

HIIT-HARJOITTELUN VAIKUTUS KOHONNEESEEN VERENPAINEESEEN

Inga Forsman

Liikuntalääketieteen kandidaatintutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2023

TIIVISTELMÄ

Forsman, I. 2023. HIIT-harjoittelun vaikutus kohonneeseen verenpaineeseen. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, liikuntalääketieteen kandidaatin tutkielma 39 s, 2 liitettä.

Kohonnut verenpaine (hypertensio) ja lievästi kohonnut verenpaine (prehypertensio) ovat maailmanlaajuisesti merkittäviä sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöitä. Liikunnan tiedetään sekä ehkäisevän verenpaineen nousua että alentavan jo kohonnutta verenpainetta. Tällä hetkellä kohonneeseen verenpaineeseen suositellaan kohtuukuormitteista harjoittelua (MICE, *moderate intensity continuous exercise*). Sen sijaan vähemmän tiedetään HIIT-harjoittelun (*high intensity interval training*) vaikutuksista kohonneeseen verenpaineeseen. Aiemmissä aiheesta tehdyissä katsauksissa verenpainelääkityksen vaikutusta verenpaineen laskuun ei ole poissuljettu tutkimuksen ulkopuolelle. Tässä systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa tarkastellaan HIIT-harjoittelun vaikutuksia kohonneeseen verenpaineeseen hypertensiota ja prehypertensiota sairastavilla, joilla ei ole verenpainelääkitystä tai se on lopetettu intervention ajaksi. Aihetta tutkitaan vertailemalla HIIT-harjoittelun ja MICE-harjoittelun vastetta kohonneeseen verenpaineeseen.

Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tiedonhaku suoritettiin 6.10.2022 Pubmed ja SPORTdiscus tietokantoihin. Hakutuloksia saatiin yhteensä 444. Lopulliseen katsaukseen valikoitui mukaan viisi tutkimusta. Katsaukseen valitun tutkimuksen tuli täyttää kirjallisuuskatsauksen sisäänottokriteerit. Sisäänottokriteerit olivat RCT-asetelma tai muu vastaava interventiotutkimus, liikuntainterventio: HIIT-harjoittelu ja MICE-harjoittelu, lopputulosmuuttujina systolinen ja diastolinen verenpaine, verenpaineen mittaaminen ennen ja jälkeen intervention ja tutkittavilla ei ollut verenpainelääkitystä tutkimusjakson aikana.

Tämän katsauksen perusteella HIIT-harjoittelun ja MICE-harjoittelun välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa verenpaineen laskussa. Ainoastaan yhdessä tutkimuksessa HIIT-harjoittelu laski systolista verenpainetta tilastollisesti merkitsevästi enemmän kuin kohtuukuormitteinen harjoittelu. Diastolisen verenpaineen osalta ei havaittu merkitseviä eroja liikuntamuotojen välillä. Kuitenkin neljässä tutkimuksessa ryhmien sisäiset muutokset alku- ja loppumittauksen välillä osoittivat HIIT-harjoittelun laskevan sekä systolista että diastolista verenpainetta määrällisesti enemmän kuin kohtuukuormitteisen harjoittelun. Tulokset viittaavat siihen, että HIIT-harjoittelu saattaa olla tehokkaampi harjoittelumuoto alentamaan kohonnutta verenpainetta.

Mukaan valituissa tutkimuksissa esiintyi laadullisia puutteita, jotka vähentävät tämän katsauksen luotettavuutta. Suurimmat puutteet liittyivät satunnaistamiseen ja sokkouttamiseen johtuen osittain tutkimusasetelmasta. Aikaisempien katsauksien tuloksiin verrattuna tulokset ovat melko yhteneväiset, mutta tuloksien ristiriitaisuuden ja niukkuuden vuoksi lisätutkimus aiheesta on tarpeen. Jatkotutkimuksissa verenpainelääkitys on syytä poissulkea, koska tällä hetkellä tutkimuksia on saatavilla hyvin vähän. Lisää ymmärrystä kaivataan myös HIIT-harjoittelun vaikutusmekanismeista kohonneeseen verenpaineeseen, jotta sitä voisi yleisesti suositella kohonneen verenpaineen hoitoon.

Asiasanat: HIIT-harjoittelu, MICE-harjoittelu, hypertensio, prehypertensio

KÄYTETYT LYHENTEET

CMT	Continuous moderate training, jatkuva kohtuukuormitteinen harjoittelu
DVP	Diastolinen verenpaine
HIIT	High intensity interval training, korkean intensiteetin intervalliharjoittelu
HRmax	Maximum heart rate, maksimisyke
HRrest	Resting heart rate, leposyke
mmHg	Elohopeamillimetriä
MICE	Moderate intensity continuous exercise, kohtuukuormitteinen jatkuva harjoittelu
MICT	Moderate intensity continuous training, kohtuukuormitteinen jatkuva harjoittelu
SVP	Systolinen verenpaine
VO2max	Maximal oxygen consumption, maksimaalinen hapenottoikyky

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 VERENPAINNE	2
2.1 Prehypertensio eli lievästi kohonnut verenpaine	3
2.2 Hypertensio eli verenpainetauti	4
2.3 Verenpaineen mittaaminen	5
3 LIKUNNAN VAIKUTUS KOHONNEESEEN VERENPAINNEESEEN.....	7
4 HARJOITTELUN KUORMITTAVUUS JA KOHONNUT VERENPAINNE	9
4.1 Kohtuukuormitteinen harjoittelu eli MICE	9
4.2 Korkean intensiteetin harjoittelu eli HIIT	10
5 METODIT	12
5.1 Haun toteutus.....	12
5.2 Sisäänotto- ja poissulkukriteerit	12
5.3 Tutkimusten laadunarviointi.....	14
6 TULOKSET	16
6.1 Systolisen verenpaineen muutokset.....	17
6.2 Diastolisen verenpaineen muutokset	17
6.3 Tulosten kliininen merkittävyys	18
7 POHDINTA.....	20
7.1 Vertailua muihin tutkimuksiin ja tuloksiin.....	20
7.2 Tulosten analysointi.....	21
7.3 Tulosten merkitys käytännössä.....	23
7.4 Luotettavuuden ja eettisyyden arviointi	25
7.5 Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet	28
LÄHTEET	30

LIITTEET

Liite 1. Laadunarviointikriteeristö suomennettuna Furlanin ym. (2015) mukaan

Liite 2. Systolisen ja diastolisen verenpaineen muutokset intervention aikana

1 JOHDANTO

Kohonnut verenpaine eli verenpainetauti (hypertensio) on edelleen yleisin verisuonisairaus Suomessa (Honkala 2019) ja maailmanlaajuisesti merkittävin terveitä elinvuosia alentava riskitekijä (Costa ym. 2018; Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020). Suomalaisista noin kahdella miljoonalla aikuisikäisellä on verenpaine koholla, ja noin miljoona heistä käyttää verenpainetta alentavia lääkkeitä (Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020). Vastaa- vasti myös lievästi kohonnut verenpaine eli prehypertensio on maailmanlaajuisesti merkittävä terveyttä heikentävä riskitekijä (Albarwani ym. 2014). Prehypertensiota voidaan erityisesti pitää ylipainoisten ja vähän liikkuvien nuorten ja nuorten aikuisten terveysongelmana (Gupta ym. 2012; Zhang ym. 2011).

Koholla oleva verenpaine heikentää sydän- ja verisuoniterveyttä. Tiedetään, että sekä prehypertensio että hypertensio ovat yhteydessä suurempaan riskiin sairastua sydän- ja verisuonitau- teihin (Albarwani ym. 2014; Costa ym. 2018; John ym. 2022). Pitkään jatkuessaan koholla oleva verenpaine kuormittaa koko elimistöä, mikä voi johtaa muun muassa valtimoverisuonten, aivojen ja sydämen vaurioitumiseen (Hekkala 2021; Mustajoki 2020; Mustajoki 2002, 15). Tästä syystä koholla oleva verenpaine on tärkeä huomata ajoissa, jotta edellä mainitut vauriot eivät pääse kehittymään.

Liikunnalla tiedetään olevan positiivinen vaikutus verenpaineeseen ja sydän- ja verisuoniter- veyteen. Nykytietämyksen mukaan säännöllisen ja kohtuukuormitteisen harjoittelun eli MICE- harjoittelun (*moderate intensity continuous training*) tiedetään sekä ehkäisevän verenpaineen nousua että alentavan jo kohonnutta verenpainetta noin yhden verenpainelääkkeen verran (Ciolac 2012; Kukkonen-Harjula 2021). Sen sijaan vähemmän tiedetään HIIT-harjoittelun (*high intensity interval training*) vaikutuksista verenpaineeseen.

Tämän systemaattisen katsauksen tarkoituksena on tarkastella HIIT-harjoittelun vaikutuksia kohonneeseen verenpaineeseen ja selvittää onko korkean intensiteetin harjoittelu tehokkaam- paa kuin kohtuukuormitteinen harjoittelu. Tarkastelen aihetta prehypertension ja hypertension näkökulmasta. Valituissa tutkimuksissa tutkittavilla ei ole käytössä verenpainelääkitystä inter- vention aikana, jotta lääkkeen vaikutus voidaan poissulkea tuloksista. Katsauksella on uutuus- arvoa, sillä aihetta on tutkittu vasta vähän ja aiemmissa katsauksissa (Costa ym. 2018; Carpes ym. 2021; Leal ym. 2020) on mukana tutkimuksia, joissa tutkittavilla on verenpainelääkitys.

2 VERENPAINNE

Verenpaineella tarkoitetaan valtimoverisuonten seinämiin kohdistuvaa painetta, joka syntyy sydämen pumppausliikkeen seurauksena (Hendry ym. 2012). Verenpaine on elintärkeä elimistön normaalille toiminnalle, sillä se ylläpitää verenkiertoa ja turvaa kudosten riittävän hapensaannin (Hendry ym. 2012; Mustajoki 2002, 11). Verenpaine voidaan karkeasti luokitella kolmeen eri luokkaan: normaaliin (normotensio) $<130/85$ mmHg, lievästi kohonneeseen (prehypertensio) $>130\text{--}139/85\text{--}89$ mmHg ja kohonneeseen verenpaineeseen (hypertensio) $>140/90$ mmHg (Hekkala 2022; Mustajoki 2020; Pescatello ym. 2004). Suurempi arvo on systolinen eli yläpaine, joka kuvastaa valtimon sisällä olevaa painetta sydämen supistuessa, jolloin valtimoiden paine on suurimmillaan. Pienempi arvo on diastolinen eli alapaine, joka osoittaa paineen sydämen lepovaiheen aikana, jolloin paine on alimmillaan (Hendry ym. 2012; Mustajoki 2002, 14; Mustajoki 2020).

Verenpaineelle on tyypillistä vaihtelu vuorokauden ajan ja eri tilanteiden mukaan (Floras 2013; Parati ym. 2018; Sogunuru & Mishra 2020). Verenpaine on yöllä noin 10–20 prosenttia matalampi kuin päivällä (Casagrande ym. 2020; Haji-Maghsoudin ym. 2021; Morris ym. 2013). Verenpaineen laskua öisin selittää autonomisen hermoston muutokset kuten sydämen minuuttitilavuuden ja sykkeen aleneminen sekä perifeerisen kokonaisvastuksen merkittävä väheneminen (Casagrande ym. 2020; Haji-Maghsoud ym. 2021). Sen sijaan verenpaine kohoaa tilapäisesti esimerkiksi kovan fyysisen rasituksen seurauksena, mikä takaa elimistölle ja lihaksille riittävän hapensaannin (Mustajoki 2002, 10–11; Schultz & Sharman 2013). Terveillä verenpaine palautuu normaalille tasolle rasituksen ollessa ohi (Mustajoki 2002, 12).

Suurimmalla osalla verenpaine nousee iän myötä, jossa keskeisimpinä vaikuttajina ovat elintavat ja perinnöllinen alttius (Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020). Tutkimusten mukaan geenien osuus verenpaineen nousussa on noin 30–60 prosenttia, mutta elintavoilla voi vaikuttaa geneettisen riskin suuruuteen (Kontula ym. 2000; Melander 2001). Ikääntyneillä valtimoiden seinämät ovat jäykemmät, jolloin systolinen paine nousee, mutta diastolinen paine on usein normaali (Mustajoki 2020). Puolestaan nuorilla ja keski-ikäisillä diastolinen paine nousee usein ensimmäisenä, sillä valtimoiden seinämät joustavat eli niiden komplianssi on suuri (Mustajoki 2020; Duodecim 2000). Tällä tarkoitetaan sitä, että valtimoiden seinämät laajentuvat sydämen supistuessa, jolloin systolinen paine pysyy normaalina (Duodecim 2000; Duodecim 2002).

2.1 Prehypertensio eli lievästi kohonnut verenpaine

Lievästi kohonneella verenpaineella (prehypertensio) viitataan tilaan, jossa verenpaine on normaalia korkeampi, mutta se ei ylitä kohonneen verenpaineen rajaa (Elliot & Black 2007; Martinez & Nunez 2022). Prehypertension viitearvoissa esiintyy vaihtelua eri lähteiden välillä. Useimmissa prehypertension viitearvoksi on esitetty 130–139/85–89 mmHg (Hekkala 2022; Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020; Mustajoki 2020), mutta viitearvon on esitetty olevan myös alhaisempi 120–139/ <80 mmHg (Chobanian ym. 2003; John ym. 2022; Martinez & Nunez 2022).

Prehypertensio on yleinen terveysongelma maailmanlaajuisesti. Tutkimusten mukaan prehypertension yleisyys on noin 30–50 prosenttia väestöstä, joten sitä voidaan pitää globaalisti sekä merkittävänä terveysriskinä että kansanterveydellisenä huolenaiheena (Albarwani ym. 2014; Elliot & Black 2007; Huang ym. 2013). Tutkimusten mukaan prehypertensio kaksinkertaistaa riskin sairastua verenpainetautiin eli hypertensioon verrattuna heihin, joiden verenpaine on normaali (John ym. 2022). Vastaavasti Hu ym. (2017) tutkimuksessa prehypertension esiintyvyys väheni iän myötä, mutta verenpainetaudin esiintyvyys kasvoi. Toisaalta prehypertensiota pidetään myös itsenäisenä riskitekijänä sydän- ja verisuonitauteihin, koska se lisää sairastumisriskiä riippumatta siitä, kehittyykö prehypertensio verenpainetaudiksi (Albarwani ym. 2014; Elliot & Black 2007; Huang ym. 2013; Meier ym. 2013).

Prehypertensio koskettaa erityisesti ylipainoisia, vähän liikkuvia nuoria ja nuoria aikuisia. Tutkimusten mukaan prehypertensio on yleisempää ylipainoisilla ja inaktiivisilla nuorilla kuin normaalipainoisilla nuorilla (Elliot & Black 2007; Gupta ym. 2012; Zhang ym. 2011). Lisäksi prehypertension esiintyvyyden on havaittu kasvavan painoindeksin (BMI) noustessa (Huang ym. 2013; Hu ym. 2017). Ylipainon ja liikkumattomuuden lisäksi diabetes, metabolinen oireyhtymä, heikentynyt paastoglukoosi ja dyslipidemia ovat tyypillisiä prehypertensiota sairastavilla (Huang ym. 2013).

