

**KESTÄVYYSKUNNON JA KEHON RASVAPITOISUUDEN YHTEYDET
METABOLISEEN OIREYHTYMÄÄN JA INSULIINIRESENSIIN
6–8-VUOTIAILLA LAPSILLA**

Titta Kemppainen

Liikuntalääketieteen pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2018

TIIVISTELMÄ

Kemppainen, T. 2018. Kestävyyskunnan ja kehon rasvapitoisuuden yhteydet metaboliseen oireyhtymään ja insuliiniresistenssiin 6–8-vuotiailla lapsilla. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, liikuntalääketieteen pro gradu -tutkielma, 36 s.

Kestävyyskunnan ja kehon rasvapitoisuuden on havaittu olevan yhteydessä useisiin kardiometabolisiin riskitekijöihin ja niiden kasautumiseen jo lapsuudessa. Lasten metabolista oireyhtymää ei ole pystytty määrittelemään samaan tapaan kuin aikuisilla, mutta erityisesti ylimääräistä rasvamassaa pidetään haitallisena terveyden kannalta. Hyvän kestävyyskunnan tiedetään edistävän terveyttä myös lapsilla, mutta edelleen on epävarmaa, pystytäänkö hyvällä kestävyyskunnolla kompensoimaan lihavuuden aiheuttamia terveysongelmia. Tämän tutkielman tarkoituksena oli selvittää kestävyyskunnan ja kehon rasvapitoisuuden yhteyksiä metaboliseen oireyhtymään ja insuliiniresistenssiin sekä tutkia kestävyyskunnan yhteyttä kardiometaboliseen riskiin lapsilla, joilla on suurentunut rasvaprosentti.

Tämä työ perustuu Itä-Suomen yliopiston Lasten liikunta ja ravitsemus (PANIC) -tutkimuksen vuosina 2007–2009 toteutetun alkumittausvaiheen aineistoon. Kestävyyskuntoa mitattiin maksimaalisella polkupyöräergometritestillä. Kestävyyskunnan mittareina käytettiin maksimaalista työkuormaa suhteessa kehon kokonaismassaan (W/kg) ja rasvattomaan massaan (W/lm [lean mass]). Kehon rasvaton massa ja rasvamassa mitattiin kaksiennergiaisella röntgenabsorptiometrialla (DXA). Metabolista oireyhtymää arvioitiin vyötärön ympäryksen, seerumin paastoinsuliinin, plasman paastoglukoosin, triglyseridien, HDL-kolesterolin sekä systolisen ja diastolisen verenpaineen keskiarvon avulla lasketulla kardiometabolisella riskipistemäärällä (cMetS). Insuliiniresistenssin arviointiin käytettiin paastoverinäytteistä analysoituja insuliini- ja glukoosipitoisuuksia sekä insuliiniresistenssiä kuvaavaa HOMA-IR-arvoa. Aineisto analysoitiin IBM SPSS Statistics 24 -ohjelmalla käyttäen lineaarista regressioanalyysiä ja kovarianssianalyysiä (ANCOVA).

Tutkielmaan valikoitui 452 lasta, joista tyttöjä oli 216 (47,8 %) ja poikia 236 (52,2 %). Suurempi rasvaprosentti ja heikompi kehon kokonaismassaan suhteutettu kestävyyskunto olivat yhteydessä korkeampaan kardiometaboliseen riskipistemäärään, insuliiniin ja HOMA-IR-arvoon sekä tytöillä että pojilla ($p < 0,001$). W/lm ei ollut yhteydessä tulomuuttujiin kummallakaan sukupuolella. Rasvaprosentin ja kestävyyskunnan sukupuolispesifien mediaanien mukaan jaetuissa ryhmissä lapsilla, joilla oli korkeampi rasvaprosentti ja parempi W/kg, oli matalampi kardiometabolinen riskipistemäärä, insuliini ja HOMA-IR-arvo kuin niillä, joilla oli suurempi rasvaprosentti, mutta matalampi W/kg. W/lm ei ollut yhteydessä metabolisen oireyhtymän ja insuliiniresistenssin kuvaajiin lapsilla, joilla oli matalampi tai korkeampi rasvaprosentti, vaan korkeampi rasvaprosentti oli yhteydessä korkeampaan kardiometaboliseen riskipistemäärään, insuliiniin ja HOMA-IR-arvoon riippumatta W/lm tasosta.

Tulosten mukaan kehon rasvapitoisuus on selkeästi yhteydessä metabolisen oireyhtymän ilmentäjiin. Kestävyyskunnan myönteiset yhteydet kardiometaboliseen riskiin voivat selittyä kehon rasvapitoisuuden eroilla, mikä korostaa normaalipainoisuuden ja normaalin kehon rasvapitoisuuden merkitystä kardiometabolisen terveyden edistämässä jo lapsilla. Kestävyyskunnan merkitystä kardiometaboliseen riskiin on kuitenkin syytä tutkia lisää. Tämän tutkielman poikkileikkausasetelman vuoksi syy-seuraussuhteita ei pystytä selvittämään.

Asiasanat: kestävyyskunto, lihavuus, metabolinen oireyhtymä, insuliiniresistenssi, lapset

ABSTRACT

Kemppainen, T. 2018. Associations of cardiorespiratory fitness and body fat mass with metabolic syndrome and insulin resistance in children aged 6–8 years. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis in Sports and Exercise Medicine, 36 pp.

Cardiorespiratory fitness and adiposity have been found to be associated with several cardiometabolic risk factors and clustering of these risk factors already in childhood. It has not been possible to determine the metabolic syndrome in children the same way as in adults, but especially the excess fat mass is considered to be harmful in terms of health. High cardiorespiratory fitness is known to promote health also in children, but it is still uncertain if high cardiorespiratory fitness can compensate the health problems caused by obesity. The aim of this thesis was to explore the associations between cardiorespiratory fitness and body fat content in the metabolic syndrome and insulin resistance and further examine the relation between cardiorespiratory fitness and cardiometabolic risk in children with an increased body fat percentage.

This thesis is based on the data of the baseline examinations of the Physical Activity and Nutrition in Children (PANIC) study conducted by the University of Eastern Finland in 2007-2009. Cardiorespiratory fitness was measured using the maximal cycle ergometer test. The maximal workload in relation to body mass (W/kg) and lean body mass (W/lm) were used as a measure of cardiorespiratory fitness. The lean body mass and body fat mass were measured using the dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). Metabolic syndrome was evaluated by the cardiometabolic risk score (cMetS) calculated with waist circumference, fasting serum insulin, fasting plasma glucose, triglycerides, HDL cholesterol and the average of systolic and diastolic blood pressure. Insulin and glucose concentrations analyzed from fasting blood samples as well as HOMA-IR were used to assess insulin resistance. The data was analyzed with IBM SPSS Statistics 24 software using linear regression analysis and covariance analysis (ANCOVA).

452 children were selected for the thesis, of which 216 (47,8 %) were girls and 236 (52,2 %) were boys. Higher fat percentage and lower cardiorespiratory fitness in relation to body mass were associated with higher cardiometabolic risk score, insulin and HOMA-IR in both girls and boys ($p < 0,001$). W/lm was not associated with any of the outcome variables in either sex. In groups divided by sex specific medians of fat percentage and cardiorespiratory fitness, children with higher fat percentage and higher W/kg had lower cardiometabolic risk score, insulin and HOMA-IR than children with higher fat percentage but lower W/kg. W/lm did not have associations with the indicators of metabolic syndrome in children with lower or higher fat percentage but higher BF% was associated with higher cardiometabolic risk score, insulin and HOMA-IR regardless of the level of W/lm.

According to the results, body fat content is clearly associated with the indicators of metabolic syndrome. The positive associations of cardiorespiratory fitness to cardiometabolic risk may be explained by the differences in body fat content, which emphasizes the importance of normal body weight and body fat content in promoting cardiometabolic health already in childhood. However, the relevance of cardiorespiratory fitness to cardiometabolic risk in children should be further explored. Because of the cross-sectional design of this thesis, the causal relationships cannot be investigated.

Key words: cardiorespiratory fitness, adiposity, metabolic syndrome, insulin resistance, children

KÄYTETYT LYHENTEET

cMetS	continuous metabolic syndrome risk score, kardiometabolista riskiä kuvaava jatkuva pistemäärämuuttuja
CRF	cardiorespiratory fitness, kestävyyskunto
DXA	dual-energy X-ray absorptiometry, kaksiennergiaainen röntgenabsorptiometria
HDL	high density lipoprotein, korkean tiheyden lipoproteiini, HDL-kolesteroli
HOMA-IR	the homeostasis model assessment of insulin resistance, homeostaasimalli insuliiniresistenssin arvioimiseksi
LDL	low density lipoprotein, alhaisen tiheyden lipoproteiini, LDL-kolesteroli
PANIC	Physical Activity and Nutrition in Children, Lasten liikunta ja ravitsemus -tutkimus (Itä-Suomen yliopisto)
WHO	World Health Organization, Maailman terveysjärjestö
W/kg	wattia per painokilo, kestävyyskunnan yksikkö tehona kehon kokonaismassaan suhteutettuna
W/lm	wattia per rasvaton painokilo (lean mass), kestävyyskunnan yksikkö tehona kehon rasvattomaan pehmytkudosmassaan suhteutettuna

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
2	KESTÄVYYSKUNTO	3
2.1	Kestävyyskunnan yhteydet lasten terveyteen	3
2.2	Kestävyyskunnan määrittäminen	4
2.3	Fat but fit -hypoteesi.....	6
3	LASTEN LIHAVUUS JA KARDIOMETABOLINEN RISKI	7
3.1	Metabolinen oireyhtymä.....	7
3.2	Lasten lihavuuden yhteydet kardiometaboliseen riskiin	9
4	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET.....	11
5	TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT	12
5.1	Aineisto.....	12
5.2	Muuttujat ja mittausmenetelmät.....	13
5.3	Tilastolliset analyysit.....	14
6	TULOKSET.....	16
6.1	Tutkimusjoukon kuvailevat tiedot.....	16
6.2	Kestävyyskunnan ja rasvaprosentin yhteydet kardiometaboliseen riskiin ja insuliiniresistenssin indikaattoreihin.....	16
6.3	Kardiometabolisen riskipistemäärän ja insuliiniresistenssin indikaattorien erot eri ryhmissä.....	18
7	POHDINTA.....	23
7.1	Kestävyyskunnan ja rasvapitoisuuden yhteydet kardiometabolisiin riskitekijöihin.....	23
7.2	Fat but fit -hypoteesi.....	25

7.3 Lihavuuden ja kestävyyskunnan arvioimisen haasteet.....	27
7.4 Tutkimuksen eettisyys, rajoitukset ja jatkotutkimusaiheet	28
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	30
LÄHTEET	31

1 JOHDANTO

Fyysistä kuntoa voidaan pitää hyödyllisenä terveyden kuvaajana jo lapsilla ja nuorilla (Ortega ym. 2008). Hyvällä kestävyyskunnolla lapsuudessa ja nuoruudessa on osoitettu olevan vahva yhteys terveempään kardiometaboliseen profiiliin (Ortega ym. 2008; Ruiz ym. 2009). Kestävyyskunnolla on havaittu yhteyksiä kehon rasvapitoisuuteen (Ruiz ym. 2007; Ortega ym. 2008; Stigman ym. 2009) ja vyötärön ympärykseen (Ekelund ym. 2007; Stigman ym. 2009), paastoin-suliiniin (Ekelund ym. 2007; Ruiz ym. 2007) ja paastoglukoosiin (Ekelund ym. 2007), plasman lipidiprofiiliin (Mesa ym. 2006) sekä kardiometabolisten riskitekijöiden kasautumiseen (Anderssen ym. 2007; Ekelund ym. 2007; Ruiz ym. 2007; Ortega ym. 2008). Kehon rasvaton massa on voimakkaimmin yhteydessä lasten maksimaaliseen hapenottokykyyn (Goran ym. 2000) ja näin ollen sillä on positiivinen yhteys kestävyyskuntoon (Henriksson ym. 2016). Lasten kestävyyskuntoa mitataan useimmiten juoksumattotestillä, polkupyöräergometritestillä tai 20 metrin sukkelajuoksutestillä (Ruiz ym. 2009).

WHO:n (2017) mukaan lasten maailmanlaajuisesti lisääntynyt lihavuus altistaa aikuisuudessa monille erilaisille sairauksille, kuten sydän- ja verisuonitaukeille sekä tyyppin 2 diabetekselle. Lasten lihavuus on yhteydessä useisiin metabolista oireyhtymää ilmentäviin tekijöihin (Komulainen ym. 2012). Metabolinen oireyhtymä on joukko yhtäaikaisesti esiintyviä aineenvaihdunnallisia sydän- ja verisuonitautien riskitekijöitä, kuten keskivartaloon painottuva lihavuus, kohonnut verenpaine, sokeriaineenvaihdunnan häiriöt ja insuliiniresistenssi (Alberti ym. 2006). Metabolisen oireyhtymän esiintyvyyden on todettu lisääntyvän lihavuuden asteen mukaan (Cali & Caprio 2008). Lasten metaboliselle oireyhtymälle ei ole yhtenäisiä diagnostisia kriteerejä, mutta keskivartalolihavuutta pidetään yhtenä tärkeimmistä oireyhtymää määrittävistä tekijöistä (Zimmet ym. 2007). Riskitekijöiden kasautumista pyritään lisäksi tutkimaan muun muassa useista metaboliseen oireyhtymään vaikuttavista tekijöistä muodostetun kardiometabolisen riskipistemäärän avulla (Eisenmann 2008).

