA, Thomas SA, Ebeling PR, McCrory PR, Wark JD, Brukner PD. Risk Factors for Stress Fractures in Female Track-and-Field Athletes: A Retrospective Analysis. Clinical Journal of Sport Medicine 1995;5:229.

Chapurlat R, Saunier J. Stress fracture in athletes. Joint Bone Spine 2018;85:307-310.

Feingold D, Hame SL. Female athlete triad and stress fractures. Orthop Clin North Am 2006;37:575-583.

Field AE, Gordon CM, Pierce LM, Ramappa A, Kocher MS. Prospective Study of Physical Activity and Risk of Developing a Stress Fracture among Preadolescent and Adolescent Females. Archives of pediatrics & adolescent medicine 2011;165:723.

Fineli. Elintarvikkeiden koostumustietopankki. Helsinki: Terveystietokeskus ja hyvinvoinnin laitos. <http://www.fineli.fi> (luettu 13.2.2019).

Gavala A, Makris K, Korompeli A, Myriantsefs P. Evaluation of Bone Metabolism in Critically Ill Patients Using CTx and PINP. BioMed Research International 2016;2016:.

Griehober JA, Mehran N, Photopolous C, Fishman M, Lombardo SJ, Kharrazi FD. Vitamin D Insufficiency Among Professional Basketball Players: A Relationship to Fracture Risk and Athletic Performance. Orthopaedic journal of sports medicine 2018;6:2325967118774329.

Heikura IA, Uusitalo ALT, Stellingwerff T, Bergland D, Mero AA, Burke LM. 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 2018;28:403-411.

Ihle R, Loucks AB. Dose-Response Relationships Between Energy Availability and Bone Turnover in Young Exercising Women. Journal of Bone and Mineral Research 2004;19:1231-1240.

Ilander O, Laaksonen M, Lindblad P, Mursu J. Liikuntaravitsemus : tehoa, tuloksia ja terveyttä ruuasta. Lahti: VK-Kustannus 2014

Iwamoto J, Takeda T, Sato Y, Matsumoto H. Retrospective case evaluation of gender differences in sports injuries in a Japanese sports medicine clinic. *Gender Medicine* 2008;5:405-414.

Kelsey JL, Bachrach LK, Procter-Gray E, Nieves J, Greendale GA, Sowers M, Brown BWJ, Matheson KA, Crawford SL, Cobb KL. Risk Factors for Stress Fracture among Young Female Cross-Country Runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2007;39:1457.

Matcuk Jr G, Mahanty S, Skalski M, Patel D, White E, Gottsegen C. Stress fractures: pathophysiology, clinical presentation, imaging features, and treatment options. *Emerg Radiol* 2016;23:365-375.

Miller JR, Dunn KW, Ciliberti LJ, Patel RD, Swanson BA. Association of Vitamin D With Stress Fractures: A Retrospective Cohort Study. *The Journal of Foot and Ankle Surgery* 2016;55:117-120.

Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, Lebrun C, Meyer N, Sherman R, Steffen K, Budgett R, Ljungqvist A. The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad--Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *British journal of sports medicine* 2014;48:491-497.

Nieves JW, Melsop K, Curtis M, Kelsey JL, Bachrach LK, Greendale G, Sowers MF, Sainani KL. Nutritional Factors That Influence Change in Bone Density and Stress Fracture Risk Among Young Female Cross-Country Runners. *PM&R* 2010;2:740-750.

Osteoporoosi. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen endokrinologiyhdistyksen ja Suomen Gynekologiyhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen lääkärisseura Duodecim. 14.2.2018
<http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=hoi24065#K1>

Paakkari I. D-vitamiini. Lääkärikirja Duodecim. 28.11.2016
https://www.terveyskirjasto.fi/kotisivut/tk.koti?p_artikkeli=dlk01044#s2

Papageorgiou M, Elliott-Sale KJ, Parsons A, Tang JCY, Greeves JP, Fraser WD, Sale C. Effects of reduced energy availability on bone metabolism in women and men. *Bone* 2017;105:191-199.

Philipson MR, Parker PJ. Stress Fractures. *Orthopaedics and Trauma* 2009;23:137-143.

Sand O, Sjaastad ÖV, Haug E, Bjälle JG. Ihminen – Fysiologia ja Anatomia. Helsinki: Sanoma Pro 2015.

Shimasaki Y, Nagao M, Miyamori T, Aoba Y, Fukushi N, Saita Y, Ikeda H, Kim S, Nozawa M, Kaneko K, Yoshimura M. Evaluating the Risk of a Fifth Metatarsal Stress Fracture by Measuring the Serum 25-Hydroxyvitamin D Levels: *Foot & Ankle International* 2015;37:.