Prehypertension ehkäisyn ja hoidon perusta on terveelliset elintavat. Albarwanin ym. (2014) ja Martinezin ja Nunezin (2022) mukaan prehypertension kehittyminen hypertensioksi voidaan ehkäistä reagoimalla tilanteeseen ja kiinnittämällä huomiota elintapoihin. Prehypertension hoi-

don lähtökohtana on elintapojen muuttaminen kuten painonpudotus, fyysisen aktiivisuuden lisääminen, alkoholinkäytön vähentäminen sekä ruokavalion muutokset kuten suolan käytön vähentäminen (Gupta ym. 2012; Martinez & Nunez 2022).

2.2 Hypertensio eli verenpainetauti

Kohonneella verenpaineella eli verenpainetaudilla (hypertensio) tarkoitetaan tilaa, jossa valtimoiden sisäinen paine on jatkuvasti normaalia suurempi (Giles ym. 2009). Hypertensio voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan: ensimmäisen asteen hypertensioon (140–159/90–99 mmHg), toisen asteen hypertensioon (160–179/100–109 mmHg) ja kolmannen asteen hypertensioon (>180/110 mmHg) (Hendry ym. 2012; Pescatello ym. 2004). Mitä korkeampi paine on, sitä enemmän esiintyy terveyttä heikentäviä riskitekijöitä (Giles ym. 2009).

Kohonnut verenpaine on merkittävä terveysriski. Kohonneesta verenpaineesta kärsii noin miljardi ihmistä maailmasta (Kearney ym. 2005; Molmen-Hansen ym. 2012; Millar ym. 2013). Lisäksi Maailman terveysjärjestön WHO:n (2021) mukaan korkea verenpaine aiheuttaa maailmassa eniten ennenaikaisia kuolemia. Useat tutkimukset ovat osoittaneet kohonneella verenpaineella olevan vahva yhteys sydän- ja verisuonitauteihin (Stamler 1993; Vasan ym. 2001). Jatkuvasti koholla oleva verenpaine johtaa vähitellen valtimoiden paksuuntumiseen ja kalkkeutumiseen, kun valtimoiden sisäkerrokseen alkaa kertyä rasvaa (Kalra & Shanahan 2012; Mustajoki 2002, 15). Tämä lisää sydämen pumppaustyötä, koska veri ei pääse kunnolla virtaamaan ahtauneissa suonissa (Kukkonen-Harjula 2005, 104; Mustajoki 2002, 15).

Sydämen pumppaustyön lisääntyminen voi aiheuttaa sydämen vasemman kammion suurenmisen eli hypertrofian, joka on yleisin kohonneesta verenpaineesta johtuva elinmuutos (Giles ym. 2009; Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020; Monfared ym. 2013; Viazzi ym. 2008). Puolestaan ahtaissa valtimoissa hapen ja ravinteiden kuljetus kudoksiin heikkenee, mikä lisää verenkiertoelimien ongelmia (Mustajoki 2002, 16). Kohonnut verenpaine on yhteydessä muun muassa sepelvaltimotaudin, ateroskleroosin eli valtimotaudin, sydäninfarktin ja aivohalvauksen suurempaan riskiin sekä munuaisten toimintahäiriöihin ja se voi aiheuttaa muutoksia silmän verkkokalvoilla (Giles ym. 2005; Harrison ym. 2021; Hendry ym. 2012; Kalra & Shanahan 2012; Laatikainen ym. 2018; Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020; Vasan ym. 2001). Lisäksi tiedetään, että aivohalvauksen ja sepelvaltimotaudin riski kaksin tai kolminkertaistuu systolisen verenpaineen noustessa 20 mmHg ja diastolisen verenpaineen noustessa

10 mmHg (Laatikainen ym. 2018). Riski on sitä suurempi, mitä korkeampi verenpaine on, ja riski kasvaa verenpaineen noustessa (Laatikainen ym. 2018; Pescatello ym. 2004).

Kohonneen verenpaineen merkittävimpiä riskitekijöitä ovat suolan ja alkoholin liiallinen saanti, ylipaino, alhainen fyysinen aktiivisuus ja tupakointi (Fagard ym. 2001; Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020). Käypä hoito- suosituksen (2020) mukaan kohonneen verenpaineen ehkäisyssä ja hoidossa on tärkeää kiinnittää huomioita näihin riskitekijöihin. Lääkehoito aloitetaan aina, mikäli elintapamuutoksilla ei saada verenpainetta alennettua tai verenpaine on korkea (>160/100 mmHg) (Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020). Verenpainelääkkeet laskevat verenpainetta keskimäärin 10/5 mmHg (Law ym. 2003). Lääkityksestä huolimatta terveelliset elintavat ovat olennainen osa verenpainetaudin hoitoprosessia (Woolf & Bisognano 2011). Tästä voidaan päätellä terveellisillä elintavoilla olevan positiivinen ja merkittävä vaikutus kohonneen verenpaineen ehkäisyssä ja hoidossa.

Rahimin ym. (2021) mukaan sydän- ja verisuonitapahtumat vähentyvät 10 prosenttia systolisen verenpaineen laskiessa viisi elohopeamillimetriä. Vastaavasti on havaittu, että diastolisen verenpaineen laskiessa viisi elohopeamillimetriä, sillä on positiivisia vaikutuksia sydän- ja verisuoniterveyteen (Canoy ym. 2022). Voidaankin päätellä, että kohonneen verenpaineen hoidossa on olennaista, että systolisen ja diastolisen verenpaineen tulee pienentyä vähintään viisi elohopeamillimetriä, jotta sillä on kliinisesti merkittävä vaikutus terveyteen.

2.3 Verenpaineen mittaaminen

Kohonnut verenpaine ei aiheuta yleensä mitään ensioireita, jonka vuoksi verenpainetauti jää helposti huomaamatta (Sawicka ym. 2011). Säännöllinen mittaaminen onkin tärkeää, jotta kohonnut verenpaine voidaan huomata (Hendry ym. 2012). Mittauksessa on syytä ottaa huomioon verenpaineen normaali vaihtelevuus, jonka vuoksi verenpaine tulee mitata useita kertoja todellisen tilan selvittämiseksi (Mustajoki 2002, 21). Luotettavan mittaustuloksen varmistamiseksi mittauksia edeltävän puolen tunnin aikana tulisi välttää fyysisesti raskasta kuormitusta, kofeiinia ja tupakointia (Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020). Ennen mittauksen aloittamista tulisi istua noin viisi minuuttia paikallaan, jotta verenpaine olisi mahdollisimman normaali (Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020; Mustajoki 2002, 22).

Verenpaineen mittaukseen on olemassa erilaisia mittaustapoja. Näistä eniten käytetyt tavat ovat mittaus automaattisella verenpainemittarilla ja vuorokausimittaus eli ambulatorinen mittaus (Iivanainen & Syväoja 2011, 578). Näiden lisäksi verenpaine voidaan mitata manuaalisesti painemansetin avulla. Tätä tapaa käytetään vain, jos mittaus ei onnistu automaattisella mittarilla (Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020).

Automaattisella mittarilla mitattaessa laite säätää mansetin paineen, rekisteröi valtimon pulseja ja laskee verenpainelukemat. Systolisen ja diastolisen verenpaineen lisäksi mittarilla voi mitata myös keskipaineen (MAP) eli valtimoissa keskimäärin olevan paineen (John ym. 2022; Iivanainen & Syväoja 2011, 578). Mikäli kertamittaus ei anna riittävän luotettavaa tulosta verenpaineesta tai halutaan saada tietoa verenpaineen vaihtelusta vuorokauden aikana, verenpaine voidaan mitata ambulatorista mittaustapaa käyttäen (Iivanainen & Syväoja 2011, 578). Mittalaitteisto on kiinnitetty mitattavaan henkilöön, jolloin laite mittaa verenpaineen ennakko-ohjelmoinnin mukaisesti (Iivanainen & Syväoja 2011, 578). Vuorokausimittauksen yhteydessä mitattava pitää usein päiväkirjaa päivän tapahtumista, jotta paineen vaihtelua voidaan arvioida luotettavasti (Iivanainen & Syväoja 2011, 578; Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020).

3 LIKUNNAN VAIKUTUS KOHONNEESEEN VERENPAINEESEEN

Liikunnalla tiedetään yleisesti olevan monia suotuisia vaikutuksia terveyteen, niin myös verenpaineeseen. Useat tutkimukset ovat osoittaneet säännöllisen liikunnan alentavan sekä systolista että diastolista verenpainetta (Fagard 2005; Santos ym. 2016). Liikunnan suotuisat vaikutukset verenpaineeseen tulevat esiin melko nopeasti, keskimäärin kahdeksassa viikossa (Kukkonen-Harjula & Rauramaa 2005, 416). Vastaavasti paljon liikkuvilla on matalampi verenpaine ja heillä on havaittu esiintyvän vähemmän kohonnutta verenpainetta kuin vähän liikkuvilla (Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020). Lisäksi liikunnan on havaittu alentavan kohonnutta verenpainetta enemmän kuin verenpainelääkitys ainoana hoitomuotona (Pescatello ym. 2021). Liikuntaa pidetäänkin tehokkaana, lääkkeettömänä hoitomuotona kohonneeseen verenpaineeseen (Costa ym. 2020; Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020). Toisaalta on myös todettu, että liikunnan ja verenpainelääkityksen yhteisvaikutus on suurempi kuin pelkän liikunnan (Ramirez-Jimenez ym. 2021).

Eri liikuntamuodoilla saattaa olla erilainen vaikutus kohonneeseen verenpaineeseen. UKK-instituutin (2020) mukaan sekä kestävyysliikunnalla että voimaharjoittelulla on havaittu olevan verenpainetta alentava vaikutus. Kuitenkin useat tutkimukset ovat osoittaneet kestävyysliikunnan alentavan tehokkaasti kohonnutta verenpainetta, kun taas voimaharjoittelun kohdalla tutkimusnäyttö on heikompaa (Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020). Toisaalta Schroederin ym. (2019) tutkimuksessa todettiin kestävyysliikunnan ja voimaharjoittelun yhdistelmän olevan kaikkein tehokkain laskemaan kohonnutta verenpainetta.

Liikunnalla on havaittu olevan sekä kroonisia että akuutteja vaikutuksia verenpaineeseen. Cornelissen ja Smartin (2013) meta-analyysissä todettiin säännöllisen ja kuukausia kestävä kestävyysliikunnan laskevan verenpainetta noin 8/5 mmHg henkilöillä, joilla verenpaine oli koholla. Puolestaan Santos ym. (2016) havaitsivat tutkimuksessaan verenpaineen laskevan jo yhden liikuntakerran jälkeen. Myös Kenneyn ja Sealsin (1993) mukaan kestävyystyyppisen liikunnan on todettu laskevan verenpainetta heti suorituksen jälkeen noin 18–20/7–9 mmHg. Kuitenkin on syytä huomioida, että akuutit muutokset säilyvät noin 13 tuntia harjoittelun jälkeen, jonka jälkeen verenpaine palautuu alkuperäiselle tasolle (Kenney & Seals 1993). Sen vuoksi säännöllinen liikunta on tärkeää, koska liikunnan positiiviset vaikutukset eivät varastoidu kehoon pysyvästi. Säännöllistä liikuntaa suositellaankin yleisesti kohonneen verenpaineen ehkäisyyn ja hoitoon (Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020).

Liikunnan suotuisat vaikutukset verenpaineeseen välittyvät eri mekanismien kautta. Liikunnan on todettu lisäävän veritilavuutta ja barorefleksisyyttä eli verenpainetta säätelevien paineresep-toreiden toimintaan sekä vähentävän sympaattisen hermoston aktiivisuutta, valtimojäykkyyttä, insuliiniresistenssiä, sydämen minuuttitilavuutta ja verisuonten ääreisvastusta (Diaz & Shimbo 2013; Jo ym. 2018; Pescatello ym. 2004; UKK-instituutti 2020). Liikunnan myötä kehon ras-vakudos voi myös pienentyä, joka on osaltaan yhteydessä verenpaineen laskuun (Diaz & Shimbo 2013; Neter ym. 2003; UKK-instituutti 2020). Toisaalta liikunnalla on myös positiivi-nen yhteys reniini-angiotensiini järjestelmään (Diaz & Shimbo 2013), joka on tärkein hormo-naalinen järjestelmä verenpaineen säätelyssä (Crowley ym. 2005).

Lisäksi liikunnan on havaittu olevan yhteydessä parempaan endoteelin toimintaan kuten suu-rempan typpioksidin eritykseen ja sitä kautta lisääntyneeseen verisuonten vasodilataatioon eli laajentumiseen (Ciolac ym. 2010; Diaz & Shimbo 2013; Haram ym. 2006; Millar ym. 2013). Lisääntynyt verisuonten vasodilataatio laskee verenpainetta, kun verisuonten lihaseinämät ren-toutuvat ja verenkierto verisuonissa lisääntyy systeemisen verisuoniresistenssin (SVR) pienen-tyessä (Ramanlal & Gupta 2022; Ramirez-Jimenez ym. 2017). Kuitenkin on syytä huomioida, että edellä mainitut muutokset eivät tapahdu hetkessä, ja muutokset todetaan säännöllisen lii-kuntaharjoittelun seurauksena (Haram ym. 2006; Pescatello ym. 2004).

4 HARJOITTELUN KUORMITTAVUUS JA KOHONNUT VERENPAINNE

Harjoittelun kuormittavuudella eli intensiteetillä tarkoitetaan elimistön fysiologista kuormitusta, joka aiheutuu sydämen ja hengitys- ja verenkiertoelimistön aktiivisuuden lisääntymisestä (Liikunta on lääkettä: Käypä hoito- suositus 2016). Harjoittelun kuormittavuuteen vaikuttaa yksilön liikuntatausta, terveydellinen tila ja fyysinen kunto, jonka vuoksi liikunnan kuormittavuus on aina arvioitava yksilöllisesti esimerkiksi selvittämällä yksilön maksimisyke tai maksimaalinen hapenotto kyky (Liikunta on lääkettä: Käypä hoito- suositus 2016; THL 2021). Harjoittelun intensiteetillä on havaittu olevan yhteys verenpaineeseen ja sen laskuun (Boutcher & Boutcher 2017; Sharman ym. 2015). Tässä kappaleessa tarkastellaan harjoittelun kuormittavuutta (MICE & HIIT) ja sen yhteyttä kohonneeseen verenpaineeseen.

4.1 Kohtuukuormitteinen harjoittelu eli MICE

Kohtuukuormitteisella harjoittelulla tarkoitetaan liikuntaa, jossa harjoitellaan 45–65 prosentin teholla maksimisykkeestä (HRmax) (Sosner ym. 2019). Kohtuukuormitteinen harjoittelu on riittävän kuormittavaa kunto- ja terveyshyötyjen saavuttamiseksi sekä turvallista tuki- ja liikuntaelimistön että verenkiertoelimistön kannalta (Liikunta on lääkettä: Käypä hoito- suositus 2016). Kohtuukuormitteisesta liikunnasta käytetään hieman erilaisia lyhenteitä, mutta ne tarkoittavat lähes samaa asiaa: MICE (*moderate intensity continuous exercise*), MICT (*moderate intensity continuous training*), MIT (*moderate intensity training* tai CMT (*continuous moderate training*)).

