

**KARDIORESPIRATORISEN KUNNON YHTEYS METABOLISEEN OIREYHTY-
MÄÄN VERENPAINETAUTIA JA/TAI TYYPIN 2 DIABETESTA SAIRASTAVILLA**

Johanna Rajavaara

Liikuntalääketieteen pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2021

TIIVISTELMÄ

Rajavaara, J. 2021. Kardiorespiratorisen kunnan yhteys metaboliseen oireyhtymään verenpaine-
netautia ja/tai tyyppin 2 diabetesta sairastavilla. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yli-
opisto, liikuntalääketieteen pro gradu -tutkielma, 51 s., 4 liitettä.

Lihavuuden ja liikkumattomuuden lisääntymisen myötä metabolisesta oireyhtymästä (MBO) on muodostunut maailmanlaajuinen kansanterveydellinen ongelma. Kardiorespiratorista kuntoa kuvaavan VO_2max :n on painoon suhteutettuna todettu olevan yhteydessä MBO:än. Eripainoisten ihmisten vertailussa olisi kuitenkin parempi käyttää rasvattomaan painoon suhteutettuja arvoja. VO_2max :n lisäksi sydämen iskutilavuutta kuvaava happipulssi on mielenkiintoinen kardiorespiratorisen kunnan muuttuja, jonka yhteyttä MBO:än ei ole vielä tutkittu. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, ovatko VO_2max ja maksimaalinen happipulssi sekä painoon että rasvattomaan painoon suhteutettuina yhteydessä MBO:n esiintyvyyteen ja sen riskitekijöiden kasautuvuuteen henkilöillä, joilla on sydän- ja verisuonitautien riskitekijöitä.

Tutkimusaineisto oli osa laajempaa HealthBeat-tutkimusta. Tutkittavilla oli todettu verenpaine-
netauti ja/tai tyyppin 2 diabetes tai sen esiaste. VO_2max ja maksimaalinen happipulssi mitattiin suoralla menetelmällä maksimaalisessa rasituskokeessa ja arvot suhteutettiin kehon painoon ja rasvattomaan painoon. Plasman rasva-arvoista ja verensokeriarvoista, diagnosoidusta tyyppin 2 diabeteksestä, mitatusta verenpaineesta ja vyötärönympäryksen pituudesta muodostettiin summamuuttuja MBO:n diagnosoimiseen. Tilastolliset analyysit toteutettiin SPSS Statistics 26 -ohjelmalla hyödyntäen ristiintaulukointia ja sen suhteellisten riskien laskentaa ja χ^2 -testiä, yksisuuntaista varianssianalyysiä (ANOVA) ja riippumattomien otosten t-testiä.

MBO:n esiintyvyys tutkimusjoukossa ($n=65$) oli korkea (80 %). Sekä VO_2max että maksimaalinen happipulssi olivat yhteydessä MBO:n esiintyvyyteen ja riskitekijöiden kasautuvuuteen. Painoon suhteutetuilta VO_2max - ja happipulssiarvoiltaan parhaissa kuntoryhmissä MBO:n esiintyvyys ja riskitekijämäärä olivat huomattavasti matalampia verrattuna keskiarvoon ja heikoimpaan kuntoryhmään. Rasvattomaan painoon suhteutetuilta arvoiltaan parhaat kuntoryhmät erosivat tilastollisesti merkitsevästi vain heikoimmista kuntoryhmistä MBO:n ja riskitekijämäärän osalta. Painoon suhteutetuilta VO_2max - ja happipulssiarvoiltaan heikoimmissa kuntoryhmissä riskit korkeammalle MBO:n riskitekijämäärälle olivat 5,7- ja 8,1-kertaiset verrattuna parhaaseen kuntoryhmään. Rasvattomaan painoon suhteuttaessa riskit olivat 2,8- ja 2,4-kertaiset.