Niin kutsutun fat but fit -hypoteesin mukaan kohtalaisella tai hyvällä kestävyyskunnolla saataan pystyä ehkäisemään lihavuuden aiheuttamia terveysriskejä (Ortega ym. 2018). Aikuisilla hyvän kestävyyskunnan on havaittu lihavuudesta huolimatta olevan yhteydessä metaboliseen

terveyteen (Ortega ym. 2015) ja pienempään kuoleman riskiin verrattuna lihaviin aikuisiin, joilla on heikompi kestävyyskunto (Katzmarzyk ym. 2005; Barry ym. 2014). Myös lihavilla lapsilla hyvä kestävyyskunto voi suojata kardiometabolisen riskin kohoamiselta huonokuntoisiin verrattuna (Nyström ym. 2017), mutta tutkimusnäyttö on edelleen vähäistä. Jos fat but fit -hypoteesi pitää paikkansa, kestävyyskunto voi osoittautua tärkeäksi tekijäksi metabolisen terveyden ennustajana lihavilla henkilöillä (Ortega ym. 2015).

Tämän tutkielman tavoitteena on tutkia lasten kestävyyskunnan ja kehon rasvapitoisuuden yhteyksiä metabolista oireyhtymää indikoiviin tekijöihin, joita tässä ovat kardiometabolinen riskipistemäärä, veren insuliini- ja glukoosipitoisuus sekä HOMA-IR. Lisäksi tarkoituksena on selvittää, suojaako hyvä kestävyyskunto kardiometabolisen riskin kohoamiselta suuremman rasvaprosentin omaavilla lapsilla. Tutkielmassa tarkastellaan myös kehon kokonaismassaan ja rasvattomaan massaan suhteutettujen muuttujien tarkoituksenmukaisuutta kestävyyskunnan kuvaamisessa. Haluan kiittää Itä-Suomen yliopistoa ja PANIC-tutkimuksen tutkimusryhmää aineiston keräämisestä ja luovuttamisesta käyttööni sekä tutkijatohtori Eero Haapalaa pitkäjänteisestä ohjaustyöstä.

2 KESTÄVYYSKUNTO

Kestävyyskunto voidaan määritellä elimistön kykyä kuljettaa happea lihaksille ja hyödyntää sitä energiantuotossa kuormituksen aikana (Armstrong ym. 2011). Kestävyyskunto on objektiivisesti mitattava ja toistettavissa oleva ominaisuus, johon vaikuttavat muun muassa ikä, sukupuoli, terveydentila, perimä ja fyysisen aktiivisuuden taso (Hainer ym. 2009). Pojilla on yleensä tyttöjä korkeampi maksimaalinen hapenottokyky ja se paranee lapsen vanhetessa ja kasvaessa (Armstrong ym. 2011). Harjoittelun ei uskota lisäävän lasten huippuhapenottokykyä yhtä paljon kuin aikuisilla, mutta tutkimusten mukaan samalla suhteellisella intensiteetillä toteutettu harjoittelu voi kohentaa lasten ja aikuisten kestävyyskuntoa saman verran (Armstrong & Barker 2011). Raskaan fyysisen aktiivisuuden on todettu kohentavan lasten ja nuorten kestävyyskuntoa eniten, mutta jo kevyemmälläkin aktiivisuudella saatetaan saavuttaa merkittäviä parannuksia (Parikh & Stratton 2011).

2.1 Kestävyyskunnan yhteydet lasten terveyteen

Kestävyyskunnan on todettu olevan yhteydessä useisiin kardiometabolisiin häiriöihin lapsilla ja nuorilla (Ruiz ym. 2007). Kestävyyskunnolla on yhteys muun muassa lasten ja nuorten kehon kokonaisrasvapitoisuuteen (Ruiz ym. 2007; Ortega ym. 2008; Stigman ym. 2009) ja keskivartalolihavuudesta kertovaan vyötärön ympäröykseen (Klasson-Heggebø ym. 2006; Ekelund ym. 2007; Stigman ym. 2009). Tutkimuksissa alle kouluikäisten lasten suuri kehon painoindeksi (Niederer ym. 2012) tai rasvapitoisuus (Henriksson ym. 2016) olivat yhteydessä heikompaan tulokseen 20 metrin sukkulajuoksu-testissä. Niedererin ym. (2012) mukaan lihavammissa lapsilla on jo 6-vuotiaina heikompi kestävyyskunto normaalipainoisiin verrattuna.

Kestävyyskunnan on havaittu olevan yhteydessä myös muihin kardiometabolista riskiä kuvaaviin tekijöihin, kuten systoliseen verenpaineeseen (Klasson-Heggebø ym. 2006), paastoinsuliiniin (Ekelund ym. 2007; Ruiz ym. 2007), paastoglukoosiin (Ekelund ym. 2007), plasman lipidi-profiiliin (Mesa ym. 2006), triglyseridipitoisuuteen tytöillä (Ruiz ym. 2007) sekä kardiometabolisten riskitekijöiden kasautumiseen (Anderssen ym. 2007; Ekelund ym. 2007; Ruiz ym. 2007; Ortega ym. 2008). Anderssenin ym. (2007) eurooppalaislapsilla teetetyt tutkimuksen

mukaan kestävyyskunto on vahvasti yhteydessä kardiometabolisten riskitekijöiden kasaantumiseen iästä, sukupuolesta ja asuinmaasta riippumatta. Lisäksi kestävyyskunnolla on havaittu kohtalainen yhteys matalampaan metabolisen oireyhtymän kehittymisen ja valtimoiden jäykistymisen riskiin myöhemmin elämässä (Ruiz ym. 2009).

Ortegan ym. (2008) mukaan kestävyyskunnolla on havaittu yhteys myös psyykkiseen terveyteen. Harjoittelun aikaansaamalla kestävyyskunnan kohenemisella on rajallisen tutkimusnäytön perusteella osoitettu olevan positiivisia vaikutuksia muun muassa masennukseen, ahdistuneisuuteen, mielialaan ja itsetuntoon nuorilla. Sen sijaan lasten luuston terveyteen kestävyyskunnolla ei ajatella olevan niin suurta vaikutusta kuin lihaskunnan ja nopeuden tai ketteryyden harjoittamisella (Ortega ym. 2008). Kestävyyskunnolla on havaittu yhteys myös lasten ja nuorten akateemiseen menestykseen, mutta yhteyden kausaalisuutta ei ole vielä pystytty luotettavasti selvittämään (Santana ym. 2017).

2.2 Kestävyyskunnan määrittäminen

Lasten ja nuorten kestävyyskuntoa on tutkimuksissa arvioitu muun muassa polkupyöräergometritesteillä, juoksumattotesteillä ja 20 metrin sukkulajuoksutesteillä (Ruiz ym. 2009). Ruizin ym. (2007) mukaan on tärkeää määritellä terveyden kannalta riittävät raja-arvot kestävyyskunnolle lapsuudesta lähtien, jotta voidaan tunnistaa muita sydän- ja verisuonitautien riskitekijöitä, ennaltaehkäistä sairauksia ja kehittää terveyden edistämisen käytänteitä. Kestävyyskunnan raja-arvoja voidaan käyttää myös kouluissa rohkaisemaan lapsia liikkumaan enemmän, jotta lapset saavuttaisivat terveyden kannalta riittävän kestävyyskunnan tason (Ruiz ym. 2007). Lasten ja nuorten kestävyyskuntoa määritellään yleisimmin hapenottokykynä kehon kokonaismassaan suhteutettuna (Loftin ym. 2016). Ruizin ym. (2007) tutkimuksessa matalaa kardiometabolista riskiä vastaava kestävyyskunnan taso maksimaalisena hapenottokykynä ilmaistuna oli tytöillä vähintään 37 mL/kg/min ja pojilla 42,1 mL/kg/min. Kyseisen raja-arvon ylittäneillä tytöillä oli yli kolme kertaa ja pojilla lähes 2,5 kertaa suurempi todennäköisyys matalaan kardiometaboliseen riskiin kuin rajan alittavilla lapsilla (Ruiz ym. 2007). Lintu ym. (2014) laativat lapsille kestävyyskunnan raja-arvot työkuormana suhteessa kehon massaan. Tytöillä alle 1,85

W/kg viittaa matalaan kestävyyskuntoon ja yli 2,24 W/kg puolestaan korkeaan kestävyyskuntoon. Tälle välille sijoittuvat keskimääräisen kestävyyskunnan omaavat lapset (Lintu ym. 2014).

Lasten kehon koon ja koostumuksen laajan vaihtelun vuoksi kehon kokonaismassaan suhteutettu kestävyyskuntomuuttuja ei välttämättä ilmaise todellista kestävyyskunnan tasoa (Loftin ym. 2016). Rowlandin (2013) mukaan kestävyyskunnan suhteuttaminen kehon kokonaismassaan ei ota huomioon painokiloihin sisältyvää rasvamassaa, joka on aineenvaihdunnallisesti passiivista kudosta. Tällöin kehon kokonaismassaan suhteutettu hapenottokyky liioittelee hoikkien ihmisten kestävyyskuntoa, kun vastaavasti lihaviiden kestävyyskunnan arvot ovat pienempiä jo pelkän liiallisen rasvamassan takia. Kehon kokonaismassaan suhteutettu kestävyyskunto kuvaa siis sekä todellista kestävyyskuntoa että kehon rasvapitoisuutta (Rowland 2013). Rasvamassalla ei niinkään ole merkitystä hapenkulutukseen, joskin ylipainolla voi olla haitallinen vaikutus submaksimaaliseen aerobiseen kapasiteettiin (Goran ym. 2000). Kehon rasvattomaan massaan suhteutetun huippuhapenottokyvyn on havaittu korreloivan lasten ja nuorten kestävyysjuoksusuoritusten kanssa kokonaismassaan suhteutettua hapenottokykyä voimakkaammin, mikä voi viitata rasvamassan negatiiviseen vaikutukseen kestävyysjuoksussa, jossa kannatellaan omaa painoa (Loftin ym. 2016).

Kestävyyskunnan luotettavampi arviointi onnistuu parhaiten suhteuttamalla maksimaalinen hapenottokyky kehon rasvattomaan massaan (Rowland 2013), sillä rasvaton massa on voimakkaimmin yhteydessä lasten maksimaaliseen hapenottokykyyn (Goran ym. 2000). Luustolihakset ovat pääosassa tuottamassa kehon liikettä (Loftin ym. 2016), joten lihasmassa lisää hapenkulutusta ja edistää laskimopaluuta perifeerisen lihasaktivaation kautta ja siten lisää myös sydämen iskutilavuutta (Armstrong & Welsman 2000). Gravesin ym. (2013) mukaan huippuhapenottokyky suhteutettuna alaraajojen rasvattomaan pehmytkudosmassaan antaa parhaan arvon lasten kestävyyskunnosta, mutta suhteuttaminen koko kehon rasvattomaan massaan on lähes yhtä validi tapa. Lintu ym. (2014) ovat esittäneet kestävyyskunnan raja-arvot lapsille myös kehon rasvattomaan massaan suhteutettuna. Työillä matalaa kestävyyskuntoa indikoiva arvo on alle 2,99 W/lm ja korkea kestävyyskuntoa indikoiva arvo on yli 3,90 W/lm. Pojilla vastaavat arvot ovat alle 3,42 W/lm ja yli 4,30 W/lm.

2.3 Fat but fit -hypoteesi

Hyvän kestävyyskunnan on todettu olevan yhteydessä matalampaan kardiometaboliseen riskiin lapsilla (Ruiz ym. 2007), mutta edelleen on epävarmaa, voidaanko hyvällä kestävyyskunnolla ehkäistä lihavuuden aiheuttamaa kardiometabolisen riskin kohoamista ja siitä johtuvia sairauksia (Blair & Church 2004). Tutkimusten mukaan on mahdollista, että myös lapsilla ja nuorilla hyvällä kestävyyskunnolla voitaisiin pystyä ehkäisemään haittavaikutuksia, joita runsaan lihavuuden ajatellaan aiheuttavan (Ortega ym. 2018). Tällöin kestävyyskunnan kohentamisella voitaisiin pystyä edistämään terveyttä ja vaikuttamaan sairastuvuuteen ja kuolleisuuteen myöhemmin elämässä lihavuudesta huolimatta (Hainer ym. 2009).

Ortegan ym. (2015) mukaan lihavilla, mutta metabolisesti terveillä aikuisilla on havaittu olevan merkitsevästi parempi kestävyyskunto verrattuna lihaviin ja metabolisia poikkeavuuksia omaaviin aikuisiin. Näin ollen kestävyyskunto saattaisi olla tärkeä metaboliseen terveyteen vaikuttava tekijä lihavilla henkilöillä (Ortega ym. 2015). Katzmarzyk ym. (2005) toteavat aikuisilla hyvän kestävyyskunnan suojaavan ennaikaiselta kuolemalta ylipainosta tai metabolisesta oireyhtymästä huolimatta. Myös Barryn ym. (2014) meta-analyysin mukaan heikomman kestävyyskunnan omaavilla aikuisilla on kaksinkertainen kuoleman riski kehon painoindexistä riippumatta, kun taas hyväkuntoisilla ylipainoisilla ja lihavilla riski vastaa heidän normaalipainoisten verrokkien riskitasoa.

Joissakin lapsia ja nuoria käsittelevissä tutkimuksissa korkeamman painoindexin omaavilla hyvän kestävyyskunnan on havaittu olevan yhteydessä pienempään kardiometaboliseen riskipistemäärään pojilla (Eisenmann ym. 2007) tai molemmilla sukupuolilla (Nyström ym. 2017). Sen sijaan Surianon ym. (2010) mukaan kestävyyskunnolla olisi kardiometabolisen riskin nousulta suojaava vaikutus vain normaalipainoisilla lapsilla. Lihavilla, mutta hyväkuntoisilla lapsilla on havaittu olevan myös alhaisemmat HOMA-IR-arvot kuin huonokuntoisilla lihavilla (Nyström ym. 2017). Lihavammilla lapsilla ja nuorilla on kuitenkin normaalipainoisiin verrattuna korkeampi kardiometabolinen riskipistemäärä kestävyyskunnosta riippumatta (Eisenmann ym. 2007; Nyström ym. 2017). Lapsilla fat but fit -hypoteesista on vielä verrattain vähän tutkimusnäyttöä ja se on ristiriitaista.