Kohtuukuormitteisella harjoittelulla on positiivinen yhteys verenpaineeseen. Useissa tutkimuksissa kohtuukuormitteisen liikunnan on havaittu alentavan tehokkaasti kohonnutta verenpainetta (Ballesta-García ym. 2020; Costa ym. 2020). American College of Sports Medicine (ACSM) suosittelee kohonneeseen verenpaineeseen kohtalaisesti kuormittavaa kestävyysliikuntaa (40–60 % HRmax) vähintään 30 minuuttia päivässä (Costa ym. 2020; Pescatello ym. 2004). Toisaalta suotuista vaikutus kohonneeseen verenpaineeseen voidaan saavuttaa liikkumalla kohtuukuormitteisesti vähintään kaksi tuntia ja 30 minuuttia viikossa (Brook ym. 2013; Costa ym. 2020). Lisäksi kestävyysliikunnan rinnalle on suositeltu myös voimaharjoittelua 2–3 kertaa viikossa (Cardoso ym. 2010; Williams ym. 2018). Kyseiset suositukset vastaavat lähes tämänhetkistä aikuisten liikkumissuosituksista (UKK-instituutti 2022), joten kohonnutta verenpainetta alentava liikunta ei olennaisesti eroa terveystuoksuista.

4.2 Korkean intensiteetin harjoittelu eli HIIT

HIIT-harjoittelu on noussut viime vuosina suosituksi harjoittelumuodoksi. HIIT-harjoittelulla (*high intensity interval training*) tarkoitetaan lyhyttä maksimaalisen rasituksen jaksoa, jonka välissä on muutaman minuutin lepo tai aktiivinen palautuminen (John ym. 2022). Harjoittelumuodon tehokkuus pohjautuu kovatehoisten intervallijaksojen (80–95 % HRmax) ja matalatehoisten lepojaksoiden vuorotteluun, jolloin kovalla teholla harjoitellaan vain muutaman minuutin verran (Heiskanen 2019; John ym. 2022). Palautumisjaksot intervallien välissä mahdollistavat korkean intensiteetin ylläpitämisen toistuvissa intervaleissa (Rehn ym. 2013). Lisäksi ennen intervaleja suositellaan 5–10 minuutin alkulämmittelyä ja harjoituksen jälkeen viiden minuutin aktiivista palautusta (Weston ym. 2014). Kokonaisuudessaan HIIT-harjoittelu kestää tyypillisesti 10–30 minuuttia (Tinsley & Read 2021).

HIIT-harjoittelua voidaan toteuttaa eri liikuntamuodoissa: aerobisena tai voimaharjoittelu tyypisenä harjoitteluna (Kilpatrick ym. 2014). Tyypillisesti aerobista HIIT-harjoittelua toteutetaan juosten tai pyöräillen, useimmiten juoksumatolla tai polkupyöräergometrialla (Heiskanen 2019; Kilpatrick ym. 2014). Voimaharjoittelu HIIT:ä toteutetaan kehonpainoharjoittelun tai voimaharjoittelun avulla esimerkiksi paljon toistoja sisältävän kiertoharjoittelun muodossa tai tabataharjoitteluna (Kilpatrick ym. 2014). Tabata-harjoittelu on määritelty HIIT-harjoittelun muodoksi, jossa tehdään erilaisia kehonpainoliikkeitä noin 7–10 sarjaa kovalla intensiteetillä. Yksi sarja kestää 20 sekuntia ja sarjojen välissä on 10 sekunnin palautus (Tabata 2019).

Korkean intensiteetin vuoksi HIIT-harjoittelun soveltuvuutta koko väestölle on kyseenalaistettu. Heiskanen (2019) mukaan HIIT-harjoittelu saattaa olla liian raskas liikuntamuoto inaktiivisille ja vähän liikkuville. Toisaalta HIIT-harjoittelun soveltuvuutta kaikille on perusteltu sillä, että kovalla teholla harjoitellaan enintään 10–12 minuutin verran, mutta soveltuvuus on aina arvioitava yksilöllisesti (Kilpatrick ym. 2014). Kuitenkin korkeasta intensiteetistä huolimatta HIIT-harjoittelun on todettu olevan turvallinen harjoittelumuoto myös sydänpotilailla, mikäli hoitotasapaino on kunnossa (Guiraud ym. 2012; Heiskanen 2019). Tästä voidaan päätellä HIIT-harjoittelun olevan oikein ja asianmukaisesti toteutettuna turvallinen liikuntamuoto kaikille.

HIIT-harjoittelu ja kohonnut verenpaine. HIIT-harjoittelulla on todettu olevan positiivinen vaikutus sydän- ja hengityselimistöön sekä myös verenpaineeseen (Ciolac 2012). HIIT-

harjoittelun on havaittu parantavan sydän- ja verenkiertoelimistön kuntoa enemmän kuin kohtuukuormitteinen harjoittelu (Ciolac ym. 2010; Helgerud ym. 2007). Lisäksi useimmat tutkimukset ovat osoittaneet korkean intensiteetin harjoittelun parantavan kestävyyskuntoa ja vähentävän sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöitä enemmän kuin kohtuukuormitteinen harjoittelu (Ciolac ym. 2010; Tjønnå ym. 2008). Edellä mainittuja vaikutuksia on selitetty muun muassa maksimaalisen hapenottokyvyn (VO₂max) parantumisella, mikä heijastuu positiivisesti myös verisuonten toimintaan kuten lisäämällä verisuonten vasodilataatiota, joka on yhteydessä verenpaineen suurempaan laskuun (Ramirez-Jimenez ym. 2017).

5 METODIT

Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on selvittää HIIT-harjoittelun vaikutuksia kohonneeseen verenpaineeseen. Varsinainen tutkimuskysymys on: onko HIIT-harjoittelu tehokkaampi liikuntamuoto alentamaan kohonnutta verenpainetta verrattuna kohtuormitteiseen harjoitteluun. Aihetta tutkitaan vertailemalla näiden kahden harjoittelumuodon vaikutuksia verenpaineeseen henkilöillä, joilla verenpaine on lievästi kohonnut (prehypertensio) tai selvästi koholla (hypertensio).

5.1 Haun toteutus

Haku suoritettiin 6.10.2022 PubMed ja SPORTDiscus tietokantoihin. Tiedonhaku suoritettiin hakulausekkeella: ("high intensity training" or "high intensity interval training" or HIIT or HIT or "high intensity exercise" or "high intensity workout") AND ("high blood pressure" or "blood pressure" or "elevated blood pressure" or hypertension or hypertensive or pre-hypertension) AND ("randomized controlled trials" or "randomised controlled trials" or clinical trials or RCT). Hakulauseke oli molemmissa tietokannoissa muuten sama, mutta SPORTdiscuksessa hakulausekkeesta jätettiin pois: ("randomized controlled trials" or "randomised controlled trials" or clinical trials or RCT), koska se ei toiminut tietokannassa. Lisäksi SPORTDiscuksessa haku oli rajattu vertaisarvioituihin artikkeleihin (Peer reviewed) ja PubMedissa haku oli rajattu RCT-tutkimuksiin (Randomized controlled trial).

PubMedista löytyi hakulausekkeella ja edellä mainituilla rajauksilla 192 viitettä ja SPORTDiscuksesta 252 viitettä. Varsinaisen tiedonhaun lisäksi löytyi yksi artikkeli, joka vastasi sisäänottokriteereitä. Kyseinen artikkeli löytyi samaiseen aiheeseen liittyvän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin lähdeluettelosta kirjallisuushaun yhteydessä (Leal ym. 2020). Yhteensä artikkeleita löytyi 444, joista poissuljettiin 428 otsikon ja/tai tiivistelmän perusteella, koska ne eivät vastanneet tutkimuskysymystä. Tämän jälkeen poistettiin duplikaatit (n=1), jolloin jäljelle jäi 16 artikkelia, jotka luettiin kokonaan. Näistä 16 artikkelista poissuljettiin 11 artikkelia, koska ne eivät täyttäneet kaikkia sisäänottokriteereitä (taulukko 1). Hakuprosessi on esitetty vuokaaviossa (kuvio 1).

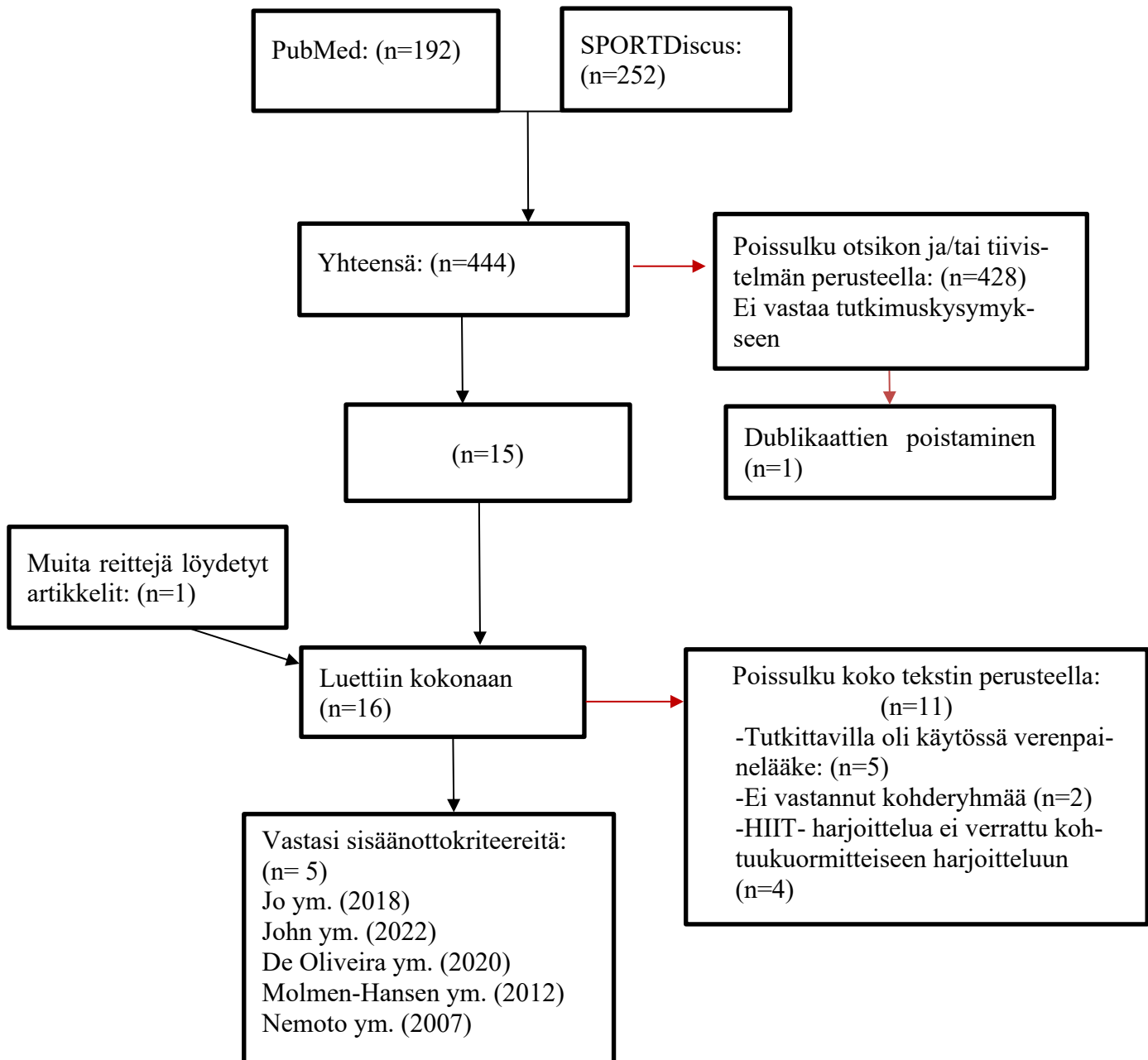
5.2 Sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Tutkimukset valittiin systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen tiettyjen sisäänottokriteereiden perusteella, jotka ovat koottuna taulukkoon 1. Tutkimuksen tuli olla satunnaistettu kontrolloitu tutkimus (Randomized controlled trial, RCT, clinical trial) tai muu interventiotutkimus, jotta se valikoitui mukaan katsaukseen. Kyseinen tutkimusasetelma mahdollistaa ryhmien vertailun, mikä on olennaista tutkimuskysymykseen vastaamisen kannalta.

Tutkimuksien tutkittavilla verenpaine tuli olla lievästi koholla 120–139/<80/80–89 mmHg tai koholla >140/90 mmHg. Lisäksi tutkimusten tutkittavilla ei saanut olla verenpainelääkettä käytössä intervention aikana, jotta lääkkeen vaikutus verenpaineeseen pystyttiin sulkemaan pois. Lopputulosmuuttujina tuli olla systolinen ja diastolinen verenpaine (mmHg), joka mitattiin sekä ennen että jälkeen intervention joko ambulatorista mittaria tai muuta verenpainemittaria käyttäen.

TAULUKKO 1. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
Satunnaistettu kontrolloitu tutkimus tai interventiotutkimus	Ei satunnaistettu kontrolloitutu tutkimus tai interventiotutkimus
HIIT- harjoittelua verrattu kohtuukuormitteeseen harjoitteluun	HIIT- harjoittelua ei verrattu kohtuukuormitteeseen harjoitteluun
Lopputulosmuuttujina: Systolinen ja diastolinen verenpaine (mmHg)	Ei mitattu lopputulosmuuttujina verenpainetta (mmHg)
Verenpaineen mittaus ennen ja jälkeen intervention	Mittausajankohta epäselvä
Tutkittavilla ei ole lääkitystä intervention aikana	Tutkittavilla on lääkitys
Tutkittavilla hypertensio tai prehypertensio	Tutkittavien verenpaine normaali (normotensio)
Tutkittavilla ei ole muita sairauksia	Tutkittavilla on muita sairauksia



KUVIO 1. Vuokaavio tiedonhausta

5.3 Tutkimusten laadunarviointi

Tutkimusten laadunarviointi toteutettiin Furlanin ym. (2015) kriteeristön mukaisesti, joka on yleisesti käytössä oleva arviointimenetelmä satunnaistetuille kontrolloiduille tutkimuksille. Tutkimuksista kaksi oli kliinisiä tutkimuksia (clinical randomized trial) ja kolme oli satunnaisesti kontrolloituja tutkimuksia. Laadunarvioinnissa ilmenee, että kaikissa mukaan valituissa tutkimuksissa on puutteita ja epäselvyyksiä kriteeristöön nähden. Tutkimukset ovat laadultaan

kohtalaisia, paitsi Johnin ym. (2022) tutkimus on laadultaan hyvä. Ainoastaan Johnin ym. (2022) tutkimuksessa kohdat 1, 2 ja 5 täyttyivät, mutta muissa tutkimuksissa satunnaistaminen, ryhmiin ohjautuminen ja tulosmuuttujien mittaajan sokkouttaminen oli puutteellisesti raportoitu. Yhdessäkin tutkimuksessa kohdat 3 ja 4 eivät toteutuneet, jotka arvioivat tutkittavien ja hoidon antajan sokkouttamista. Tutkimusten luonteen takia kyseisten kohtien toteuttaminen on haasteellista. Kaikkien muiden tutkimusten paitsi De Oliveiran ym. (2020) ja Molmen-Hansenin ym. (2012) tutkimuksissa tutkimusprotokollien löytäminen osoittautui vaikeaksi, sillä tutkimusten etukäteisrekisteröinti numeroita ei ollut saatavilla. Kohta 7, joka arvioi tutkittavien analysointia intention to treat-periaatteen mukaisesti toteutui ainoastaan De Oliveiran ym. (2020), Johnin ym. (2022) ja Molmen-Hansenin ym. (2012) tutkimuksissa. Laadunarvioinnin kriteeristö (1–13) löytyy liitteestä 1 (liite 1). Laadunarviointi on esitetty kokonaisuudessaan taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Laadunarviointi Furlanin ym. (2015) mukaan

Arviointi- kohta	Jo ym. (2018)	John ym. (2022)	De Oliveira ym. (2020)	Molmen- Hansen ym. (2012)	Nemoto ym. (2007)
1.	?	X	?	?	?
2.	?	X	?	?	?
3.	-	-	-	-	-
4.	-	-	-	-	-
5.	?	X	?	?	-
6.	X	X	-	X	X
7.	?	X	X	X	-
8.	?	?	X	X	?
9.	-	X	X	X	X
10.	X	X	X	X	X
11.	X	?	X	X	-
12.	X	X	X	X	X
13.	?	X	X	X	X
Yhteensä	4	9	7	8	5

Kyllä=X | Ei=-| Epävarma=?