Tulokset vahvistivat aiempaa tutkimustietoa VO_2max :n yhteydestä MBO:än ja sen riskitekijämäärään. Happipulssin yhteyttä MBO:än ei ollut aiemmin tutkittu, mutta se ei tuonut merkittävää lisäarvoa kardiorespiratorisen kunnan mittarina. VO_2max ja maksimaalinen happipulssi olivat näennäisesti hyvin samalla tavalla yhteydessä MBO:än ja riskitekijämäärään. Kuntoryhmiin sijoittumisessa oli kuitenkin vaihtelua yksilötasolla riippuen siitä, kumpaa muuttuja oli mittarina ja suhteutettiinkö arvot painoon vai rasvattomaan painoon. Lisätutkimusta tarvitaan suuremmilla otoksilla seurantatutkimuksien muodossa niin, että muuttujat on suhteutettu rasvattomaan painoon. Tutkimustulokset korostavat hyvän kardiorespiratorisen kunnan merkitystä MBO:ltä suojaavana tekijänä sydän- ja verisuonitautien riskitekijöitä omaavilla työikäisillä.

Asiasanat: kardiorespiratorinen kunto, VO_2max , happipulssi, metabolinen oireyhtymä

ABSTRACT

Rajavaara, J. 2021. The association of cardiorespiratory fitness with metabolic syndrome in adults with hypertension or/and type 2 diabetes. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis in Sports and Exercise Medicine, 51 pp., 4 appendices.

Due to increased levels of obesity and physical inactivity, metabolic syndrome (MBO) has become a worldwide public health problem. $VO_2\max$, which indicates cardiorespiratory fitness (CRF), has been found to be associated with MBO when relative to body mass. However, for comparison of $VO_2\max$ across people with different body mass, it is better to use values relative to fat free mass. In addition to $VO_2\max$, oxygen pulse (surrogate to stroke volume) is an interesting parameter of CRF and its relation to MBO has not been studied yet. The aim of this study was to explore the association of $VO_2\max$ and maximal oxygen pulse, both relative to body mass and fat free mass, with the prevalence of MBO and clustering of its risk factors in adults who already have some risk factors for cardiovascular diseases (CVD).

The research data was part of broader HealthBeat study sample. Subjects had been diagnosed with hypertension and/or type 2 diabetes or pre-diabetes. $VO_2\max$ and maximal oxygen pulse were measured directly by respiratory gas analysis during maximum exercise testing and the values were expressed relative to body mass and fat free mass. A sum variable for MBO diagnosis was created based on plasma lipid profile and blood glucose, diagnosed type 2 diabetes, blood pressure and waistline measurement. The statistical analysis of the data was carried out by SPSS Statistics 26 software, using cross tabulation and its relative risk calculation and χ^2 -test, one-way analysis of variance (ANOVA) and independent samples t-test.

The prevalence of MBO in the study sample ($n=65$) was high (80 %). Both $VO_2\max$ and maximal oxygen pulse were associated with the prevalence of MBO and the clustering of its risk factors. The prevalence of MBO and the amount of risk factors were considerably lower in the groups with the highest values of $VO_2\max$ and maximal oxygen pulse relative to body mass when compared to the average and the weakest fitness group. When the values were relative to fat free mass, there was a statistically significant difference only between the highest and the weakest fitness group regarding MBO and the amount of risk factors. Based on $VO_2\max$ and oxygen pulse values relative to body mass, the weakest fitness groups had 5.7-fold and 8.1-fold risks for the higher amount of MBO risk factors compared to the best fitness group. The risks were 2.8- and 2.4-fold when the values were relative to fat free mass.

The results supported previous studies regarding the association of $VO_2\max$ with MBO and the clustering of risk factors. The association between maximal oxygen pulse and MBO had not been studied yet, but it did not give added value alongside $VO_2\max$. $VO_2\max$ and maximal oxygen pulse were seemingly similarly associated with MBO and the amount of risk factors. However, there were variation in the fitness group placement at individual level depending on the used parameter and value proportionately. Further study is needed with larger study samples in follow-up design, where parameters are relative to fat free mass. Results highlight the importance of good CRF as a protective factor against MBO in adults with risk factors for CVD.

