

**KORKEATEHOISEN INTERVALLIHARJOITTELUN VAIKUTUS
VISKERAALISEN RASVAN MÄÄRÄÄN YLIPAINOISILLA JA LIHAVILLA
AIKUISILLA**

Jatta Hernesniemi

Liikuntalääketieteen kandidaatintutkielma
Liikuntatieteellinen tiedekunta
Jyväskylän yliopisto
Syksy 2020

TIIVISTELMÄ

Hernesniemi, J. 2020. Korkeatehoisen intervalliharjoittelun vaikutus viskeraalisen rasvan määrään ylipainoisilla ja lihavilla aikuisilla. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, liikuntalääketieteen kandidaatintutkielma, 32s., 2 liitettä.

Ylipaino ja lihavuus ovat maailmanlaajuisesti ja kansallisesti merkittäviä terveysongelmia, sillä ne kuormittavat terveydenhuoltoa lisäten useiden pitkäaikaissairauksien riskiä. Erityisen haitallista terveydelle on vatsaonteloon kertyvä viskeraalirasva (VAT). Tämä johtuu siitä, että se on metabolisesti hyvin aktiivista ja on selkeästi yhteydessä elimistön aineenvaihdunnallisiin häiriöihin ja niistä johtuviin sairauksiin. Intensiteetin roolin on arvioitu olevan painonhallinnassa keskeinen, sillä korkeatehoinen intervalliharjoittelu (HIIT) on ajallisesti kustannustehokas tapa vähentää rasvakudoksen määrää. Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli selvittää, onko HIIT:illä vaikutuksia VAT:in määrään ylipainoisilla ja lihavilla aikuisilla.

Kirjallisuushaku suoritettiin 5.10.2020 CINAHL, Cochrane Library, Medline Ovid ja SPORT-Discus- tietokantoihin hakulausekkeella, joka sisälsi hakutermit “high intensity interval training” AND “visceral fat” sekä useita näiden termien synonyymejä. Katsaukseen valittiin sellaiset RCT-tutkimukset, joissa tarkasteltiin HIIT:in aiheuttamia muutoksia VAT:in määrään vähintään ylipainoisilla aikuisilla ja saatuja tuloksia verrattiin liikuntaa harrastamattomiin kontrolloihin. VAT tuli olla mitattu joko CT:llä tai MRI:llä. Kriteerinä sisäännotolle oli myös se, että tutkittavat olivat terveitä, 18–50-vuotiaita (keski-ikä alle 50) aikuisia, joilla ei ollut aikaisempaa liikuntataustaa. Lisäksi HIIT:in kanssa ei saanut olla yhdistettynä muita liikuntamuotoja. Haun tuloksena löydettiin 148 artikkelia, joista kuusi valikoitui lopulliseen katsaukseen. Tutkittavia oli yhteensä 280. Tutkimukset sisälsivät yhteensä kymmenen erilaista HIIT-ohjelmaa.

VAT väheni kolmessa tutkimuksessa tilastollisesti merkitsevästi interventio- ja kontrolliryhmän välillä ja kahdessa tutkimuksessa interventio-ryhmän sisällä. Yhdessä tutkimuksessa VAT:in määrä ei muuttunut merkitsevästi. HIIT-ohjelmista yhteensä kuudessa VAT väheni tilastollisesti merkitsevästi interventio- ja kontrolliryhmän välillä sekä kahdessa HIIT-ohjelmassa interventio-ryhmän sisällä. Kahdessa HIIT-ohjelmassa VAT:in määrä ei muuttunut.

Tutkimuksen luotettavuutta heikentävät puutteelliset satunnaistamismenetelmät sekä HIIT-ohjelmien suuri vaihtelevuus tutkimuksien välillä. Saatujen tuloksien perusteella voidaan todeta, että HIIT on ajallisesti kustannustehokas liikuntamuoto VAT:in määrän vähentämiseksi erityisesti terveillä, ylipainoisilla ja lihavilla aikuisilla. Ilmeisesti intensiteetit 90 % VO₂peak:in yläpuolella eivät aiheuta VAT:in merkittävämpää vähenemistä. Lisäksi palautumisvaiheen muoto (aktiivinen tai passiivinen) ei ilmeisesti vaikuta olennaisesti VAT:in määrän muutoksiin.

Asiasanat: viskeraalinen rasva, korkeatehoinen intervalliharjoittelu, aikuiset, ylipaino, lihavuus, tietokonekerroskuvaus

KÄYTETYT LYHENTEET

AnT	anaerobic threshold, anaerobinen kynnys
BMI	body mass index, kehon massaindeksi
CT	computerized tomography, tietokonekerroskuvaus
DXA	dual-energy X-ray absorptiometry, kaksienergisien röntgensäteiden absorptiometria
EPOC	excess post-exercise oxygen consumption, fyysisen aktiivisuuden jälkeinen lepotason ylittävä hapenkulutuksen määrä
HIIT	high- intensity interval training, korkean intensiteetin intervalliharjoittelu
HRmax	maximal heart rate, maksimaalinen syke
HRpeak	peak heart rate, sykkeen huippuarvo
MICT	moderate- intensity continuous training, kohtalaisen intensiteetin yhtäjaksoinen harjoittelu
MRI	magnetic resonance imaging, magneettikuvaus
RCT	randomized controlled trial, satunnaistettu kontrolloitu tutkimus
VAT	visceral adipose tissue, viskeraalinen rasvakudos
VO ₂ max	maximal oxygen uptake, maksimaalinen hapenottokyky
VO ₂ peak	peak oxygen uptake, hapenkulutuksen huippuarvo

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	1
2 VISKERAALINEN RASVA	2
2.1 Viskeraalisen rasvan rakenne ja sen kasaantuminen	2
2.2 Viskeraalisen rasvan aineenvaihdunnalliset ominaisuudet ja yhteys terveyteen.....	3
2.3 Viskeraalisen rasvan mittaussmenetelmät ja niiden luotettavuus	4
3 LIIKUNNAN VAIKUTUKSET VISKERAALISEN RASVAN MÄÄRÄÄN	6
4 KORKEATEHOINEN INTERVALLIHARJOITTELU.....	8
4.1 Intervalliharjoittelun vasta-aiheet	9
4.2 Intervalliharjoittelun yhteys terveyteen	10
5 METODIT	12
6 TULOKSET	14
6.1 Valitut tutkimukset	14
6.2 Intervalliharjoittelun aiheuttamat muutokset viskeraalisen rasvan määrässä.....	17
7 POHDINTA.....	18
7.1 Viskeraalisen rasvan määrässä tapahtuneet muutokset	18
7.2 Tutkimuksen luotettavuus	21
7.3 Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet	22
LÄHTEET	24
LIITTEET	

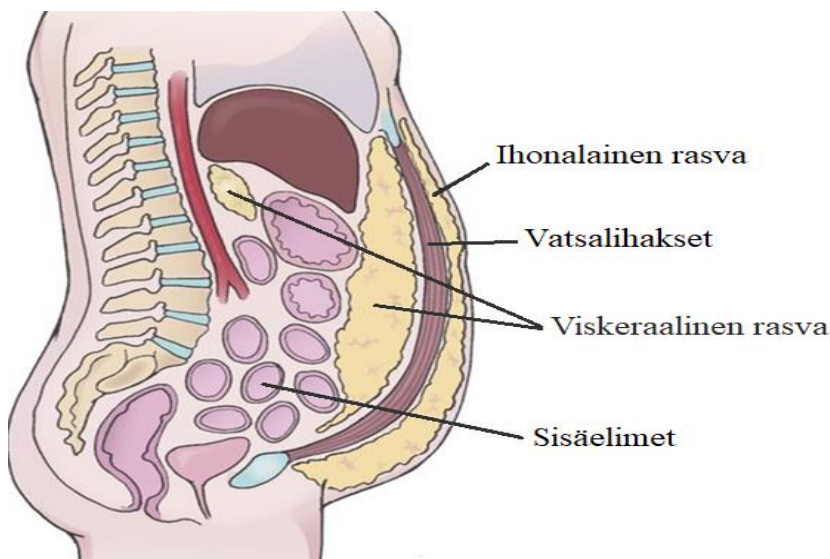
1 JOHDANTO

Ylipainosta ja lihavuudesta on viimeisimmän vuosisadan aikana tullut merkittävä sekä maailmanlaajuinen että kansallinen terveysongelma (Lundqvist ym. 2018; World Health Organization 2020). Niistä puhutaan yleensä silloin, kun rasvakudoksen määrä on normaalia suurempi, mutta niistä voidaan puhua myös silloin, kun rasvaa on kertynyt keskivartalon sisäosiin niin paljon, että siitä aiheutuu ihmiselle terveydellistä haittaa (Fogelholm ym. 2016). Ylimääräisen rasvan sijainnilla voi siis olla haitallisempi vaikutus terveydelle kuin sen kokonaismäärällä (Gesta & Kahn 2012). Erityisen haitallista terveydelle on vatsaonteloon kertyvä viskeraalinen rasva (VAT). Tämä johtuu siitä, että VAT on metabolisesti hyvin aktiivista (Wronska & Kmiec 2012) ja se linkitetään moniin pitkäaikaissairauksien riskiä lisääviin aineenvaihdunnallisiin häiriöihin (Karlsson ym. 2019). Liiallinen VAT on kansanterveydellisestikin merkittävä ongelma, sillä siihen liittyy useita terveyden lisäksi myös terveydenhuoltoa kuormittavia sairauksia, kuten tyypin 2 diabetes sekä sydän- ja verisuonisairaudet (Fogelholm ym. 2016; Elffers ym. 2017).

Matalatehoisen, yhtäjaksoisen harjoittelun (MICT) tiedetään vähentävän kokonais- ja vyötärön ympäräysrasvaa sekä VAT:in määrää ylipainoisilla ja lihavilla aikuisilla (Ismail ym. 2012; Wewege ym. 2017). Tutkimustiedon perusteella kuitenkin intensiteetin rooli VAT:in vähentämisessä voi olla merkittävä, sillä Vissersin ym. (2013) mukaan VAT vähentyy tehokkaimmin silloin, kun harjoituksen intensiteetti on korkeampi. Yksi korkean intensiteetin liikuntamuodoista on korkeatehoinen intervalliharjoittelu (HIIT) joka koostuu lyhyistä, korkean tehon harjoituspätkistä, jota seuraa lyhyt palautumisjakso. HIIT:issä yksittäisen harjoituksen korkealla intensiteetillä tehdyn työn määrä voidaan pitää mahdollisimman suurena (Laursen & Buchheit 2019). Tästä syystä HIIT tunnetaankin ajallisesti hyvin kustannustehokkaana liikuntamuotona painonhallinnassa (Maillard ym. 2018). Türkin ym. (2017) ja Wewegen ym. (2017) mukaan HIIT:illä voidaan vähentää kokonais- ja vyötärön ympäräysrasvaa jopa MICT:tä tehokkaammin ja pienemmällä harjoittelumäärällä. Näistä tekijöistä huolimatta HIIT:in vaikutukset VAT:in määrään ovat toistaiseksi jääneet epäselviksi. Tämä tutkimus on systemaattinen kirjallisuuskatsaus, jonka tarkoituksena on selvittää, millaisia vaikutuksia HIIT:illä on VAT:in määrään ylipainoisilla ja lihavilla aikuisilla. Lisäksi pyritään arvioimaan, onko erilaisilla HIIT-ohjelmilla erisuuruisia vaikutuksia VAT:in määrään.

2 VISKERAALINEN RASVA

VAT on valkoista rasvakudosta, jota kerääntyy vatsa- ja rintaonteloon sekä siellä olevien sisäelinten ympärille (kuva 1) (Tsiloulis & Watt 2015). Näitä elimiä ovat esimerkiksi mahalaukku, haima, maksa ja munuaiset. VAT:in pääasiallinen tehtävä on elimistön energianlähteenä ja -varastona toimiminen, mutta lisäksi se suojaa sisäelimiä mekaanisilta vaurioilta sekä toimii kehon lämpöeristeenä (Gesta & Kahn 2012; Wronska & Kmiec 2012). Sisäelinten ympärille kerääntyvä VAT on sijaintinsa vuoksi metabolisesti erityisen aktiivista, ja siksi myös terveydelle hyvin haitallista (Fontana ym. 2007; Veilleux & Tchernof 2012; Karlsson ym. 2019).



KUVA 1. Viskeraalisen rasvakudoksen (VAT) sijainti sivusta päin kuvattuna (Pilolla 2018).

2.1 Viskeraalisen rasvan rakenne ja sen kasaantuminen

VAT rakentuu suurista pallomaisista rasvan täyttämistä soluista, joita kutsutaan adiposyyteiksi (Tsiloulis & Watt 2015). Rakenteeltaan VAT on löyhää sidekudosta, jolla on laaja hiussuoni-verkosto (Wajchenberg 2000). Tämä verisuonten muodostama tiheä verkosto mahdollistaa VAT:in hapensaannin sekä tarjoaa yhdessä imusuoniston kanssa sen erittämille aineenvaihdutatuotteille kulkureitin muualle elimistöön (Wronska & Kmiec 2012). VAT sisältää runsaasti tulehdussoluja (Mustajoki 2019a), joiden määrä on suurempi ylipainoisilla ja lihavilla ihmisillä

(Gesta & Kahn 2012). Ylipainosta voidaan puhua silloin, kun kehon massaindeksi (BMI) on vähintään 25 ja lihavuudesta silloin, kun se on vähintään 30 (World Health Organization 2020).