6 TULOKSET

Kirjallisuuskatsaukseen valikoitui mukaan viisi tutkimusta, joiden tarkemmat tiedot ovat esiteltynä taulukossa 3. Kolmessa tutkimuksessa tutkittavilla oli prehypertensio (122–139/<80–89 mmHg) ja kahdessa hypertensio (>140/90 mmHg). Kaikissa tutkimuksissa poissuljettiin tutkitavat, joilla oli muita sairauksia, vammoja tai useampia sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöitä. Yhdessäkään tutkimuksessa tutkittavilla ei ollut käytössä verenpainelääkitystä intervention aikana. Tutkittavien iät vaihtelivat keskiarvoltaan 20–65 ikävuoden välillä siten, että kahdessa tutkimuksessa tutkittavien ikä oli 20–35 vuotta ja lopuissa 44–78 vuotta. Yhteensä tutkitavia oli mukana 289, joista naisia oli 189 ja miehiä 100. Intervention kestot vaihtelivat 5–12 viikon välillä, lukuun ottamatta Nemoton ym. (2007) tutkimusta, jossa intervention kesto oli viisi kuukautta. Harjoittelumäärät viikossa vaihtelivat 3–5 kerran välillä. Lisäksi kahdessa tutkimuksessa (John ym. 2022; Jo ym. 2018) tutkittavia kehoitettiin välttämään muuta liikuntaa intervention aikana.

Tutkimuksissa harjoittelumuotona oli joko kävely tai juoksu (n=3) tai pelkkä juoksu (n=2). Tutkimusten HIIT-ryhmässä intervallin pituus vaihteli 3–4 minuutin välillä, jota toistettiin 4–5 kertaa ja intervallin välissä oli 1–3 minuutin aktiivinen palautus. Intervallien intensiteetti vaihteli 70–95 prosenttia maksimisykkeestä. Kohtuukuormitteisessa ryhmässä harjoittelun intensiteetti vaihteli 40–75 prosenttia maksimisykkeestä ja yksittäisen harjoittelukerran kesto vaihteli 20–47 minuutin välillä. Lukuun ottamatta Nemoton ym. (2007) tutkimusta, jossa yksittäisen harjoittelukerran kesto ei määritelty, vaan tutkitavat kävelivät vähintään 8000 askelta päivässä. Kolmessa tutkimuksessa oli mukana kontrolliryhmä: Johnin ym. (2022): ruokavalio, Molmen-Hansenin ym. (2012): kevyt liikunta, Nemoton ym. (2007): ei liikuntaa.

Jokaisessa tutkimuksessa verenpaine mitattiin ennen ja jälkeen intervention sekä kahdessa tutkimuksessa verenpaine mitattiin myös jokaisen harjoittelukerran jälkeen. Tutkimuksissa käytetyt verenpainemittarit erosivat hieman toisistaan. Neljässä tutkimuksessa verenpaine mitattiin automaattisella verenpainemittarilla ja yhdessä tutkimuksessa oli käytössä ambulatoorinen mittari (Molmen-Hansen ym. 2012). Kyseisen tutkimuksen tuloksia tarkasteltiin päivämittauksen osalta, jotta ne olisivat mahdollisimman vertailukelpoiset tämän katsauksen muiden tutkimusten tulosten kanssa.

6.1 Systolisen verenpaineen muutokset

Ryhmien välinen vaihtelu. Verrattaessa HIIT-harjoittelua kohtuukuormitteiseen harjoitteluun ainoastaan yhdessä tutkimuksessa (Nemoto ym. 2007) havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero systolisen verenpaineen laskussa. Lopuissa neljässä tutkimuksessa HIIT-harjoittelu ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi kohtuukuormitteisesta harjoittelusta. Kuitenkin Johnin ym. (2022) tutkimuksessa HIIT-harjoittelu laski systolista verenpainetta merkitsevästi enemmän kuin kontrolliryhmä. Vastaavaa ei ollut havaittavissa kohtuukuormitteisen harjoittelun ja kontrolliryhmän välillä.

Ryhmien sisäinen muutos. Systolinen verenpaine laski tilastollisesti merkitsevästi sekä HIIT-harjoittelun että kohtuukuormitteisen harjoittelun seurauksena neljässä tutkimuksessa viidestä: Jo ym. (2018), Johnin ym. (2020), Molmen-Hansenin ym. (2012) ja Nemoton ym. (2007) tutkimuksessa. Nemoton ym. (2007) tutkimuksessa merkitsevä ero oli havaittavissa ainoastaan miehillä. Puolestaan De Oliveiran ym. (2020) tutkimuksessa ainoastaan HIIT-ryhmässä havaittiin tilastollisesti merkitsevä muutos alku- ja loppumittauksen välillä. Kontrolliryhmissä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta.

6.2 Diastolisen verenpaineen muutokset

Ryhmien välinen vaihtelu. HIIT-harjoittelun ja kohtuukuormitteisen harjoittelun välisessä vertailuissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa yhdessäkään tutkimuksessa. Kuitenkin Nemoton ym. (2007) tutkimuksessa havaittiin diastolisessa verenpaineessa merkitsevä ero HIIT-ryhmän ja kontrolliryhmän välillä. Kohtuukuormitteisen harjoittelun ja kontrolliryhmän välillä ei havaittu vastaavaa eroa.

Ryhmien sisäinen muutos. Diastolinen verenpaine laski tilastollisesti merkitsevästi HIIT-harjoittelun seurauksena neljässä tutkimuksessa viidestä: Jo ym. (2018), Johnin ym. (2022), Molmen-Hansenin ym. (2012) ja Nemoton ym. (2007) tutkimuksessa. Sen sijaan kohtuukuormitteisellä harjoittelulla ei havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta alku- ja loppumittauksen välillä, lukuun ottamatta Nemoton ym. (2007) tutkimusta miesten osalta ja Molmen-Hansenin ym. (2012) tutkimusta, jossa diastolinen verenpaine laski tilastollisesti merkitsevästi. Puolestaan De Oliveiran ym. (2020) tutkimuksessa HIIT-harjoittelulla ei havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta, kun taas kohtuukuormitteisellä harjoittelulla oli tilastollisesti merkitsevä

vaikutus. Kontrolliryhmissä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta alku- ja loppumittauksen välillä.

6.3 Tulosten kliininen merkittävyys

Systolinen verenpaine. Tarkastellessa alku- ja loppumittauksien eroa kliininen merkittävyys saavutettiin neljässä tutkimuksessa viidestä. Jo ym. (2018) tutkimuksessa HIIT-ryhmän systolinen verenpaine laski keskimäärin (-11 mmHg) ja kohtuukuormitteisen harjoittelun ryhmässä paine laski keskimäärin (-10 mmHg). Myös Molmen-Hansenin ym. (2012) tutkimuksessa HIIT-ryhmän systolinen verenpaine laski keskimäärin (-13 mmHg) ja kohtuukuormitteisen harjoittelun ryhmässä paine laski (-5 mmHg). Puolestaan De Oliveiran ym. (2020) tutkimuksessa HIIT-ryhmän systolinen verenpaine laski (-6 mmHg). Vastaavasti Nemoton ym. (2007) tutkimuksessa HIIT-ryhmän miehillä systolinen verenpaine laski keskimäärin (-10 mmHg) ja naisilla (-8 mmHg).

Diastolinen verenpaine. Kliinisen merkittävyyden raja saavutettiin vain HIIT-harjoittelu ryhmässä kolmessa tutkimuksessa viidestä. Jo ym. (2018) tutkimuksessa diastolinen verenpaine laski keskimäärin (-11 mmHg). Vastaavasti Molmen-Hansenin ym. (2012) tutkimuksessa diastolinen verenpaine laski keskimäärin (-8 mmHg). Lisäksi Nemoton ym. (2007) tutkimuksessa miehillä HIIT-harjoittelu laski diastolista verenpainetta (-5 mmHg). Naisten kohdalla vastaavaa muutosta ei havaittu. Kokonaisuudessaan muutokset systolisessa ja diastolisessa verenpaineessa löytyvät liitteestä 2.

Taulukko 3. Valitut tutkimukset ja niiden pääpiirteet

Tutkimus	Ryhmät	Tutkittavat	Intervention kesto	Harjoittelumuoto	Mittaustapa	Tulokset: sisäinen/ ryhmien välinen
Jo ym. (2018)	HIIT: (n=9) MICE:(n=10)	Ikä(ka): 52 Hypertensio N=19 (10 M, 9 N) Ei muita sairauksia Vähän liikkuvia	5 viikkoa: 5 krt/ vk	Juoksu/ kävely juoksumatolla. HIIT: 5x 3 min intervallit (80 % HRmax) + 3 min palautus. MICE: 35 min 60 % HRmax juoksu	OMRON: automaattisella verenpainemittarilla ennen/jälk. intervention + jokaisen harjoituksen jälk.	HIIT & MICE laski SVP merkitsevästi (p<0.02; p<0.04) HIIT laski DVP merkitsevästi (p<0.01), MICE ei (P >0.05) HIIT vs. MICE: P>0.05 (SVP & DVP)
John ym. (2022)	HIIT: (n=10) CMT: (n=10) Kontrolli (ruokavaliio): (n=10)	Ikä(ka): 20 Prehypertensio N=30 (20 M, 10 N) Terveitä, inaktiivisia	5 viikkoa: 3 krt/ vk	Juoksua juoksumatolla. HIIT: 20 min (4 min intervalli 80–85 % HRmax + 1 min palautus välissä CMT: 20 min 40–60 % HRmax	OMRON: automaattisella verenpainemittarilla ennen ja jälk. intervention	HIIT & CMT laski SVP merkitsevästi (p<0.002; p<0.01) HIIT laski DVP merkitsevästi (p<0.002), CMT ei (P > 0.05) HIIT vs. CMT: P>0.2 (SVP); P>0.05 (DVP) HIIT vs. kontrolli p<0.01 (SVP)
De Oliveira ym. (2020)	HIIT: (n=11) MICT: (n=14)	Ikä (ka): 26 Prehypertensio N=25 (25 N) Ei muita sairauksia, Ylipainoisia	8 viikkoa: 3 krt/vk	Juoksu. HIIT: 4x4 min 85-90 % HRmax + 3 min palautus sarjojen välissä (65–75 %) MICT: 41 min 65–75 % HRmax	Verenpainemittarilla ennen ja jälk. intervention	HIIT laski SVP merkitsevästi (p<0.03), ei DVP (p>0.05) MICT laski DVP merkitsevästi (p<0.02), ei SVP (p>0.05) HIIT vs. MICT: P>0.05 (SVP & DVP)
Molmen- Hansen ym. (2012)	HIIT: (n=25) MICE: (n=23) Kontrolli:(kevyttä liikuntaa n=25)	Ikä(ka): 53 Hypertensio N=73 (42 M, 31 N) Ei muita sairauksia Lievästi ylipainoisia	12 viikkoa: 3 krt/ vk	Juoksu/kävely juoksumatolla HIIT: 4 x 4 min intervallit (90–95 % HRmax), 3 min palautus MIT: 47 min 70 % HRmax)	Ambulatorisella mittarilla 1 pv päästä harjoittelusta koko 12 vk ajan.	HIIT & MIT laski SVP merkitsevästi (p<0.001;p=0.04) HIIT & MIT laski DVP: (p<0.001; P<0.03) HIIT vs. MIT: P=0.09;P=0.48(SVP;DVP) HIIT vs. kontrolli: P>0.05
Nemoto ym. (2007)	HIIT: (n=42) MICE: (n=54) Konrolli: ei liikuntaa (n=46)	Ikä(ka): 65 Pre- tai hypertensio N=142 (28 M, 114 N) Ei muita sairauksia	5 kuukautta: väh. 4 krt/vk	Kävely. HIIT: 5 x 3 min intervalli (70–85 % HRmax), 2–3 min palautus MICE: (50 % HRmax, väh. 8000 askelta/pv)	Verenpainemittarilla kädestä ennen ja jälk. intervention	HIIT laski SVP & DVP merkitsevästi (p<0.001) MICE laski SVP & DVP merkitsevästi vain miehillä (p<0.05) HIIT vs. MICE: P<0.01 (SVP); P>0.05 (DVP) HIIT vs. kontrolli p<0.01 (DVP)

HIIT= high intensity interval training; MICE= moderate intensity continuous exercise; MICT= moderate intensity continuous training; CMT= Continuous moderate training; MIT= moderate intensity training; KO= kontrolliryhmä; SVP= systolinen verenpaine; DVP= diastolinen verenpaine; HRmax= Maksimisyke; N=nainen; M=mies

7 POHDINTA

Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli selvittää, onko HIIT-harjoittelu tehokkaampi harjoittelumuoto alentamaan kohonnutta verenpainetta kuin kohtuukuormitteinen (MICE) harjoittelu. Aihetta tutkittiin vertailemalla HIIT-harjoitteluun osallistuneiden verenpaineen muutoksia kohtuukuormitteiseen harjoitteluun osallistuneiden vastaaviin muutoksiin. Ainoastaan yhdessä tutkimuksessa havaittiin systolisen verenpaineen osalta merkitsevä ero HIIT-harjoittelun ja kohtuukuormitteisen harjoittelun välillä. Diastolisen verenpaineen osalta tilastollisesti merkitsevää eroa liikuntamuotojen välillä ei havaittu. Kuitenkin neljässä tutkimuksessa havaittiin alku- ja loppumittauksen välillä tilastollisesti merkitsevä muutos, jossa HIIT-harjoittelu laski sekä systolista että diastolista verenpainetta määrällisesti enemmän kuin kohtuukuormitteinen harjoittelu.

7.1 Vertailua muihin tutkimuksiin ja tuloksiin

Tämän kirjallisuuskatsauksen tuloksissa on havaittavissa yhteneväisyyttä, mutta myös yksittäisiä eroja aikaisempiin aiheesta tehtyihin systemaattisiin katsauksiin ja meta-analyyseihin verrattuna (Costa ym. 2018; Carpes ym. 2021; Leal ym. 2020). Kaikissa näissä katsauksissa, kuten myös tässä systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa, verenpainetta mitattiin ennen ja jälkeen intervention joko automaattisella verenpainemittarilla tai ambulatoorista mittaria käyttäen. Näiden katsauksien tuloksia ei voi kuitenkaan täysin verrata tämän kirjallisuuskatsauksen tuloksiin, koska näissä katsauksissa tutkimusten tutkittavilla oli käytössä verenpainelääkitys. Tämä voi osaltaan vaikuttaa tuloksiin, koska Ramirez-Jimenezin ym. (2021) mukaan hypertensiota sairastavilla liikunnan ja verenpainelääkkeen yhteisvaikutus verenpaineen laskuun on suurempi kuin pelkän liikunnan. Lisäksi on huomionarvoista, että verenpaineeseen vaikuttaa liikunnan lisäksi monet muut tekijät kuten ruokavalio, alkoholinkäyttö ja ylipaino (Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020), jotka voivat myös vaikuttaa tuloksiin.