Key words: cardiorespiratory fitness, $VO_2\max$, oxygen pulse, metabolic syndrome

KÄYTETYT LYHENTEET

BMI	body mass index, kehon painoindeksi
HDL	high density lipoprotein, korkean tiheyden lipoproteiini
IDF	International Diabetes Federation, Kansainvälinen diabetesliitto
IFG	impaired fasting glucose, suurentunut plasman paastoarvo
IGT	impaired glucose tolerance, heikentynyt glukoosinsieto
LDL	low density lipoprotein, matalan tiheyden lipoproteiini
MBO	metabolinen oireyhtymä
NCEP ATP-III	National Cholesterol Education Program, Adult Treatment Panel III, Kansainvälinen kolesterolikoulutusohjelmanpaneeli
O ₂ pulsemax	maksimaalinen happipulssi
TD2	tyypin 2 diabetes
VO ₂ max	maksimaalinen hapenottokyky
WHO	World Health Organization, Maailman terveysjärjestö

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 METABOLINEN OIREYHTYMÄ (MBO).....	2
2.1 Metabolisen oireyhtymän määritelmät	2
2.2 Metabolisen oireyhtymän patogeneesi	3
2.3 Metabolisen oireyhtymän esiintyvyys työikäisillä	5
2.4 Metabolisen oireyhtymän vaikutukset terveyteen	6
3 KARDIORESPIRATORINEN KUNTO.....	8
3.1 Maksimaalinen hapenottokyky, happipulssi ja niiden mittaaminen.....	8
3.2 Kardiorespiratorista kuntoa kuvaavien arvojen suhteuttaminen	10
3.3 Kardiorespiratorisen kunnan merkitys terveydelle.....	10
4 KARDIORESPIRATORISEN KUNNON YHTEYDET METABOLISEEN OIREYHTYMÄÄN	13
4.1 Poikkileikkaustutkimukset	14
4.2 Seurantatutkimukset	15
5 TUTKIMUSMENETELMÄT	16
5.1 Tutkimuskysymykset.....	16
5.2 Aineistonkeruu	16
5.2.1 Terveysseulonta lääkärintarkastuksessa ja verikokeiden otto	18
5.2.2 Maksimaalinen rasituskoee ja sitä edeltävät mittaukset.....	18
5.3 Aineiston muuttajat	20
5.4 Tilastolliset analyysit.....	21
6 TULOKSET	23

6.1	Koko tutkimusjoukon kuvailevat tiedot	23
6.2	Kuvailevat tiedot kuntoryhmissä ja MBO:n sairastavuuden mukaan	23
6.3	Maksimaalisen hapenottokyvyn yhteys MBO:n esiintyvyyteen	26
6.4	Maksimaalisen happipulssin yhteys MBO:n esiintyvyyteen.....	26
6.5	Maksimaalisen hapenottokyvyn yhteys MBO:n riskitekijöiden kasautuvuuteen .	28
6.6	Maksimaalisen happipulssin yhteys MBO:n riskitekijöiden kasautuvuuteen	28
6.7	Kuntoryhmien riskit korkeammalle MBO:n riskitekijämäärälle.....	30
7	POHDINTA.....	31
7.1	Kardiorespiratorinen kunto ja MBO:n esiintyvyys	32
7.2	Maksimaalisen hapenottokyvyn ja happipulssin suhteuttamistavan merkitys	35
7.3	Kardiorespiratorinen kunto ja MBO:n riskitekijöiden kasautuvuus.....	36
7.4	Tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus.....	38
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	41
	LÄHTEET	42
	LIITTEET	
	LIITE 1. TUTKIMUKSEN SISÄÄNOTTO- JA POISSULKUKRITEERIT	
	LIITE 2. TUTKITTAVIEN FYYSISEN AKTIIVISUUDEN ARVIOINTI	
	LIITE 3. ERITAVOILLA MUODOSTETTUIEN KUNTORYHMIEN KUVAILEVAT TIEDOT	
	LIITE 4. MBO:N RISKITEKIJÄMÄÄRÄ ERITAVOILLA MUODOSTETUISSA KUNTORYHMISSÄ	