Sonneville KR, Gordon CM, Kocher MS, Pierce LM, Ramappa A, Field AE. Vitamin D, Calcium, and Dairy Intakes and Stress Fractures Among Female Adolescents. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 2012;166:595-600.

Suomen Luustoliitto ry. Luustoterveys. <https://luustoliitto.fi/luustoterveys/> (luettu 10.12.2018)

Taimela S, Koskinen S, Orava S, Hulkko A. Rasitusmurtumat. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. 1994;110(4):432

Tenforde AS, Carlson JL, Chang A, Sainani KL, Shultz R, Kim JH, Cutti P, Golden NH, Fredericson M. Association of the Female Athlete Triad Risk Assessment Stratification to the Development of Bone Stress Injuries in Collegiate Athletes: The American Journal of Sports Medicine 2016;45:.

Tenforde AS, Sayres LC, McCURDY ML, Sainani KL, Fredericson M. Identifying Sex-Specific Risk Factors for Stress Fractures in Adolescent Runners. Medicine & Science in Sports & Exercise 2013;45:1843.

Valtion ravitsemusneuvottelukunta. Terveyttä ruuasta – Suomalaiset ravitsemussuosituksset. 2014. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/teemat/terveytta-edistava-ruokavalio/kuluttaja-ja-ammattilaismateriaali/julkaisut/ravitsemussuosituksset_2014_fi_web_versio_5.pdf

Wentz L, Liu P, Ilich JZ, Haymes EM. Dietary and training predictors of stress fractures in female runners. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2012;22:374-382.

Xian L, Wu X, Pang L, Lou M, Rosen C, Qiu T, Crane J, Frassica F, Zhang L, Rodriguez JP, Jia X, Yakar S, Xuan S, Efstratiadis A, Wan M, Cao X. Matrix IGF-1 regulates bone mass by activation of mTOR in mesenchymal stem cells. Nature medicine 2012;18:1095.

Zanker CL ja Swaine IL :Responses of bone turnover markers to repeated endurance running in humans under conditions of energy balance or energy restriction., Springer-Verlag 2000 .

LIITE 1. Taulukko työn pohjana käytetyistä tutkimuksista

Viite, maa ja vuosi	Aineisto	Menetelmät, asetelma	Tärkeimmät tulokset
Barrack ym. 2014 (Yhdysvallat)	259 naista, keski-ikä: 18.1 vuotta, (n. 70 % kilpaurheilijoita, 30 % kuntourheilijoita) Yleisimmät lajit kestävyysjuoksu yleisurheilu, jalkapallo, uinti, lentopallo, tennis	Prospektiivinen kohorttitutkimus Kyselyt (syömiskäyttäytyminen, kuukautiskierto), luuntiheyden ja kehonkoostumuksen mittaus	Alhainen luuntiheys, alhainen BMI (< 21 kg/m ²), kuukautisten epäsäännöllisyys, syömisen rajoittaminen ja runsas (> 12 h/vko) liikunnan määrä altistavat rasitusmurtumille. Erityisen alttiita olivat kestävyysjuoksijat.
Barrack ym. 2017 (Yhdysvallat)	69 miesurheilijaa, 51 juoksijaa, 18 palloilulajien harrastajaa, ikä: 13–19 vuotta	Poikkileikkaustutkimus Kolmen päivän ruuankäytön frekvenssikysely, luuston mineraalitiheyden mittaus, pituuden ja painon mittaus, kyselyt (urheiluharjoitusten määrä ja laatu, vammahistoria)	Luun mineraalitiheyden alenemiselle altisti alhainen kalsiumin saanti (alle 1 annos päivässä), alhainen kehonpaino (< 85 % keskimääräisestä), runsas juoksuharjoittelun määrä (> 48 km/vko) sekä aiemmin sairastettu rasitusmurtuma.
Bennel ym. 1995 (Australia)	54 naisyleisurheilijaa, ikä: 17–26 vuotta	Retrospektiivinen tutkimus Kyselyt (rasitusmurtumien esiintyminen, kuukautiskierto), EAT-40 kysely, luun mineraalitiheyden ja kehonkoostumuksen mittaus	Rajoittavaa syömiskäyttäytymistä ja laihdutusyrityksiä oli enemmän niillä, joilla oli joskus ollut rasitusmurtuma. Myös kuukautisten epäsäännöllisyys näytti olevan yhteydessä rasitusmurtumiin.