Costa ym. (2018) ja Carpes ym. (2021) havaitsivat katsauksissaan, että HIIT-harjoittelu ei laskenut systolista eikä diastolista verenpainetta merkitsevästi enemmän kuin kohtuukuormitteinen harjoittelu. Puolestaan Lealin ym. (2020) katsauksessa systolisen verenpaineen laskussa ei havaittu merkitsevää eroa liikuntamuotojen välillä, mutta HIIT-harjoittelu laski diastolista verenpainetta tilastollisesti merkitsevästi enemmän kuin kohtuukuormitteinen harjoittelu. Tämän

katsauksen tulokset vaikuttavat muuten yhteneviltä, mutta diastolisen verenpaineen osalta tulokset eroavat Lealin ym. (2020) katsauksen tuloksista, jossa havaittiin diastolisen verenpaineen osalta tilastollisesti merkitsevä muutos liikuntamuotojen välillä.

Sen sijaan HIIT-ryhmän sisällä havaittiin samansuuntaisia muutoksia alku- ja loppumittauksen välillä kuin tässä kirjallisuuskatsauksessa. Costan ym. (2018) ja Lealin ym. (2020) katsauksissa havaittiin, että HIIT-harjoittelu laski systolista ja diastolista verenpainetta alku- ja loppumittauksen välillä tilastollisesti merkitsevästi ja muutos oli määrällisesti hieman suurempaa kuin kohtuukuormitteisella harjoittelulla. Toisaalta vastaavaa löydöstä ei ollut havaittavissa Carpesin ym. (2021) katsauksessa. Yleisesti ottaen vaikuttaa siltä, että HIIT-harjoittelun ja kohtuukuormitteisen harjoittelun välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa verenpaineen laskun kannalta. Tästä huolimatta alku- ja loppumittauksien erot osoittavat, että HIIT-harjoittelu saattaa olla tehokkaampi harjoittelumuoto alentamaan sekä systolista että diastolista verenpainetta.

7.2 Tulosten analysointi

Ryhmien välinen ero. Valituista tutkimuksista ainoastaan Nemoton ym. (2007) tutkimuksessa havaittiin HIIT-harjoittelun laskevan systolista verenpainetta tilastollisesti merkitsevästi enemmän kuin kohtuukuormitteinen harjoittelu. Poikkeava löydös verrattuna muihin tutkimuksiin voi selittyä sillä, että Nemoton ym. (2007) tutkimuksessa intervention kesto oli viisi kuukautta, kun muissa se oli 5–12 viikkoa. Tiedetään, että liikunnan positiiviset vaikutukset verenpaineeseen tulevat esiin keskimäärin kahdeksassa viikossa (Kukkonen-Harjula & Rauramaa 2005, 416), joten on mahdollista, että intervention pidempi kesto selittää merkitsevää eroa liikuntamuotojen välillä. Lisäksi verenpaineen laskuun on voinut vaikuttaa muut elintavat kuten ruokavalio (Kohonnut verenpaine: Käypä hoito- suositus 2020). Tätä ei kontrolloitu yhdessäkään mukaan valitun tutkimuksen interventioryhmässä. Esimerkiksi suolan käytön vähentäminen voi alentaa kohonnutta verenpainetta keskimäärin 5/3 mmHg (He ym. 2013), joten ruokavalion vaikutusta ei voida poissulkea tulosten tulkinnan ulkopuolelle.

Lisäksi Nemoton ym. (2007) tutkimuksessa tutkittavia ei kielletty liikkumasta intervention ulkopuolella, joten ei voida täysin poissulkea muun liikunnan vaikutusta tuloksiin. Vastaavasti tutkimuksen otoskoko (n=142) oli myös huomattavasti suurempi kuin muissa tutkimuksissa (n=19–73), mikä voi selittää merkitsevää eroa. Tiedetään, että mitä isompi otoskoko, sitä to-

dennäköisemmin tulos on tilastollisesti merkitsevä (Karppinen 2022). Näin ollen on mahdollista, että pidempi intervention kesto, suurempi otoskoko, muut elintavat ja intervention ulkopuolinen liikunta yhdessä selittävät tilastollisesti merkitsevää eroa systolisessa verenpaineessa HIIT-harjoittelun ja kohtuukuormitteisen harjoittelun välillä.

Puolestaan yhdessäkään tutkimuksessa ei havaittu eroa HIIT-harjoittelun ja kohtuukuormitteisen harjoittelun välillä diastolisen verenpaineen osalta. Tulos on ristiriidassa Lealin ym. (2020) katsauksen tuloksen kanssa. On mahdollista, että erot tuloksissa selittyvät verenpainelääkityksen, elintapojen, interventioiden pituuden ja ruokavalion yhteisvaikutuksen kautta. Näin ollen on haastavaa arvioida yksityiskohtaisesti, mistä erot katsauksissa ja katsauksien välillä voivat johtua. Todennäköisesti tulokset ovat monen tekijän summa, jossa HIIT-harjoittelu tai kohtuukuormitteinen harjoittelu on vain yksi tuloksia selittävä tekijä.

Kuitenkin HIIT-ryhmän ja kontrolliryhmien välillä havaittiin merkitseviä eroja systolisessa ja diastolisessa verenpaineessa. Nemoton ym. (2007) tutkimuksessa HIIT-harjoittelun ja kontrolliryhmän välillä havaittiin merkitsevä ero diastolisessa verenpaineessa, kun taas kohtuukuormitteisella harjoittelulla ei havaittu vastaava eroa. Vastaavasti Johnin ym. (2022) tutkimuksessa havaittiin vastaava löydös systolisen verenpaineen suhteen. Yhdessäkään tutkimuksessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja kontrolliryhmien ja MICE-ryhmien väliltä. Tämä voi viitata siihen, että HIIT-harjoittelu voi olla kohtuukuormitteista harjoittelua tehokkaampi laskemaan systolista ja diastolista verenpainetta. Toisaalta Molmen-Hansenin ym. (2012) tutkimuksessa ei havaittu vastaavia eroja HIIT-ryhmän ja kontrolliryhmän välillä, joten tulokseen on suhtauduttava varoen.

Ryhmien sisäinen muutos. Tarkastellessa ryhmien sisäisiä muutoksia alku- ja loppumittauksien välillä havaittiin, että HIIT-harjoittelu laski systolista ja diastolista verenpainetta määrällisesti enemmän kuin kohtuukuormitteinen harjoittelu. Havainnot ovat yhteneväiset myös aikaisempien katsauksien tulosten kanssa (Costa ym. 2018; Leal ym. 2020). Tämän katsauksen tutkimuksissa HIIT-harjoittelu laski verenpainetta keskimäärin 8.5/5.2 mmHg, kun taas kohtuukuormitteisen harjoittelun vaikutus oli keskimäärin 4.3/2.8 mmHg (liite 2). Tuloksia voi selittää se, että HIIT-harjoittelun on havaittu lisäävän hengitys- ja verenkiertoelimistön kuntoa enemmän kuin kohtuukuormitteisen harjoittelun (Ciolac ym. 2010; Helgerud ym. 2007). Tämä voi heijastua positiivisesti kestävyyskunnan kehittymiseen ja sitä kautta parantuneeseen hapenottokykyyn (VO₂max) (Ciolac ym. 2010; Helgerud ym. 2007; Jo ym. 2018).

Vastaavasti Leal ym. (2020) ja Costa ym. (2018) havaitsivat katsauksissaan HIIT-harjoittelun lisäävän maksimaalista hapenottokykyä merkitsevästi enemmän kuin kohtuukuormitteinen harjoittelu. On havaittu, että säännöllinen HIIT-harjoittelu voi lisätä maksimaalista hapenottokykyä parhaimmillaan kaksi kertaa enemmän kuin kohtuukuormitteinen harjoittelu (Wisløff ym. 2009). Maksimaalisen hapenottokyvyn parantumisen on todettu olevan yhteydessä parempaan verisuonten kuntoon ja toimintaan kuten verisuonten vasodilataatioon (Ramirez-Jimenez ym. 2017).

Näin ollen HIIT-harjoittelun suotuisat vaikutukset verenpaineeseen voivat selittyä verisuonten laajentumisen eli vasodilataation kautta (John ym. 2022). On havaittu, että HIIT-harjoittelu lisää verisuonten laajentumista enemmän kuin kohtuukuormitteinen harjoittelu (John ym. 2022; Ramirez-Jimenez ym. 2017). Lisääntynyt verisuonten vasodilataatio on seurausta liikunnan aikaansaamasta lisääntyneestä typpioksidin erityksestä, joka on keskeinen välittäjäaine vasodilataatiossa (John ym. 2022; Goto ym. 2007). Nämä edellä mainitut muutokset maksimaalisessa hapenottokyvyssä ja verisuonten toiminnassa voivat selittää suurempaa systolisen ja diastolisen verenpaineen laskua HIIT-harjoittelulla kuin kohtuukuormitteisella harjoittelulla. Toisaalta on huomionarvoista, että maksimaalisen hapenottokyvyn on havaittu kehittyvän hitaammin kuin liikunnan aikaansaamat muutokset verenpaineessa (Kukkonen-Harjula & Rauramaa 2005, 416). Mikäli maksimaalisen hapenottokyvyn lisääntyminen on yksi selittäväistä mekanismeista HIIT-harjoittelun tehokkuuden taustalla, on mahdollista, että intervention keston on oltava pidempi, jotta erot HIIT-harjoittelun ja kohtuukuormitteisen harjoittelun välillä tulevat tilastollisesti merkitsevästi esiin.

7.3 Tulosten merkitys käytännössä

Tämän katsauksen tuloksilla saattaa olla merkittävää käytännön hyötyä kohonneesta verenpaineesta kärsiville. On todettu, että viiden elohopeamillimetrin lasku systolisessa ja diastolisessa verenpaineessa vähentää sydän- ja verisuonitapahtumia 10 prosenttia (Canoy ym. 2022; Rahimi ym. 2021). Tässä katsauksessa neljässä tutkimuksessa systolinen verenpaine laski HIIT-harjoittelun seurauksena keskimäärin 6–13 mmHg, kun taas kohtuukuormitteinen harjoittelu laski systolista verenpainetta ainoastaan kahdessa tutkimuksessa: Johnin ym. (2022) tutkimuksessa keskimäärin 10 mmHg ja Molmen-Hansenin ym. (2012) tutkimuksessa keskimäärin viisi elohopeamillimetriä. Puolestaan kolmessa tutkimuksessa HIIT-harjoittelu laski diastolista ve-

renpainetta keskimäärin 5–11 mmHg. Kohtuukuormitteisella harjoittelulla ei havaittu diastolisen verenpaineen osalta kliinisesti merkittävää vaikutusta. Tämän katsauksen perusteella vaikuttaa siltä, että HIIT-harjoittelu laskee verenpainetta kliinisesti merkittävästi enemmän kuin kohtuukuormitteinen harjoittelu.

On huomionarvoista, että tässä katsauksessa HIIT-harjoittelu laski sekä systolista että diastolista verenpainetta keskimäärin kaksinkertaisesti verrattuna viiden elohopeamillimetrin rajaan (liite 2). Tiedetään, että 10 elohopeamillimetrin lasku systolisessa verenpaineessa vähentää sydän- ja verisuonitapahtumia 20 prosenttia (Ettehad ym. 2016). Näin ollen HIIT-harjoittelulla voi olla merkittävämpi vaikutus sydän- ja verisuoniterveyteen kuin kohtuukuormitteisella harjoittelulla. Lisäksi verrattaessa tuloksia yhden verenpainelääkkeen aikaansaamaan vaikutukseen 10/5 mmHg (Law ym. 2003; Mustajoki 2002, 34), havaitaan HIIT-harjoittelun laskevan verenpainetta keskimäärin samansuuruisesti. Näin ollen tulosta voi pitää merkittävänä, mikäli HIIT-harjoittelulla voidaan saada aikaan samanlainen tai jopa suurempi vaikutus kohonneeseen verenpaineeseen kuin yhdellä verenpainelääkkeellä. Vastaavaa ei ollut havaittavissa kohtuukuormitteisen harjoittelun seurauksena, mutta tulokseen on syytä suhtautua kriittisesti. UKK-instituutin (2022) mukaan kohtuukuormitteisen harjoittelun on havaittu laskevan verenpainetta noin 8/5 mmHg, jota voi pitää kliinisesti merkittävänä. Näin ollen vaikuttaa siltä, että sekä HIIT-harjoittelulla että kohtuukuormitteisella harjoittelulla on positiivisia vaikutuksia sydän- ja verisuoniterveyteen, mutta HIIT-harjoittelu voi olla näistä tehokkaampi.

Tällä hetkellä kohonneeseen verenpaineeseen suositellaan kohtuukuormitteista kestävyysliikuntaa kaksi tuntia ja 30 minuuttia viikossa yhdistettynä voimaharjoitteluun (Kukkola-Harjula 2005, 109; UKK-instituutti 2020). Tämän ja aikaisempien katsauksien tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että suosituksen tulisi sisältää myös HIIT-harjoittelua. HIIT-harjoittelu voisikin olla yksi osa suositusta, koska ainoana liikuntamuotona se voi olla liian kuormittava (Kilpatrick ym. 2014). Lisäksi tiedetään, että enemmistö suomalaisista ei liiku terveytensä kannalta riittävästi (OKM 2022), mikä voi osaltaan vaikuttaa kohonneeseen verenpaineeseen suureeseen esiintyvyyteen. Näin ollen HIIT-harjoittelu voi antaa lisää motivaatiota liikkumiseen, kun harjoitus ei ole niin aikaa vievää ja yksitoikkoista. Vastaavasti Thumin ym. (2017) tutkimuksessa havaittiin osallistujien nauttivan enemmän HIIT-harjoittelusta kuin kohtuukuormitteisesta harjoittelusta, koska HIIT-harjoittelu vei vähemmän aikaa ja se sisälsi jatkuvasti vaihtuvia ärsykejä. Myös Carpes ym. (2021) pohtivat HIIT-harjoittelun olevan tehokas liikuntamuoto niille, joilla ei ole aikaa liikkua terveytensä kannalta riittävästi.

7.4 Luotettavuuden ja eettisyyden arviointi

Tutkimuseettinen neuvottelukunta on laatinut ohjeet hyvien tieteellisten menettelytapojen noudattamiseksi (Kuula 2015). Tämä systemaattinen kirjallisuuskatsaus toteutettiin noudattaen asiamukaisia tieteellisiä käytänteitä. Tiedonhaku suoritettiin luotettaviin tietokantoihin ja hakusanat valittiin tarkoituksenmukaisesti vastaamaan aihetta ja tutkimuskysymystä. Kuitenkin on mahdollista, että valitut hakusanat, rajaukset ja käytetyt tietokannat ovat jättäneet relevantteja tutkimuksia tarkastelun ulkopuolelle. Lisäksi on syytä huomioida, että kaikkia sisäänottokriteereitä vastaavia tutkimuksia löytyi ainoastaan mukaan otetut viisi tutkimusta, joka on suhteellisen pieni määrä tutkimuksia ja tutkittavia (n=279) systemaattista kirjallisuuskatsausta tehdessä. Tämä voi vaikuttaa katsauksen tulosten yleistettävyyteen ja luotettavuuteen. Toisaalta katsaus on toteutettu ja raportoitu vain yhden ihmisen toimesta, mikä on voinut itsessään ja tiedostamatta lisätä harhan riskiä. Tästä huolimatta tiedonhaku suoritettiin huolellisesti ja raportoitiin mahdollisimman selkeästi ja toistettavasti, mikä lisää tämän katsauksen luotettavuutta.