3 LASTEN LIHAVUUS JA KARDIOMETABOLINEN RISKI

Lihavuuden tiedetään yleisesti olevan yhteydessä heikompaan terveyteen ja suurempaan sydän- ja verisuonitautien riskiin (Ortega ym. 2016). Lasten lihavuus on lisääntynyt maailmanlaajuisesti, mikä on johtanut myös entistä varhaisempiin aineenvaihdunnan häiriöihin sekä sydän- ja verisuonitautien sairastuvuuteen (WHO 2017). Sukupuolten väliset erot kehon rasvapitoisuudessa näkyvät jo ennen murrosikää, sillä tytöillä on poikia enemmän rasvamassaa jo lapsuudessa, vaikka sukupuolten välillä ei vielä olisi pituus- tai painoeroa (Taylor ym. 1997). Myös insuliiniresistenssi (Murphy ym. 2004; Lee ym. 2006) ja tyypin 2 diabetes ovat yleisempiä tytöillä kuin pojilla (Murphy ym. 2004).

3.1 Metabolinen oireyhtymä

Metabolinen oireyhtymä on nimitys joukolle kasautuneita aineenvaihdunnallisia sydän- ja verisuonitautien riskitekijöitä, kuten keskivartalolihavuus, insuliiniresistenssi, dyslipidemia, kohonnut verenpaine ja sokeriaineenvaihdunnan häiriöt (Alberti ym. 2006). Kyseisten häiriöiden kehittyminen ja vaikeusaste riippuvat osaltaan iästä ja rasvamassan suuruudesta, keskivartalolihavuuden ollessa merkittävin myötävaikuttava tekijä (Han & Lean 2015). Koska lasten ja nuorten metabolista oireyhtymää esiintyy verrattain vähän, ei sille ole selkeää määritelmää (Eisenmann 2008).

Albertin ym. (2006) laatiman konsensuslausuman mukaan metabolinen oireyhtymä voidaan diagnosoida aikuisella, kun henkilöllä on etnisesti määritettyjen vyötärön ympäristen viitearvojen (miehet ≥ 90 – 94 cm ja naiset ≥ 80 – 85 cm) mukaan keskivartalolihavuutta sekä vähintään kaksi seuraavista riskitekijöistä:

- kohonnut veren triglyseridipitoisuus ($\geq 1,7$ mmol/l [150 mg/dl]) tai hoito tähän rasvahäiriöön,
- vähäinen veren HDL-kolesterolipitoisuus ($< 1,03$ mmol/l [40 mg/dl] miehillä ja $< 1,29$ mmol/l [50 mg/dl] naisilla) tai hoito tähän rasvahäiriöön,

- kohonnut verenpaine (systolinen ≥ 130 mmHg tai diastolinen ≥ 85 mmHg) tai hoito aiemmin todettuun hypertensioon,
- kohonnut plasman paastoglukoosi ($\geq 5,6$ mmol/l [100 mg/dl] tai aiemmin diagnosoitu tyyppin 2 diabetes (Alberti ym. 2006).

Kansainväliselle diabetesliitolle (IDF) laaditussa konsensuslausumassa todetaan, että alle 10-vuotiailla ei varsinaisesti voida diagnosoida metabolista oireyhtymää tiettyjen viitearvojen perusteella, mutta erityisesti keskivartalolihavuutta voidaan pitää yhtenä ilmentäjänä oireyhtymälle (Zimmet ym. 2007). WHO:n (2017) 5–19-vuotiaiden viitearvojen mukaan ylipainoksi luetaan yli yhden keskihajonnan verran ja lihavuudeksi yli kahden keskihajonnan verran iänmukaisten viitearvojen mediaanin ylittävä kehon painoindeksi. Maailman lihavuusjärjestön painoindeksin viitearvojen mukaan esimerkiksi 7-vuotiaan lapsen ylipainon raja on noin 18 kg/m², lihavuuden noin 20,5 kg/m² ja sairaalloisen lihavuuden noin 23 kg/m² (World Obesity Federation 2015).

Lasten lihavuutta voidaan arvioida myös vyötärön ympärysmittauksella, josta voidaan päätellä rasvamassan kasaantumista keskivartaloon (Lobstein ym. 2004). Muita mittauksia on syytä tehdä, jos lapsen suvussa esiintyy metabolista oireyhtymää, tyyppin 2 diabetesta, dyslipidemiaa, sydän- ja verisuonisairauksia, hypertensiota ja/tai lihavuutta (Zimmet ym. 2007). Viitasalon ym. (2014) mukaan suuri vyötärön ympäryys ei kuitenkaan ole lapsilla yhtä merkittävä metabolisen oireyhtymän ilmentäjä kuin aikuisilla. Kardiometabolisen riskin jatkuva pistemäärämuutuja (cMetS) on luotu määrittämään lasten ja nuorten metabolista oireyhtymää (Eisenmann 2008). Viitasalon ym. (2014) mukaan kardiometabolisista riskitekijöistä muodostettua cMetS-lukua voidaan käyttää eri ikäryhmissä kuvaamaan metabolisen oireyhtymän riskitekijöiden kasaantumista. Kardiometabolinen riskipistemäärä ennustaa tyyppin 2 diabeteksen sekä sydän- ja verisuonisairauksien ilmaantumista ja kuolleisuutta, joten se voi olla tutkimukselle hyödyllinen työkalu niin aikuisten kuin lastenkin kardiometabolisen riskin arvioinnissa. Kliiniseen työhön ei kuitenkaan ole vielä määritelty raja-arvoja, joilla voitaisiin helposti tunnistaa korkean kardiometabolisen riskin omaavat henkilöt (Viitasalo ym. 2014).

3.2 Lasten lihavuuden yhteydet kardiometaboliseen riskiin

Lasten lihavuus on yhteydessä useisiin muihin kardiometabolisiin riskitekijöihin (Skinner ym. 2015). Korkeamman painoindeksin nuoruudessa on todettu lisäävän riskiä sairastua tyyppin 2 diabetekseen aikuisuudessa (Sabin ym. 2015). Nuorilla, joilla on paljon viskeraalista rasvaa suhteessa vatsan alueen ihonalaiseen rasvaan, on myös viisi kertaa suurempi todennäköisyys metaboliseen oireyhtymään kuin vähän viskeraalirasvaa omaavilla nuorilla (Cali & Caprio 2008). Komulaisen ym. (2012) mukaan metaboliseen oireyhtymään liitettyjä ominaisuuksia, kuten insuliiniresistenssiä, sokeriaineenvaihdunnan häiriöitä, kohonnutta verenpainetta ja dyslipidemiaa, esiintyy lihavilla lapsilla ja nuorilla normaalipainoisia enemmän. Lisäksi kyseisten sydän- ja verisuonitautien riskitekijöiden esiintyvyyden on todettu lisääntyvän lihavuuden vaikeuden mukaan (Komulainen ym. 2012). Calin ja Caprion (2008) mukaan myös metabolisen oireyhtymän esiintyvyydellä on vahva yhteys lihavuuden asteeseen siten, että vaikeimmin lihavilla oireyhtymää esiintyy eniten. Lisäksi metabolisen oireyhtymän eri elementit pahenevat lihavuuden asteen mukaan iästä, sukupuolesta ja murrosiän vaiheesta riippumatta, mikä osoittaa lihavuuden haitallisuuden jo lapsuudessa (Cali & Caprio 2008).

Vinerin ym. (2005) mukaan lapset, joilla ilmenee useita insuliiniresistenssiä indikoivia tekijöitä, kuten lihavuutta, epänormaalia glukoosiaineenvaihduntaa, dyslipidemiaa ja korkeaa verenpainetta, voivat muodostaa korkean kardiometabolisen riskiryhmän. Insuliiniresistenssiä pidetään yleisesti validina metabolisen oireyhtymän ilmentäjänä (Eckel ym. 2005). Insuliiniresistenssi on tila, jossa elimistö ei pysty käsittelemään muodostunutta insuliinia normaalisti (Koivisto 1981). Kyseinen tila syntyy, kun insuliinitoiminnan häiriön seurauksena veren insuliinipitoisuus paastossa nousee (hyperinsulinemia) normaalin verensokeripitoisuuden ylläpitämiseksi (Eckel ym. 2005). Erityisesti lihavuuden seurauksena insuliinireseptorien määrä voi vähentyä ja insuliinia vastaanottavissa soluissa ilmetä häiriöitä, jotka johtavat insuliiniresistenssiin (Koivisto 1981). Calin ja Caprion (2008) mukaan elimistön glukoosinsietokyky heikkenee ja plasman insuliinipitoisuus kasvaa erityisesti kohtalaisesti ja vaikeasti lihavilla lapsilla ja nuorilla. Rasvan kerääntyminen lihassolujen sisään altistaa suuremmalle insuliiniresistenssille, kun taas pelkkä lihavuus ilman lihassoluihin kerääntynyttä rasvaa vaikuttaisi olevan metabolisesti suotuisampaa (Cali & Caprio 2008). Lihavuuden aiheuttamaa insuliiniresistenssiä voidaan hoitaa ensisijaisesti säännöllisellä liikunnalla ja kehon rasvamassan vähentämisellä (Koivisto 1981).

Lihavuuden lisääntyessä tapahtuu lievää kasvua myös sokerihemoglobiinitasossa (Skinner ym. 2015) ja paastoglukoosiarvoissa (Cali & Caprio 2008). Lihavammilla lapsilla on lisäksi suurempi riski vähäiseen HDL-kolesterolipitoisuuteen sekä korkeaan verenpaineeseen ja triglyseridipitoisuuteen (Cali & Caprio 2008; Skinner ym. 2015).

Kardiometabolisten riskitekijöiden kasautuminen muodostaa korkean riskin muun muassa tyyppin 2 diabetekseen sairastumiselle, ellei sitä vielä ole diagnosoitu (Alberti ym. 2006). Terveemmän kehonkoostumuksen lapsuudessa ja nuoruudessa on havaittu olevan yhteydessä terveempään kardiovaskulaariseen profiiliin ja pienempään kuoleman riskiin myöhemmin elämässä (Ruiz ym. 2009). Myös WHO:n (2017) mukaan lasten lihavuus on yhteydessä erilaisiin sairauksiin ja ennenaikaiseen kuolemaan aikuisuudessa, mutta jo lapsuudessa lihavuus voi aiheuttaa muun muassa hengitysvaikeuksia, korkeaa verenpainetta, insuliiniresistenssiä ja psykologisia ongelmia. Zimmetin ym. (2007) mukaan metabolisen oireyhtymän varhainen havaitseminen ja hoito elintapainterventioilla ja mahdollisesti turvalliseksi todetulla lääkehoidolla on elintärkeää oireyhtymän etenemisen pysäyttämiseksi jo nuoruudessa. On todennäköistä, että varhainen puuttuminen vähentää sairastuvuutta ja kuolleisuutta aikuisuudessa sekä minimoi globaalin kansantaloudellisen taakan, jonka sydän- ja verisuonisairaudet sekä tyyppin 2 diabetes aiheuttavat (Zimmet ym. 2007).

4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämän tutkielman tarkoituksena on tutkia kestävyyskunnan ja kehon rasvapitoisuuden yhteyksiä 6–8-vuotiaiden lasten metaboliseen terveyteen. Selitettäviä muuttujia ovat metabolinen riskipistemäärä (cMetS), veren seerumin paastoinsuliini- ja plasman paastoglukoosipitoisuudet sekä insuliiniresistenssiä kuvaava HOMA-IR-arvo. Lisäksi tarkoituksena on tutkia niin kutsuttua fat but fit -hypoteesia, eli selvittää, suojaako hyvä kestävyyskunto kardiometabolisen riskin kohoamiselta lapsilla, joilla on suurentunut rasvaprosentti.

Tässä tutkielmassa tutkimuskysymykset ovat:

Onko

- 1) kestävyyskunnolla tai
- 2) kehon rasvapitoisuudella yhteyttä tutkittavien kardiometaboliseen riskipistemäärään tai insuliini-, glukoosi- tai HOMA-IR-arvoihin, sekä
- 3) suojaako hyvä kestävyyskunto kardiometabolisen riskin kohoamiselta suurentuneen rasvaprosentin omaavilla lapsilla?

Kestävyyskuntoa tarkastellaan suhteutettuna sekä kehon kokonaismassaan että rasvattomaan massaan. Tutkielmassa selvitetään myös eri muuttujien tarkoituksenmukaisuutta ilmiön kuvaamisessa.

5 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

5.1 Aineisto

Tämän tutkielman aineisto on kerätty Itä-Suomen yliopistossa edelleen jatkuvan lasten liikunta ja ravitsemus (The Physical Activity and Nutrition in Children [PANIC]) -interventiotutkimuksen alkumittausvaiheessa vuosina 2007-2009 (Eloranta ym. 2011). PANIC-tutkimuksen tarkoituksena on luoda tieteellistä tietoa lasten ja nuorten fyysisestä aktiivisuudesta ja kunnosta, ravitsemuksesta, ylipainosta ja lihavuudesta, kognitiosta, suun terveydestä, unesta, kivusta ja muista elämänlaadun osatekijöistä sekä terveydenhuollon kustannuksista (Lakka 2013). PANIC-tutkimukseen rekrytoitiin väestötöksellä yhteensä 736 vuosina 2007-2009 alakoulunsa aloittavia, tutkimushetkellä 6-8-vuotiaita lapsia eri puolilta Kuopiota (Eloranta ym. 2011). Poissulkukriteerinä olivat vakavat fyysisen toimintakyvyn rajoitteet (Lakka 2013). Alkumittausvaiheeseen osallistui kutsutuista 736 tutkittavasta yhteensä 512 (70 %) lasta (Viitasalo ym. 2014). Elorannan ym. (2016) mukaan PANIC-tutkimukseen osallistujat eivät poikenneet iän, sukupuolijakauman tai painoindeksin keskihajontalukujen suhteen muista Kuopiossa koulunsa vuosina 2007-2009 aloittaneista lapsista.