(jatkuu)

Liite 1. jatkuu

Viite, maa ja vuosi	Aineisto	Menetelmät, asetelma	Tärkeimmät tulokset
Grieshober ym. 2018 (Yhdysvallat)	279 koripalloilijamiestä, keski-ikä: 21,5 vuotta	Havainnoiva epidemiologinen tutkimus Saatavilla olevasta datasta huomioitiin pelaajan ikä, pituus, paino, BMI, seerumin D-vitamiinipitoisuus sekä rasitusmurtumahistoria.	Niillä henkilöillä, joilla oli ollut rasitusmurtuma, seerumin kalsidiolipitoisuus oli korkeampi (30,7 ng/mL) verrattuna niihin, joilla ei ollut ollut rasitusmurtumaa (seerumin kalsidiolipitoisuus 25,1 ng/mL). Ne urheilijat, joilla seerumin D-vitamiinipitoisuus oli korkeampi kuin 20 ng/mL, valittiin todennäköisemmin NBA:n joukkueiden pelaaviin kokoonpanoihin, kuin ne, joilla pitoisuus oli alle 20 ng/mL.
Heikura ym. 2018 (Suomi)	59 kestävyysjuoksijaa ja kilpakävelijää, 35 naista ja 24 miestä, ikä: 18–40 vuotta	Poikkileikkaustutkimus Seitsemän päivän ruoka- ja harjoituspäiväkirja, luuston mineraalitiheyden ja kehonkoostumuksen mittaaminen, kyselyt (kuukautiskierto), verinäytteet	Naisilla amenorrea ja miehillä alhainen seerumin testosteronipitoisuus lisäsivät rasitusmurtuman riskiä 4,5 kertaiseksi verrattuna naisiin, joilla kuukautiskierto oli normaali sekä miehiin, joilla seerumin testosteronipitoisuudet olivat suositellulla tasolla. Amenorrea ja seerumin alhainen testosteronipitoisuus olivat yhteydessä alhaiseen energian saatavuuteen (< 30 kcal/ kg kehon rasvaton massa/ vrk)
Kelsey ym. 2007 (Yhdysvallat)	127 naiskestävyysjuoksijaa, ikä: 18–26 vuotta	Prospektiivinen tutkimus Pituuden, painon, luuntiheyden, ja kehonkoostumuksen mittaaminen, kyselyt (kuukautiskierto, juoksuharjoittelun määrä), ruuankäytön frekvenssikysely (erityisesti kalsiumpitoiset ruuat)	Aiempi rasitusmurtuma ja alhainen luustontiheys sekä todennäköisesti myös kuukautisten epäsäännöllisyys altistivat rasitusmurtumille

(jatkuu)

Liite 1. jatkuu

Viite, maa ja vuosi	Aineisto	Menetelmät, asetelma	Tärkeimmät tulokset
Miller ym. 2016 (Yhdysvallat)	124 potilasta, jolla on diagnosoitu rasitusmurtuma, 42 miestä, 82 naista. Keski-ikä: 43,92 vuotta. Liikunnallisuus ei tiedossa.	Retrospektiivinen kohorttitutkimus Tutkittavilta kerätyt tiedot: ikä, sukupuoli, BMI, rasitusmurtuman sijainti, seerumin kalsidiolipitoisuus	Rasitusmurtumia esiintyi enemmän niillä henkilöillä, joilla seerumin kalsidiolipitoisuus oli alle 40 ng/mL verrattuna niihin, joilla se oli yli 40 ng/mL
Nieves ym. 2010 (Yhdysvallat)	125 naispuolista kestävyysjuoksijaa, ikä: 18–26 vuotta	Prospektiivinen kohorttitutkimus Ruuankäytön frekvenssikysely, luun koostumuksen ja -tiheyden mittaaminen, pituus, paino, BMI, kehonkoostumus	Vähärasvainen, runsaasti maitotuotteita sisältävä ruokavalio vähensi rasitusmurtuman riskiä 68 %.
Paragergiou ym. 2017 (Iso-Britannia)	22 fyysisesti aktiivista henkilöä, 11 naista ja 11 miestä, ikä 18–35 vuotta	Kokeellinen tutkimus, satunnaistettu vaihtovuoroasetelma Tutkittavien ruokavaliota kontrolloitiin niin, että he saivat viiden päivän ajan energiaa 45 kcal/kg kehon rasvaton massa/vrk ja vastaavasti viiden päivän ajan 15 kcal/kg kehon rasvaton massa/vrk. Molemmilla viiden päivän jaksoilla tutkittavat suorittivat päivittäin juoksumattoharjoitteet. Tutkittavilta otettiin myös verinäytteitä, mitattiin luuntiheys, pituus ja paino ja energiankulutusta arvioitiin eräänlaisella aktiivisuusrannekkeella, kyselyt (kuukautiskierto)	Alhainen energian saatavuus (15 kcal/kg kehon rasvaton massa/vrk) lisäsi seerumin β -CTX-pitoisuutta ja vähensi PINP-pitoisuutta naisilla. Miehillä vastaavaa ei havaittu.