Tulosten luotettavuuteen voi vaikuttaa verenpaineen mittaaminen ja käytetyt mittaustavat. On arvioitu, että ambulatoirinen mittari olisi luotettavampi kuin satunnaiset mittaukset automaattisella verenpainemittarilla (Meier ym. 2013; Schutte ym. 2022), koska esimerkiksi mittaajan läsnäolo voi nostaa verenpainetta sen todellisesta arvosta (Mustajoki 2002, 26). Tämän takia ambulatoirista mittaustapaa pidetään luotettavimpana menetelmänä (Roerecke ym. 2019). Tässä katsauksessa ainoastaan Molmen-Hansenin ym. (2012) tutkimuksessa oli käytössä ambulatoirinen mittari. Katsauksen luotettavuutta voi heikentää se, että neljässä tutkimuksessa verenpaine mitattiin automaattisella verenpainemittarilla. Lisäksi on mahdollista, että alkumittauksessa verenpainelukemat ovat olleet todellisia arvoja suurempia johtuen mittaajan läsnäolosta ja siitä, että tilanne on ollut tutkittaville uusi. Sen sijaan loppumittauksessa tilanne on ollut tutumpi, jolloin verenpainelukemat ovat todennäköisesti vastanneet enemmän todellisia arvoja. Tämä on voinut aiheuttaa harhaa tuloksiin, koska ero alku- ja loppumittauksen välillä on voinut näyttäytyä todellista suuremmalta.

Lisäksi mukaan valittujen tutkimusten välillä esiintyi eroja siinä, miten harjoittelumuotojen intensiteetit oli määritelty. HIIT-harjoittelun intensiteetiksi on useimmiten määritelty 80–95 prosenttia maksimisykkeestä (HR_{max}) (Heiskanen 2019; John ym. 2022) ja kohtuukuormitteisen harjoittelun intensiteetiksi 45–65 prosenttia maksimisykkeestä (HR_{Max}) (Sosner ym. 2019).

Kahdessa tutkimuksessa (John ym.2022; Jo ym. 2018) tutkittavilta laskettiin heidän maksimisykkeensä ja yksilölliset sykealueet Karvosen kaavalla: $(\text{Harjoituksen intensiteetti} \times (\text{HRmax} - \text{HRrest}) + \text{HRrest})$ (Alapappila 2021; John ym. 2022; Jo ym. 2018). Sen sijaan Molmen-Hansenin ym. (2012) ja Nemoton ym. (2007) tutkimuksissa tutkittavilta määritettiin maksimisykkeet hengityskaasuanalyysin kautta. Puolestaan De Oliveiran ym. (2020) tutkimuksessa ei mainittu maksimisykkeiden tai yksilöllisten sykealueiden määrittämisestä, joten kyseisen tutkimuksen osalta on mahdotonta arvioida, onko tutkittavien maksimisykkeitä mitattu vai onko tutkimuksessa käytetty samaa maksimisykkeen arvoa kaikilla tutkittavilla. Maksimisykkeiden ja sykealueiden mittaaminen mahdollistaa liikunnan intensiteetin määrittämisen yksilölle sopivaksi (THL 2021). Näin ollen niiden puutteellinen määrittäminen voi heikentää tulosten luotettavuutta ja yleistettävyyttä.

Tulosten luotettavuuden kannalta on olennaista myös tarkastella, että vastasiko harjoittelumuotojen (HIIT ja MICE) intensiteetit edellä mainittuja arvoja. Pääsääntöisesti tutkimuksissa harjoittelumuotojen intensiteetit olivat lähellä toisiaan ja vastasivat määriteltyjä intensiteettialueita, mikä lisää tämän katsauksen tulosten luotettavuutta. Mutta De Oliveiran ym. (2020) ja Molmen-Hansenin ym. (2012) tutkimuksissa kohtuukuormitteisen harjoittelun intensiteetti oli melko korkea (65–75 % HRmax & 70 % HRmax) verrattuna muiden tutkimusten intensiteetteihin (40–60 % HRmax). Tämä voi osaltaan heikentää tulosten välistä vertailua, koska ero on melko suuri 40 prosentin ja 75 prosentin tehon välillä. Toisaalta intensiteetistä riippumatta kohtuukuormitteisella harjoittelulla havaittiin merkitseviä muutoksia verenpaineessa ja muutos ei korreloinut intensiteetin suuruuden kanssa eli korkeampi intensiteetti ei ollut yhteydessä suurempaan verenpaineen laskuun. Havaintoa voi selittää se, että liikunnan intensiteetillä on havaittu olevan merkitystä verenpaineen laskuun vasta, kun intensiteetti on yli 70 prosenttia maksimaalisesta hapenottokyvystä (VO₂max) tai vastaavasti yli 75 prosenttia maksimisykkeestä (HRmax) (Boutcher & Boutcher 2017).

Lisäksi on tärkeä pohtia mukaan valittujen tutkimusten eettisyyttä. Kahdessa tutkimuksessa (Jo ym. 2018; Molmen-Hansen ym. 2012) verenpainelääkitys lopetettiin intervention ajaksi. Molemmissa tutkimuksissa oli noin yhden kuukauden ”wash out”-jakso ennen intervention alkua. Ainoastaan Jo ym. (2018) tutkimuksessa mainittiin, että lääkitys lopetettiin asteittain lääkärin luvalla ja verenpainetta seurattiin säännöllisesti koko intervention ajan. Molmen-Hansenin ym.

(2012) tutkimuksessa vastaavanlaista mainintaa ei ollut, joten on haastavaa arvioida, lopetettiinkö lääkitys lääkärin valvonnan alla vai ei. Lääkityksen lopettamista voi pitää eettisesti kyseenalaisena, mikäli se ei ole lääketieteellisesti perusteltua ja siten turvallista.

Toiseksi korkean intensiteetin vuoksi HIIT-harjoittelun sopivuus tulisi aina arvioida yksilöllisesti (Kilpatrick ym. 2014). Valituista tutkimuksista kolmessa (John ym. 2022; Jo ym. 2018; Molmen-Hansen ym. 2012) harjoittelut toteutettiin asiantuntijan kanssa, jolloin harjoittelun sopivuus on ollut mahdollista arvioida yksilöllisesti ja siten toteuttaa turvallisesti. Sen sijaan Nemoton ym. (2007) tutkimuksessa harjoittelut toteutettiin itsenäisesti, mutta ennen intervention aloitusta harjoitteluohjeet käytiin läpi asiantuntijan kanssa. Puolestaan De Oliveiran ym. (2020) tutkimuksessa ei ollut mainintaa, toteutettiinkö harjoittelut itsenäisesti vai asiantuntijan valvonnan alla. Kuitenkin on mahdotonta arvioida, johtuuko edellä mainitut kohdat puutteellisesta raportoinnista vai tutkimuksien toteutukseen liittyvistä eettisistä puutteista.

Tutkimusten laatu. Valittujen tutkimusten raportointi osoittautui puutteelliseksi, mikä hankaloitti tutkimusten laadunarviointia. Kaikissa tutkimuksissa suurin osa laadunarvioinnin kriteeristön kohdista (liite 1) oli löydettävissä, mutta ne oli raportoitu epäselvästi ja puutteellisesti. Johnin ym. (2022) ja Molmen- Hansenin ym. (2012) tutkimukset vaikuttavat laadunarvioinnin perusteella kaikkein luotettavimmilta, sillä ne täyttivät kriteeristön kohdista suurimman osan (8–9/13). Laadultaan heikoimmat tutkimukset olivat Jo ym. (2018) ja Nemoto ym. (2007) (4–5/13). Tutkimusten laatu on voinut osaltaan vaikuttaa tuloksiin, sillä ainoastaan Nemoton ym. (2007) tutkimuksessa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero systolisessa verenpaineessa HIIT-harjoittelun ja kohtuukuormitteisen harjoittelun väliltä.

Puolestaan kaikissa tutkimuksissa tutkittavien ja hoidon antajan sokkouttaminen ei toteutunut, mutta tutkimuksien luonteen takia sokkouttaminen on lähes mahdotonta. Vastaavasti kaikissa muissa, paitsi Johnin ym. (2022) tutkimuksessa, tulosmuuttujien mittaajan sokkouttamisen osalta ilmeni epäselvyyksiä raportoinnissa. Näiden tutkimusten osalta on vaikea arvioida, onko tulosmuuttujien mittaajat olleet sokkoutettuja vai ei. Mikäli sokkouttaminen on toteutunut, kuten Johnin ym. (2022) tutkimuksessa, se lisää tulosten luotettavuutta, koska mittaajan vaikutus tuloksiin on poissuljettu (Karppinen 2022). Kuitenkin mittaajan sokkouttamisen onnistumista on mahdoton arvioida puutteellisen raportoinnin takia.

Satunnaistamisen onnistuessa voidaan olettaa havaitun lopputuloksen olevan seurausta intervention vaikutuksesta (Karppinen 2022), joten satunnaistamisella on merkittävä vaikutus tulosten luotettavuuden kannalta. Satunnaistaminen ja ryhmiin ohjautuminen salatusti oli raportoitu riittävän tarkasti ainoastaan Johnin ym. (2022) tutkimuksessa. Muissa tutkimuksissa satunnaistaminen oli mainittu, mutta sitä ei ollut kuvattu riittävän tarkasti ja yksityiskohtaisesti. Näin ollen on vaikea arvioida, onko satunnaistamismenetelmässä ja ryhmiin ohjautumisessa ilmennyt puutteita. Puolestaan mittauksien samanaikaisuus eri ryhmillä toteutui kaikissa tutkimuksissa, mikä lisää tulosten luotettavuutta.

Yhteenvetona voidaan todeta, että on haastavaa arvioida tutkimusten harhan riskin suuruutta, koska on mahdotonta erotella toisistaan puutteellisen raportoinnin aiheuttama harha ja se, kuinka paljon tutkimusten toteutuksissa esiintyy puutteita ja todellista riskiä aiheuttavia tekijöitä. Vaikuttaa siltä, että puutteellisen raportoinnin, pienen otoskoon, tulosten epätarkkuuden ja ristiriitaisuuden vuoksi, tällä katsauksella on heikko näytönaste.

7.5 Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet

Tämä systemaattinen kirjallisuuskatsaus ei pystynyt yksiselitteisesti vastaamaan tutkimuskysymykseen: onko HIIT-harjoittelu tehokkaampi liikuntamuoto alentamaan kohonnutta verenpainetta verrattuna kohtuukuormitteiseen harjoitteluun. Kuitenkin tässä katsauksessa mukana olevat tutkimukset ja aikaisemmat katsaukset viittaavat siihen, että HIIT-harjoittelu saattaa olla tehokkaampi harjoittelumuoto alentamaan kohonnutta verenpainetta. Tämänhetkinen tutkimustieto HIIT-harjoittelun vaikutuksista kohonneeseen verenpaineeseen on vielä puutteellista, joten fysiologisten vaikutusmekanismien parempi tuntemus olisi tärkeää, jotta HIIT-harjoittelua voisi yleisesti suositella kohonneen verenpaineen hoitoon. Lisätutkimus aiheesta on tarpeellista, sillä tutkimustiedon niukkuuden ja ristiriitaisten tulosten valossa, tämän katsauksen tuloksia ei voi yleistää.

Aiheen ymmärtämisen kannalta olisi tärkeää selvittää, miten intervention kesto vaikuttaa kohonneen verenpaineen alenemiseen. On mahdollista, että HIIT-harjoittelun positiiviset vaikutukset tulevat selkeästi esiin vasta pidemmän harjoittelujakson jälkeen, kuten Nemoton ym. (2007) tutkimuksessa. Lisäksi aihetta olisi tärkeä tutkia suuremmilla otoksilla, jotta yleistettävyyden paranisi. Toisaalta tulosten yleistettävyyden haasteena on myös tutkimustiedon puute. Ai-

heesta tarvitaan lisää satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia, joissa lääkityksen vaikutus verenpaineen alenemiseen olisi poissuljettu tutkimuksen ulkopuolelle. Lisäksi tutkimuksissa olisi tarpeen kontrolloida myös muita tekijöitä, jotka vaikuttavat väistämättä verenpaineeseen, kuten ruokavaliota. Toisaalta voisi olla tarpeen selvittää, voisiko HIIT-harjoittelun ja kohtuukuormitteisen harjoittelun yhdistelmä olla kaikkein tehokkain liikuntamuoto alentamaan kohonnutta verenpainetta. Tämän selvittäminen olisi tärkeää, jotta HIIT-harjoittelun voisi lisätä kohonneesta verenpaineesta kärsivien liikkumissuositukseen.

LÄHTEET

- Albarwani, S., Al. Siyabi, S & Tanira, M.O. (2014). Prehypertension. Underlying pathology and therapeutic options. *World J Cardiol.* Volume 26 (8). 728–743. doi: 10.4330/wjc.v6.i8.728.
- Alapappila, A. (2021). Fyysisen suorituskyvyn arviointiin perustuva liikunnan tehon määrittäminen. *Sydänliitto*. Viitattu 23.11.2022 <https://sydan.fi/ammattilaispalvelu/artikkeli/fyysisen-suorituskyvyn-arviointiin-perustuva-liikunnan-tehon-maarittaminen/>
- Ballesta-Carcía, I., Martínez-González-Moro, I., Ramos-Campo, D & Carrasco-Poyatos, M. (2020). High-Intensity Interval Circuit Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training on Cardiorespiratory Fitness in Middle-Aged and Older Women: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* Volume 17 (5). 1805. doi: 10.3390/ijerph17051805.
- Brook, R.D., Appel, L.J., Rubenfire, M., Ogedegbe, G., Bisognano, J.D., Elliot, W.J., Fuchs, F.D., Hughes, J.W., Lackland, D.T., Staffileno, B.A., Townsend, R.R & Rajogopalan, S. (2013). Beyond Medications and Diet: Alternative Approaches to Lowering Blood Pressure. Volume 61 (6). 1360–1383. doi: 10.1161/HYP.0b013e318293645f.
- Boutcher, Y.N & Boutcher, S.H. (2017). Exercise intensity and hypertension: what’s new? *Journal of Human Hypertension.* Volume 31 (3). 157–164. doi:10.1038/jhh.2016.62.
- Canoy, D., Nazarzadeh, M., Copland, E., Bidel, Z., Rao, S., Li, Y & Rahimi, K. (2022). How Much Lowering of Blood Pressure Is Required to Prevent Cardiovascular Disease in Patients With and Without Previous Cardiovascular Disease? *Current Cardiology Reports.* Volume 24 (7). 851–860. doi: 10.1007/s11886-022-01706-4.
- Carpes, L., Costa, R., Schaarschmidt, B., Reichert, T & Ferrari, R. (2021). High-intensity interval training reduces blood pressure in older adults: A systematic review and meta-analysis. Volume 158. *Experimental Gerontology.* 111–657. doi: 10.1016/j.exger.2021.111657.
- Casagrande, M., Favieri, F., Langher, V., Guarino, A., Di Pace, E., Germano, G & Forte, G. (2020). The high side of blood pressure. Nocturnal Blood Pressure Dipping and Emotional (dys) regulation. *Int J Environ Res Public Health.* Dec. Volume 17 (23). 8892. doi: 10.3390/ijerph1723889.
- Cardoso, C.G., Gomides, R.S., Queiroz, A.C., Pinto, L, G., Lobo, F. D. S., Tinucci, T., Mion, D & De Moraes Forjaz, C. (2010). Acute and Chronic Effects of Aerobic and Resistance Exercise on Ambulatory Blood Pressure. Volume 65 (3). 317–325. doi: 10.1590/S1807-59322010000300013.