Ylimääräinen energia varastoidaan yleensä rasvana eri puolille elimistöä (Hill ym. 2012). Se, miksi ylimääräinen rasva kerääntyy juuri vatsa- tai rintaontelon sisälle, voi johtua useista eri tekijöistä. Pääsääntöisesti VAT:in kasaantumisen tiedetään olevan perimän määräämää (Wajchenberg 2000; Veilleux & Tchernof 2012), mutta myös sukupuoli vaikuttaa sen kasaantumiseen siten, että sen määrä on yleensä runsaampaa miehillä (Gesta & Kahn 2012). Tämä johtuu siitä, että naisilla estrogeeni ehkäisee rasvan kertymistä vatsaonteloon (Mustajoki 2019a). Vaihdevuosien jälkeen naisille kertyvä ylimääräinen rasva on kuitenkin yleisemmin VAT:ia, sillä silloin estrogeenin määrä elimistössä laskee (Lovejoy ym. 2008; Bracht ym. 2020). Normaali painoisilla naisilla VAT:in osuus kokonaisrasvamäärästä on noin 5–8 % ja miehillä vastaava luku on 10–20 % (Wajchenberg 2000). Ikä vaikuttaa VAT:in määrään siten, että sen määrä lisääntyy erityisesti keski-ikä jälkeen (Wajchenberg 2000; Hunter ym. 2010). Lisäksi fyysisellä aktiivisuudella ja ruokavaliolla on vaikutuksia VAT:in kokonaismäärään, sillä ne vaikuttavat olennaisesti sekä energiankulutukseen että -saantiin (Verheggen ym. 2016). Tavallista suurempia VAT:in määriä on havaittu erityisesti ylipainoisilla ja lihavilla ihmisillä (Gesta & Kahn 2012). Tämä on haitallista siksi, koska VAT:in normaalia runsaampi määrä on erityisen haitallista terveydelle (Elffers ym. 2017; Ko ym. 2017; Karlsson ym. 2019).

2.2 Viskeraalisen rasvan aineenvaihdunnalliset ominaisuudet ja yhteys terveyteen

VAT on endokriininen elin, joka erittää verenkiertoon useita erilaisia aineenvaihduntatuotteita. Tämä aiheuttaa elimistön rasva- ja sokeriaineenvaihdunnan häiriöitä, jotka ovat yhteydessä erilaisten pitkäaikaissairauksien syntyyn (Elffers ym. 2017; Ko ym. 2017; Karlsson ym. 2019). VAT:in metabolinen aktiivisuus on erityisen vilkasta sellaisilla ihmisillä, joilla sen määrä on normaalia suurempi (Wronska & Kmiec 2012). Näitä ihmisiä ovat esimerkiksi ylipainoiset ja lihavat ihmiset (Gesta & Kahn 2012). Heillä rasvan runsas kasaantuminen vatsaonteloon on vahvasti yhteydessä kasvaneeseen sydän- ja verisuonisairauksien riskiin (Després & Lemieux 2006; Elffers ym. 2017). Tämä on seurausta VAT:in aiheuttamista rasva-aineenvaihdunnan häiriöistä. VAT:in on todettu olevan yhteydessä myös matalaan HDL-kolesteroliin ja korkeaan

LDL-kolesteroliin (Veilleux & Tchernof 2012; Karlsson ym. 2019). Lisäksi VAT erittää vapaita rasvahappoja sekä verenkiertoon että suoraan porttilaskimon kautta maksaan (Wronska & Kmiec 2012). Verenkiertoon eritetyt vapaat rasvahapot ovat yhteydessä verisuonten sisäpinnan eli endoteelin toimintahäiriöihin (Veilleux & Tchernof 2012; Ghosh ym. 2017) ja korkeaan verenpaineeseen (Wang ym. 2015; Karlsson ym. 2019), kun taas suoraan maksaan siirtyvät vapaat rasvahapot ovat yhteydessä rasvamaksan syntyyn (Ko ym. 2017; Mustajoki 2019b).

VAT:iin kasaantuu myös runsaasti tulehdussoluja, jotka ylläpitävät elimistön kroonista, matala-asteista tulehdusta. Nämä tulehdussolut erittävät sytokiineiksi kutsuttuja aineita, jotka ylläpitävät elimistön matala-asteista tulehdustilaa (Trayhurn 2005). Merkittävimpiä tulehdusta ylläpitäviä sytokiineja ovat interleukiinit (IL-1, IL-6 ja IL-8) sekä tuumorinekroositekijä alfa (TNF- α) (Fontana ym. 2007; Gesta & Kahn 2012; Makki ym. 2013). Pitkäaikaisena matala-asteinen tulehdustila vaikuttaa sokeriaineenvaihduntaan siten, että elimistön insuliiniherkkyys heikkenee (Makki ym. 2013). Tämä tarkoittaa sitä, että elimistö ei kykene vähentämään veren glukosipitoisuutta enää yhtä tehokkaasti, mikä puolestaan on pitkällä aikavälillä selkeästi yhteydessä tyypin 2 diabeteksen syntyyn (Nordström ym. 2016; Karlsson ym. 2019). Edellä mainitut rasva- ja sokeriaineenvaihdunnan häiriöt yhdessä matala-asteisen tulehduksen kanssa ovat yhteydessä sairauksien kirjoon, jota kutsutaan metaboliseksi oireyhtymäksi (Gesta & Kahn 2012).

Liiallinen VAT voi johtaa myös painonhallinnan ongelman kierteeseen, sillä se erittää verenkiertoon tavallista runsaampia määriä leptiiniksi kutsuttua hormonia (Münzberg & Myers 2005; Makki ym. 2013). Leptiinin rooli ruokahalun säätelyssä on keskeinen, sillä se hillitsee nälän tunnetta. VAT erittää verenkiertoon poikkeuksellisen runsaita määriä leptiiniä, mikä aiheuttaa pitkällä aikavälillä sen, että se ei hillitse nälän tunnetta enää yhtä tehokkaasti (Münzberg & Myers 2005; Gesta & Kahn 2012). Tämä voi johtaa runsaampaan syömiseen ja energiansaantiin, mikä puolestaan voi lisätä rasvakudoksen määrää (Hill ym. 2012).

2.3 Viskeraalisen rasvan mittausmenetelmät ja niiden luotettavuus

Koska liiallisella VAT:illa on useita epäedullisia vaikutuksia terveydelle, on tärkeä osata arvioida sen määrää luotettavasti ja tarkasti. VAT:in mittaukseen on olemassa useita erilaisia me-

netelmiä, mutta niiden tarkkuus, toistettavuus, kustannukset sekä turvallisuus vaihtelevat suuresti keskenään. Useimmat mittausten menetelmistä perustuvat arvioihin, eivätkä ne tarjoa kliinisesti tarkkoja tuloksia VAT:in kokonaismäärästä. Näitä menetelmiä ovat esimerkiksi kaksiennergisen röntgensäteiden absorptiometria (DXA), bioimpedanssi, ultraääni ja vyötärön ympärysmittaus (Browning ym. 2010; Shuster ym. 2012). Erityisesti DXA:ta käytetään usein VAT:in arviointiin, sillä sen käyttö on edullista ja sen on osoitettu korreloivan hyvin VAT:in todellisen määrän kanssa (Neeland ym. 2016; Mohammad ym. 2017).

VAT:in määrän selvittämiseen on kuitenkin olemassa kaksi kuvantamismenetelmää, joilla pystytään selvittämään tarkasti sen kokonaismäärä (Rössner ym. 1990; Abate ym. 1994). Nämä menetelmät ovat tietokonekerroskuvaus (CT) ja magneettikuvaus (MRI). Näillä laitteilla pystytään ottamaan tarkkoja poikkileikkauskuvia halutusta kehonosasta (Shuster ym. 2012). VAT:ia mitattaessa poikkileikkauskuvat otetaan yleensä kylkiluiden L4–L5 kohdalta, sillä tämä mittauskohta kertoo VAT:in todellisen määrän parhaiten molemmilla sukupuolilla (Wajchenberg 2000; Shuster ym. 2012). Mittaus tapahtuu mittausalustalla makuuasennossa kädet venytettyinä pään yläpuolelle (Wajchenberg 2000). CT:n ja MRI:n käyttöä saattaa kuitenkin rajoittaa niiden kallis hinta ja heikko saatavuus (Shuster ym. 2012).

CT on kuvantamismenetelmä, jonka toiminta perustuu röntgensäteilyn vaimentumiseen kudoksissa siten, että mitä tiheämpää kudos on, sitä huomattavampaa on myös säteiden vaimentuminen (van der Kooy & Seidell 1993). Tällä röntgensäteiden vaimentumiseen perustuvalla tekniikalla pystytään selkeästi erottelemaan rasvakudos ja sen kasaumat eri puolilla kehoa (van der Kooy & Seidell 1993). CT kuitenkin altistaa tutkittavan ionisoivalle säteilylle (Wajchenberg 2000), mutta kuvantaminen kestää ainoastaan muutamia sekunteja (van der Kooy & Seidell 1993). MRI:n käyttö taas perustuu magneettikenttien muodostukseen, eikä siihen liity CT:n tavoin ionisoivaa säteilyä (Wajchenberg 2000). Syntyneiden magneettikenttien avulla pystytään tunnistamaan haluttuja rasvakasaumia eri puolilta kehoa (van der Kooy & Seidell 1993). MRI:n toistettavuus kuitenkin hieman huonompi kuin CT:ssä. Tämä johtuu siitä, että kuvaus kestää yleensä useita minuutteja, jolloin ylimääräisten liikkeiden todennäköisyys kasvaa (esimerkiksi hengitys ja sisäelinten liikkeet), mitkä aiheuttavat kuviin epätarkkuutta (van der Kooy & Seidell 1993). Tämä voi johtaa väärin tulkintoihin VAT:in todellisesta määrästä. Tästä huolimatta myös MRI:n tarkkuus on kuitenkin hyvin korkea VAT:ia mitattaessa (Shuster ym. 2012).

3 LIIKUNNAN VAIKUTUKSET VISKERAALISEN RASVAN MÄÄRÄÄN

Liiallisen VAT:in aiheuttamien aineenvaihdunnallisten muutoksien tiedetään aiheuttavan huomattavia terveysriskejä ihmiselle (Veilleux & Tchernof 2012; Karlsson ym. 2019). Tästä syystä VAT:ia on aiheellista vähentää, jos sitä on kasautunut vatsaonteloon tavallista suurempina määriä. Liikunnan tiedetään olevan yksi painonhallinnan kulmakivistä, sillä se lisää energiankulutusta ja vähentää rasvakudoksen määrää ylipainoisilla ja lihavilla aikuisilla (Thompson ym. 2012; Vissers ym. 2013). Liikunnan avulla voidaan useiden tutkimuksien mukaan vähentää myös erityisesti VAT:in määrää (Ismail ym. 2012; Vissers ym. 2013; Verheggen ym. 2016; Merlotti ym. 2017; Wewege ym. 2017). Kuitenkin tehokkain liikuntamuoto VAT:in vähentämisen näkökulmasta on edelleen epäselvä. Tämä johtuu siitä, että tulokset VAT:in määrän muutoksista ovat olleet vaihtelevia eri liikuntamuodoissa (Ismail ym. 2012; Vissers ym. 2013) ja lisäksi useista liikuntamuodoista tutkimustieto on toistaiseksi vähäistä tai sitä ei ole laisinkaan.

Erityisesti MICT:n on todettu vähentävän VAT:in määrää useissa eri meta-analyysissä (Ismail ym. 2012; Vissers ym. 2013; Verheggen ym. 2016; Merlotti ym. 2017; Wewege ym. 2017). Arviot vaaditusta volyyymistä, frekvenssistä ja intensiteetistä kuitenkin vaihtelevat tai puuttuvat kokonaan tutkimuksesta riippuen. Yleisesti kuitenkin tiedetään, että liikunnan tulee olla pitkäaikaista ja kuntoa parantavaa, jotta muutoksia VAT:in määrässä saadaan aikaan (Mustajoki 2019a). Vissersin ym. (2013) mukaan liikunnan kokonaismäärä ei ole olennaisesti yhteydessä VAT:in vähenemiseen, sillä heidän tekemän meta-analyysin mukaan suuremmat määrät liikuntaa eivät johtaneet suurempiin muutoksiin VAT:in määrässä. Sen sijaan korkeammalla intensiteetillä tehty liikunta on ollut yhteydessä suurempaan VAT:in menetykseen kahdessa meta-analyysissä (Ismail ym. 2012; Vissers ym. 2013). Liikunnan muoto saattaa vaikuttaa myös VAT:in määrän muutoksiin, sillä Wewegen ym. (2017) mukaan VAT vähenee tehokkaammin juostessa verrattuna pyöräilyyn.