1 JOHDANTO

Lihavuuden esiintyvyys on lähes kolminkertaistunut maailmanlaajuisesti viimeisen neljän vuosikymmenen aikana (WHO 2020). Suomessa yli 30-vuotiaista naisista 63 % ja miehistä 72 % on vähintään ylipainoisia (THL 2020). Lihavuuden ja liikkumattomuuden lisääntymisen myötä metabolisesta oireyhtymästä (MBO) on muodostunut merkittävä kansanterveydellinen ongelma (Saklayen 2018). MBO:lla tarkoitetaan tilaa, jossa esiintyy samanaikaisesti vyötärölihavuutta, poikkeavaa sokeri- ja rasva-aineenvaihduntaa sekä kohonnutta verenpainetta (Alberti ym. 2009). Keskimäärin 31 % maailman väestöstä sairastaa MBO:ä (Engin 2017). Suomessa sitä sairastaa miehistä yli kolmannes ja naisista yli neljännes (Mustajoki 2019).

Riskitekijöiden kasauman myötä MBO:ä sairastavilla on 2–3-kertainen riski sairastua sydän- ja verisuonitauteihin sekä 7-kertainen riski sairastua tyypin 2 diabetekseen verrattuna sairastamattomiin (Wilson ym. 2005). Lisäksi MBO nostaa sydän- ja verisuonitautikuolleisuuden ja kokonaiskuolleisuuden riskiä (Mottilo ym. 2010). Näiden vakavien seurausten vuoksi MBO:än yhteydessä olevia tekijöitä on tärkeä tunnistaa. Poikkileikkaus- ja seuranta tutkimuksissa on todettu, että kardiorespiratorista kuntoa indikoiva korkeampi maksimaalinen hapenotto-kyky (VO_2max) on kehon painoon suhteutettuna yhteydessä matalampaan MBO:n esiintyvyyteen ja ilmaantuvuuteen (Myers ym. 2019). VO_2max olisi kuitenkin hyvä suhteuttaa rasvattomaan painoon erikokoisia ihmisiä vertailtaessa (Krachler ym. 2015; Imboden ym. 2020).

Kardiorespiratorista kuntoa ja sydämen suorituskykyä kuvaavaa iskuilavuutta voidaan arvioida maksimaalisen happipulssin kautta, jossa absoluuttinen VO_2max suhteutetaan sydämen maksimisyketaajuuteen (Oliveira ym. 2011). Sen yhteyttä MBO:än ei kuitenkaan ole vielä tutkittu. Happipulssi on yhteydessä äkillisiin sydänkuolemiin, sydän- ja verisuonitauti- sekä kokonaiskuolleisuuteen (Laukkanen ym. 2018), mikä tukee sen mahdollista yhteyttä myös MBO:än.

Tämän tutkielman tarkoituksena oli selvittää, ovatko VO_2max ja maksimaalinen happipulssi ($O_2pulemax$) suhteutettuina sekä painoon että rasvattomaan painoon yhteydessä MBO:n esiintyvyyteen ja sen riskitekijöiden kasautuvuuteen verenpainetautia ja/tai tyypin 2 diabetesta sairastavilla. MBO:n diagnosoinnissa käytettiin sen viimeisimpää määritelmää (Alberti ym. 2009).

2 METABOLINEN OIREYHTYMÄ (MBO)

Metabolisella oireyhtymällä (MBO) tarkoitetaan henkilön aineenvaihdunnallisten riskitekijöiden kertymää (Vuori 2016). MBO:ä luonnehtivat dysglykemia eli poikkeavuudet verensokeriarvoissa, kohonnut verenpaine, kohonneet triglyseridiarvot, matalat HDL-kolesteroliarvot ja keskivartalolihavuus (Alberti ym. 2009). MBO voidaan todeta, kuin riittävän moni edellä mainituista riskitekijöistä esiintyy henkilöllä samanaikaisesti. MBO:än liitetään usein myös matalasteinen tulehdustila ja protromboottinen eli veritulppatukoksille altistava tila (Grundy 2016). Sekä perintö- että ympäristötekijät vaikuttavat oireyhtymän kehittymiseen.