- Ciolac, E.G. (2012). High intensity interval training and hypertension: maximizing the benefits of exercise. *Am J Cardiovasc Dis.* Volume 2 (2). 102–110. PMID: 2272019.
- Ciolac, E. G. Brocchi, E. A., Bortolotto, L. A., Carvalho, V.O., Greve, J. M.D & Guimarães, G.V. (2010). Effects of high-intensity aerobic interval training vs. moderate exercise on hemodynamic, metabolic and neuro-humoral abnormalities of young normotensive women at high familial risk for hypertension. *Hypertension Research.* Volume 33 (8). 836–843. doi: 10.1038/hr.2010.72.
- Chobanian, A.V., Bakris, G.L., Black H.R., Cushman, W. C., Green, L.A., Izzo, J.L., Jones. W.D., Materson, B.J., Oparil, S., Wright, S.O & Rocella, E.J. (2003). The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report. Volume 9 (19). 2560–2572. doi: 10.1001/jama.289.19.2560.
- Cornelissen, V.A, Smart, N.A. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc* 2013;2:e004473. Volume 1 (1). doi: 10.1161/JAHA.112.004473.
- Costa, E. C., Kent. D.E., Boreskie, K.F., Hay, J.L., Kehler, D.S., Edye-Mazowita, A., Nugent, K., Papadopoulos, J., Stammers, A.N., Oldfield, C., Arora, R.C., Browne, R.A.V & Duhamel, T.A. (2020). Acute Effect of High-Intensity Interval Versus Moderate-Intensity Continuous Exercise on Blood Pressure and Arterial Compliance in Middle-Aged and Older Hypertensive Women With Increased Arterial Stiffness. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* Volume 34 (5). 1307–1316. doi: 10.1519/JSC.0000000000003552.
- Costa, E. C., Hay, J. L., Kehler, D, S., Boreskie, K.F., Arora, R.C., Umpierre, D., Sz wajcer, A & Duhamel, T.A. (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.* Volume 48 (9). 2127–2142. doi:10.1007/s40279-018-0944-y.
- Crowley, S.D., Gurley, S.B., Oliverio, M.I., Pazmino, A.K., Griffiths, R., Flannery, P., Spurney, R.F., Kim, H.S., Smithies, O., Le, T.H & Coffman, T. (2005). Distinct roles for the kidney and systemic tissues in blood pressure regulation by the renin-angiotensin system. *The Journal of Clinical Investigation.* Volume 115 (4). 1092–1099. doi: 10.1172/JCI23378.
- De Oliveira, G.H., Boutouyrie, P., Simoes, C.F., Locatelli, J.C., De Souza Mendes, V.H., Reck, H.B., Costa, C.E., Okawa, R.T.P & Lopes, W.A. (2020). The impact of high-intensity interval training (HIIT) and moderate-intensity continuous training (MICT) on arterial stiffness and blood pressure in young obese women: a randomized controlled trial. *Hypertension Research.* doi: 10.1038/s41440-020-0477-2.

- Diaz, K. M & Shimbo, D. (2013). Physical Activity and the Prevention of Hypertension. *Current hypertension reports*. Volume 15 (6). 659–668. doi: 10.1007/s11906-013-0386-8.
- Duodecim. (2002). Statiini lisää valtimoiden kimmoisuutta ainakin verenpaineisilla. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim*. Viitattu 24.10.2022 <https://www.duodecimlehti.fi/duo92978>.
- Duodecim. (2000). Kävele valtimosi kimmoisiksi. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim*. Viitattu 24.10.2022 <https://www.duodecimlehti.fi/duo91946>.
- Elliot, J.W & Black, H.R. (2007). Prehypertension. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med*. Volume 4 (10). 538–548. doi: 10.1038/ncpcardio0989.
- Ettehad, D., Emdin, C.A., Kiran, A., Anderson, S.G., Callender, T., Emberson, J., Chalmers, J., Rodgers, A & Rahimi, K. (2016). Blood pressure lowering for prevention of cardiovascular disease and death: a systematic review and meta-analysis. Volume 387 (10022). 957–967. doi: 10.1016/S0140-6736(15)01225-8.
- Furlan, A.D., Malmivaara, A., Chou, R., Maher, C.G., Deyo, R.A., Schoene, M., Bronfort, G. & van Tulder, M. W. (2015). Updated Method Guideline for Systematic Reviews in the Cochrane Back and Neck Group. Volume 40 (21), 1660–1673. doi:10.1097/BRS.000000000000106.
- Fagard, R.H. (2005). Physical activity, physical fitness and incidence of hypertension. *Journal of Hypertension*: Volume 23 (2). 265–267.
- Fagard, R.H. (2001). Exercise characteristics and the blood pressure response to dynamic physical training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Volume 33 (6). 484–492.
- Floras, J.S. (2013). Blood Pressure Variability: A Novel and Important Risk Factor. *Canadian Journal of Cardiology*. Volume 29 (5). 557–563. doi: 10.1016/j.cjca.2013.02.012.
- Giles, T.D., Berk, B.C., Black, H.R., Cohn, J.N., Kostis, J.B., Izzo, J.L & Weber, M.A. (2005). Expanding the definition and classification of hypertension. Volume 7 (9). 505–512. doi: 10.1111/j.1524-6175.2005.04769.x.
- Giles, T.D., Materson, B. J., Cohn, J.N., Kostis, J.B. (2009). Definition and Classification of Hypertension: An Update. Volume 11 (11). 611–614. doi: 10.1111/j.1751-7176.2009.00179.x.
- Gupta, P., Nakaraju, S.P., Gupta, A & Chikkalingaih, K.B.M. (2012). Prehypertension- time to act. *Saudi J Kidney Dis Transpl*. Volume 23 (2). 223–233.
- Guiraud, T., Nigam, A., Gremeaux, V., Meyer, P., Juneau, M & Bosquet, L. (2012). High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation. *Sports Medicine*. Volume 42 (7). 587–605. doi: 10.2165/11631910-000000000-00000.
- Goto, C., Nishioka, K., Umemura, T., Jitsuiki, D., Sakagutchi, A., Kawamura, M., Chayma, K., Yoshizumi, M & Higashi, Y. (2007). Acute Moderate-Intensity Exercise Induces Vasodilation

- Through an Increase in Nitric Oxide Bioavailability in Humans. *American Journal of Hypertension*. Volume 20 (8). 825–830. doi: 10.1016/j.amjhyper.2007.02.014.
- Haji-Maghsoudi, S., Mozayani, M. A., Sadeghifar, M., Roshanaei, G & Mahjub, H. (2021). Factors affecting systolic blood pressure trajectory in low and high activity conditions. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*. Volume 35. 95. doi: 10.47176/mjiri.35.95.
- Harrison, D.G., Coffman, T. M & Wilcox, C. S. (2021). Pathophysiology of Hypertension: The Mosaic Theory and Beyond. *Circulation Research*. Volume 128 (7). 847–863. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.121.318082.
- Haram, P.M., Adams, V., Kemi, O.J., Brubakk, A.O., Hambrecht, R., Ellingsen, Ø & Wisløff, U. (2006). Time-course of endothelial adaptation following acute and regular exercise. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation*. Volume 13 (4). 585–591. doi: 10.1097/01.hjr.0000198920.57685.76.
- He, F.J., Li, J & Macgregor, G.A. (2013). Effect of longer term modest salt reduction on blood pressure: Cochrane systematic review and meta-analysis of randomised trials. Volume 346. f1325. doi: 10.1136/bmj.f1325.
- Hendry, C., Farley, A & McLafferty, E. (2012). Blood vessels, circulation and blood pressure. *Nursing Standard*. Volume 27 (11). 35–40. ISSN: 00296570.
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R & Hoff, J. (2007). Aerobic High-Intensity Intervals Improve V̇O₂max More Than Moderate Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Volume 39 (4). 665. doi: 10.1249/mss.0b013e3180304570.
- Hekkala, A.M. (2021). Verenpaine. Viitattu 24.9.2022. Sydän.fi. <https://sydan.fi/fakta/verenpaine/>
- Hekkala, A.M (2022). Kohonnut verenpaine. Sydän.fi. Viitattu 1.11.2022 <https://sydan.fi/fakta/kohonnut-verenpaine/>
- Heiskanen, M. (2019). Riittääkö tehotreeni? *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim*. 135(2):111–3. Viitattu 4.11.2022 <https://www.duodecimlehti.fi/duo14743>.
- Honkala, S. (2019). Kohonnut verenpaine ja terve suu. *Duodecim terveyskirjasto*. Viitattu 24.9.2022. <https://www.terveyskirjasto.fi/trv00137>.
- Hu, L., Huang, X., You, C., Li, J., Hong, K., Li, P., Wu, Y., Wu, Q., Bao, H & Cheng, X. (2017). Prevalence and Risk Factors of Prehypertension and Hypertension in Southern China. doi: 10.1371/journal.pone.0170238.
- Huang, Y., Wang, S., Cai, X., Mai, W., Hu, Y., Tang, H & Xu, D. (2013). Prehypertension and incidence of cardiovascular disease: a meta-analysis. *BMC Medicine*. Volume 12 (1).177. doi: 10.1186/1741–7015-11-177.

- Iivanainen, A & Syväoja, P. (2011). *Hoida ja kirjaa*. 6. painos. Kariston kirjapaino Oy.
- Jo, E.A., Cho, K.L., Lim, D.S, Choi, J.H & Park, J.J. (2018). Effects of interval training on blood pressure and endothelial function in hypertensive patients. *International Journal of Applied Sports Sciences*. Volume 30 (1). 50–61. <https://doi.org/10.24985/ijass.2018.30.1.50>.
- John, A.T., Chowdhury, M., Islam, R., Ali- Mir, I., Hasan, Z., Chong, C.Y., Humayra, S & Higashi, Y. (2022). Effectiveness of High-Intensity Interval Training and Continuous Moderate-Intensity Training on Blood Pressure in Physically Inactive Pre-Hypertensive Young Adults. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*. Volume 9 (8). doi: 10.3390/jcdd9080246.
- Karppinen, J. (2022). Näyttöön perustuva terveydenhuolto. KTEA018. Luentodiat 1–3. Jyväskylän yliopisto. Viitattu 15.11.2022.
- Kalra, S.S & Shanahan, C.M. (2012). Vascular calcification and hypertension: Cause and effect. *Annals of Medicine*. Volume 44. S85–S92. doi: 10.3109/07853890.2012.660498.
- Kearney, P.M., Whelton, M., Reynolds, K., Mutner, P., Whelton, P.K & He, J. (2005). Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. Volume 365 (9455). doi: 10.1016/S0140-6736(05)17741–1.
- Kenney, M. J & Seals, D.R. (1993). Postexercise hypotension. Key features, mechanisms, and clinical significance. *Hypertension*. Volume 22 (5). 653–664. doi: 10.1161/01.HYP.22.5.653.
- Kilpatrick, M. W., Jung, M. E & Little, J. P. (2014). High intensity interval training: A Review of Physiological and Psychological Responses. *ACSM's Health & Fitness Journal*. Volume 18(5). 11–16. doi: 10.1249/FIT.0000000000000067.
- Kuula, A. (2015). *Tutkimusetiikka- Aineistojen hankinta, käyttö ja säilytys*. E- kirja. Viitattu 10.1.2023. Tampere: Vastapaino 2015
- Kukkonen-Harjula, K. (2021). Liikunta ja kohonnut verenpaine. *Duodecim terveyskirjasto*. Viitattu 25.9.2022 <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00979>.
- Kukkonen- Harjula, K. (2005). Kohonnut verenpaine. Teoksessa: Fogelholm, M., Kannus, P., Kukkonen-Harjula, K., Luoto, R., Nupponen, R., Oja, P., Parkkari, J., Paronen, O., Suni, J & Vuori, I. *Terveysliikunta*. Kustannus Oy Duodecim. Helsinki. 1 painos. 104–111
- Kukkonen-Harjula, K & Rauramaa R. (2005). Kohonnut verenpaine. Teoksessa: Vuori, I., Taimela, S & Kujala, U. *Liikuntalääketiede*. 3. uudistettu painos. Karisto Oy kirjapaino. Hämeenlinna. 413–422.
- Kontula, K., Perola, M., Hiltunen, T., Kainulainen, K & Palotie, L. (2000). *Geenit ja verenpainetauti*. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. Viitattu 25.10.2022 <https://www.duodecimlehti.fi/duo91706>.

- Kohonnut verenpaine. Käypä hoito -suositus 2020. (2020). Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Verenpaineyhdistys ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 19.10.2022 www.kaypahoito.fi.
- Law, M.R., Wald, N. J., Morris, J.K & Jordan, R.E. (2003). Value of low dose combination treatment with blood pressure lowering drugs: analysis of 354 randomised trials. *BMJ : British Medical Journal*. Volume 326 (7404). 1427. ISSN: 0959-8138.
- Laatikainen, T., Vartiainen, E., Jula, A., Jousilahti, P & Niirainen, T. (2018). Kohonnut verenpaine ja riskitekijät. Fin- terveys 2017- tutkimusraportti. Koponen, P., Borodulin, K., Lundqvist, A., Sääksjärvi, K & Koskinen, S. Terveys, toimintakyky ja hyvinvointi Suomessa.
- Leal, J.M., Galliano, L.M & Del Vecchio, F.B. (2020). Effectiveness of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training in Hypertensive Patients: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Curr Hypertens Rep*. Volume 22 (3). 26. doi: 10.1007/s11906-020-1030-z.
- Liikunta on lääkettä. Käypä hoito- suositus 2016. (2016). Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 20.1.2023. www.kaypahoito.fi.
- Martinez M.D & Nunez, K. (2022). Prehypertension. Why It's warning sign not to ignore. Viitattu 15.10.2022 <https://www.healthline.com/health/high-blood-pressure-hypertension/prehypertension>.
- Meier, P., Messerli, F.H., Baumbach, A & Lansky, A. J. (2013). Pre-hypertension: another 'pseudodisease'? *BMC Medicine*. Volume 11. 211. doi: 10.1186/1741-7015-11-211.
- Melander, O. (2001). Genetic Factors in Hypertension – What is Known and What Does It Mean? Volume 10 (5–6). 254–270. doi: 10.1080/080370501753400575.
- Millar, P.J., McGowan, C.L., Cornelissen, V.A., Araujo, C.G & Swaine, I.L. (2013). Evidence for the Role of Isometric Exercise Training in Reducing Blood Pressure: Potential Mechanisms and Future Directions. *Sports Medicine*. Volume 44 (3). 345–356. doi: 10.1007/s40279-013-0118-x.
- Morris, C.J., Hastings, J.A., Boyd, K., Krainski, F., Perhonen, M. A., Scheer, F.A.J. L & Levine, B. D (2013). Day/Night Variability in Blood Pressure: Influence of Posture and Physical Activity. Volume 26 (6). 822–828. doi: 10.1093/ajh/hpt026.
- Molmen-Hansen, H.E., Stolen, T., Tjonna, E.A., Aamot, L.I., Ekeberg, I.S., Tyldum, G.A., Wisloff, U., Ingul, C.B & Stoylen, A. (2012). Aerobic interval training reduces blood pressure and improves myocardial function in hypertensive patients. *European Journal of Preventive Cardiology*. Volume 19 (2). 151–160. doi: 10.1177/1741826711400512.