MICT:n lisäksi myös muiden liikuntamuotojen vaikutuksia VAT:in määrän muutoksiin on tutkittu. Progressiivinen vastusharjoittelu ei Ismailin ym. (2012) mukaan vaikuta merkittävästi VAT:in määrää, ja erityisesti vatsan alueelle kohdistettu harjoittelu ei vaikuta VAT:in vähenemiseen (Mustajoki 2019a). Vissers ym. (2013) ovat myös todenneet, että voimaharjoittelu ei

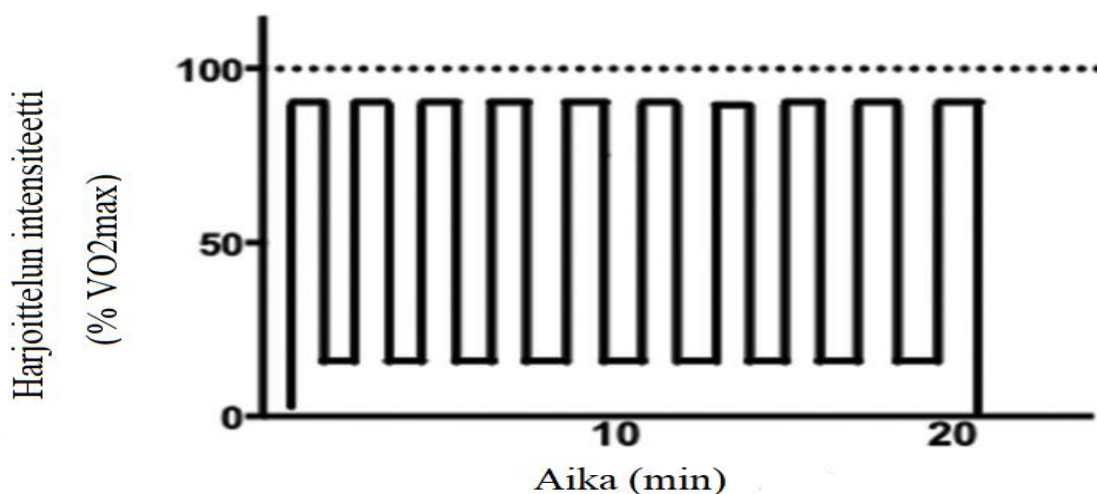
ole VAT:in vähentämisessä yhtä tehokasta kuin MICT. Vastusharjoittelua on yhdistetty myös aerobisen harjoittelun kanssa, mutta saadut tulokset ovat olleet ristiriitaisia tai ei-merkitseviä (Ismail ym. 2012; Vissers ym. 2013). Näiden tutkimuksien perusteella MICT on siis toistaiseksi tehokkain tapa vähentää VAT:in määrää ylipainoisilla ja lihavilla aikuisilla.

Liikunnan vaikutuksia VAT:in määrän muutoksiin saattavat sekoittaa erilaiset tekijät, joista yksi olennainen seikka on liikkujan ruokavalio. On hyvä ottaa huomioon, että esimerkiksi energiansaannin rajoituksella voidaan yksistään vaikuttaa VAT:in määrään laskevasti (Verheggen ym. 2016). Verheggenin ym. (2016) mukaan VAT:in vähentämisessä liikunta on kuitenkin energiansaannin rajoitusta tehokkaampaa ja Visserssin ym. (2013) mukaan ruokavalion muutokset eivät ole vaatimus VAT:in vähenemiseksi, sillä liikunnalla voidaan vähentää VAT:in määrää myös ilman ruokavaliomuutoksia. Sukupuoli saattaa myös sekoittaa saatuja tuloksia VAT:in vähenemisessä. Mahdolliset sukupuoleen liittyvät erot VAT:in muutoksissa liittyvät Visserssin ym. (2013) mukaan siihen, että miehillä on yleensä lähtökohtaisesti enemmän VAT:ia, jolloin myös sen väheneminen saattaa olla suurempaa kuin naisilla. Verheggenin ym. (2016) mukaan liikunnassa sukupuoli ei kuitenkaan vaikuta olennaisesti VAT:in vähenemiseen.

Tutkimuksen valossa näyttäisi siis siltä, että liikunta on tehokas tapa vähentää VAT:in määrää. Liikuntasuorituksen intensiteetin rooli on kuitenkin edelleen VAT:in vähenemisen suhteen epäselvä. Ismail ym. (2012) mukaan korkeamman intensiteetin liikunta on todettu olevan tehokkainta VAT:in vähentämisessä, ja samankaltaisia tuloksia ovat saaneet Vissers ym. (2013) tutkimuksessaan, jonka mukaan matalatehoinen liikunta ei ole yhtä tehokasta kuin kohtuu- ja korkeatehoinen liikunta. Näistä seikoista huolimatta meta-analyysit eivät ole käsitelleet HIIT:in yhteyttä VAT:in määrään. Ottaen huomioon, että intensiteetti saattaa olla merkittävä tekijä VAT:in vähennyksessä, tulisi myös korkealla intensiteetillä toteutettuja liikuntainterventioita tutkia ja tarkastella perusteellisemmin.

4 KORKEATEHOINEN INTERVALLIHARJOITTELU

HIIT on harjoittelumuoto, joka koostuu lyhyehköistä, toistuvista korkean intensiteetin harjoituspyrähdyksistä, jota seuraa aina lyhyt palautumisjakso. Harjoituksen aikana suorituksen intensiteetti siis vaihtelee aaltomaisesti hyvin korkean ja hyvin matalan intensiteetin välillä (kuva 2). Intensiteetin aaltomaisuus perustuu siihen, että hyvin korkealla intensiteetillä harjoituksen jatkaminen yhtäjaksoisesti ei ole mahdollista pitkäaikaisesti (Laursen & Buchheit 2019). Kun korkeatehoinen harjoitus jaetaan pätkiin, pystytään maksimoimaan yksittäisen harjoituskerran korkealla intensiteetillä tehdyn työn kokonaismäärä.



KUVA 2. Esimerkki HIIT-ohjelmasta. Vaaka-akselilla on kuvattu aika minuutteina (min) ja pystyakselilla harjoittelun intensiteetti maksimaalisena hapenkulutuksena (% VO2max) (Francois & Little 2015).

HIIT:in intensiteettiä voidaan kuvata usein eri keinoin, joista yleisimmät ovat maksimaalinen hapenkulutus (VO2max), hapenkulutuksen huippuarvo (VO2peak), maksimaalinen syke (HRmax) ja sykkeen huippuarvo (HRpeak). VO2max kuvastaa sitä, kuinka paljon happea elimistö kuluttaa maksimaalisen suorituksen aikana, kun taas HRmax kertoo henkilön korkeimman mahdollisen sykkeen (Laursen & Buchheit 2019). Niitä käyttämällä voidaan kuvata suorituksen intensiteettiä prosentteina maksimihapenkulutuksesta (% VO2max) tai maksimisykkeestä (%HRmax). Näiden arvojen tarkka selvittäminen edellyttää maksimaalisen rasitusko-

keen (Kenney ym. 2015, 234). VO₂peak ja HRpeak taas ovat epäsuoralla eli submaksimaalisella koemenetelmällä mitattuja hapenkulutuksen (VO₂peak) ja sykkeen (HRpeak) huippuarvoja, jotka perustuvat valmiisiin ennustekaavioihin, joiden mukaan syke ja hapenkulutus nousevat lineaarisesti rasituksen kasvaessa (Noonan & Dean 2000; Ross ym. 2010; Ozemek ym. 2016), mutta ne ovat kuitenkin vain arvioita henkilön VO₂max:ista tai HRmax:ista.

HIIT:istä voidaan tehdä lukemattomia määriä erilaisia sovelluksia. Harjoittelun intensiteetti voi vaihdella suuresti HIIT-ohjelmien välillä, mutta olennaista kuitenkin on, että se on asetettu niin, että se on henkilön anaerobisen kynnyksen (AnT) yläpuolella (Laursen & Buchheit 2019). Silloin intensiteetti on niin korkea, että energiantuotto tapahtuu ilman happea, jolloin lihakset väsyvät nopeammin (Kenney ym. 2015, 138). AnT:n yläpuolella ollaan silloin, kun intensiteetti on vähintään noin 60–80 % VO₂max:ista tai 80–95 % HRmax:ista (Svedahl & MacIntosh 2003; Kenney ym. 2015, 234). Kehittymisen seurauksena harjoittelun intensiteettiä voidaan lisätä (Kenney ym. 2015, 236). Koska HIIT tapahtuu AnT:n yläpuolella, ovat harjoituspätkät kestoltaan lyhyitä. Yleisesti niiden pituus vaihtelee useista sekunneista muutamisiin minuutteihin (Laursen & Buchheit 2019). Harjoituspätkää seuraa aina lyhyt palautusjakso, joka on yleensä melko suoraan yhteydessä itse harjoituspätkän pituuteen (Kenney ym. 2015, 237). Palautusjakso voi olla luonteeltaan joko passiivista tai aktiivista. Passiivinen palautusjakso tarkoittaa, että palautumisen aikana levätään täysin, kun taas aktiivisen palautuksen aikana suoritusta jatketaan kevennetyllä intensiteetillä (esim. 40 % VO₂max) (Kenney ym. 2015, 234; Laursen & Buchheit 2019). Harjoituksen kokonaiskesto riippuu usein harjoittelun tavoitteista, mutta yleensä se vaihtelee 20–40 minuutin välillä (Weston ym. 2014; Kenney ym. 2015, 237).

4.1 Intervalliharjoittelun vasta-aiheet

Intensiteetin kasvaessa liikunnan vaarat voivat lisääntyä, ja siksi HIIT ei välttämättä sovellu kaikille (Francois & Little 2015; Maffetone ym. 2019). Näihin lukeutuvat erityisesti iäkkäämmät, erilaisista pitkäaikaissairauksista kärsivät ja aiemmin liikuntaa harrastamattomat ihmiset (Liikunta 2016). Iäkkäämmillä henkilöillä HIIT:in palautumisvaiheen tulisi olla pidempi kuin nuorilla (Kenney ym. 2015, 236) ja ylipainoisten sekä lihaviiden kannattaa suosia liikuntamuotoja, joissa nivelet eivät rasitu liikaa (Liikunta 2016). Liikunnan turvallisuuden takaamiseksi on aiheellista varmistaa liikuntakelpoisuus ennen tavanomaista raskaamman liikunnan aloittamista

erityisesti silloin, jos liikunnan aikana on ilmennyt tajunnanmenetyksiä, rintakipua, hengenahdistusta tai rytmihäiriöitä (Weston ym. 2014; Liikunta 2016).

Erityisesti tietyissä pitkäaikaissairauksissa HIIT saattaa olla vasta-aiheista. Tämä johtuu siitä, että tietyt sairaustilat ja niihin liittyvät lääkitykset muuttavat elimistön toimintaa niin, että korkeatehoinen liikunta saattaa lisätä erilaisten komplikaatioiden vaaraa (Weston ym. 2014; Vuori & Kesäniemi 2016). Näitä sairauksia ovat sydämen vajaatoiminta, sepelvaltimotauti ja tyypin 2 diabetes. Sydämen vajaatoiminnassa sydämen pumppaustoiminta on heikentynyt, ja siksi liikallinen rasitus aiheuttaa potilaalle ennen aikaista väsymistä ja hengenahdistusta (Sydämen vajaatoiminta 2017). Sepelvaltimotaudissa taas puolestaan sydämen sepelvaltimoiden ahtautuminen estävät sydämen hapensaantia, ja HIIT aiheuttaa yleensä potilaalle rasisintakipua ja suoritus keskeytyy (Vuori & Kesäniemi 2016; Kettunen 2021). Tyypin 2 diabeteksessa potilaan sokeriaineenvaihdunta on oleellisesti muuttunut ja usein sairauteen liittyy myös muita metabolisia sairauksia (Ilanne-Parikka 2018). Siksi erityisesti diabeteksen epästabiiilissa muodossa liikunta on vasta-aiheista (Weston ym. 2014; Francois & Little 2015; Liikunta 2016).

Edellä mainituista syistä iäkkäät ja pitkäaikaissairaajat ihmiset eivät välttämättä pysty suorittamaan HIIT-harjoituksia samoin kuin terveet aikuiset. Yleisesti HIIT on kuitenkin oikein toteutettuna turvallinen ja tehokas liikuntamuoto aikuisille ja siihen liittyvät vaarat ovat hyvin pienet (Liikunta 2016; Maffetone ym. 2019). Lisäksi, HIIT:illä saadut terveyshyödyt ovat kuitenkin mahdollisia haittoja huomattavasti suurempia (Maffetone ym. 2019).

4.2 Intervalliharjoittelun yhteys terveyteen

HIIT:illä on useita edullisia vaikutuksia ihmisen terveydelle, jotka ehkäisevät monien pitkäaikaissairauksien riskiä. Vasteet liikunnalle ovat kuitenkin aina yksilöllisiä ja terveysvaikutusten aikaansaamiseksi ja säilymiseksi harjoittelun tulee olla säännöllistä ja pitkäaikaista (Kennedy ym. 2015, 226, 228). HIIT:illä voidaan saada aikaan samanlaisia tai jopa merkittävämpiä positiivisia muutoksia elimistössä verrattuna MICT:hen, mutta pienemmällä harjoittelumäärällä (Ramos ym. 2015; Su ym. 2019; Wen ym. 2019). Siksi HIIT:iä voidaan pitää ajallisesti kustannustehokkaana liikuntamuotona terveyden edistämisen ja sairauksien ehkäisyn kannalta.

Tämä voi olla merkittävää myös kansanterveydellisestä näkökulmasta, sillä yhtenä liikunnan esteenä mainitaan usein ajanpuute (Vuori 2016; Shin ym. 2018).