2.1 Metabolisen oireyhtymän määritelmät

MBO:n diagnoosiin on olemassa useampia määritelmiä (taulukko 1). Eri määritelmien kriteerit sisältävät samoja riskitekijöitä, mutta niiden painotus ja raja-arvot vaihtelevat. Historiaan peilaten MBO:n diagnoosiin on käytetty useimmiten Maailman terveysjärjestön (WHO 1999), kansainvälisen kolesterolikoulutusohjelman paneelin (NCEP 2002) ja kansainvälisen diabetesjärjestön (IDF) (Alberti ym. 2006) määritelmiä. Viimeisimpänä määritelmänä on esitetty usean eri organisaation laatima Joint Interim Statement (JIS) (Alberti ym. 2009), joka yhdenmukaistaa aikaisempia määritelmiä. Sen mukaan lihavuus ja insuliiniresistenssi eivät ole enää pakollisia ja ensisijaisia kriteerejä, vaan vähintään kolmen minkä tahansa riskitekijän toteutuminen riittää MBO:n diagnoosiin. Lisäksi JIS:n vyötärönympäryksen raja-arvot ovat väestöspesifejä.

WHO:n määritelmä pitää poikkeavia verensokeriarvoja tai tyypin 2 diabetesta ja IDF:n määritelmä vyötärölihavuutta pakollisena kriteerinä MBO:n diagnoosiin ja kahden muun riskitekijän tulee toteutua niiden lisäksi. NCEP:n ja JIS:n määritelmien mukaan riittää, kun mitkä tahansa kolme riskitekijää esiintyvät samanaikaisesti (taulukko 1). Triglyseridien osalta raja-arvot ovat kaikissa määritelmissä samat. HDL-kolesterolille ja verensokerille käytetyissä raja-arvoissa on pientä vaihtelua, kuten myös keskivartalolihavuuden kriteereissä. JIS:n määritelmä suosittelee vyötärönympäryksen raja-arvoina käytettävien eurooppalaisilla miehillä joko ≥ 94 ja naisille ≥ 80 senttimetriä tai vaihtoehtoisesti miehillä ≥ 102 senttimetriä ja naisilla ≥ 88 senttimetriä. Myös NCEP:n ja IDF:n määritelmät noudattavat näitä raja-arvoja.

TAULUKKO 1. Metabolisen oireyhtymän määritelmät WHO:n (1999), NCEP:n (2002), IDF:n (Alberti ym. 2006) ja Joint Interim Statementin (Alberti ym. 2009) mukaan.

Riskitekijä	WHO (1999)	NCEP (2002)	IDF (2006)	Joint Interim Statement (2009)
Keskivartalolihavuus	TD2, IFG tai IGT + 2 seuraavista	3 seuraavista	Keskivartalolihavuus + 2 seuraavista	3 seuraavista
	BMI > 30.0 kg/m ² ja/tai vyötärö-lantiosuhde > 0.90 (m) > 0.85 (f)	Vyötärönympäryys > 102 cm (m) > 88 cm (f)	*Vyötärönympäryys ≥ 94 cm (m) ≥ 80 cm (f)	**Vyötärönympäryys ≥ 94 cm (m) ≥ 80 cm (f) tai ≥ 102 cm (m) ≥ 88 cm (f)
Korkea verensokeri	TD2, IFG tai IGT	TD2 tai paastoglukoosi ≥ 6.1 mmol/l	TD2 tai paastoglukoosi ≥ 5.6 mmol/l	TD2 tai paastoglukoosi ≥ 5.6 mmol/l
Matala HDL-kolesterolipitoisuus	< 0.9 mmol/l (m) < 1.0 mmol/l (f) ja/tai	< 1.0 mmol/l (m) < 1.3 mmol/l (f)	< 1.03 mmol/l (m) < 1.29 mmol/l (f) tai lääkitys	< 1.0 mmol/l (m) < 1.3 mmol/l (f) tai lääkitys
Kohonnut triglyseridipitoisuus	≥ 1.7 mmol/l	≥ 1.7 mmol/l	≥ 1.7 mmol/l tai lääkitys	≥ 1.7 mmol/l tai lääkitys
Kohonnut verenpaine	≥ 140/90 mmHg	≥ 130/85 mmHg	≥ 130/85 mmHg tai lääkitys	≥ 130/85 mmHg tai lääkitys
Mikroalbuminuria	Albumiinin yöeritys ≥ 20 µg/min			

f = naiset, m = miehet

TD2 = tyypin 2 diabetes

IFG (impaired fasting glucose) = suurentunut paastosokeri

IGT (impaired glucose tolerance) = heikentynyt glukosinsieto

*Eurooppalaisille soveltuvat raja-arvot. Raja-arvot vaihtelevat maan/etnisen taustan mukaan.