- Monfared, A., Salari, A., Mirbolok, F., Momeni, M., Shafighnia, S., Shakiba, M., Sheikholeslami, A. (2013). Left Ventricular Hypertrophy and Microalbuminuria in Patients With Essential Hypertension. *Iran J Kidney Dis*. Volume 7 (3). 192–197. PMID: 23689150.
- Mustajoki, P. (2020). Kohonnut verenpaine. *Lääkärikirja Duodecim*. Viitattu 28.10.2022 <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00034>.
- Mustajoki, P. (2002). *Verenpaine*. Kustannus Oy Duodecim. Gummerus kirjapaino Oy. 1 painos. Jyväskylä.
- Nemoto, K.I., Hirogazu G.N., Shizue, M., Kazunobu, O & Hiroshi, N. (2007). Effects of high-intensity interval walking training on physical fitness and blood pressure in middle-aged and older people. *Mayo Clinic Proceedings*. Volume 82 (7). 803–811. doi: 10.4065/82.7.803.
- Neter, J.E., Stam, B.E., Kok, F.J., Grobbee, D.E & Geleijnse, J.M. (2003). Influence of Weight Reduction on Blood Pressure. *Hypertension*. Volume 42 (5). 878–884. doi: 10.1161/01.HYP.0000094221.86888.AE.
- OKM. (2022). *Liikuntaraportti. Suomalaisten mitattu liikkuminen, paikallaanolo ja fyysinen kunto 2018–2022*. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja. Helsinki.
- Parati, G., Stergiou, G.S., Dolan, E & Bilo, G. (2018). Blood pressure variability: clinical relevance and application. Volume 20 (7). Doi: 10.1111/jch.13304.
- Pescatello, L. S., Franklin, B.A., Fagard, R., Farguhar, W.B., Kelley, G. A & Ray, C.A. (2004). Exercise and Hypertension. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Volume 36 (3). 533–553. doi: 10.1249/01.MSS.0000115224.88514.3A.
- Pescatello, L.S., Wu, Y., Gao, S., Livingston, J., Sheppard, B.B & Chen, M.H (2021). Do the combined blood pressure effects of exercise and antihypertensive medications add up to the sum of their parts? A systematic meta-review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. Volume 7 (1). e000895. doi: 10.1136/bmjsem-2020-000895.
- Ramirez-Jimenez, M., Morales-Palomo, F., Pallares, J., Mora-Rodriguez, R., Ortega, J., Pallares, J.G & Ortega, J.F. (2017). Ambulatory blood pressure response to a bout of HIIT in metabolic syndrome patients. *European Journal of Applied Physiology*. Volume 117 (7). 1403–1411. doi: 10.1007/s00421-017-3631-z.
- Ramirez-Jimenez, M., Morales-Palomo, F., Moreno-Cabañas, A., Alvarez-Jimenez, L., Ortega, J.F & Mora-Rodriguez, R. (2021). Additive blood-pressure lowering effect of aerobic training on antihypertensive medication in metabolic syndrome individuals. Volume 39. 393. doi: 10.1097/01.hjh.0000749128.25315.ea.

- Rahimi, K., Bidel, Z., Nazarzadeh, M., Copland, E., Canoy, D., Ramakrishnan, R., Pinho-Gomez, A., Woodward, M., Adler, A., Agodoa, L., Algra, A., Asselbergs, F.W., Beckett, N., Berge, E., Black, H., Brouwers, F.P.J., Brown, M., Bulpitt, C.J., Byington, R.P., Cushman, W.C. (2021). Pharmacological blood pressure lowering for primary and secondary prevention of cardiovascular disease across different levels of blood pressure: an individual participant-level data meta-analysis. *Volume 397 (10285)*. 1625–1636. doi: 10.1016/S0140-6736(21)00590-0.
- Ramanlal, R & Gupta, V. (2022). *Physiology, Vasodilation*. PMID: 32491494
- Rehn, T. A., Winett R.A., Wisløff, U & Rognmo, O. (2013). Increasing Physical Activity of High Intensity to Reduce the Prevalence of Chronic Diseases and Improve Public Health. *Open Cardiovasc Med J*. doi: 10.2174/1874192401307010001.
- Roerecke, M., Kaczorowski, J & Myers, M. (2019). Comparing Automated Office Blood Pressure Readings With Other Methods of Blood Pressure Measurement for Identifying Patients With Possible Hypertension. *JAMA Internal Medicine*. *Volume 179 (3)*. 351–362. doi: 10.1001/jamainternmed.2018.6551.
- Sawicka, K., Szczyrek, M., Jastrzębska, I., Zwolak, A & Daniluk, J. (2011). Hypertension – The Silent Killer. *Journal of Pre-Clinical and Clinical Research*. *Volume 5 (2)*. 43–46. ISSN: 1898-2395, 1898-7516.
- Schroeder, E. C., Franke, W.D. Sharp, R.L & Lee, D.C. (2019). Comparative effectiveness of aerobic, resistance, and combined training on cardiovascular disease risk factors: A randomized controlled trial. *PLoS ONE*. *Volume 14 (1)*. doi: 10.1371/journal.pone.0210292.
- Schultz, M.G & Sharman, J.E. (2013). Exercise Hypertension. *Pulse*. *Volume 1 (3-4)*. 161–176. doi: 10.1159/000360975.
- Schutte, A.E., Kollias, A & Stergiou, G.S. (2022). Blood pressure and its variability: classic and novel measurement techniques. *Nature Reviews Cardiology*. *Volume 19 (10)*. 643–654. doi: 10.1038/s41569-022-00690-0.
- Sharman, J. E., Le Gerche, A & Goombes, J.S. (2015). Exercise and Cardiovascular Risk in Patients With Hypertension. *American Journal of Hypertension*. *Volume 28 (2)*. 147–158. doi: 10.1093/ajh/hpu191.
- Stamler, J., Stamler, R & Neaton J.D. (1993). Blood Pressure, Systolic and Diastolic, and Cardiovascular Risks: US Population Data. *Volume 153 (5)*. doi: 10.1001/archinte.1993.00410050036006.

- Santos, L.P., Moraes, R.S., Vieira, P., Ash, G., Waclawovsky, G., Pescatello, L. S & Umpierre, D. (2016). Effects of aerobic exercise intensity on ambulatory blood pressure and vascular responses in resistant hypertension: a crossover trial. *Journal of Hypertension*. Volume 34 (7). doi: 10.1097/HJH.0000000000000961.
- Sosner, P., Mathiue, G., Olivier, D., Mauricio, G., Vincent, G., Lalonge, J., Hayami, D., Martin, J., Anil, N & Laurent, B. (2019). Ambulatory blood pressure reduction following 2 weeks of high-intensity interval training on an immersed ergocycle. *Arch Cardiovasc Dis*. Volume 112 (11). 680–690. doi: 10.1016/j.acvd.2019.07.005.
- Sogunuru, G.P & Mishra, S. (2020). Asian management of hypertension: Current Status, home blood pressure, and specific concerns in India. *The Journal of Clinical Hypertension*. Volume 22 (3). 479–482. doi: 10.1111/jch.13798.
- Tabata, I. (2019). Tabata training: one of the most energetically effective high-intensity intermittent training methods. *The Journal of Physiological Sciences*. Volume 69 (4). 559–572. doi: 10.1007/s12576-019-00676-7.
- Tinsley, G & Read, T. (2021). 7 benefits of high intensity interval training (HIIT). Viitattu 28.9.2022. <https://www.healthline.com/nutrition/benefits-of-hiit>.
- Thum, J. S., Parsons, G., Whittle, T & Astorino, T.A. (2017). High-Intensity Interval Training Elicits Higher Enjoyment than Moderate Intensity Continuous Exercise. Volume 12 (1). e0166299. doi: 10.1371/journal.pone.0166299.
- Tjønnå, A.E., Lee, S.J., Rognmo, Ø., Stølen, T.O., Bye, A., Haram, P.M., Loennechen, J.P., Al-Share, Q.Y., Skogvoll, E., Slørdahl, S.A., Kemi, O.J., Najjar, S.M & Wisløff, U. (2008). Aerobic Interval Training Versus Continuous Moderate Exercise as a Treatment for the Metabolic Syndrome. Volume 118 (4). 346–354. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.772822.
- THL. (2021). Liikuntasuosituksset. Viitattu 9.11.2022. <https://thl.fi/fi/web/elintavat-ja-ravitsemus/liikunta/liikuntasuosituksset>
- UKK-instituutti. (2020). Säännöllinen liikunta laskee verenpainetta. UKK- instituutti. Viitattu 4.11.2022. <https://ukkinstituutti.fi/liike-laakkeena/liikunta-ja-sairaudet/verenpaine/>
- UKK-instituutti. (2022). Aikuisten liikkumisen suositus. UKK- instituutti. Viitattu 4.11.2022. <https://ukkinstituutti.fi/liikkuminen/liikkumisen-suositukset/aikuisten-liikkumisen-suositus/>
- Vasan, R.S., Larson, M.G., Leip, E.P., Evans, J., O'Donnel, C., Kannel, W.B & Levy, D. (2001). Impact of High-Normal Blood Pressure on the Risk of Cardiovascular Disease. Volume 345 (18). doi: 10.1056/NEJMoa003417.
- Viazzi, F., Leoncini, G., Ratto, E., Parodi, A., Falqui, V., Conti, N., Tomolillo, C., Ravera, G., Deferrari, G & Pontremoli, R. (2008). Vascular permeability, blood pressure, and organ damage in

- primary hypertension. *Hypertension Research: Official Journal of the Japanese Society of Hypertension*. Volume 31 (5). 873–879. doi: 10.1291/hypres.31.873.
- Williams, B., Mancia, G., Spiering, W., Agabiti Rosei, E., Azizi, M., Burnie, M., Clement, D., Coco, A., de Simone, G., Dominiczak, A., Kahan, T., Mahfoud, F., Redon, J., Ruilope, L., Zanchetti, A., Kerins, M., Kjeldsen, S. E., Kreutz, R., Laurent, S., Lip, G. Y. H., McManus, R., Narkiewicz, K., Ruschitzka, F., Schmieder, R.E., Shlyakhto, E., Tsioufis, C., Aboyans, V & Desormais, I. (2018). 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH). *European Heart Journal*. Volume 39 (33). 3021–3104 doi: 10.1093/eurheartj/ehy339.
- 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*. Volume 48 (16). doi: 10.1136/bjsports-2013-092576.
- Woolf, K.J & Bisognano, J. D. (2011). Nondrug Interventions for Treatment of Hypertension. *J Clin Hypertens*. Volume 13 (11). 829–835. doi: 10.1111/j.1751-7176.2011.00524.x.
- Wisløff, U., Ellingsen, Ø & Kemi, O.J. (2009). High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? *Exercise and Sport Sciences Reviews*. Volume 37 (3). 139–146. doi: 10.1097/JES.0b013e3181aa65fc.
- WHO. (2021). Chile. Where action on hypertension is saving lives. Viitattu 24.10.2022 <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/chile-where-action-on-hypertension-is-saving>
- Zhang, W.H., Zhang, L., An, W.F & Ma, J.L. (2011). Prehypertension and Clustering of Cardiovascular Risk Factors Among Adults in Suburban Beijing, China. Volume 21 (6). 440–446. doi: 10.2188/jea.JE20110022.

Liite 1. Laadunarviointikriteeristö suomennettuna Furlanin ym. (2015) mukaan

1. Oliko satunnaistamismenetelmä riittävä?
2. Tapahtuiko ryhmiin ohjautuminen salatusti?
3. Sokkoutettiinkö tutkittava?
4. Sokkoutettiinkö hoidon antaja?
5. Sokkoutettiinkö tulosmuuttujien mittaaja?
6. Onko tutkimuksessa poispudonneet kuvattu ja onko poispudonneiden määrä hyväksyttävä?
7. Analysoitiinko tutkittavat niissä ryhmissä, joihin heidät satunnaistettiin?
8. Onko tutkimus vapaa valikoidusta tulosmuuttujien raportoinnista?
9. Olivatko ryhmät samanlaisia tutkimuksen alussa tulosmuuttujien ja tärkeimpien enustavien tekijöiden suhteen?
10. Saivatko ryhmät samaa hoitoa (lukuun ottamatta interventiota)?
11. Oliko hoitomyöntyvyys hyväksyttävä?
12. Oliko mittausten ajoitus sama eri ryhmille?
13. Onko tutkimus vapaa muista mahdollisista harhaa aiheuttavista tekijöistä?

Liite 2. Systolisen ja diastolisen verenpaineen muutokset intervention aikana

Tutkimus	Ennen interventiota	Intervention jälkeen (<i>muutos</i>)
Jo ym. (2018)	HIIT: 140 ± 9.7/90.2 ± 4.2 mmHg MICE: 132 ± 6.7/83.0 ± 6.7 mmHg	129±2 /79±2 mmHg (-11/-11.2 mmHg) 122±2/79±1 mmHg (-10 /-4 mmHg)
John ym. (2022)	HIIT: 122±2.7/78± 5.4 mmHg MICE: 125±3.8 mmHg/77.2 ± 4.5 mmHg	119 ± 3.9/ 75.6± 4.8 mmHg (-3/-2.4 mmHg) 123.6±3.9/ 75.7± 4.2 mmHg (-2/-1.5 mmHg)
De Oliveira ym. (2020)	HIIT: 128 ±12.8/76.8 ±11.1 mmHg MICE: 122.6±10.3/74.8±5.8 mmHg	122±13.6/74±8.0 mmHg (-6/-2.8 mmHg) 119.6 ±7.7/ 71.1±5.5 mmHg (-3/-3.7 mmHg)
Molmen- Hansen ym. (2012)	HIIT: 159 ±12.8/97.5±8.7 mmHg MICE: 155.5 ± 12.5 /94.0 ± 5.3 mmHg	146±11/89±7.5 mmHg (-13/-8 mmHg) 150.5 ± 12/90 ± 6.6 mmHg (-5/-4 mmHg)
Nemoto ym. (2007)	HIIT: M: 146±3/87 ±3 mmHg N: 140±3/82±2 mmHg MICE: M: 141±2/85±2 mmHg N: 135 ±3/81±2 mmHg	M: 136±2/82±2 mmHg (-10/-5 mmHg) N: 132±2/80±2 mmHg (-8/-2 mmHg) M: 138±2/83.2 mmHg (-3/-1.8 mmHg) N: 132±3/79±1 mmHg (-3/-2 mmHg)
Muutos yht. (ka)	HIIT: ((-11)+ (-3)+(-6)+(-13)+(-10)+(-8))/6 = -8.5 mmHg (SVP) ((-11.2)+(-2.4)+(-2.8)+(-8)+(-5)+(-2))/6= -5.2 mmHg (DVP) MICE: ((-10)+(-2)+(-3)+(-5)+(-3)+(-3))/6= -4.3 mmHg(SVP) ((-4)+(-1.5)+(-3.7)+(-4)+(-1.8)+ (-2))/6 = -2.8 mmHg (DVP)	

M=mies; N=nainen; SVP=systolinen verenpaine; DVP=diastolinen verenpaine