PANIC-tutkimukseen osallistuvista 512 lapsesta tähän tutkielmaan mukaan valikoituivat ne lapset, joilta oli saatavissa lukuarvot analyysiin tarvittavista muuttujista. Tarvittavia tietoja olivat kehon rasvaprosentti, polkupyöräergometrin tulos kehon kokonaismassaan ja rasvattomaan massaan suhteutettuna, veren glukoosi- ja insuliinipitoisuudet ja niistä laskettu HOMA-IR-arvo sekä kardiometabolista riskiä kuvaava pistemäärä. Tutkimusjoukkoon ei sisällytetty niitä lapsia, joilta nämä tiedot puuttuivat, tai jotka eivät olleet verikokeisiin tullessa paastotilassa tai eivät olleet suorittaneet polkupyöräergometritestiä maksimaalisesti. Kriteerit täyttäviä lapsia oli yhteensä 452, joista tyttöjä oli 216 (47,8 %) ja poikia 236 (52,2 %).

5.2 Muuttujat ja mittausten menetelmät

Selittäviksi muuttujiksi valittiin kestävyyskunto kehon kokonaisuudessaan ja rasvattomaan massaan suhteutettuna sekä kehon rasvapitoisuus. Selitettävät tulosmuuttujat ovat kardiometabolista riskiä kuvaava jatkuva pistemäärämuuttuja (cMetS), paastossa mitatut veren insuliini- ja glukoosipitoisuudet sekä niistä muodostettu HOMA-IR-arvo.

Kestävyyskunto. Lasten kestävyyskuntoa mitattiin maksimaalisella polkupyöräergometritestillä (Ergoselect 200 K®, Ergoline, Bitz, Saksa). Lintu ym. (2014) esittelevät testiprotokollan, johon kuului kolmen minuutin lämmittelyosuus viiden watin työkuormalla, yhden minuutin steady state -vaihe 20 watin työkuormalla ja varsinainen testivaihe, jossa kuormaa lisätään yhden watin verran joka kuudes sekunti uupumukseen saakka. Testiä seurasi vielä neljän minuutin jäähdytely viiden watin kuormalla. Tutkittavia ohjeistettiin pitämään polkutahti vakaana, noin 70–80 kierroksessa minuutissa, kuitenkin vähintään 65 kierroksessa minuutissa. Heitä kannustettiin sanallisesti polkemaan väsymykseen asti. Suoritusta pidettiin maksimaalisena, jos testin lopettamisen syy viittasi täyteen yritykseen ja maksimaalisen kestävyyskunnan kapasiteetin saavuttamiseen (Lintu ym. 2014).

Kestävyyskunnan suhteuttaminen kehon kokoon. Kestävyyskuntoa kuvaava polkupyöräergometrin tulos ilmaistaan tehona (W) ja sitä tarkastellaan suhteutettuna kehon kokonaisuudessaan (W/kg) ja rasvattomaan massaan (W/lm). Loftinin ym. (2016) mukaan kehon rasvattomaan massaan suhteutettu kestävyyskuntomuuttuja kuvaa fysiologisesti parhaiten huippuhapenkulutusta, koska lihakset ovat ihmiskehon tärkein liikuttaja. Kestävyyskunnan suhteuttaminen kehon rasvattomaan massaan poistaa lisäksi kehon massan vaikutuksen tutkittaessa kardiometabolisia riskitekijöitä (Loftin ym. 2016).

Kehon koko ja -koostumus. Elorannan ym. (2012) kuvailemana tutkittavien pituus mitattiin ilman kenkiä seinään asennetulla pituusmitalla kolme kertaa ja se ilmoitettiin 0,1 senttimetrin tarkkuudella. Kehon paino mitattiin sadan gramman tarkkuudella InBody 720 -laitteella (Biospace, Seoul, Korea) yön yli kestäneen paaston jälkeen rakko tyhjennettynä kevyessä alusvaatetuksessa. Rasvamassa, rasvaprosentti ja rasvaton pehmytkudosmassa mitattiin käyttäen

kaksienergiaista röntgenabsorptiometriä (DXA) (Lunar®, Lunar Prodigy Advance; GE Medical Systems, Madison, WI, USA). Mittaus tehtiin niin ikään kevyessä vaatetuksessa ja rakko tyhjennettynä. Tutkittavat eivät olleet paastotilassa (Eloranta ym. 2012).

Insuliini, glukoosi ja HOMA-IR. Viitasalon ym. (2014) mukaan tutkittavilta otettiin vähintään 12 tunnin paaston jälkeen verikokeet, jotka analysoitiin Cobas 6000 -analysointilaitteilla (Hitachi High Technology Co, Tokio, Japani). Veren seerumista mitattiin insuliinipitoisuus (mU/l) käyttäen elektrokemiluminesenssi-immunoanalyysin kaksoisvasta-aineperiaatetta (Roche Diagnostics Co., Mannheim, Saksa) ja plasmasta glukoosipitoisuus (mmol/l) heksokinaasimenetelmällä (Roche Diagnostics Co.) (Viitasalo ym. 2014). Insuliiniresistenssiä kuvaava homeostaasimalli HOMA-IR on laskettu Matthews ym. (1985) määrittelemällä kaavalla, jossa seerumin paastoinsuliinipitoisuus on kerrottu plasman paastoglukoosipitoisuudella ja jaettu luvulla 22,5 ($fS\text{-Insu} * fP\text{-Gluk} / 22,5$).

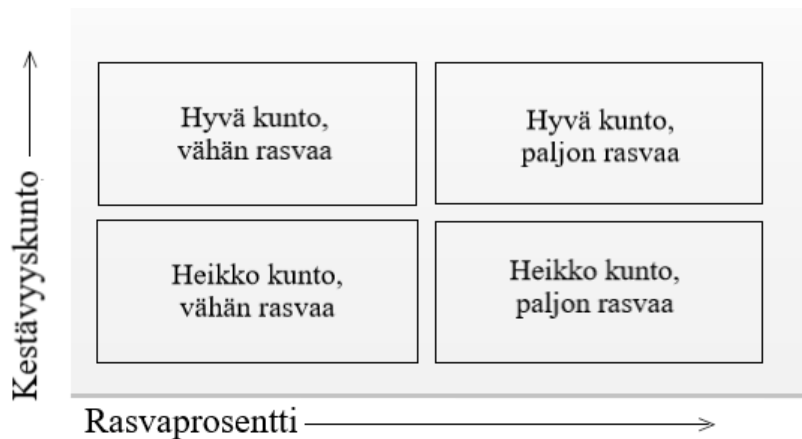
Kardiometabolinen riskipistemäärä. Viitasalon ym. (2014) mukaan kardiometabolista riskiä kuvaava jatkuva pistemäärämuuttuja (cMetS) on muodostettu useiden riskitekijöiden muuttujien arvoista käyttäen keskihajontalukuja vakioituna iän, sukupuolen ja pituuden mukaan. Riskipistemäärän laskemiseen on käytetty seuraavaa kaavaa: vyötärön ympäryys + seerumin paastoinsuliini + plasman paastoglukoosi + triglyseridit – HDL-kolesteroli + systolisen ja diastolisen verenpaineen keskiarvo. Suurempi muuttujan arvo kuvaa suurempaa kardiometabolista riskiä (Viitasalo ym. 2014).

5.3 Tilastolliset analyysit

Aineiston tilastollinen analysointi toteutettiin IBM SPSS Statistics 24 -ohjelmalla. Kestävyyden kehon kokonaismassaan ja rasvattomaan massaan suhteutettujen muuttujien sekä kehon rasvapitoisuuden yhteyttä kardiometaboliseen riskipistemäärään, veren insuliini- ja glukoosipitoisuuksiin sekä HOMA-IR-arvoon tutkittiin lineaarisen regressioanalyysin avulla. Selittävien ja selitettävien muuttujien yhteyksiä analysoitiin jokaiselle muuttujalle erikseen tehtävällä lineaarisella regressioanalyysillä, jossa vakioivina tekijöinä olivat molemmilla sukupuolilla ikä ja

koko aineistossa ikä ja sukupuoli. Standardoidun beta-kertoimen luottamusvälin saamiseksi analyysissä käytettiin muuttujien z-lukuja.

Fat but fit -hypoteesia tutkittiin kovarianssianalyysillä vertailemalla kestävyyskunnan ja rasvaprosentin mukaan eri ryhmiin kuuluvia lapsia tulosmuuttujien osalta. Kovarianssianalyysiä varten aineisto jaettiin molempien sukupuolten erillisten rasvaprosentin mediaanien mukaan kahtia vähemmän ja enemmän rasvaa omaaviin lapsiin. Mediaanijako tehtiin myös kestävyyskunnan kokonaismassaan ja rasvattomaan massaan suhteutettujen muuttujien mediaanien mukaan parempi- ja heikompi-kuntoisiin. Ryhmiä yhdistämällä syntyi neljä luokkaa, jotka on esitetty kuviossa 1.



KUVIO 1. Kestävyyskunnan ja rasvaprosentin mediaanijakojen mukaan muodostetut ryhmät.

Kovarianssianalyysillä tarkasteltiin ryhmien keskiarvojen eroja eri tulosmuuttujien osalta. HOMA-IR:n ja paastoinsuliinin analyyseissä käytettiin muuttujien neliöjuurimuunnoksia varianssien yhtäsuuruusoletuksen täyttymiseksi. Kaikkien tulosmuuttujien analyyseissä kovariaatteina olivat sukupuoli ja ikä.

6 TULOKSET

6.1 Tutkimusjoukon kuvailevat tiedot

Tytöt ja pojat eivät eronneet toisistaan iän tai kardiometabolisen riskipistemäärän keskiarvojen suhteen (taulukko 1). Sen sijaan tytöillä oli poikia korkeampi rasvaprosentti ($p<0,001$) ja matalampi kestävyyskunto sekä kehon kokonaismassaan että rasvattomaan massaan suhteutettuna ($p<0,001$). Lisäksi tytöillä oli poikia korkeammat paastoinsuliiniarvot ($p=0,006$) ja HOMA-IR ($p=0,04$) sekä matalammat paastoglukoosiarvot ($p=0,001$).

TAULUKKO 1. Muuttujien keskiarvot tutkimusjoukossa, $n=452$.

Muuttuja	Total, ka (SD)	Tytöt, ka (SD)	Pojat, ka (SD)	P-arvo ^a
Ikä	7,63 (0,39)	7,61 (0,38)	7,66 (0,40)	0,182
Rasvamassa, % (DXA)	19,56 (8,11)	22,34 (7,60)	17,02 (7,74)	<0,001
Kestävyyskunto, W/kg	2,87 (0,54)	2,67 (0,47)	3,09 (0,53)	<0,001
Kestävyyskunto, W/lm	3,69 (0,51)	3,56 (0,50)	3,81 (0,50)	<0,001
cMetS	-0,03 (3,58)	0,04 (3,48)	-0,09 (3,67)	0,687
Paastoinsuliini, mU/l	4,49 (2,36)	4,81 (2,22)	4,19 (2,46)	0,006
Paastoglukoosi, mmol/l	4,81 (0,37)	4,75 (0,37)	4,87 (0,37)	0,001
HOMA-IR	0,98 (0,56)	1,04 (0,52)	0,93 (0,59)	0,040

^a Sukupuolten välinen ero riippumattomien otosten t-testillä

6.2 Kestävyyskunnan ja rasvaprosentin yhteydet kardiometaboliseen riskiin ja insuliiniresistenssin indikaattoreihin

Korkeampi kehon kokonaismassaan suhteutettu kestävyyskunto oli yhteydessä alhaisempaan kardiometaboliseen riskipistemäärään, insuliiniin ja HOMA-IR-arvoon sekä tytöillä että pojilla, kun analyyseissä otettiin huomioon ikä ($p<0,001$, taulukko 2). Kehon rasvattomaan massaan suhteutetulla kestävyyskunnolla ei havaittu tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä tulosmuuttujiin. Suurempi rasvaprosentti oli puolestaan yhteydessä korkeampaan kardiometaboliseen riskipistemäärään, insuliiniin ja HOMA-IR-arvoon molemmilla sukupuolilla ($p<0,001$). Kestävyyskunnolla tai kehon rasvapitoisuudella ei havaittu tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä paastoglukoosiin tytöillä eikä pojilla.

TAULUKKO 2. Kestävyyskunnan ja kehon rasvapitoisuuden itsenäiset yhteydet kardiometabolisen riskiin ja insuliiniresistenssin indikaattoreihin tarkasteltuna lineaarisella regressioanalyysillä.