HIIT parantaa hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaa, mikä välittyy VO₂max:in kehittymisenä (Costigan ym. 2015; Ramos ym. 2015; Kutinlahti 2018). Tämä on terveyden kannalta merkittävää, sillä hengitys- ja verenkiertoelimistön parantunut toiminta on yhteydessä pienempään sydän- ja verenkiertoelimistösairauksien riskiin ja jopa kokonaiskuolleisuuteen (Kodama ym. 2009; Gupta ym. 2011; Al-Mallah ym. 2018). VO₂max:in on todettu kehittyvän tehokkaammin ja pienemmällä harjoittelumäärällä HIIT:issä verrattuna MICT:hen (Gist ym. 2014; Milanović ym. 2015; Su ym. 2019; Wen ym. 2019). Parantunut hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminta saa aikaan myös muita positiivisia muutoksia elimistössä. Se laskee erityisesti viitearvoja korkeampaa verenpainetta (Costa ym. 2018), mikä saattaa johtua siitä, että HIIT alentaa kokonaiskolesterolia (Su ym. 2019), parantaa endoteelin toimintaa ja vähentää valtimoiden jäykkyyttä (Türk ym. 2017; Costa ym. 2018). Muita HIIT:in aikaansaamia muutoksia ovat kroonisen, matala-asteisen tulehduksen hillitseminen sekä parantunut glukoosiaineenvaihdunta (Jelleyman ym. 2015), mitkä ovat tärkeitä muutoksia tyyppin 2 diabeteksen ehkäisyn kannalta. Muutokset välittyvät siten, että insuliiniherkkyyttä lisäävän adiponektiinin määrä verenkierrossa lisääntyy ja tulehdusta ylläpitävien aineiden määrä laskee (Khalafi & Symonds 2020).

HIIT vähentää rasvakudoksen määrää erityisesti ylipainoisilla ja lihavilla aikuisilla. Poikkeuksena ovat postmenopausaaliset naiset, sillä heillä HIIT:in ei ole todettu vähentävän kokonaisrasvan määrää (Dupuit ym. 2020). Muilla aikuisilla HIIT kuitenkin vähentää tehokkaasti kokonaisrasvamäärää useiden meta-analyysien mukaan (Türk ym. 2017; Wewege ym. 2017; Maillard ym. 2018; Andreato ym. 2019). Lisäksi HIIT vähentää merkittävästi myös vyötärön ympärärsrasvaa (Maillard ym. 2018; Dupuit ym. 2020). Koska HIIT on kustannustehokas tapa vähentää sekä kokonais- että vyötärön ympärärsrasvaa MICT:tä tehokkaammin (Türk ym. 2017; Maillard ym. 2018), ajatellaan intensiteetin roolin olevan ylipainoisten ja lihavien ihmisten painonpudotuksessa keskeinen (Cheema ym. 2015; Wewege ym. 2017). Intensiteetin tärkeyttä selittää myös energiankulutusta lisäävä, harjoittelun jälkeinen perustason ylittävä hapenkulutus (EPOC), sillä se on suurempaa korkean intensiteetin harjoittelussa (Laforgia ym. 2006). HIIT:in vaikutuksia erityisesti VAT:in muutoksiin on kuitenkin tutkittu hyvin vähän. Toistaiseksi on siis epäselvää, millaisia vaikutuksia HIIT:illä voisi olla terveydelle haitallisen VAT:in määrään.

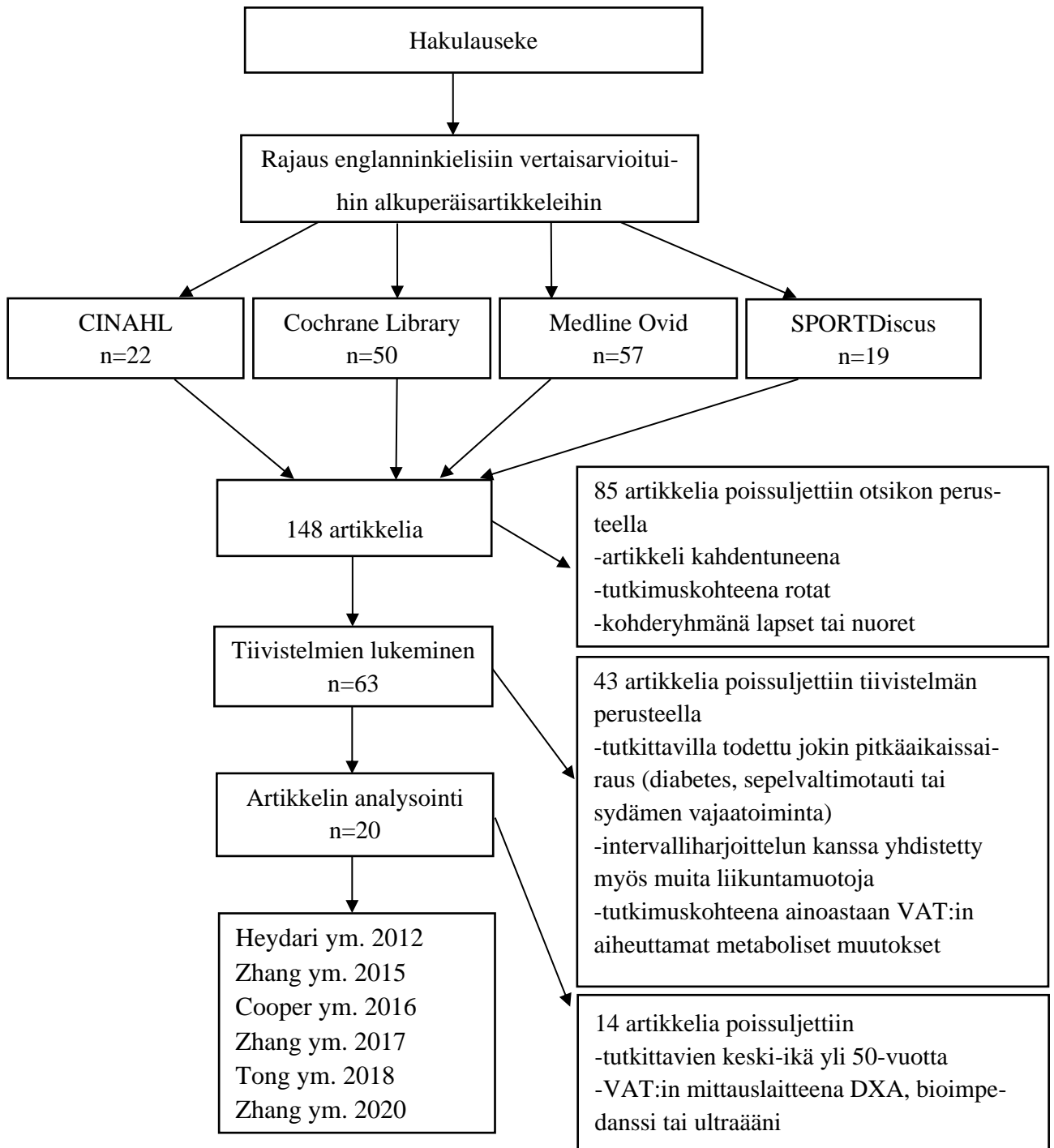
5 METODIT

Katsauksen tarkoituksena on selvittää, millaisia vaikutuksia HIIT:illä on VAT:in määrään ylipainoisilla ja lihavilla aikuisilla. Tutkimuksen ensisijainen tutkimuskysymys on: vaikuttaako HIIT VAT:in määrään terveillä ylipainoisilla ja lihavilla aikuisilla verrattuna liikuntaa harrastamattomiin? Lisäksi pyritään arvioimaan, onko erilaisilla HIIT-ohjelmilla erisuuruisia vaikutuksia VAT:in määrään.

Haku suoritettiin 5.10.2020 CINAHL, Cochrane Library, Medline Ovid ja SPORTDiscus-tietokantoihin hakulausekkeella (HIIT OR "high intensity interval training" OR "high-intensity interval training" OR "anaerobic interval training" OR "interval training" OR "high-intensity intermittent exercise" OR "high intensity intermittent exercise" OR "high-intensity intermittent training" OR "high intensity intermittent training" OR "high-intensity interval exercise" OR "high intensity interval exercise" OR "sprint interval training" OR "sprint interval exercise") AND ("visceral fat" OR "intra abdominal fat" OR "intra-abdominal fat" OR "visceral adipose tissue" OR "abdominal visceral fat" OR "organ fat" OR "retroperitoneal fat" OR "abdominal cavity adipose tissue" OR "retroperitoneal adipose tissue" OR "organ adipose tissue" OR "intra-abdominal adipose tissue" OR "intra abdominal adipose tissue" OR "abdominal visceral adipose tissue"). MeSH-hakusanoja olivat "intra-abdominal fat" sekä "high-intensity interval training". Haku rajattiin englanninkielisiin vertaisarvioituihin tieteellisiin alkuperäisartikkeleihin. Hakulausekkeella löydettiin yhteensä 148 artikkelia.

Tarkempaan analyysiin valittiin sellaiset satunnaistetut kontrolloidut tutkimukset (RCT), jotka täyttivät seuraavat sisäänottokriteerit: 1) tutkimuskohteena 18–50-vuotiaat (keski-ikä alle 50) aikuiset, joilla ei ollut aikaisempaa urheilutaustaa, 2) tutkittavilla oli selkeästi todettu ylipaino tai lihavuus (BMI \geq 25) (World Health Organization 2020), 3) HIIT:in kanssa ei ollut yhdistetty muita liikuntamuotoja, 4) HIIT:in tehoa verrattiin liikuntaa harrastamattomiin kontrolleihin ja 5) VAT:in mittausmenetelmänä oli joko CT tai MRI. Keski-ikäraja asetettiin 50:een, koska VAT:in määrä lisääntyy keski-ian jälkeen ja saattaa sekoittaa saatuja tuloksia (Wajchenberg 2000; Hunter ym. 2010). Erilaisten pitkäaikaissairauksien aikaansaamien aineenvaihdunnallisten muutosten ja vasta-aiheiden (Weston ym. 2014; Liikunta 2016) takia katsaukseen valittiin

ainoastaan terveitä aikuisia. Duplikaattien poiston ja otsikoiden lukemisen jälkeen tarkasteluun jäi yhteensä 63 artikkelia. Tiivistelmien luvun jälkeen jäljelle jäi 20 artikkelia, jotka luettiin huolellisesti läpi. Lopulliseen katsaukseen valikoitui yhteensä kuusi sisäänottokriteerit täyttänyttä tutkimusta. Haku- ja valintaprosessi on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. Flow-kaavio tutkimusartikkeleiden hakuprosessista.

6 TULOKSET

6.1 Valitut tutkimukset

Lopulliseen katsaukseen jäljelle jäi kuusi sisäänottokriteerit täyttäneitä tutkimusta, jotka on esitelty taulukossa 1. Tutkimuksille suoritettiin laadunarviointi Furlanin ym. (2015) arviointikriteeristöjä hyödyntäen. Yleisesti tutkimuksien merkittävimmät ongelmat liittyivät niissä käytettyihin satunnaistamismenetelmiin. Liikuntainterventioille luonteenomaisten piirteiden takia tutkimuksissa hoidon antajaa sekä hoidon saajaa ei pystytty sokkouttamaan. Tämän lisäksi satunnaistamismenetelmiä ei kuvattu tutkimuksissa kriteerien vaatimalla tarkkuudella. Tulosten mittaajan sokkouttaminen jäi epäselväksi kahdessa tutkimuksessa (Heydari ym. 2012; Cooper 2016), mutta kaikissa tutkimuksissa käytettiin kuitenkin samaa mittaajaa intervention jokaisessa mittausvaiheessa. Laadunarvioinnin tarkemmat tulokset on koottu liitteeseen 1.

VAT:in muutokset mitattiin jokaisessa tutkimuksessa CT:llä. Erilaisten HIIT-ohjelmien lisäksi neljä tutkimusta sisälsivät MICT:tä (Zhang ym. 2015; Cooper ym. 2016; Zhang ym. 2017; Zhang ym. 2020). Kokonaisuudessaan tutkittavia oli 280 (97 miestä ja 183 naista), joiden ikä vaihteli 18–59 ikävuoden välillä. Antropometrisissa mittauksissa interventio- ja kontrolliryhmien välillä ei ollut merkittäviä eroja. Tutkittavien BMI vaihteli 25–34 välillä ja rasvaprosentti 25–45 prosentin välillä.

Intervention kesto oli jokaisessa tutkimuksessa 12-viikkoa ja frekvenssi 3–4 kertaa viikossa. Liikuntamuotona käytettiin pyöräilyä lukuun ottamatta Zhang ym. (2015) tutkimusta, jossa tutkittavat juoksivat. HIIT-ohjelmat sisälsivät sekä lyhyitä 6–30 sekunnin että pidempiä 1–4 minuutin korkeatehoisia pyrähdyksiä sekä aktiivista ja/tai passiivista palautumista. Harjoituksen kesto mitattiin joko minuutteina tai tehdyn kokonaistyön (kJ) avulla. Yhden harjoituskerran kesto vaihteli 20–56 minuutin välillä ja tehty työ vaihteli 47–400 kilojoulen välillä. Frekvenssiä, intensiteettiä tai tehdyn kokonaistyön määrää nostettiin asteittain neljässä tutkimuksessa (Cooper ym. 2016; Zhang ym. 2017; Tong ym. 2018; Zhang ym. 2020), kun taas Heydari ym. (2012) ja Zhang ym. (2015) tutkimuksissa harjoittelu säilyi samanlaisena läpi koko tutkimuk-

sen. Tutkimuksissa ei ollut seuranta-aikaa. Interventio-ohjelmien tarkemmat kuvaukset on koottu liitteeseen 2.