(jatkuu)

Liite 1. jatkuu

Viite, maa ja vuosi	Aineisto	Menetelmät, asetelma	Tärkeimmät tulokset
Shimasaki ym. 2015 (Japani)	37 jalkapalloilijaa, 18:lla oli ollut rasitusmurtuma, 19 kontrollia, keski-ikä: 21 vuotta	Tapaus-verrokkitutkimus Verinäytteet, ruuankäytön frekvenssikysely (erityisesti kalsiumpitoisten tuotteiden osalta), pituuden ja painon mittausta	Alhainen (< 30 ng/mL) seerumin kalsidiolipitoisuus oli yhteydessä jalkapöydän viidennen luun rasitusmurtumaan.
Sonneville ym. 2012 (Yhdysvallat)	6712 eri lajeja (koripallo, juoksu, tennis, jalkapallo, cheerleading, lentopallo) harrastavaa naista, ikä: 9–15 vuotta	Prospektiivinen kohorttitutkimus Ruuankäytön frekvenssikyselyt 1-2 v välein (maitotuotteet, kalsium, D-vitamiini), fyysisen aktiivisuuden määrä, kuukautiskierto, paino, pituus	Niillä henkilöillä, jotka nauttivat D-vitamiinia 16,5 µg/vrk, oli 50 % pienempi riski saada rasitusmurtuma verrattuna niihin, jotka saivat D-vitamiinia 2,6 µg/vrk. Maitotuotteiden ja kalsiumin saannilla ei ollut yhteyttä rasitusmurtumien syntyyn.
Tenforde ym. 2013 (Yhdysvallat)	428 tyttöä ja 273 poikaa, laji: juoksu, keski-ikä: 15,5	Prospektiivinen tutkimus Kyselyt (ruuankäytön frekvenssikysely, kuukautiskierto, aiempi vamma tai murtuma, harjoitushistoria, pituus, paino, kuukautiskierto, syömiskäyttäytyminen jne.)	Molemmilla sukupuolilla aiemmin sairastettu rasitusmurtuma oli riskitekijä uudelle rasitusmurtumalle. Tytöillä alhainen BMI, myöhäinen kuukautisten alkamisaika ja aiempaan harrastuksena voimistelu tai tanssi altistivat rasitusmurtumille. Pojilla aiempaan harrastuksena koripallo altisti rasitusmurtumille. Niillä tytöillä ketkä käyttivät kalsiumia lisäravinteena, oli kolme kertaa suurempi riski saada rasitusmurtuma tulevaisuudessa. Näyttö epäselvä.

(jatkuu)

Liite 1. jatkuu

Viite, maa ja vuosi	Aineisto	Menetelmät, asetelma	Tärkeimmät tulokset
Wentz ym. 2012 (Yhdysvallat)	27 naispuolista maastajuoksijaa ja 32 verrokkia (n=59), ikä: 18–40 vuotta	Retrospektiivinen tutkimus Kyselyt (rasitusmurtumien esiintyminen, harjoittelun määrä, kuukautiskierto), retrospektiivinen ruuankäytönkysely (maitotuotteiden ja kalsium saanti), kolmen päivän ruokapäiväkirja ja luuntiheyden, pituuden, painon ja kehonkoostumuksen mittaaminen. Tutkittavilta otettiin myös verinäytteet seerumin estradiolipitoisuuden määrittämiseksi.	Varhaisnuoruudessa runsas maidonjuonti oli yhteydessä parempaan luuston tiheyteen. Alhainen kalsiumin saanti, alhainen luustontiheys, epäsäännölliset kuukautiset, kova harjoittelualusta sekä pitkä juoksuharjoittelu historia altistivat rasitusmurtumille. Runsa kofeiinin saanti oli yhteydessä alempaan reisiluun mineraalitiheyteen.
Zanker ja Swaine 2000 (Iso-Britannia)	kahdeksan mieskestävyysjuoksijaa, keski-ikä: 25,1 vuotta	Kokeellinen tutkimus Kolmena peräkkäisenä päivänä tutkittavat toteuttivat juoksumattoharjoituksen energiavajeessa (energiansaanti 50 % tarpeesta) ja kahden viikon kuluttua vastaavanlaisen energiatasapainossa (energiansaanti 100 % tarpeesta). Ruokavalioiden koostumus oli vakioitu. Tutkittavilta otettiin myös veri- ja virtsanäytteitä.	Seerumin P1NP- ja IGF-1-pitoisuudet laskivat 15 % ja 17 %, kun juoksumattoharjoite toteutettiin energiavajeessa.

Lyhenteet: BMI = painoindeksi (body mass index), EAT-40 = kyselylomake, jolla kartoitetaan henkilön syömiskäyttäytymistä ja syömiseen suhtautumista laaja-alaisesti, P1NP = verestä mitattava luun muodostusta heijastava biomarkkeri, IGF-1 = insuliinin kaltainen kasvutekijä, joka vaikuttaa luun muodostukseen, β -CTX = verestä mitattava luun resorptiota heijastava biomarkkeri