Muuttuja		cMets, β (95 % LV)	Insuliini β (95 % LV)	Glukoosi β (95 % LV)	HOMA-IR β (95 % LV)
CRF, W/kg	Tytöt ¹	-0,288** (-0,418;-0,159)	-0,255** (-0,386;-0,125)	-0,021 (-0,156-0,114)	-0,239** (-0,371;-0,108)
	Pojat ¹	-0,398** (-0,515;-0,281)	-0,322** (-0,422;-0,201)	-0,012 (-0,141-0,117)	-0,300** (-0,421;-0,178)
	Total ²	-0,344** (-0,431;-0,257)	-0,289** (-0,377;-0,200)	-0,015 (-0,108-0,078)	-0,269** (-0,359;-0,180)
CRF, W/lm	Tytöt ¹	0,037 (-0,103-0,176)	-0,038 (-0,177-0,102)	0,090 (-0,048-0,229)	-0,023 (-0,162-0,117)
	Pojat ¹	-0,101 (-0,230-0,028)	-0,080 (-0,209-0,048)	0,064 (-0,067-0,194)	-0,068 (-0,197-0,061)
	Total ²	-0,039 (-0,134-0,055)	-0,063 (-0,158-0,031)	0,074 (-0,021-0,168)	-0,050 (-0,144-0,045)
BF %	Tytöt ¹	0,522** (0,405-0,640)	0,365** (0,237-0,493)	0,094 (-0,042-0,230)	0,352** (0,224-0,481)
	Pojat ¹	0,586** (0,483-0,689)	0,461** (0,348-0,573)	0,081 (-0,047-0,210)	0,435** (0,321-0,549)
	Total ²	0,549** (0,471-0,627)	0,409** (0,325-0,494)	0,083 (-0,010-0,176)	0,390** (0,304-0,475)

CRF, kestävyyskunto; W/kg, wattia per painokilo; W/lm, wattia per rasvaton massa; BF %, rasvaprosentti; β, standardoitu regressiokerroin

¹ Vakioitu iällä

² Vakioitu iällä ja sukupuolella

** p<0,001

6.3 Kardiometabolisen riskipistemäärän ja insuliiniresistenssin indikaattorien erot eri ryhmissä

Kestävyyskunnan mukaan lapset jaettiin molempien sukupuolten erillisten mediaanien mukaan kahtia parempi- ja heikompikuntoisiin ja rasvapitoisuuden osalta suuremman ja pienemmän rasvaprosentin omaaviin. Mediaanijaon perusteella tehtyjä ryhmiä yhdistelemällä syntyi kestävyyskunnan ja rasvaprosentin osalta neljä erilaista ryhmää: lapset, joilla on vähän rasvaa ja hyvä kunto, vähän rasvaa ja heikko kunto, paljon rasvaa ja hyvä kunto sekä paljon rasvaa ja heikko kunto.

Kehon kokonaismassaan suhteutetun kestävyyskunnan ja rasvaprosentin mukaan muodostetuissa ryhmissä lapsilla, joilla oli korkeampi rasvaprosentti, oli korkeampi kardiometabolinen riskipistemäärä kuin lapsilla, joilla rasvaprosentti oli alhaisempi (taulukko 3, kuvio 2). Lisäksi lapsilla, joilla oli suurempi rasvaprosentti ja korkeampi kestävyyskunto, kardiometabolinen riskipistemäärä oli matalampi, kuin niillä suuremman rasvaprosentin omaavilla lapsilla, joilla kestävyyskunto oli heikompi ($p=0,001$). Myös paastoinsuliini ja HOMA-IR olivat korkeampia lapsilla, joilla oli korkeampi rasvaprosentti ja heikompi kestävyyskunto verrattuna lapsiin, joilla oli matalampi rasvaprosentti ($p<0,001$) tai korkeampi rasvaprosentti, mutta korkeampi kestävyyskunto ($p<0,01$). Korkeamman rasvaprosentin ja kestävyyskunnan omaavilla lapsilla insuliinin ja HOMA-IR:n keskiarvot eivät poikenneet lapsista, joilla oli pienempi rasvaprosentti ja heikompi kestävyyskunto. Paastoglukoosin keskiarvoissa ei havaittu eroja minkään luokkien välillä.

TAULUKKO 3. Tulosmuuttujien keskiarvojen erot tarkasteltuna kovarianssianalyysillä¹ eri luokissa, joissa kestävyyskunto on suhteutettuna kehon kokonaismassaan (W/kg), n=452.

Luokka		Vertailu- luokka ²	Ka-ero cMetS	95 % LV	Ka-ero insuliini (sqrt)	95 % LV	Ka-ero glukoosi	95 % LV	Ka-ero HOMA-IR (sqrt)	95 % LV
1=vähän hyvä kunto (n=158)	rasvaa,	2	-0,525	-1,456-0,405	-0,115	-0,264-0,035	0,028	-0,078-0,135	-0,052	-0,127-0,024
		3	-1,930**	-2,856;-1,005	-0,202**	-0,351;-0,054	-0,036	-0,142-0,070	-0,095*	-0,170;-0,020
		4	-3,454**	-4,172;-2,737	-0,417**	-0,533;-0,302	-0,033	-0,115-0,049	-0,198**	-0,256;-0,140
2=vähän heikko kunto (n=68)	rasvaa,	1	0,525	-0,405-1,456	0,115	-0,035-0,264	-0,028	-0,135-0,078	0,052	-0,024-0,127
		3	-1,405*	2,506;-0,304	-0,087	-0,264-0,089	-0,064	-0,190-0,062	-0,044	-0,133-0,045
		4	-2,929**	-3,860;-1,998	-0,302**	-0,452;-0,153	-0,061	-0,168-0,045	-0,146**	-0,222;-0,071
3=paljon hyvä kunto (n=68)	rasvaa,	1	1,930**	1,005-2,856	0,202**	0,054-0,351	0,036	-0,070-0,142	0,095*	0,020-0,170
		2	1,405*	0,304-2,506	0,087	-0,089-0,264	0,064	-0,062-0,190	0,044	-0,045-0,133
		4	-1,524**	-2,449;-0,598	-0,215**	-0,364;-0,066	0,003	-0,103-0,109	-0,102**	-0,177;-0,027
4=paljon heikko kunto (n=158)	rasvaa,	1	3,454**	2,737-4,172	0,417**	0,302-0,533	0,033	-0,049-0,115	0,198**	0,140-0,256
		2	2,929**	1,998-3,860	0,302**	0,153-0,452	0,061	-0,045-0,168	0,146**	0,071-0,222
		3	1,524**	0,598-2,449	0,215**	0,066-0,364	-0,003	-0,109-0,103	0,102**	0,027-0,177

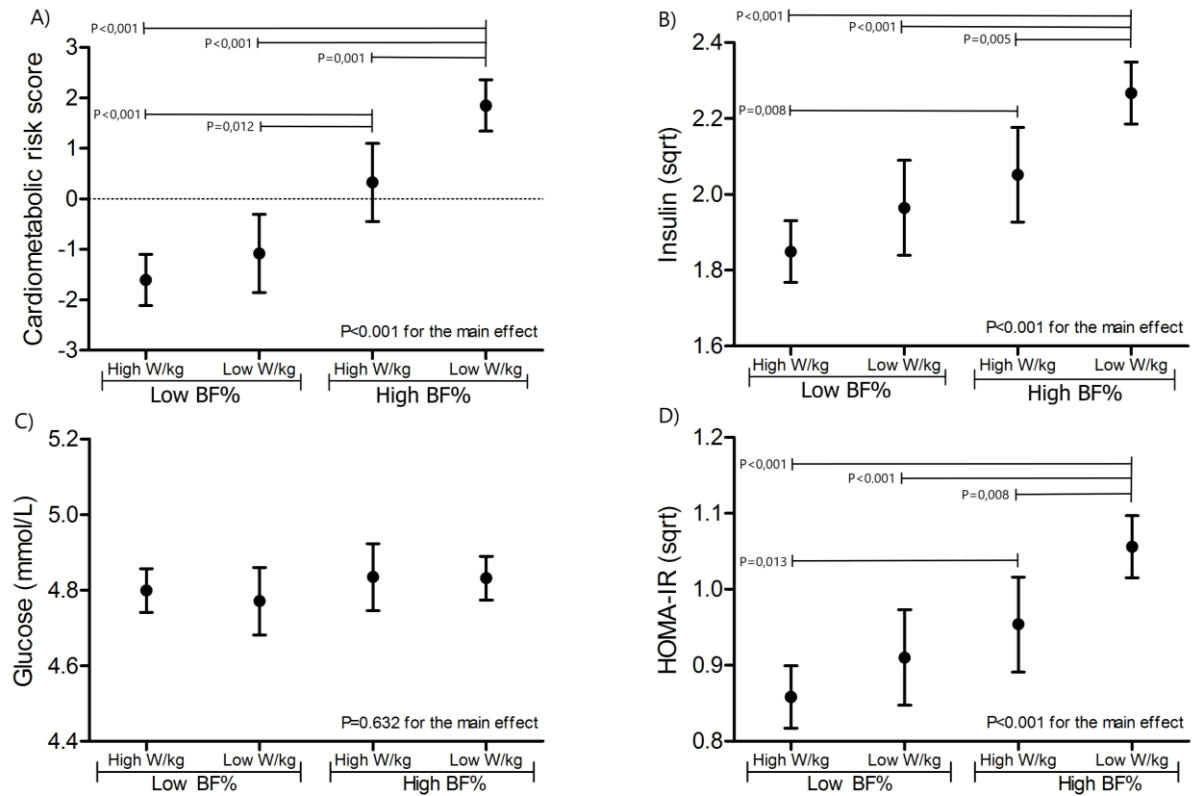
¹ Vakioitu iällä ja sukupuolella

² Ryhmien väliset keskiarvojen erot on esitetty verrattuna jokaiseen muuhun luokkaan

Sqrt, neliöjuuri

*p<0,05

**p<0,01



KUVIO 2. Metabolisen oireyhtymän indikaattorien keskiarvot ja 95 % luottamusvälit kehon kokonaismassaan suhteutetun kestävyyskunnan ja rasvaprocentin mediaanien mukaan muodostetuissa ryhmissä tarkasteltuna ikä- ja sukupuolivakioidulla kovarianssianalyysillä. A) kardiometabolinen riskipistemäärä, B) insuliini, C) glukoosi, D) HOMA-IR. Low BF%, matalampi rasvaprocentti; high BF%, korkeampi rasvaprocentti; low W/kg, matalampi kestävyyskunto; high W/kg, korkeampi kestävyyskunto.

Kehon rasvattomaan massaan suhteutetun kestävyyskunnan ja rasvaprocentin mukaan muodostetuissa ryhmissä lapsilla, joilla oli matalampi rasvaprocentti, oli matalampi kardiometabolinen riskipistemäärä, paastoinsuliini ja HOMA-IR kuin lapsilla, joilla rasvaprocentti oli korkeampi kestävyyskunnosta riippumatta ($p \leq 0,001$, taulukko 4, kuvio 3). Lisäksi paastoglukoosin keskiarvo oli tilastollisesti merkitsevästi matalampi lapsilla, joilla oli matalampi kestävyyskunto ja pienempi rasvaprocentti kuin lapsilla, joilla oli korkeampi kestävyyskunto, mutta suurempi rasvaprocentti ($p=0,039$).

TAULUKKO 4. Tulosmuuttujien keskiarvojen erot tarkasteltuna kovarianssianalyysillä¹ eri luokissa, joissa kestävyyskunto on suhteutettuna kehon rasvattomaan massaan (W/lm), n=452.

Luokka		Vertailu- luokka ²	Ka-ero cMetS	95 % LV	Ka-ero insuliini (sqrt)	95 % LV	Ka-ero glukoosi	95 % LV	Ka-ero HOMA-IR (sqrt)	95 % LV
1=vähän hyvä kunto (n=111)	rasvaa,	2	0,520	-0,347-1,386	0,056	-0,083-0,195	0,075	-0,023-0,173	0,032	-0,038-0,102
		3	-2,306**	-3,166;-1,446	-0,243**	-0,381;-0,105	-0,028	-0,125-0,069	-0,116**	-0,185;-0,046
		4	-2,854**	-3,720;-1,987	-0,338**	-0,477;-0,199	0,019	-0,079-0,117	-0,156**	-0,226;-0,085
2=vähän heikko kunto (n=115)	rasvaa,	1	-0,520	-1,386-0,347	-0,056	-0,195-0,083	-0,075	-0,173-0,023	-0,032	-0,102-0,038
		3	-2,825**	-3,693;-1,958	-0,299**	-0,438;-0,160	-0,103*	-0,201;-0,005	-0,148**	-0,218;-0,077
		4	-3,373**	-4,230;-2,517	-0,394**	-0,532;-0,256	-0,056	-0,153-0,040	-0,188**	-0,257;-0,118
3=paljon hyvä kunto (n=114)	rasvaa,	1	2,306**	1,446-3,166	0,243**	0,105-0,381	0,028	-0,069-0,125	0,116**	0,046-0,185
		2	2,825**	1,958-3,693	0,299**	0,160-0,438	0,103*	0,005-0,201	0,148**	0,077-0,218
		4	-0,548	-1,414-0,318	-0,095	-0,234-0,044	0,047	-0,051-0,145	-0,040	-0,110-0,30
4=paljon heikko kunto (n=112)	rasvaa,	1	2,854**	1,987-3,720	0,388**	0,199-0,477	-0,019	-0,117-0,079	0,156**	0,085-0,226
		2	3,373**	2,517-4,230	0,394**	0,256-0,532	0,056	-0,040-0,153	0,188**	0,118-0,257
		3	0,548	-0,318-1,414	0,095	-0,044-0,234	-0,047	-0,145-0,051	0,040	-0,030-0,110