Liikuntainterventioiden aikana tutkittavia pyydettiin säilyttämään ruokailutottumukset sekä vapaa-ajan fyysinen aktiivisuus heille tavanomaisella tasolla. Neljässä tutkimuksessa mukaan analyysiin oli otettu tarkka 12-viikon aikana itseraportoitu energiansaanti ja -kulutus, jotka eivät eronneet interventio- ja kontrolliryhmien välillä merkittävästi (Zhang ym. 2015; Zhang ym. 2017; Tong ym. 2018; Zhang ym. 2020). Heydari ym. (2012) tekemässä tutkimuksessa analysoitiin ainoastaan energiansaantia intervention aikana, joka ei eronnut ryhmien välillä merkittävästi. Cooper ym. (2016) tekemässä tutkimuksessa sekä energiankulutus että energiansaanti jätettiin kokonaan raportoimatta.

TAULUKKO 1. Valitut tutkimukset

Tutkimus	Tutkittavat			Mittaus		VAT:in määrän muutos tutkimuksen aikana	
	Lukumäärä (n), ikä	Sukupuoli	Rasvaprosentti	Tulosmuuttuja	Mittauskohta	Ennen	Jälkeen
Cooper ym. 2016	HIIT ¹ : n=15, 47.2 ± 5.1	Miehiä	HIIT ¹ : 25.0 ± 5.8	VAT (cm ³)	L4	HIIT ¹ : 1540 ± 596	HIIT ¹ : 1482 ± 588
	HIIT ² : n=15, 49.1 ± 5.3		HIIT ² : 25.0 ± 5.3			HIIT ² : 1353 ± 568	HIIT ² : 1331 ± 705
	MICT: n=15, 51.1 ± 5.7		MICT: 27.3 ± 6.5			MICT: 1474 ± 427	MICT: 1489 ± 447
	C: n=14, 51.2 ± 7		C: 25.1 ± 5.4			C: 1225 ± 448	C: 1441 ± 569
Heydari ym. 2012	HIIT: n=20, 24.7 ± 4.8	Miehiä	HIIT: 34.8 ± 1.1	VAT (g)	L4–L5	HIIT: 62.6 ± 6.2	HIIT: 51.8 ± 5.1 ^{b d}
	C: n=18, 25.1 ± 3.9		C: 36.3 ± 1.4			C: 69.7 ± 9.7	C: 67.3 ± 8.4
Tong ym. 2018	HIIT ¹ : n=16, 21.3 ± 1.0	Naisia	HIIT ¹ : 38.2 ± 2.4	VAT (cm ²)	L4–L5	HIIT ¹ : 69.1 ± 32.8	HIIT ¹ : 59.3 ± 23.9 ^{a d}
	HIIT ² : n=16, 21.3 ± 1.0		HIIT ² : 38.4 ± 2.3			HIIT ² : 69.3 ± 23.4	HIIT ² : 62.9 ± 21.9 ^{b d}
	C: n=14, 20.7 ± 1.5		C: 40.5 ± 2.6			C: 67.6 ± 19.9	C: 67.4 ± 20.9
Zhang ym. 2015	HIIT: n=12, 21.1 ± 1.0	Naisia	HIIT: 31.3 ± 3.6	VAT (cm ²)	L4–L5	HIIT: 64.9 ± 17.5	HIIT: 53.1 ± 14.5 ^a
	MICT: n=12, 20.6 ± 1.2		MICT: 32.0 ± 2.4			MICT: 60.4 ± 15.5	MICT: 55.6 ± 14.9
	C: n=11, 20.9 ± 1.0		C: 32.8 ± 1.8			C: 64.5 ± 18.7	C: 61.8 ± 20.8
Zhang ym. 2017	HIIT: n=15, 21.5 ± 1.7	Naisia	HIIT: 38.1 ± 2.3	VAT (cm ²)	L4–L5	HIIT: 69.0 ± 24.7	HIIT: 59.9 ± 19.1 ^b
	MICT: n=15, 20.9 ± 1.4		MICT: 38.0 ± 2.1			MICT: 69.4 ± 26.6	MICT: 60.2 ± 23.5 ^b
	C: n=13, 20.8 ± 1.1		C: 40.9 ± 2.9			C: 69.7 ± 20.3	C: 66.9 ± 22.6
Zhang ym. 2020	HIIT ¹ : n=11, 20.9 ± 1.7	Naisia	HIIT ¹ : 44.1 ± 4.1	VAT (cm ²)	L4–L5	HIIT ¹ : 79.3 ± 24.9	HIIT ¹ : 59.9 ± 24.5 ^{ac}
	HIIT ² : n=12, 19.7 ± 1.3		HIIT ² : 43.4 ± 4.8			HIIT ² : 75.0 ± 29.1	HIIT ² : 57.1 ± 18.9 ^{ac}
	HIIT ³ : n=12, 19.7 ± 1.1		HIIT ³ : 44.6 ± 5.0			HIIT ³ : 78.2 ± 24.2	HIIT ³ : 62.9 ± 16.6 ^{ac}
	MICT: n=11, 21.0 ± 2.4		MICT: 44.1 ± 4.5			MICT: 70.7 ± 29.6	MICT: 67.2 ± 28.2
	C: n=13, 21.1 ± 2.2		C: 43.5 ± 4.0			C: 74.5 ± 18.3	C: 73.9 ± 19.2

a=tilastollisesti merkittävä muutos interventioryhmän sisällä (p < 0.01), b=tilastollisesti merkittävä muutos interventioryhmän sisällä (p < 0.05), c=tilastollisesti merkittävä muutos verrattuna kontrolliryhmään (p < 0.01), C=kontrolliryhmä, d=tilastollisesti merkittävä muutos verrattuna kontrolliryhmään (p < 0.05), HIIT¹²³=korkean intensiteetin intervalliharjoitteluryhmä, MICT=kohtalaisen intensiteetin interventioryhmä, VAT=viskeraalinen rasvakudos

6.2 Intervalliharjoittelun aiheuttamat muutokset viskeraalisen rasvan määrässä

Yhteensä viidessä tutkimuksessa ja kahdeksassa HIIT-ohjelmassa kymmenestä VAT vähentyi tilastollisesti merkitsevästi joko interventio- ja kontrolliryhmän välillä tai interventioryhmän sisällä. Cooper ym. (2016) tutkimuksessa kaksi erilaista HIIT-ohjelmaa eivät johtaneet tilastollisesti merkitseviin VAT:in muutoksiin, vaikka sen määrä lisääntyikin kontrolliryhmässä.

VAT väheni tilastollisesti merkitsevästi interventio- ja kontrolliryhmän välillä kolmessa tutkimuksessa ja yhteensä kuudessa erilaisessa HIIT-ohjelmassa (Heydari ym. 2012; Tong ym. 2018; Zhang ym. 2020). Heydarin ym. (2012) tutkimuksessa yhdessä ja Tongin ym. (2018) tutkimuksessa kahdessa HIIT-ohjelmassa VAT:in määrä väheni merkitsevästi verrattuna kontrolliryhmään ($p < 0.05$). Näistä kahdessa HIIT-ohjelmassa intervallipätkien pituus oli muutamien sekuntien pituisia, kun taas yhdessä pyrähdys kesti neljä minuuttia (liite 2). Zhangin ym. (2020) tutkimuksessa VAT väheni tilastollisesti erittäin merkitsevästi interventio- ja kontrolliryhmän välillä kolmessa erilaisessa HIIT-ohjelmassa ($p < 0.01$). Ohjelmien pyrähdysten pituudet vaihtelivat muutamista sekunneista muutamiin minuutteihin. Kolmessa tutkimuksessa ja yhteensä neljässä HIIT-ohjelmassa VAT:in määrä ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi interventio- ja kontrolliryhmän välillä (Zhang ym. 2015; Cooper ym. 2016; Zhang ym. 2017).

VAT väheni tilastollisesti merkitsevästi interventioryhmän sisällä viidessä tutkimuksessa ja yhteensä kahdeksassa erilaisessa HIIT-ohjelmassa (Heydari ym. 2012; Zhang ym. 2015; Zhang ym. 2017; Tong ym. 2018; Zhang ym. 2020). Heydarin ym. (2012) tutkimuksessa yhdessä, Zhangin ym. (2017) tutkimuksessa yhdessä ja Tongin ym. (2018) tutkimuksessa yhdessä HIIT-ohjelmassa VAT vähentyi HIIT-ryhmän sisällä tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$), vaikka HIIT-ohjelmat olivat keskenään hyvin erilaisia (liite 2). Zhangin ym. (2015) tutkimuksessa yhdessä, Tongin ym. (2018) tutkimuksessa yhdessä ja Zhangin ym. (2020) tutkimuksessa kolmessa HIIT ohjelmassa interventioryhmän sisällä tapahtui tilastollisesti erittäin merkitsevää VAT:in määrän vähentymistä ($p < 0.01$). Tongin ym. (2018) tutkimus oli ainoa tutkimus, jossa erilaisten HIIT-ohjelmien välillä saatiin erisuuruisia tuloksia interventioryhmän sisällä. Hieman merkittävämpiä tuloksia saatiin ohjelmassa, jossa pyrähdysten pituus oli useamman minuutin ($p < 0.01$), kun taas toisessa pituus oli muutamia sekunteja ($p < 0.05$).

7 POHDINTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, millaisia vaikutuksia HIIT:illä on VAT:in määrään ylipainoisilla ja lihavilla aikuisilla. Saatujen tuloksien pohjalta pyrittiin myös arvioimaan, onko erilaisilla HIIT-ohjelmilla erisuuruisia vaikutuksia VAT:in määrään. Tutkimuksen tutkimuskysymys oli: vaikuttaako HIIT VAT:in määrään terveillä ylipainoisilla ja lihavilla aikuisilla verrattuna liikuntaa harrastamattomiin?

7.1 Viskeraalisen rasvan määrässä tapahtuneet muutokset

Saadut tulokset olivat melko yhdenmukaisia, sillä VAT väheni kolmessa tutkimuksessa tilastollisesti merkitsevästi interventio- ja kontrolliryhmän välillä (Heydari ym. 2012; Tong ym. 2018; Zhang ym. 2020) sekä kahdessa tutkimuksessa interventioryhmän sisällä (Zhang ym. 2015; Zhang ym. 2017). Yhdessä tutkimuksessa VAT:in määrä ei muuttunut merkitsevästi (Cooper ym. 2016). Tutkimukset sisälsivät yhteensä kymmenen erilaista HIIT-ohjelmaa, joista kuudessa VAT väheni tilastollisesti merkitsevästi interventio- ja kontrolliryhmän välillä (Heydari ym. 2012; Tong ym. 2018; Zhang ym. 2020) sekä kahdessa interventioryhmän sisällä (Zhang ym. 2015; Zhang ym. 2017). Kahdessa HIIT-ohjelmassa VAT:in määrä ei muuttunut (Cooper ym. 2016).

Ilmeisesti tämä on ensimmäinen katsaus, joka keskittyy HIIT:in ja VAT:in yhteyksiin ylipainoisilla ja lihavilla aikuisilla. Maillard ym. (2018) ovat aikaisemmin tehneet ainoan aiheeseen liittyvän meta-analyysin, joka käsitteli HIIT:in vaikutuksia kokonais- ja vyötärönymäyrärasvan sekä VAT:in muutoksiin. Analyysiin oli sisällytetty myös normaalipainoisia sekä keski-ikäen ylittäneitä, pitkäaikaissairaita aikuisia. VAT:in mittausten menetelmiä ei myöskään rajattu. Tutkimuksen mukaan HIIT on tehokas tapa vähentää VAT:ia, mutta väheneminen oli merkitsevää vain silloin, kun tutkittavat olivat vähintään ylipainoisia ja mittausten menetelmänä käytettiin joko CT:tä tai MRI:tä (Maillard ym. 2018). Amaro-Gahete ym. (2019) tutkivat 12-viikon HIIT-harjoittelun vaikutuksia DXA:lla mitatun VAT:in määrään keski-ikäisillä, ylipainoisilla aikuisilla. RCT-tutkimuksen mukaan harjoittelu vähensi merkitsevästi VAT:in määrää verrattuna liikuntaa harrastamattomiin (Amaro-Gahete ym. 2019). HIIT:in vaikutuksia DXA:lla arvioidun

VAT:in määrään ovat tutkineet myös Ram ym. (2020), mutta kuuden viikon harjoittelu ei tuottanut merkittäviä muutoksia ylipainoisten aikuisten VAT:in määrässä. Logan ym. (2016) ovat tutkineet 8-viikon HIIT-ohjelman vaikutuksia DXA:lla arvioidun VAT:in muutoksiin nuorilla, jonka tuloksena VAT väheni merkittävästi. Interventio sisälsi kuitenkin myös voimaharjoittelua, joten HIIT:in itsenäisistä vaikutuksista VAT:in määrään ei voida tehdä johtopäätöksiä. Lisäksi DXA:lla ei pystytä erottelemaan VAT:ia ja ihonalaista rasvaa toisistaan, joten tulokset perustuvat arvioihin (Shuster ym. 2012). Dias ym. (2018) ovat tutkineet 12-viikon HIIT-ohjelman vaikutuksia MRI:llä mitatun VAT:in määrään lihavilla lapsilla ja nuorilla, mutta VAT ei vähentynyt merkittävästi intervention jälkeen.