**Eurooppalaisille soveltuvat raja-arvot joko IDF:n tai AHA/NHBLI:n mukaan.

Kun WHO:n 22 vuotta vanhaa määritelmää peilaa 10 vuotta tuoreempaan JIS:n määritelmään, huomataan riskitekijöiden raja-arvojen tarkentuneen esimerkiksi verenpaineen osalta. Vuosikymmenen aikana keskivartalolihavuutta on todettu olevan tarkoituksenmukaisempaa arvioida vyötärönympäryysmitalla BMI:n tai vyötärö-lantiosuhteen sijasta. WHO:n määritelmä on ainoa, jossa liiallinen albumiinin erityys luetaan riskitekijäksi (taulukko 1). Mikroalbuminurian mittaamiseen liittyy omat haasteensa, minkä vuoksi se on todennäköisesti jäänyt pois MBO:n myöhemmistä määritelmistä. Vaikka MBO:n määritelmää on päivitetty ajan mittaan, MBO:n diagnoosissa käytetään uusimman rinnalla edelleen myös vanhempia määritelmiä.

2.2 Metabolisen oireyhtymän patogeneesi

MBO:n syntymekanismit ovat monimutkaisia ja vielä osin selvittämättä (O'Neill & O'Driscoll 2015). Kaikki MBO:ä muodostavista riskitekijöistä kytkeytyy jollain tapaa toisiinsa, mikä tekee

todellisten syy-seuraussuhteiden selvittämisestä haastavaa. Koska MBO ei ole vain yksi sairaus vaan useiden riskitekijöiden summa, sen kehittymisen taustalla olevat syyt voivat vaihdella.

Perussyinä MBO:n taustalla pidetään vatsaonteloon kertyvää liiallista viskeraalista rasvaa, ektooppista rasvoittumista ja insuliiniresistenssiä (Syväne & Kervinen 2016). Viskeraalinen rasva on vatsaontelossa sisäelinten ympärille kertyvää rasvaa, joka aiheuttaa MBO:lle tyypillistä *keskivartalolihavuutta* (Engin 2017). Viskeraalisen rasvan määrä on suoraan tai välillisesti yhteydessä kaikkiin muihin MBO:ä muodostavista riskitekijöistä (insuliiniresistenssi, dyslipidemia, kohonnut verenpaine) (Alberti ym. 2009). Viskeraalisen rasvan määrä on myös yhteydessä matala-asteiseen tulehdustilaan (Maury & Birchard 2010), joka voi osaltaan myötävaikuttaa insuliiniresistenssin kehittymiseen ja siten aineenvaihduntasairauksien, kuten MBO:n syntyyn (Esser ym. 2014). Varsinaisen rasvakudoksen ulkopuolelle, esimerkiksi maksaan ja lihaskudokseen kertyvää rasvaa kutsutaan ektooppiseksi rasvaksi (Fogelholm & Uusitupa 2021). Maksan ektooppinen rasvoittuminen ja sen aiheuttamat aineenvaihduntahäiriöt ovat keskeinen osa MBO:n patogeneesiä (Yki-Järvinen 2014).

Insuliiniresistensillä tarkoitetaan tilaa, jossa insuliinin vaikutus elimistössä on heikentynyt ja/tai sitä ei erity riittävästi (Mustajoki 2019). Insuliiniresistenssi on keskeisin syy tyypin 2 diabeteksen taustalla. MBO:ä sairastavalla rasvamaksa on insuliiniresistentti, eli insuliini ei estä normaalisti glukoosin ja triglyseridien tuottoa maksassa, jolloin verensokeripitoisuus suurenee ja haima joutuu tuottamaan entistä enemmän insuliinia (Yki-Järvinen 2014). Viskeraalisen rasvan määrä ja insuliiniresistenssi ovat voimakkaasti yhteydessä toisiinsa, mutta on epäselvää, onko insuliiniresistenssi itsenäinen tekijä MBO:ssä vai seurausta viskeraalisesta ja ektooppisesta rasvoittumisesta – vai molempia (Syväne & Kervinen 2016). Monet ympäristö- ja perintötekijät vaikuttavat insuliiniresistenssin kehittymiseen (O'Neill & O'Driscoll 2015).