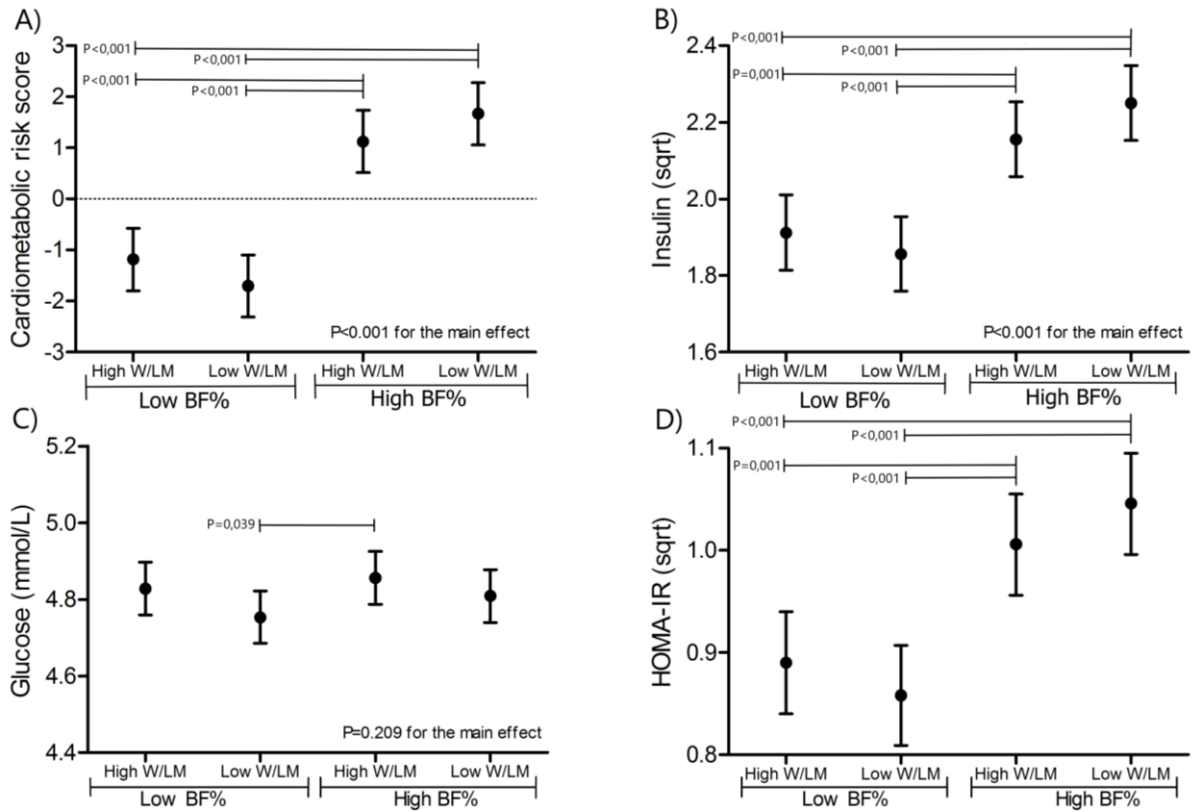
¹ Vakioitu iällä ja sukupuolella

² Ryhmien väliset keskiarvojen erot on esitetty verrattuna jokaiseen muuhun luokkaan

Sqrt, neliöjuuri

*p<0,05

**p<0,01



KUVIO 3. Metabolisen oireyhtymän indikaattorien keskiarvot ja 95 % luottamusvälit kehon rasvattomaan suhteutetun kestävyyskunnan ja rasvaprosentin mediaanien mukaan muodostetuissa ryhmissä tarkasteltuna ikä- ja sukupuolivakioidulla kovarianssianalyysillä. A) kardiometabolinen riskipistemäärä, B) insuliini, C) glukoosi, D) HOMA-IR. Low BF%, matalampi rasvaprosentti; high BF%, korkeampi rasvaprosentti; low W/LM, matalampi kestävyyskunto; high W/lm, korkeampi kestävyyskunto.

7 POHDINTA

Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena oli selvittää 6–8-vuotiaiden lasten kestävyyskunnan ja kehon rasvapitoisuuden yhteyksiä kardiometaboliseen riskipistemäärään, paastoinsuliini- ja glukoosiarvoihin sekä insuliiniresistenssiin. Lisäksi tarkoituksena oli tutkia niin kutsuttua fat but fit -hypoteesia, eli selvittää, suojaako hyvä kestävyyskunto suurentuneen kehon rasvapitoisuuden epäedullista vaikutusta lasten kardiometaboliseen riskiin. Suuremmalla kehon rasvapitoisuudella havaittiin yhteys korkeampaan kardiometaboliseen riskipistemäärään, veren paastoinsuliiniarvoon sekä insuliiniresistenssiä kuvaavaan HOMA-IR-arvoon sekä tytöillä että pojilla. Myös heikommalla kehon kokonaisuudessaan suhteutetulla kestävyyskunnolla oli tilastollisesti merkitsevä yhteys korkeampaan cMetS-pistemäärään, paastoinsuliiniin ja HOMA-IR-arvoon, mutta suhteutettaessa kestävyyskunto kehon rasvattomaan massaan ei yhteyttä enää löytynyt. Selittävillä tekijöillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä veren paastoglukoosiin. Korkeamman rasvaprosentin omaavilla lapsilla hyvä kestävyyskunto suhteutettuna kehon kokonaisuudessaan oli yhteydessä pienempään kardiometaboliseen riskipistemäärään sekä matalampiin insuliini- ja HOMA-IR-arvoihin. Kun kestävyyskunto suhteutettiin kehon rasvattomaan massaan, niin sillä ei ollut merkitystä kardiometaboliseen riskipistemäärään, paastoinsuliiniin tai -glukoosiin eikä HOMA-IR-arvoon suurentuneen rasvaprosentin omaavilla lapsilla. Näin ollen tässä aineistossa kehon rasvapitoisuuden voidaan katsoa olevan kestävyyskuntoa merkittävämpi tekijä kardiometabolisen terveyden kannalta.

7.1 Kestävyyskunnan ja rasvapitoisuuden yhteydet kardiometabolisiin riskitekijöihin

Tytöillä oli tässä aineistossa poikia suurempi rasvaprosentti ja heikompi kestävyyskunto sekä kehon kokonaisuudessaan että rasvattomaan massaan suhteutettuna. Havainto vastaa aiemmissa tutkimuksissa saatuja käsityksiä siitä että lasten kehon rasvapitoisuudessa ja kestävyyskunnossa on eroja sukupuolten välillä (mm. Ekelund ym. 2007; Ruiz ym. 2007; Kriemler ym. 2008). Henrikssonin ym. (2016) tutkimuksessa havaittiin tytöillä olevan poikia suurempi rasvaprosentti jo 4-vuotiaina. Tässä aineistossa sukupuolten välinen ero niin rasvaprosentissa kuin kestävyyskunnossakin voi johtua osaltaan myös siitä, että muun muassa Väistön ym. (2014) mukaan PANIC-tutkimukseen osallistuvista lapsista pojilla raportoitiin huomattavasti enemmän

kohtalaista ja raskasta fyysistä aktiivisuutta kuin tytöillä. Tässä tutkielmassa tytöillä havaittiin poikia suuremmat insuliini- ja HOMA-IR-arvot, kun taas pojilla oli tyttöjä korkeammat glukoosiarvot. Sukupuolten väliset erot vastaavat muun muassa Pepliesin ym. (2014) laajassa eurooppalaislapsista koostuvassa aineistossa havaittuja trendejä. Tässä aineistossa analyyseissä vakioitiin ikä ja sukupuoli, muttei kuitenkaan lasten maturaation tasoa, jonka on todettu olevan yhteydessä huippuhapenottokyvyn lisääntymiseen iästä ja kehon koosta riippumatta (Armstrong & Welsman 2000). Gravesin ym. (2013) mukaan maturaation vaikutus huippuhapenottokykyyn rasvattomasta massasta riippumatta tulisi kontrolloida arvioitaessa lasten kestävyyskunnan eroja sukupuolten välillä. Tämän tutkielman aineistossa lähes kaikki lapset (98 %) olivat prepubertaalisia, joten murrosikä ei todennäköisesti ole vaikuttanut tuloksiin.

Kehon kokonaismassaan suhteutetulla kestävyyskunnolla havaittiin tässä tutkielmassa yhteys kardiometaboliseen riskipistemäärään, insuliiniin ja HOMA-IR-arvoon. Anderssenin ym. (2007) tutkimuksessa vastaavasti heikoimman kehon kokonaismassaan suhteutetun kestävyyskunnan omaavilla 9-vuotiailla lapsilla oli jopa 13-kertainen riski kardiometabolisten riskitekijöiden kasautumiseen verrattuna parhaimman kestävyyskunnan omaavaan neljännekseen. Tässä tutkielmassa kehon rasvattomaan massa suhteutetulla kestävyyskunnolla ei löytynyt lineaarisella regressioanalyysillä yhteyttä kardiometaboliseen riskipistemäärään, insuliiniin, glukoosiin tai HOMA-IR-arvoon. Sen sijaan Ekelund ym. (2007) havaitsivat kehon rasvattomaan massa suhteutetulla kestävyyskunnolla käänteisen yhteyden muun muassa vyötärön ympärykseen, ihopoimujen paksuuteen, glukoosiin ja insuliiniin sekä kardiometaboliseen riskipistemäärään. Tutkimuksessa rasvamassaa ja rasvatonta massaa arvioitiin ihopoimumittauksella (Ekelund ym. 2007), joten erilainen mittausten menetelmä voi selittää tulosten poikkeavuuden tähän tutkielmaan verrattuna. Lisäksi Ekelundin ym. (2007) tutkimuksessa lapset olivat vanhempia ja heillä oli muun muassa hieman heikompi kehon kokonaismassaan suhteutettu kestävyyskunto ja korkeammat insuliini- ja glukoosiarvot kuin tässä aineistossa.

Kehon rasvapitoisuudella huomattiin tässä tutkielmassa selkeä positiivinen yhteys kardiometaboliseen riskipistemäärään, insuliiniin ja HOMA-IR-arvoon molemmilla sukupuolilla. Skinnerin ym. (2015) tutkimuksessa lasten lihavuus painoindeksillä määritettynä oli niin ikään yhteydessä erilaisten kardiometabolisten riskitekijöiden esiintyvyyteen. Epäsuotuisa kehonkoostumus lapsuudessa on ollut myös Ruizin ym. (2009) katsauksen mukaan useissa tutkimuksissa

yhteydessä kardiometabolisten riskitekijöiden ilmenemiseen ja kohonneeseen kuoleman riskiin myöhemmin elämässä. Insuliinin ja insuliiniresistenssin osalta aiemmissa tutkimuksissa on myös löydetty vastaavia yhteyksiä. Surianon ym. (2010) tutkimuksessa BMI:n mukaan ylipainoisilla ja lihavilla lapsilla oli merkittävästi korkeammat insuliiniarvot normaalipainoisiin verrattuna ja Vinerin ym. (2005) tutkimuksessa lihavista lapsista 40 prosentilla esiintyi hyperinsulinemiaa. Surianon ym. (2010) tutkimuksessa lapsilla ja Leen ym. (2006) tutkimuksessa nuorilla ylipainoisilla ja lihavilla oli korkeammat HOMA-IR-arvot kuin normaalipainoisilla. Myös Murphyn ym. (2004) tutkimuksessa suurempi vyötärönympäryys oli yhteydessä korkeampaan HOMA-IR-arvoon sekä tytöillä että pojilla. Tässä tutkielmassa kehon rasvapitoisuudella ei ollut yhteyttä paastoglukoosiin. Myöskään aiemmissa tutkimuksissa painoindeksin mukaan lihavilla lapsilla ei ole esiintynyt epänormaalia tai normaalipainoisten arvoista poikkeavaa paastoglukoosia (Viner ym. 2005; Eisenmann ym. 2007; Suriano ym. 2010). Kohonneella paastoin-suliinilla ja insuliiniresistenssillä on havaittu kausaalinen yhteys häiriintyneeseen paastoglukoosiin ja glukoositoleranssiin (Derakhshan ym. 2015), joten veren insuliinipitoisuuden voidaan nähdä nousevan jo ennen kuin paastoglukoosissa havaitaan poikkeavuuksia.

7.2 Fat but fit -hypoteesi

Tässä tutkielmassa tutkittavat jaettiin kahtia molempien sukupuolien mediaaniarvojen perusteella vähemmän ja enemmän rasvaa omaaviin sekä parempi- ja heikompikuntoisiin. Ryhmiin valikoituneilla ei siis ollut absoluuttisesti pieni tai suuri rasvaprosentti eikä matala tai korkea kestävyyskunto. Esimerkiksi USA:n kansallisissa tutkimuksissa on todettu 8-vuotiaiden DXA:lla mitatun rasvaprosentin olevan tytöillä keskimäärin 31 ja pojilla noin 28 (Borrud ym. 2011), kun tässä kuopiolaislapsista koostuvassa aineistossa keskiarvot olivat 22 % tytöillä ja 17 % pojilla. Tutkittavien kehonkoostumus oli siis kansainvälisesti vertailtuna varsin suotuisa.

Fat but fit -hypoteesia testattiin ikä- ja sukupuolivakioidulla kovarianssianalyysillä rasvaprosentin ja kestävyyskunnan mukaan muodostetuissa ryhmissä. Tässä tutkielmassa suuremman rasvaprosentin ja paremman kestävyyskunnan omaavilla havaittiin pienemmät kardiometaboliset riskipistemäärät verrattuna heikkokuntoisiin, kun kestävyyskunto oli ilmaistu tehona suhteessa kehon kokonaismassaan. Samansuuntaisia tuloksia on havaittu myös muissa fat but fit -

hypoteesia käsittelevissä tutkimuksissa. Nyströmin ym. (2017) mukaan hyvä kestävyyskunto suojaasi nimenomaan kaikista lihavimpia lapsia kardiometabolisen riskin kohoamiselta, kun normaalipainoisilla kestävyyskunnolla ei ollut merkitystä cMetS-lukuun. Tutkimuksessa lihavuus oli määritelty painoindeksinä Maailman lihavuusjärjestön lasten raja-arvojen mukaan ja kestävyyskunto jaoteltu 20 metrin sukkulajuoksutestin tuloksena alimman viidenneksen perusteella hyvä- ja huonokuntoisiin (Nyström ym. 2017). Niin ikään Ortegan ym. (2016) mukaan useissa aikuisiin kohdistuvissa tutkimuksissa hyväkuntoisten lihavien kardiovaskulaarisairauksien riski tai yleinen kuolleisuusriski ei ole poikennut merkitsevästi normaalipainoisten ja hyväkuntoisten riskistä. Ortega ym. (2015) havaitsivat katsauksessaan lihavilla, mutta metabolisesti terveillä aikuisilla olevan merkitsevästi parempi kestävyyskunto verrattuna lihaviin aikuisiin, joilla on metabolisia häiriöitä. Tällöin kestävyyskunnolla voitiin katsoa olevan merkitystä kardiometabolisen terveyden ennustajana lihavilla henkilöillä. Katsaukseen sisältyvissä tutkimuksissa kestävyyskunto oli määritelty maksimaalisena hapenottokykynä juoksumatto- tai polkupyöräergometritesteissä tai suoritustasona kuuden minuutin kävelytestissä Ortega ym. 2015). Edellä mainituissa fat but fit -hypoteesia käsittelevissä tutkimuksissa ja katsauksissa kestävyyskunto on kuitenkin yleensä ilmaistu erilaisista kestävyyskuntotestiesityksistä saatuina absoluuttisina tai kehon kokonaismassaan suhteutettuina arvoina, joiden todettiin aiemmin tässä tutkielmassa olevan osittain epäluotettavia ilmaisutapoja kestävyyskunnolle.