Tässä katsauksessa Cooperin ym. (2016) tutkimus oli ainoa, jossa VAT:in muutokset eivät olleet merkitseviä. Kontrolliryhmässä VAT:in määrä kuitenkin lisääntyi. Vaikka VAT ei siis merkittävästi vähentyisi, voi liikunta kuitenkin ehkäistä sen lisääntymistä (Hunter ym. 2010). Lisäksi tutkittavien ikä oli huomattavasti korkeampi verrattuna muihin tutkimuksiin (taulukko 1), mikä saattaa vaikuttaa tuloksiin monellakin tapaa. Ikääntyessä perusaineenvaihdunnan tiedetään laskevan (Lovejoy ym. 2008; Lazzer ym. 2012), mikä vähentää vuorokauden aikaista energiankulutusta verraten nuoriin aikuisiin. Energiatasapaino taas puolestaan vaikuttaa rasvakudoksen määrään (Hill ym. 2012). Lisäksi HIIT-harjoittelun intensiteettiä mitattiin iän perusteella arvioidun HRpeak:in mukaan, jonka tiedetään laskevan iän myötä (Ozemek ym. 2016). Keski-ikäisen ja nuoren aikuisen suhteellisen HRpeak:in välillä voi siis olla huomatta absoluuttinen syke-ero. Tämä tarkoittaa sitä, että nuori aikuinen tekee samalla suhteellisella intensiteetillä suuremman absoluuttisen työn, mikä kuluttaa enemmän energiaa (Keytel ym. 2005; Schrack ym. 2014). Lisäksi harjoituspätkien välinen lepoaika oli Cooperin ym. (2016) tutkimuksessa 6-kertainen verrattuna itse intervallijaksoon, kun Zhang ym. (2015) tutkimuksessa luku oli 2,5-kertainen ja muissa tutkimuksissa vielä tätä vähemmän (liite 2). Tämä tarkoittaa sitä, että huomattava osa harjoituksesta kului palautukseen eikä itse harjoitteluun. Nämä tekijät saattavat selittää sitä, miksi muutokset VAT:issa eivät olleet merkitseviä Cooper ym. (2016) tutkimuksessa.

Merkittävimmät muutokset VAT:in määrässä tapahtuivat tutkimuksessa, jossa rasvaprosentti oli suurin (Zhang ym. 2020) ja pienimmät tutkimuksessa, joissa rasvaprosentti oli pienin (Cooper ym. 2016). Merlotti ym. (2017) ja Visserssin ym. (2013) mukaan esimerkiksi sukupuolten

väliset erot VAT:in muutoksissa johtuvat siitä, että miehillä on lähtökohtaisesti enemmän VAT:ia, ja siksi sen menetys on toistaiseksi epävarmasta syystä huomattavampaa. Ballor ym. (1991) ovat todenneet, että liikunta vähentää rasvamäärää sitä tehokkaammin, mitä runsaampi sen määrä on liikuntaharrastuksen aloitusvaiheessa. Tämä ei kuitenkaan selitä sitä, miksi juuri VAT väheni merkittävimmin ryhmässä, jossa rasvaprosentti oli suurin. Liikunta kuitenkin vähentää VAT:ia suhteellisesti enemmän kuin ihonalaista rasvaa (Merlotti ym. 2017).

Erilaisten HIIT-ohjelmien välillä ei ollut merkittäviä keskinäisiä eroja VAT:in määrän muutoksiin. Maillardin ym. (2018) mukaan juoksu on VAT:in vähentämisessä tehokkaampaa kuin pyöräily, mutta tässä katsauksessa juoksulla ei ollut merkittävämpiä muutoksia VAT:in määrään (Zhang ym. 2015). Zhangin ym. (2020) tutkimuksessa vertailtiin kolmea erilaista HIIT-ohjelmaa keskenään ja sen mukaan HIIT-harjoittelu, jonka intensiteetti ylittää 90 % VO₂peak:istä ei johda tehokkaampaan VAT:in vähenemiseen. Lisäksi intervention aikana progressiivinen harjoittelumäärän lisääminen ei vaikuttanut olennaisesti tuloksiin. Palautumisen muoto palautusjakson aikana (passiivinen tai aktiivinen) ei myöskään vaikuttanut tuloksiin merkitsevästi (Cooper ym. 2016). Ristiriitaiset tulokset HIIT-ohjelmien vaikutuksista VAT:in määrään saattavat selittyä myös tutkittavien yksilöllisillä ominaisuuksilla.

Zhangin ym. (2020) tutkimuksessa HIIT vähensi VAT:in määrää tilastollisesti merkitsevästi jokaisessa kolmessa erilaisessa HIIT-ohjelmassa verrattuna kontrolliryhmään, kun taas muutoksia MICT-ryhmässä ei tapahtunut. Lisäksi Zhangin ym. (2015) tutkimuksessa HIIT vähensi VAT:in määrää merkitsevästi interventioryhmän sisällä, kun taas MICT:ssä VAT:in määrä ei muuttunut. Tutkimuksissa ei kuitenkaan vertailtu HIIT:iä ja MICT:tä keskenään. Ismailin ym. (2012) ja Visserssin ym. (2013) mukaan korkeatehoisempi liikunta vähentää VAT:in määrää enemmän kuin kevytkuormitteinen liikunta. Tämä saattaa johtua esimerkiksi siitä, että korkeampi intensiteetti kasvattaa enemmän EPOC:ia, mikä lisää harjoittelun jälkeistä energiankulutusta enemmän HIIT:issä kuin MICT:ssä (Laforgia ym. 2006).

7.2 Tutkimuksen luotettavuus

Katsauksen luotettavuutta heikentävät erityisesti tutkimuksien satunnaistamiseen liittyvät seikat (liite 1). Tutkimuksien satunnaistamisprosessien kuvailu oli riittämätöntä ja tulosten mittauksen sokkouttaminen jäi epäselväksi kahdessa tutkimuksessa (Heydari ym. 2012; Cooper 2016). Lisäksi vapaa-ajan energiankulutusta ei otettu huomioon yhdessä tutkimuksessa (Heydari ym. 2012) ja Cooperin ym. (2016) tutkimuksessa sekä energiankulutus että -saanti jätettiin raportoimatta. Tämä on tärkeä huomio, sillä sekä energiankulutus että -saanti vaikuttavat olennaisesti VAT:in määrään (Vissers ym. 2013; Verheggen ym. 2016).

Vaikka kaikilla tutkittavilla oli useita yhteisiä piirteitä, esiintyi tutkittavien välillä suurempaa vaihtelua tietyissä muuttujissa. Cooper ym. (2016) tutkimuksessa tutkittavien keski-ikä oli hie-man alle 50, kun taas muissa tutkimuksissa keski-ikä vaihteli 20–25 vuoden välillä (taulukko 1). Tästä huolimatta tutkimus päätettiin sisällyttää katsaukseen, koska se täytti muuten kaikki asetetut sisäänottokriteerit. Yli 50-vuotiaita ei sisällytetty katsaukseen johtuen keski-ikä ja vaihdevuosien jälkeen tapahtuvista aineenvaihdunnallisista muutoksista (Lovejoy ym. 2008; Lazzer ym. 2018; Bracht ym. 2020; Dupuit ym. 2020), mitkä saattavat vaikuttaa saatuihin tuloksiin. Rasvaprosentissa oli myös suurta vaihtelua pienimmän (Cooper ym. 2016) ja suurimman (Zhang ym. 2020) keskiarvon välillä, mikä saattoi vaikuttaa myös tuloksiin. Lisäksi katsaukseen sisällytettiin sekä miehiä että naisia, sillä Maillardin ym. (2018) mukaan VAT:in vähene-misen suhteen sukupuolten välillä ei ole merkittäviä eroja.

Interventioissa oli kaikissa sama kesto, mutta tästä huolimatta HIIT-ohjelmien suuret keskinäiset erot tekevät niiden vertailusta ja yhteenvedon teosta haastavaa (liite 2). Esimerkiksi intensiteettiä oli mitattu useilla eri tavoilla sekä maksimaalisesti että submaksimaalisesti (HRmax, HRpeak, VO2max, VO2peak). Submaksimaalinen arvio harjoituksen intensiteetistä on siinä mielessä ongelmallinen, että se perustuu arvioihin, eikä henkilön todellista suorituskykyä (Noonan & Dean 2000; Ross ym. 2010).

7.3 Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet

Se, että katsauksessa käytetyt HIIT-ohjelmat olivat hyvin erilaisia keskenään, voidaan nähdä sekä vahvuutena että heikkoutena. Vahvuudet liittyvät lähinnä siihen, että katsauksen avulla voidaan todeta, että hyvinkin erilaisilla HIIT-ohjelmilla voidaan vähentää VAT:in määrää yli-painoisilla ja lihavilla aikuisilla. Heikkoutena voidaan taas pitää sitä, että ohjelmien erilaisuus ei mahdollista niiden keskinäistä vertailua. Siksi ei voida varmaksi sanoa, millaisella HIIT-ohjelmalla VAT:in vähentäminen olisi tehokkainta. Zhang ym. (2020) mukaan intensiteetit, jotka ylittävät 90 % VO₂peak:in eivät vähennä VAT:ia tehokkaammin. Lisäksi palautumisjakson muoto (passiivinen tai aktiivinen) ei nähtävästi vaikuta olennaisesti VAT:in vähenemiseen. Tutkimuksissa ei ollut seuranta-aikaa, joten saadut tulokset eivät kuitenkaan välttämättä kerro niiden pysyvyydestä. Esimerkiksi Hunterin ym. (2010) tekemässä tutkimuksessa vuoden seurannan aikana liikunta selvästi ehkäisi VAT:in uudelleenkasautumista. On siis hyvä muistaa, että VAT:in muutokset eivät todennäköisesti ole pysyviä, ellei liikunta jatku säännöllisenä intervention jälkeen.

Tilastollisesti merkitsevät tulokset taas eivät välttämättä kerro niiden kliinisestä merkittävyydestä. VAT:in vähenemiselle ei kuitenkaan ole kliinisen merkittävyyden rajaa, eikä sen vähenemisen vaikutuksia terveydelle ole tutkittu tarpeeksi kattavasti. Liiallinen VAT kuitenkin on hyvin vahvasti yhteydessä erilaisten metabolisten sairauksien riskiin (Makki ym. 2013; Elffers ym. 2017; Ko ym. 2017; Karlsson ym. 2019), ja tästä syystä sen määrän väheneminen voi olla terveyden kannalta hyvinkin merkittävää.

HIIT-harjoittelun suurimpana vahvuutena voidaan pitää sen kustannustehokkuutta. Wewege ym. (2017) ovat arvioineet, että HIIT vähentää rasvan määrää yhtä tehokkaasti kuin MICT, mutta 40 % pienemmällä aikamäärällä. Su ym. (2019) arvioivat HIIT-harjoitteluun kuluvan noin 10 minuuttia vähemmän aikaa verrattuna MICT:hen, mutta edulliset muutokset elimistössä olivat kuitenkin samanlaisia. Myös Maillard ym. (2018) pitävät HIIT:iä kustannustehokkaana liikuntamuotona vähentää VAT:in määrää. Tästä syystä sen rooli voi olla merkittävä kansanterveydellisestäkin näkökulmasta.

Tutkimustietoa siitä, miten HIIT vaikuttaa VAT:in määrään tarvitaan lisää, sillä aihetta on tois-
taiseksi tutkittu hyvin vähän. Tutkimuksissa tulisi erityisesti kiinnittää huomiota HIIT-
ohjelmien samankaltaisuuteen (intensiteetti, frekvenssi, tehty työmäärä, intervalli- ja palautus-
jaksojen pituus, liikuntamuoto), jotta niiden keskinäinen vertailu ja optimointi VAT:in vähen-
nyksen suhteen erilaisille kohderyhmille olisi mahdollista painonhallinnan työkaluna. Näitä
kohderyhmiä ovat esimerkiksi vyötärölihavat, ikääntyneet sekä pitkäaikaissairaat. Vapaa-ajan
energiankulutus ja -saanti tulisi myös ottaa huomioon tutkimuksia tehdessä, sillä Johns ym.
(2014) mukaan painonpudotuksessa yhdistetty liikunta- ja ruokavaliointerventiot ovat tehok-
kainta verrattuna jompaankumpaan yksistään. Energiansaantiin on tärkeää kiinnittää huomiota
myös siksi, että sen vaikutus VAT:in vähenemiseen on suurempi verrattuna liikuntaan (Ver-
heggen ym. 2016). Lisäksi HIIT:in ja MICT:n keskinäisen vertailun kautta pystyttäisiin var-
muudella sanomaan, onko HIIT tehokkain tapa vähentää VAT:ia.