Surianon ym. (2010) tutkimuksessa kardiometabolisissa riskitekijöissä ei havaittu eroja BMI:n mukaan lihaviin lasten välillä, joilla oli askellustestillä mitattuna korkea tai matala kestävyyskunto. Sen sijaan normaalipainoisten ryhmissä korkeamman kestävyyskunnan omaavat lapset olivat metabolisesti terveempiä (Suriano ym. 2010). Eisenmannin ym. (2007) tutkimuksessa puolestaan havaittiin samansuuntaisuutta nuorten kardiometabolisessa riskipistemäärässä pienemmän painoindeksin omaavien ryhmien välillä kestävyyskunnosta riippumatta, kun taas suuremman painoindeksin luokissa myös riskipistemäärät olivat korkeampia. Sekä Nyström ym. (2017) että Eisenmann ym. (2007) totesivat painoindeksin olevan kestävyyskuntoa voimakkaammin yhteydessä kardiometaboliseen riskipistemäärään. Myös Suriano ym. (2010) havaitsivat suuren vyötärön ympäröivän kestävyyskuntoa merkittävämpi ennustaja kardiometabolisten riskitekijöiden ilmenemiselle. Johtopäätökset vastaavat tässä tutkielmassa havaittua rasvapitoisuuden merkitystä kardiometaboliseen riskiin.

7.3 Lihavuuden ja kestävyyskunnan arvioimisen haasteet

Lihavuutta ja kestävyyskuntoa käsittelevien tutkimusten vertailtavuutta vaikeuttavat erilaiset määritelmät ja mittaustavat näille käsitteille. Lobsteinin ym. (2004) mukaan ylipainolle ja lihavuudelle pyritään laatimaan määritelmiä, jotta terveysriskejä pystyttäisiin ennustamaan ja populaatioita vertailemaan keskenään. Lihavuuden määrittelemiseksi on käytetty esimerkiksi BMI:tä (mm. Eisenmann ym. 2007; Nyström ym. 2017), vyötärön ympärystä (Stigman ym. 2009; Suriano ym. 2010), rasvamassan ja rasvattoman massan indeksejä (Henriksson ym. 2016), ihopoimujen paksuutta (Klasson-Heggebø ym. 2006) sekä rasvaprosenttia (Stigman ym. 2009; Henriksson ym. 2016). Kestävyyskuntoa on määritelty juoksumattotestillä (Eisenmann ym. 2007), 20 metrin sukkulajuoksulla (Mesa ym. 2006; Kriemler ym. 2008; Nyström ym. 2017), polkupyöraergometritestillä (Ekelund ym. 2007; Klasson-Heggebø ym. 2006) ja askel-lustestillä (Suriano ym. 2010). Lisäksi lihavuuden ja kestävyyskunnan ilmaisemiseksi on käytetty eri tutkimuksissa erilaisia raja-arvoja ja vakiointeja.

Kehonkoostumuksen täsmällinen arviointi on tärkeää lihavuuteen liittyvässä tutkimuksessa, joskin lasten kohdalla mittausta vaikeuttaa iän ja maturiteetin vaikutus moniin menetelmiin (Goran 1998). Painoindeksi (BMI) ja vyötärön ympäräisyys ovat käytännöllisistä syistä kaikista käytetyimpiä menetelmiä lasten lihavuuden määrittämiseksi tutkimuksissa (Lobstein ym. 2004). Burkhauserin ja Cawleyn (2008) mukaan BMI ei kuitenkaan ole tarkoituksenmukainen mittari lihavuuden määrittämisessä, koska se ei erottele kehon rasvamassaa rasvattomasta massasta. Freedmanin ym. (2005) mukaan lapsilla BMI korreloi voimakkaammin rasvamassan indeksin kuin rasvattoman massan indeksin kanssa. Toisin sanoen korkea iänmukainen BMI saattaa kertoa luotettavasti ylimääräisestä rasvamassasta, mutta hoikemmillä lapsilla erot voivat johtua pitkälti rasvattomasta massasta. Samaan BMI-kategoriaan voi kuulua kehonkoostumukseltaan hyvin erilaisia lapsia, minkä vuoksi sen käyttöön lihavuuden arvioinnissa tulee suhtautua varauksella (Freedman ym. 2005). Parempia lihavuuden mittareita lapsilla ovat rasvamassan määrä, rasvaprosentti ja vyötärön ympäräisyys (Burkhauser & Cawley 2008).

Myös kestävyyskunnan määrittäminen absoluuttisina arvoina tai suhteutettuna kehon kokonaisuutensa ongelma, koska nämä esitystavat eivät ota kehon koon tai koostumuksen vaihteluita

huomioon (Loftin ym. 2016). Tässä tutkielmassa kehon kokonaismassaan suhteutettu kestävyyskuntomuuttuja ja rasvaprosentti korreloivat kohtalaisen vahvasti keskenään tytöillä ($r=-0,615$, $p<0,001$) ja pojilla ($r=-0,674$, $p<0,001$), mikä on linjassa Rowlandin (2013) esittämän väitteen kanssa, jonka mukaan lasten kestävyyskuntoa tutkittaessa painokiloon suhteutettu kestävyyskuntomuuttuja kertoo myös rasvapitoisuudesta, eikä puhtaasti kestävyyskunnosta. Henrikssonin ym. (2016) tutkimuksessa kehon rasvattoman massan suhteella oli positiivinen yhteys 20 metrin sukkulajuoksulla mitattuun kestävyyskuntoon ja rasvamassalla oli puolestaan negatiivinen yhteys. Goranin ym. (2000) tutkimuksessa niin ikään rasvaton massa oli kestävyyskuntoa voimakkaimmin selittävä tekijä, mutta heidän mukaansa rasvamassalla ei olisi vaikutusta kestävyyskuntoon, eikä lihavuus näin ollen välttämättä ilmenisi alentuneena hapenottokykyinä.

7.4 Tutkimuksen eettisyys, rajoitukset ja jatkotutkimusaiheet

Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin tutkimuseettinen toimikunta on myöntänyt PANIC-tutkimukselle luvan. Kaikki tutkittavat lapset ja heidän vanhempansa ovat antaneen tietoisien kirjallisten suostumuksensa tutkimukseen osallistumisesta ja heillä on ollut mahdollisuus keskeyttää osallistumisensa missä vaiheessa tahansa (Eloranta ym. 2011). Tässä tutkielmassa aineistoa käsiteltiin ja säilytettiin huolellisesti, eikä tutkittavien henkilöllisyys tullut ilmi tutkijalle missään vaiheessa. Tutkielman tekemisessä pyrittiin parhain mahdollisin tavoin noudattamaan hyvää tieteellistä käytäntöä. Tutkielmassa käytetyt lähteet ovat pääosin arvostetuissa kansainvälisissä lehdissä julkaistuja ajankohtaisia tieteellisiä tutkimusartikkeleita.

Tämän tutkielman rajoituksena voidaan mainita erityisesti poikkileikkausasetelma, jonka vuoksi muuttujien välisiä syy-seuraussuhteita ei pystytä analysoimaan. Toisena huomiona mainittakoon, että kestävyyskuntoa on arvioitu tässä aineistossa suoran hapenottokykytestin sijaan maksimityökuormana. Lasten ollessa kohderyhmänä saatetaan kohdata erilaisia haasteita kuin aikuisia tutkittaessa. Vanhemmat päättävät alaikäisen lapsen osallistumisesta tutkimukseen, joten aikuisten mielenkiinto, tai sen puuttuminen, voivat vaikuttaa osallistujajoukon määrään ja sen rakenteeseen. Lisäksi lapsilla ei välttämättä ole täyttä ymmärrystä tutkimuksen vaatimuksista ja esimerkiksi maksimaaliseen suoritukseen yltäminen polkupyöräergometritestissä voi olla haastavaa. Testisuoritusta valvoi kuitenkin kokenut kuormitusfysiologi, joka varmisti testin

maksimaalisuuden. Analyyseistä rajattiin pois ne lapset, joiden ei katsota yltäneen maksimaaliseen suoritukseen polkupyöräergometritestissä. Vaikka kehon rasvapitoisuudella voitiin tässä aineistossa nähdä lineaarinen yhteys kardiometaboliseen riskiin, paastoinsuliiniin ja insuliiniresistenssiin, tutkimusjoukko koostui verrattain terveistä ja normaalin kehonkoostumuksen omaavista lapsista. Tällöin äärimmäisen lihavuuden mahdollisesti aikaansaamiin kardiometabolisiin muutoksiin ei päästä kiinni. Sopivamman otoksen saamiseksi tutkimuksen kohderyhmäksi voitaisiin valita esimerkiksi Maailman lihavuusjärjestön määritelmän mukaan vain ylipainoisia tai lihavia lapsia, joiden lisäksi normaalipainoisia lapsia voitaisiin käyttää verrokki-ryhmänä. Toisaalta tarpeeksi suuren otoskoon saaminen lihavista lapsista saattaisi olla ongelma Suomen kokoisessa maassa.

Tulevaisuudessa kestävyyskunnan ja kehon rasvapitoisuuden yhteyksiä metaboliseen oireyhtymään olisi hyvä tutkia meneillään olevan PANIC-tutkimuksen tavoin pitkittäisasetelmalla, jolloin myös kyseisten ominaisuuksien vaikutusta kardiometaboliseen riskiin voitaisiin arvioida. Kestävyyskuntoa on syytä arvioida vakioiduilla ja luotettavilla mittausmenetelmillä hyödyntäen kehon rasvatonta massaa kestävyyskunnan suhteuttamisessa. Myös fat but fit -hypoteesia tulisi testata rasvattomaan massaan suhteutetulla muuttujalla, jolloin kestävyyskunnan todellista suojaavaa vaikutusta päästäisiin tutkimaan ilman rasvamassan vaikutusta tuloksiin.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Lasten kehon rasvapitoisuudella vaikuttaisi olevan kestävyyskuntoa suurempi merkitys kardiometabolisen riskin kohoamisessa. Rasvaprosentilla on selkeä yhteys 6–8-vuotiaiden lasten kardiometaboliseen riskiin ja insuliiniresistenssiin, mikä korostaa normaalipainoisuuden ja normaalin kehon rasvapitoisuuden tärkeyttä kardiometabolisen terveyden edistämässä jo lapsilla. Kehon kokonaismassaan suhteutetulla kestävyyskunnolla yhteydet metabolisen oireyhtymän ilmentäjiin ovat samankaltaiset kuin kehon rasvapitoisuudella, mutta kehon rasvattomaan massaan suhteutetulla kestävyyskunnolla ei yhteyksiä löytynyt. Suuremman rasvaprosentin omaavilla lapsilla parempi kestävyyskunto on yhteydessä pienempään kardiometaboliseen riskiin, paastoinsuliiniin ja insuliiniresistenssiin, kun kestävyyskunto on ilmaistu suhteessa kokonaismassaan. Kehon rasvattomaan massaan suhteutettuna kestävyyskunnolla ei ole merkitystä metabolisen oireyhtymän indikaattoreihin lapsilla, joilla on suurempi rasvaprosentti.

Kestävyyskunnan myönteiset yhteydet kardiometaboliseen riskiin saattavat selittyä kehon rasvapitoisuuden eroilla, minkä vuoksi kestävyyskunnan tarkastelussa on tärkeää ottaa huomioon kehon koostumuksen vaikutus huippuhapenottokykyyn. Suhteutettaessa kestävyyskunto kehon rasvattomaan massaan, pystytään luotettavammin tutkimaan kestävyyskunnan merkitystä kardiometaboliseen riskiin ilman kehon massan sekoittavaa vaikutusta. Tulevaisuudessa myös fat but fit -hypoteesia tulisi testata kehon rasvapitoisuus kestävyyskunnan arvioinnissa huomioiden.