Saatujen tuloksien perusteella voidaan todeta, että HIIT on ajallisesti kustannustehokas liikun-
tamuoto VAT:in määrän vähentämiseksi erityisesti terveillä, ylipainoisilla ja lihavilla aikuisilla.
Ilmeisesti intensiteetit 90 % VO₂peak:in yläpuolella eivät aiheuta VAT:in merkittävämpää vä-
henemistä. Lisäksi palautumisvaiheen muoto (aktiivinen tai passiivinen) ei ilmeisesti vaikuta
olennaisesti VAT:in määrän muutoksiin. Aihetta tulisi tutkia tulevaisuudessa enemmän niin,
että erilaisten HIIT-ohjelmien keskinäinen vertailu olisi mahdollista ja näin voitaisiin optimoida
HIIT-ohjelmia, jotka olisivat mahdollisimman tehokkaita VAT:in vähentämiseksi.

LÄHTEET

- Abate, N., Burns, D., Peshock, R. M., Garg, A. & Grundy, S. M. 1994. Estimation of adipose tissue mass by magnetic resonance imaging: Validation against dissection in human cadavers. *Journal of lipid research* 35 (8), 1490–1496.
- Al-Mallah, M., Sakr, S. & Al-Qunaibet, A. 2018. Cardiorespiratory Fitness and Cardiovascular Disease Prevention: An Update. *Current Atherosclerosis Reports* 20 (1), 1–9.
- Amaro-Gahete, F. J., De-La-O, A., Jurado-Fasoli, L., Ruiz, J. R., Castillo, M. J. & Gutiérrez, Á. 2019. Effects of different exercise training programs on body composition: A randomized control trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 29 (7), 968–979.
- Andreato, L. V., Esteves, J. V., Coimbra, D. R., Moraes, A. J. P. & De Carvalho, T. 2019. The influence of high-intensity interval training on anthropometric variables of adults with overweight or obesity: A systematic review and network meta-analysis. *Obesity reviews* 20 (1), 142–155.
- Bracht, J. R., Vieira-Potter, V. J., De Souza Santos, R., Öz, O. K., Palmer, B. F. & Clegg, D. J. 2020. The role of estrogens in the adipose tissue milieu. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1461 (1), 127–143.
- Browning, L. M., Mugridge, O., Chatfield, M. D., Dixon, A. K., Aitken, S. W., Joubert, I., Prentice, A. M. & Jebb, S. A. 2010. Validity of a new abdominal bioelectrical impedance device to measure abdominal and visceral fat: Comparison with MRI. *Obesity (Silver Spring)* 18 (12), 2385–2391.
- Cheema, B. S., Davies, T. B., Stewart, M., Papalia, S. & Atlantis, E. 2015. The feasibility and effectiveness of high-intensity boxing training versus moderate-intensity brisk walking in adults with abdominal obesity: A pilot study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* 7 (3). doi:10.1186/2052-1847-7-3
- Cooper, J. H. F., Collins, B. E. G., Adams, D. R., Robergs, R. A. & Donges, C. E. 2016. Limited Effects of Endurance or Interval Training on Visceral Adipose Tissue and Systemic Inflammation in Sedentary Middle-Aged Men. *Journal of obesity* 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/2479597>

- Costa, E., Hay, J., Kehler, D., Boreskie, K., Arora, R., Umpierre, D., Szwajcer, A. & Duhamel, T. 2018. Effects of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training On Blood Pressure in Adults with Pre- to Established Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials. *Sports Medicine* 48 (9), 2127–2142.
- Costigan, S. A., Eather, N., Plotnikoff, R. C., Taaffe, D. R. & Lubans, D. R. 2015. High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* 49 (19), 1253–1261.
- Després, J. & Lemieux, I. 2006. Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Nature* 444, 881–887.
- Dias, K., Ingul, C., Tjønnå, A., Keating, S., Gomersall, S., Follstad, T., Hosseini, M., Hollekim-Strand, S., Ro, T., Haram, M., Huuse, E., Davies, P., Cain, P., Leong, G. & Coombes, J. 2018. Effect of High-Intensity Interval Training on Fitness, Fat Mass and Cardiometabolic Biomarkers in Children with Obesity: A Randomised Controlled Trial. *Sports Medicine* 48 (3), 733–746.
- Dupuit, M., Maillard, F., Pereira, B., Marquezi, M. L., Lancha, A. H. & Boisseau, N. 2020. Effect of high intensity interval training on body composition in women before and after menopause: A meta-analysis. *Experimental Physiology* 105 (9), 1470–1490.
- Elffers, T., Mutsert, d., Lamb, H., Roos, d., Dijk, v., Rosendaal, F., Jukema, J. & Trompet, S. 2017. Body fat distribution, in particular visceral fat, is associated with cardiometabolic risk factors in obese women. *PLoS ONE* 12 (9), e0185403.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185403>
- Fogelholm, M. & Kaukua, J. 2016. Lihavuus. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. Kujala (toim.) *Liikuntalääketiede*. 7. painos. Helsinki: Duodecim, 423–437.
- Fontana, L., Eagon, J. C., Trujillo, M. E., Scherer, P. E. & Klein, S. 2007. Visceral fat adipokine secretion is associated with systemic inflammation in obese humans. *Diabetes* 56 (4), 1010–1013.
- Francois, M. E. & Little, J. P. 2015. Effectiveness and safety of high-intensity interval training in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Spectrum* 28 (1), 39–44.

- Furlan, A. D., Malmivaara, A., Chou, R., Maher, C. G., Deyo, R. A., Schoene, M., Bronfort, G. & van Tulder, M. W. 2015. 2015 Updated Method Guideline for Systematic Reviews in the Cochrane Back and Neck Group. *Spine* 40 (21), 1660–1673.
- Gesta, S. & Kahn, R. 2012. White Adipose Tissue. Teoksessa M. E. Symonds (toim.) *Adipose Tissue Biology*. New York: Springer, 71–121.
- Ghosh, A., Gao, L., Thakur, A., Siu, P. M. & Lai, C. W. K. 2017. Role of free fatty acids in endothelial dysfunction. *Journal of Biomedical Science* 24 (1). doi:10.1186/s12929-017-0357-5
- Gist, N., Fedewa, M., Dishman, R. & Cureton, K. 2014. Sprint Interval Training Effects on Aerobic Capacity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* 44 (2), 269–279.
- Gupta, R., Rohatgi, L., Ayers, L., Willis, H., Haskell, A., Khera, D., Drazner, M., de Lemos, J. & Berry, D. 2011. Cardiorespiratory Fitness and Classification of Risk of Cardiovascular Disease Mortality. *Circulation* 123 (13), 1377–1383.
- Heydari, M., Freund, J. & Boutcher, S. H. 2012. The Effect of High-Intensity Intermittent Exercise on Body Composition of Overweight Young Males. *Journal of obesity* 2012 (2012). doi:10.1155/2012/480467
- Hill, O., Wyatt, R. & Peters, C. 2012. Energy Balance and Obesity. *Circulation* 126 (1), 126–132.
- Hunter, G. R., Brock, D. W., Byrne, N. M., Chandler-Laney, P. C., Del Corral, P. & Gower, B. A. 2010. Exercise training prevents regain of visceral fat for 1 year following weight loss. *Obesity (Silver Spring)* 18 (4), 690–695.
- Hunter, G. R., Gower, B. A. & Kane, B. L. 2010. Age Related Shift in Visceral Fat. *International journal of body composition research*, 8 (3), 103–108.
- Ilanne-Parikka, P. 2018. Diabetes (“sokeritauti”). *Lääkärikirja Duodecim*. Viitattu 27.1.2021. https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00011
- Ismail, I., Keating, S. E., Baker, M. K. & Johnson, N. A. 2012. A systematic review and meta-analysis of the effect of aerobic vs. resistance exercise training on visceral fat. *Obesity Reviews* 13 (1), 68–91.
- Jelleyman, C., Yates, T., O' Donovan, G., Gray, L. J., King, J. A., Khunti, K. & Davies, M. J. 2015. The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: A meta-analysis. *Obesity Reviews* 16 (11), 942–961.

- Johns, D. J., Hartmann-Boyce, J., Jebb, S. A. & Aveyard, P. 2014. Diet or Exercise Interventions vs Combined Behavioral Weight Management Programs: A Systematic Review and Meta-Analysis of Direct Comparisons. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 114 (10), 1557–1568.
- Karlsson, T., Rask - Andersen, M., Pan, G., Hoglund, J., Wadelius, C., Ek, W. E. & Johansson, A. 2019. Contribution of genetics to visceral adiposity and its relation to cardiovascular and metabolic disease. *Nature Medicine* 25 (9), 1390.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H. & Costill, D. L. 2015. *Physiology of sport and exercise*. 6. painos. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kettunen, R. 2021. Sepelvaltimotauti. *Lääkärikirja Duodecim*. Viitattu 27.1.2021. https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00077
- Khalafi, M. & Symonds, M. E. 2020. The impact of high-intensity interval training on inflammatory markers in metabolic disorders: A meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30 (11), 2020–2036.
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sugawara, A., Totsuka, K., Shimano, H., Ohashi, Y., Yamada, N. & Sone, H. 2009. Cardiorespiratory Fitness as a Quantitative Predictor of All-Cause Mortality and Cardiovascular Events in Healthy Men and Women A Meta-analysis. *Jama-Journal Of The American Medical Association* 301 (19), 2024–2035.
- Ko, Y., Wong, T., Hsu, Y., Kuo, K. & Yang, S. H. 2017. The Correlation Between Body Fat, Visceral Fat, and Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Metabolic syndrome and related disorders* 15 (6), 304–311.
- Keytel, L., Goedecke, J., Noakes, T., Hiiloskorpi, H., Laukkanen, R., van Der Merwe, L. & Lambert, E. 2005. Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. *Journal of sports sciences* 23 (3), 289–297.
- Laursen, P. & Buchheit, M. 2019. Genesis and Evolution of High-Intensity Interval Training. Teoksessa P. Laursen & M. Buchheit (toim.). *Science and Application of High-Intensity Interval Training*. Champaign, IL: Human Kinetics, 3–15.
- Lazzer, S., Bedogni, G., Lafortuna, C. L., Marazzi, N., Busti, C., Galli, R., de Col, A., Agosti, F. & Sartorio, A. 2012. Relationship Between Basal Metabolic Rate, Gender, Age, and Body Composition in 8,780 White Obese Subjects. *Obesity* 18 (1), 71–78.

- Liikunta. 2016. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Käypä hoito -johtoryhmän asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 5.11.2020. <https://www.kaypahoito.fi/hoi50075#readmore>
- Logan, M., Harris, D., Duncan, D., Plank, D., Merien, D. & Schofield, D. 2016. Low-Active Male Adolescents: A Dose Response to High-Intensity Interval Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 48 (3), 481–490.
- Lovejoy, J. C., Champagne, C. M., Jonge, L. D., Xie, H. & Smith, S. R. 2008. Increased visceral fat and decreased energy expenditure during the menopausal transition. *International Journal of Obesity* 32 (6), 949–958.
- Lundqvist, A., Männistö, S., Jousilahti, P., Kaartinen, N., Mäki, P. & Borodulin, K. 2018. Lihavuus. Teoksessa P. Koponen, K. Borodulin, A. Lundqvist, K. Sääksjärvi, S. Koskinen & A. Aalto (toim.) *Terveys, toimintakyky ja hyvinvointi Suomessa: FinTerveys 2017 -tutkimus*. Helsinki: Terveiden ja hyvinvoinnin laitos, 45–49.
- Maffetone, P., Laursen, P. & Buchheit, M. 2019. HIIT and Its Influence on Stress, Fatigue, and Athlete Health. Teoksessa P. Laursen & M. Buchheit (toim.). *Science and Application of High-Intensity Interval Training*. Champaign, IL: Human Kinetics, 137–159.
- Maillard, F., Pereira, B. & Boisseau, N. 2018. Effect of High-Intensity Interval Training on Total, Abdominal and Visceral Fat Mass: A Meta-Analysis. *Sports Medicine* 48, 269–288. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0807-y>
- Makki, K., Froguel, P. & Wolowczuk, I. 2013. Adipose tissue in obesity-related inflammation and insulin resistance: Cells, cytokines, and chemokines. *ISRN inflammation* 2013, 139239. doi:10.1155/2013/139239
- Merlotti, C., Ceriani, V., Morabito, A. & Pontiroli, A. E. 2017. Subcutaneous fat loss is greater than visceral fat loss with diet and exercise, weight-loss promoting drugs, and bariatric surgery. A critical review and meta-analysis. *International Journal of Obesity* 41 (5), 672–682.
- Milanović, Z., Sporiš, G. & Weston, M. 2015. Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO₂max Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Medicine* 45 (10), 1469–1481.