LÄHTEET

- Alberti, K. G. M. M., Zimmet, P. & Shaw, J. 2006. Metabolic syndrome – a new world-wide definition. A consensus statement from the International Diabetes Federation. *Diabetic Medicine* 23 (5), 469–480.
- Anderssen, S. A., Cooper, A. R., Riddoch, C., Sardinha, L. B., Harro, M., Brage, S. & Andersen, L. B. 2007. Low cardiorespiratory fitness is a strong predictor for clustering of cardiovascular disease risk factors in children independent of country, age and sex. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation* 14 (4), 526–531.
- Armstrong, N. & Barker, A. R. 2011. Endurance training and elite young athletes. *Medicine and Sport Science* 56, 59–83.
- Armstrong, N. & Welsman, J. R. 2000. Development of aerobic fitness during childhood and adolescence. *Pediatric Exercise Science* 12 (2), 128-149.
- Armstrong, N., Tomkinson, G. & Ekelund, U. 2011. Aerobic fitness and its relationship to sport, exercise training and habitual physical activity during youth. *British Journal of Sports Medicine* 45 (11), 849–858.
- Barry, V. W., Baruth, M., Beets, M. W., Durstine, J. L., Liu, J. & Blair, S. N. 2014. Fitness vs. fatness on all-cause mortality: a meta-analysis. *Progress in Cardiovascular Diseases* 56 (4), 382–390.
- Blair, S. N. & Church, T. S. 2004. The fitness, obesity, and health equation: is physical activity the common denominator? *JAMA* 292 (10), 1232–1234.
- Borrud, L. G., Flegal, K. M., Freedman, D. S., Li, Y. & Ogden, C. L. 2011. Smoothed percentage body fat percentiles for US children and adolescents, 1999-2004. *National Health Statistic Reports* 43.
- Burkhauser, R. V. & Cawley, J. 2008. Beyond BMI: the value of more accurate measures of fatness and obesity in social science research. *Journal of Health Economics* 27 (2), 519–529.
- Cali, A. M. & Caprio, S. 2008. Obesity in children and adolescents. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 93 (11, S1), s31–s36.
- Derakhshan, A., Tohidi, M., Arshi, B., Khalili, D., Azizi, F. & Hadaegh, F. 2015. Relationship of hyperinsulinaemia, insulin resistance and β -cell dysfunction with incident diabetes

- and pre-diabetes: the Tehran Lipid and Glucose Study. *Diabetic Medicine* 32 (1), 24–32.
- Eckel, R. H., Grundy, S. M. & Zimmet, P. Z. 2005. The metabolic syndrome. *The Lancet* 365 (9468), 1415–1428.
- Eisenmann, J. C. 2008. On the Use of a Continuous Metabolic Syndrome Score in Pediatric Research. *Cardiovascular Diabetology* 7 (1), 17.
- Eisenmann, J. C., Welk, G. J., Wickel, E. E. & Blair, S. N. 2007. Combined influence of cardiorespiratory fitness and body mass index on cardiovascular disease risk factors among 8–18 year old youth: The Aerobics Center Longitudinal Study. *Pediatric Obesity* 2 (2), 66–72.
- Ekelund, U., Anderssen, S. A., Froberg, K., Sardinha, L. B., Andersen, L. B., Brage, S. & European Youth Heart Study Group. 2007. Independent associations of physical activity and cardiorespiratory fitness with metabolic risk factors in children: the European youth heart study. *Diabetologia* 50 (9), 1832–1840.
- Eloranta, A. M., Lindi, V., Schwab, U., Kiiskinen, S., Kalinkin, M., Lakka, H. M. & Lakka, T. A. 2011. Dietary factors and their associations with socioeconomic background in Finnish girls and boys 6–8 years of age: the PANIC Study. *European Journal of Clinical Nutrition* 65 (11), 1211–1218.
- Eloranta, A. M., Lindi, V., Schwab, U., Tompuri, T., Kiiskinen, S., Lakka, H-M., Laitinen, T. & Lakka, T. A. 2012. Dietary factors associated with overweight and body adiposity in Finnish children aged 6-8 years: the PANIC Study. *International Journal of Obesity* 36 (7), 950–955.
- Eloranta, A. M., Schwab, U., Venäläinen, T., Kiiskinen, S., Lakka, H. M., Laaksonen, D. E., Lakka, T. A. & Lindi, V. 2016. Dietary quality indices in relation to cardiometabolic risk among Finnish children aged 6–8 years–The PANIC study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* 26 (9), 833–841.
- Freedman, D. S., Wang, J., Maynard, L. M., Thornton, J. C., Mei, Z., Pierson Jr, R. N., Dietz, W. H. & Horlick, M. 2005. Relation of BMI to fat and fat-free mass among children and adolescents. *International Journal of Obesity* 29 (1), 1–8.
- Goran, M. I. 1998. Measurement issues related to studies of childhood obesity: assessment of body composition, body fat distribution, physical activity, and food intake. *Pediatrics* 101 (S2), 505–518.

- Goran, M., Fields, D. A., Hunter, G. R., Herd, S. L. & Weinsier, R. L. 2000. Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. *International Journal of Obesity* 24 (7), 841.
- Graves, L. E. F., Nevill, A. M., Fowweather, L., McWhannell, N., Hopkins, N. D., Boddy, L. M. & Stratton, G. 2013. Scaling of peak oxygen uptake in children. A comparison of body size index models. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45, 2341–2345.
- Hainer, V., Toplak, H. & Stich, V. 2009. Fat or fit: what is more important? *Diabetes Care*, 32 (S2), S392–S397.
- Han, T. S. & Lean, M. E. J. 2015. Metabolic syndrome. *Medicine* 43 (2), 80–87.
- Henriksson, P., Cadenas-Sanchez, C., Leppänen, M. H., Delisle Nyström, C., Ortega, F. B., Pomeroy, J., Ruiz, J. R. & Löf, M. 2016. Associations of fat mass and fat-free mass with physical fitness in 4-year-old children: results from the MINISTOP trial. *Nutrients* 8 (8), 473.
- Katzmarzyk, P. T., Church, T. S., Janssen, I., Ross, R. & Blair, S. N. 2005. Metabolic syndrome, obesity, and mortality. *Diabetes Care* 28 (2), 391–397.
- Klasson-Heggebø, L., Andersen, L. B., Wennlöf, A. H., Sardinha, L. B., Harro, M., Froberg, K. & Anderssen, S. A. 2006. Graded associations between cardiorespiratory fitness, fatness, and blood pressure in children and adolescents. *British Journal of Sports Medicine* 40 (1), 25–29.
- Koivisto, V. 1981. Insuliiniresistenssin etiologia, patogeneesi ja hoitomahdollisuudet. *Duodecim* 97, 825–836.
- Komulainen, J. & Lihavuus (lapset) -työryhmä. 2012. Sydän- ja verisuonitautien riskitekijät ja lasten lihavuus. Näytönastekatsaus. Viitattu 28.11.2017. <http://www.kaypahoito.fi>.
- Kriemler, S., Manser-Wenger, S., Zahner, L., Braun-Fahrländer, C., Schindler, C. & Puder, J. J. 2008. Reduced cardiorespiratory fitness, low physical activity and an urban environment are independently associated with increased cardiovascular risk in children. *Diabetologia* 51 (8), 1408–1415.
- Lakka, T. A. 2013. The Physical Activity and Nutrition in Children study (PANIC). NCT01803776. Viitattu 3.11.2017. <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT01803776>.
- Lee, J. M., Okumura, M. J., Davis, M. M., Herman, W. H. & Gurney, J. G. 2006. Prevalence and determinants of insulin resistance among US adolescents: a population-based study. *Diabetes Care* 29 (11), 2427–2432.

- Lintu, N., Tompuri, T., Viitasalo, A., Soinen, S., Laitinen, T., Savonen, K., Lindi, V. & Lakka, T. A. 2014. Cardiovascular fitness and haemodynamic responses to maximal cycle ergometer exercise test in children 6–8 years of age. *Journal of Sports Sciences* 32 (7), 652–659.
- Lobstein, T., Baur, L. & Uauy, R. 2004. Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obesity Reviews* 5 (S1), 4–85.
- Loftin, M., Sothorn, M., Abe, T. & Bonis, M. 2016. Expression of VO₂peak in Children and Youth, with Special Reference to Allometric Scaling. *Sports Medicine* 46 (10), 1451–1460.
- Matthews, D. R., Hosker, J. P., Rudenski, A. S., Naylor, B. A., Treacher, D. F. & Turner, R. C. 1985. Homeostasis model assessment: insulin resistance and β -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia* 28 (7), 412–419.
- Murphy, M. J., Metcalf, B. S., Voss, L. D., Jeffery, A. N., Kirkby, J., Mallam, K. M. & Wilkin, T. J. 2004. Girls at five are intrinsically more insulin resistant than boys: The Programming Hypotheses Revisited — The EarlyBird Study (EarlyBird 6). *Pediatrics* 113 (1), 82–86.
- Niederer, I., Kriemler, S., Zahner, L., Bürgi, F., Ebenegger, V., Marques-Vidal, P. & Puder, J. J. 2012. BMI group-related differences in physical fitness and physical activity in preschool-age children: a cross-sectional analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 83 (1), 12–19.
- Nyström, C. D., Henriksson, P., Martínez-Vizcaíno, V., Medrano, M., Cadenas-Sanchez, C., Arias-Palencia, N. M., Löf, M., Ruiz, J. R., Labayen, I., Sánchez-López, M. & Ortega, F. B. 2017. Does Cardiorespiratory Fitness Attenuate the Adverse Effects of Severe/Morbid Obesity on Cardiometabolic Risk and Insulin Resistance in Children? A Pooled Analysis. *Diabetes Care* 40 (11), 1580–1587.
- Ortega, F. B., Cadenas-Sánchez, C., Sui, X., Blair, S. N. & Lavie, C. J. 2015. Role of fitness in the metabolically healthy but obese phenotype: a review and update. *Progress in Cardiovascular Diseases* 58 (1), 76–86.
- Ortega, F. B., Lavie, C. J. & Blair, S. N. 2016. Obesity and cardiovascular disease. *Circulation Research* 118 (11), 1752–1770.

- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J. & Sjöström, M. 2008. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity* 32 (1), 1–11.
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Labayen, I., Lavie, C. J. & Blair, S. N. 2018. The Fat but Fit paradox: what we know and don't know about it. *British Journal of Sports Medicine* 52 (3), 151–153.
- Parikh, T. & Stratton, G. 2011. Influence of intensity of physical activity on adiposity and cardiorespiratory fitness in 5–18-year-olds. *Sports Medicine* 41 (6), 477–488.
- Peplies, J., Jiménez-Pavón, D., Savva, S. C., Buck, C., Günther, K., Fraterman, A., Russo, P., Iacoviello, L., Veidebaum, T., Tornaritis, M., De Henauw, S., Mårild, S., Molnár, D., Moreno, L. A. & Ahrens, W. 2014. Percentiles of fasting serum insulin, glucose, HbA1c and HOMA-IR in pre-pubertal normal weight European children from the IDEFICS cohort. *International Journal of Obesity* 38 (S2), S39–S47.
- Rowland, T. 2013. Oxygen uptake and endurance fitness in children, revisited. *Pediatric Exercise Science* 25 (4), 508–514.
- Ruiz, J. R., Castro-Piñero, J., Artero, E. G., Ortega, F. B., Sjöström, M., Suni, J. & Castillo, M. J. 2009. Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine* 43 (12), 909–923.
- Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Rizzo, N. S., Villa, I., Hurtig-Wennlöf, A., Oja, L. & Sjöström, M. 2007. High cardiovascular fitness is associated with low metabolic risk score in children: the European Youth Heart Study. *Pediatric Research* 61 (3), 350–355.
- Sabin, M. A., Magnussen, C. G., Juonala, M., Shield, J. P., Kähönen, M., Lehtimäki, T., Rönnemaa, T., Koskinen, J., Loo, B-M., Knip, M., Hutri-Kähönen, N., Viikari, J. S. A., Dwyer, T. & Raitakari, O. T. 2015. Insulin and BMI as predictors of adult type 2 diabetes mellitus. *Pediatrics* 135 (1), e144–e151.
- Santana, C. C. A., Azevedo, L. B., Cattuzzo, M. T., Hill, J. O., Andrade, L. P. & Prado, W. L. 2017. Physical fitness and academic performance in youth: A systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 27 (6), 579–603.
- Skinner, A. C., Perrin, E. M., Moss, L. A. & Skelton, J. A. 2015. Cardiometabolic risks and severity of obesity in children and young adults. *New England Journal of Medicine* 373 (14), 1307–1317.

- Suriano, K., Curran, J., Byrne, S. M., Jones, T. W. & Davis, E. A. 2010. Fatness, fitness, and increased cardiovascular risk in young children. *The Journal of Pediatrics* 157 (4), 552–558.
- Taylor, R. W., Gold, E., Manning, P. & Goulding, A. 1997. Gender differences in body fat content are present well before puberty. *International Journal of Obesity* 21 (11), 1082.
- Väistö, J., Eloranta, A. M., Viitasalo, A., Tompuri, T., Lintu, N., Karjalainen, P., Lampinen, E-K., Ågren, J., Laaksonen, D. E., Lakka, H-M., Lindi, V. & Lakka, T. A. 2014. Physical activity and sedentary behaviour in relation to cardiometabolic risk in children: cross-sectional findings from the Physical Activity and Nutrition in Children (PANIC) Study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 11 (1), 55.
- Viitasalo, A., Lakka, T. A., Laaksonen, D. E., Savonen, K., Lakka, H. M., Hassinen, M., Komulainen, P., Tompuri, T., Kurl, S., Laukkanen J. A. & Rauramaa, R. 2014. Validation of metabolic syndrome score by confirmatory factor analysis in children and adults and prediction of cardiometabolic outcomes in adults. *Diabetologia* 57 (5), 940–949.
- Viner, R. M., Segal, T. Y., Lichtarowicz-Krynska, E. & Hindmarsh, P. 2005. Prevalence of the insulin resistance syndrome in obesity. *Archives of Disease in Childhood* 90 (1), 10–14.
- World Health Organization (WHO). 2017. Facts and figures of childhood obesity. Viitattu 16.11.2017. <http://www.who.int/end-childhood-obesity/facts/en>.
- World Obesity Federation. 2015. Extended International (IOTF) Body Mass Index Cut-Offs for Thinness, Overweight and Obesity in Children. Viitattu 24.4.2018. <https://www.worldobesity.org/data/cut-points-used/newchildcutoffs>.
- Zimmet, P., Alberti, K. G. M., Kaufman, F., Tajima, N., Silink, M., Arslanian, S., Wong, G., Bennett, P., Shaw, J. & Caprio, S. 2007. The metabolic syndrome in children and adolescents—an IDF consensus report. *Pediatric Diabetes* 8 (5), 299–306.