- Mohammad, A., De Lucia Rolfe, E., Sleigh, A., Kivisild, T., Behbehani, K., Wareham, N., Brage, S. & Mohammad, T. 2017. Validity of visceral adiposity estimates from DXA against MRI in Kuwaiti men and women. *Nutrition & Diabetes* 7 (1), e238. <https://doi.org/10.1038/nutd.2016.38>
- Mustajoki, P. 2019a. Vyötärölihavuus (keskivartalolihavuus, omenalihavuus). *Lääkärikirja Duodecim*. Viitattu 3.11.2020. https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00890
- Mustajoki, P. 2019b. Rasvamaksa. *Lääkärikirja Duodecim*. Viitattu 5.11.2020. https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00070
- Münzberg, H. & Myers, M. G. 2005. Molecular and anatomical determinants of central leptin resistance. *Nature Neuroscience* 8 (5), 566–570. doi:10.1038/nn1454
- Neeland, I. J., Grundy, S. M., Li, X., Adams-Huet, B. & Vega, G. L. 2016. Comparison of visceral fat mass measurement by dual-X-ray absorptiometry and magnetic resonance imaging in a multiethnic cohort: The Dallas Heart Study. *Nutrition & Diabetes* 6 (7), e221. doi:10.1038/nutd.2016.28
- Noonan, V. & Dean, E. 2000. Submaximal exercise testing: Clinical application and interpretation. *Physical Therapy* 80 (8), 782–807.
- Nordström, W., Hadrévi, W., Olsson, W., Franks, W. & Nordström, W. 2016. Higher Prevalence of Type 2 Diabetes in Men Than in Women Is Associated With Differences in Visceral Fat Mass. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 101 (10), 3740–3746.
- Ozemek, H., Whaley, H., Finch, A. & Kaminsky, A. 2016. High Cardiorespiratory Fitness Levels Slow the Decline in Peak Heart Rate with Age. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 48 (1), 73–81.
- Pilolla, D. 2018. Targeting abdominal obesity through the diet. *ACSM's Health & Fitness Journal* 22 (5), 21–28.
- Ram, A., Marcos, L., Jones, M. D., Morey, R., Hakansson, S., Clark, T., Ristov, M., Franklin, A., McCarthy, C., De Carli, L., Ward, R. & Keech, A. 2020. The effect of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on aerobic fitness and body composition in males with overweight or obesity: A randomized trial. *Obesity medicine* 17. <https://doi.org/10.1016/j.obmed.2020.100187>

- Ramos, J., Dalleck, L., Tjonna, A., Beetham, K. & Coombes, J. 2015. The Impact of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training on Vascular Function: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* 45 (5), 679–692.
- Ross, R., Murthy, J., Wollak, I. & Jackson, A. 2010. The six minute walk test accurately estimates mean peak oxygen uptake. *BMC pulmonary medicine* 10 (1), 31.
- Rössner, S., Bo, W. J., Hiltbrandt, E., Hinson, W., Karstaedt, N., Santago, P., Sobol, W. T., Crouse, J. R. 1990. Adipose tissue determinations in cadavers--a comparison between cross-sectional planimetry and computed tomography. *International journal of obesity* 14 (10), 893–902.
- Schrack, J. A., Zipunnikov, V., Goldsmith, J., Bandeen - Roche, K., Crainiceanu, C. M. & Ferrucci, L. 2014. Estimating energy expenditure from heart rate in older adults: A case for calibration. *PLoS ONE* 9 (4), e93520. doi:10.1371/journal.pone.0093520
- Shin, C., Lee, Y. & Belyea, M. 2018. Physical activity, benefits, and barriers across the aging continuum. *Applied nursing research* 44, 107–112.
- Shuster, A., Atlas, M., Pinthus, J. & Mourtzakis, M. 2012. The clinical importance of visceral adiposity: A critical review of methods for visceral adipose tissue analysis. *British Journal Of Radiology* 85 (1009), 1–10.
- Su, L., Fu, J., Sun, S., Zhao, G., Cheng, W., Dou, C. & Quan, M. 2019. Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. *PLoS ONE* 14 (1), e0210644. doi:10.1371/journal.pone.0210644
- Svedahl, K. & MacIntosh, B. R. 2003. Anaerobic Threshold: The Concept and Methods of Measurement. *Canadian Journal of Applied Physiology* 28 (2), 299–323.
- Sydämen vajaatoiminta. 2017. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseura Duodecimin ja Suomen Kardiologisen Seuran asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 5.11.2020. <https://www.kaypahoito.fi/hoi50113>
- Thompson, D., Karpe, F., Lafontan, M. & Frayn, K. 2012. Physical activity and exercise in the regulation of human adipose tissue physiology. *Physiological Reviews* 92 (1), 157–191.
- Tong, T. K., Zhang, H., Shi, H., Liu, Y., Ai, J., Nie, J. & Kong, Z. 2018. Comparing Time Efficiency of Sprint vs. High-Intensity Interval Training in Reducing Abdominal

- Visceral Fat in Obese Young Women: A Randomized, Controlled Trial. *Frontiers in Physiology* 9. doi:10.3389/fphys.2018.01048
- Trayhurn, P. 2005. Adipose tissue in obesity - An inflammatory issue. *Endocrinology* 146 (3), 1003–1005.
- Tsiloulis, T. & Watt, M. J. 2015. Exercise and the Regulation of Adipose Tissue Metabolism. *Progress in molecular biology and translational science* 135, 175–201.
- Türk, Y., Theel, W., Kasteleyn, M. J., Franssen, F. M. E., Hiemstra, P. S., Rudolphus, A., Taube, C. & Braunstahl, G. J. 2017. High intensity training in obesity: A Meta-analysis. *Obesity Science & Practice* 3 (3), 258–271.
- van der Kooy, K. & Seidell, J. 1993. Techniques for the measurement of visceral fat: a practical guide. *International Journal Of Obesity* 17 (4), 187–196.
- Veilleux, A. & Tchernof, A. 2012. Sex Differences in Body Fat Distribution. Teoksessa M. E. Symonds (toim.) *Adipose Tissue Biology*. New York: Springer, 123–165.
- Verheggen, R., Maessen, M., Green, D., Hermus, A., Hopman, M. & Thijssen, D. 2016. A systematic review and meta-analysis on the effects of exercise training versus hypocaloric diet: Distinct effects on body weight and visceral adipose tissue. *Obesity Reviews* 17 (8), 664–690.
- Vissers, D., Hens, W., Taeymans, J., Baeyens, J., Poortmans, J. & Van Gaal, L. 2013. The Effect of Exercise on Visceral Adipose Tissue in Overweight Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE* 8 (2), e56415. doi:10.1371/journal.pone.0056415
- Vuori, I. & Kesäniemi, A. 2016. Sepelvaltimotauti ja sydämen vajaatoiminta. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. Kujala (toim.) *Liikuntalääketiede*. 7. painos. Helsinki: Duodecim, 348–367.
- Vuori, I. 2016. Suomalaisten liikunta. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. Kujala (toim.) *Liikuntalääketiede*. 7. painos. Helsinki: Duodecim, 618–627.
- Wajchenberg, B. 2000. Subcutaneous and visceral adipose tissue: Their relation to the metabolic syndrome. *Endocrine Reviews* 21 (6), 697–738.
- Wang, Z., Zeng, X., Chen, Z., Wang, X., Zhang, L., Zhu, M. & Yi, D. 2015. Association of visceral and total body fat with hypertension and prehypertension in a middle-aged Chinese population. *Journal of Hypertension* 33 (8), 1555–1562.

- Wen, D., Utesch, T., Wu, J., Robertson, S., Liu, J., Hu, G. & Chen, H. 2019. Effects of different protocols of high intensity interval training for VO2max improvements in adults: A meta-analysis of randomised controlled trials. *Journal of science and medicine in sport* 22 (8), 941–947.
- Weston, K. S., Wisløff, U. & Coombes, J. S. 2014. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* 48 (16), 1227–1234.
- Wewege, M., Berg, R., Ward, R. E. & Keech, A. 2017. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews* 18 (6), 635–646.
- World Health Organization. 2020. Obesity and overweight. Viitattu 7.10.2020.
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Wronska, A. & Kmiec, Z. 2012. Structural and biochemical characteristics of various white adipose tissue depots. *Acta Physiologica* 205 (2), 194–208.
- Zhang, H., Tong, T. K., Kong, Z., Shi, Q., Liu, Y. & Nie, J. 2020. Exercise training-induced visceral fat loss in obese women: The role of training intensity and modality. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 1–14. doi:10.1111/sms.13803
- Zhang, H., Tong, T. K., Qiu, W., Wang, J., Nie, J. & He, Y. 2015. Effect of high-intensity interval training protocol on abdominal fat reduction in overweight Chinese women: A randomized controlled trial. *Kinesiology* 47 (1), 57–66.
- Zhang, H., Tong, T. K., Qiu, W., Zhang, X., Zhou, S., Liu, Y. & He, Y. 2017. Comparable Effects of High-Intensity Interval Training and Prolonged Continuous Exercise Training on Abdominal Visceral Fat Reduction in Obese Young Women. *Journal of Diabetes Research* 2017. doi:10.1155/2017/5071740

LIITTEET

Liite 1. Valittujen tutkimuksien laadunarviointi (Furlan ym. 2015).

Laadunarvioinnin kriteerit	Heydari ym. 2012	Zhang ym. 2015	Cooper ym. 2016	Zhang ym. 2017	Tong ym. 2018	Zhang ym. 2020
1. Oliko satunnaistamismenetelmä riittävä?	?	?	?	?	?	?
2. Tapahtuiko ryhmään ohjautuminen salatusti?	?	?	?	?	?	?
3. Sokkoutettiin tutkittava?	X	X	X	X	X	X
4. Sokkoutettiin hoidon antaja?	X	X	X	X	X	X
5. Sokkoutettiin tulomuuttujien mittaaja?	?	O	?	O	O	O
6. Onko tutkimuksesta poispuodonneet kuvattu ja onko poispuodonneiden määrä hyväksyttävä?	O	O	O	O	O	O
7. Analysoitiin tutkittavat niissä ryhmissä, joihin heidät satunnaistettiin?	O	O	O	O	O	O
8. Onko tutkimus vapaa valikoiduista tulomuuttujien raportoinnista?	O	O	O	O	O	O
9. Olivatko ryhmät samanlaisia tutkimuksen alussa tulomuuttujien ja tärkeimpien ennustavien tekijöiden suhteen?	O	O	O	O	O	O
10. Saivatko ryhmät samaa hoitoa (lukuun ottamatta interventiota)?	O	O	O	O	O	O
11. Oliko hoitomyöntyvyys hyväksyttävä?	O	O	O	O	O	O
12. Oliko mittausten ajoitus sama eri ryhmille?	O	O	O	O	O	O
13. Onko tutkimus vapaa muista mahdollisista harhaa aiheuttavista tekijöistä?	O	O	O	O	O	O

X = ei, O = kyllä, ? = epävarma

Liite 2. Valittujen tutkimuksien liikuntainterventiot.

Tekijät	Interventio			
	Liikuntamuoto	Krt / vko	Harjoituskerran kesto (min) tai tehty työ (kJ)	Harjoituksen sisältö: (sarja (intensiteetti)), toistot
Cooper ym. 2016	pyöräily	3	HIIT ¹² : 40min MICT: 50min (viikot 1–6) 60 min (viikot 7–12)	HIIT ¹ : (30s (80–90 % HRpeak)) + 3min PR) x 10 HIIT ² : (30s (80–90 % HRpeak)) + 3min AR) x 10 MICT: (CE (80–90 % HRpeak))
Heydari ym. 2012	pyöräily	3	HIIT: 20 min	HIIT: (8s (80–90 % HRpeak) + 12s PR)
Tong ym. 2018	pyöräily	3 (viikot 1–4) 4 (viikot 5–12)	HIIT ¹ : 200kJ (viikot 1–2) 400kJ (viikot 3–12) HIIT ² : 20 min	HIIT ¹ : (4min (90 % VO ₂ max) + 3min PR) HIIT ² : (6s (100 % VO ₂ max+ 9s PR) x 80
Zhang ym. 2015	juoksu	4	HIIT: 56 min MICT: 33 min	HIIT: (4min (85–95 % HRpeak) + 3min AR + 7min PR) x 4 MICT: (CE (60–70 % HRpeak))
Zhang ym. 2017	pyöräily	3 (viikot 1–4) 4 (viikot 5–12)	HIIT & MICT: 200 kJ (viikot 1–4) 300 kJ (viikot 5–12)	HIIT: (4min (90 % VO ₂ max) + 3min PR) MICT: (CE (60 % VO ₂ max))
Zhang ym. 2020	pyöräily	3 (viikot 1–4) 4 (viikot 5–12)	HIIT ¹ : 47.1 ± 3.3 kJ (viikot 1–4), 56.0 ± 5.9 kJ (viikot 5–8), 63.6 ± 5.9 kJ (viikot 9–12) HIIT ²³ : 200 kJ MICT: 200 kJ	HIIT ¹ : (6s (100 % VO ₂ max) + 9s PR) x 40 HIIT ² : (1min (120 % VO ₂ peak) + 1,5min PR) HIIT ³ : (4min (90 % VO ₂ peak) + 3min PR) MICT: (CE (60 % VO ₂ peak))

AR=aktiivinen palautuminen kevennetyllä kuormalla, CE=yhtäjaksoinen harjoittelu, HIIT¹²³=korkean intensiteetin intervalliharjoitteluryhmä, HRmax=maksimaalinen syke, HRpeak=sykkeen huippuarvo (mitattu submaksimaalisesti), kJ=kilojoule (1 kcal = 4.1868 kJ), MICT=kohtalaisen intensiteetin interventiorryhmä, PR=passiivinen palautuminen, VO₂max=maksimaalinen hapenkulutus, VO₂peak=hapenkulutuksen huippuarvo (mitattu submaksimaalisesti)