Dyslipidemialla tarkoitetaan poikkeavuuksia plasman rasvapitoisuuksissa ja MBO:ssä se näytetään tyypillisesti kohonneena triglyseridipitoisuutena ja siihen liittyvänä ateroogeenisenä eli valtimotautia aiheuttavana dyslipidemiana (Han & Lean 2015). Ateroogeenisellä dyslipidemialla tarkoitetaan pienten, tiheiden LDL-partikkelien kohonnutta määrää, suurta apolipoproteiini-B:n pitoisuutta ja hidastunutta aterianjälkeistä lipidiaineenvaihduntaa (Dyslipidemiat 2021).

Insuliiniresistenssiin, keskivartalolihavuuteen ja rasvamaksaan liittyy läheisesti ateroskoottisen dyslipidemian kehittyminen (Dyslipidemiat 2021).

Kohonneella verenpaineella tarkoitetaan tilaa, jossa suurten ja keskisuurten valtimoiden paine on jatkuvasti normaalia korkeampi (Kohonnut verenpaine 2020). Keskivartalolihavuus on yksi merkittävimmistä kohonneen verenpaineen aiheuttajista (O'Neill & O'Driscoll 2015). Lähes joka toisella verenpainepotilaalla esiintyy veren insuliinirunsautta ja/tai insuliiniresistenssiä (Vanhala 2010).

2.3 Metabolisen oireyhtymän esiintyvyys työikäisillä

Usean erilaisen määritelmän olemassaolo vaikeuttaa MBO:n todellisen esiintyvyyden tutkimista niin maailmanlaajuisesti kuin myös maiden, sukupuolen, etnisyyden ja eri ikäryhmien tasoilla (O'Neill & O'Driscoll 2015). MBO:n esiintyvyys noudattaa usein samaa trendiä lihavuuden ja tyyppin 2 diabeteksen esiintyvyyden kanssa (Saklayen 2018) ja se kasvaa merkittävästi painoindeksin ja iän noustessa (Ilanne-Parikka ym. 2004; Ervin 2009).

MBO:n esiintyvyyden on arvioitu maailmanlaajuisesti vaihtelevan väestössä 10 % ja 84 % välillä riippuen elinympäristöstä, sukupuolesta, iästä, etnisestä taustasta ja diagnoosissa käytetystä määritelmästä (Desroches & Lamarche 2007). Kansainvälisen diabetesjärjestön vuoden 2006 selvityksen mukaan MBO:ä sairastavia oli maailmanlaajuisesti noin 20–25 % (IDF 2006). Tuoreemman arvion mukaan MBO:ä sairastaa noin 31 % maailman väestöstä (Engin 2017). Ilanne-Parikan ym. (2004) lähes 20 vuotta sitten tehdyn tutkimuksen mukaan suomalaisista 45–64 vuotiaista miehistä 39 % ja naisista 22 % sairasti MBO:ä. Maltillisimpien arvioiden mukaan keski-ikäisistä suomalaisista naisista noin 8 % ja miehistä 17 % sairastaa MBO:ä (Vuori 2016). MBO:n sairastavuus Suomessa ei ole kuitenkaan vähentynyt – päinvastoin. Ehkä lähimpänä todellista tilannetta on arvio, jonka mukaan MBO voidaan todeta jopa yli neljäsosalla suomalaisista aikuisista naisista ja yli kolmasosalla miehistä (Mustajoki 2019).

Arvioihin MBO:n esiintyvyydestä vaikuttaa diagnoosissa käytetty määritelmä (Saklayen 2018). Esimerkiksi Ostovarin ym. (2017) iranilaisväestöä koskeneessa systemaattisessa katsauksessa

MBO:n esiintyvyys NCEP:n määritelmällä oli 25 %, IDF:n 30 % ja JIS:n 39 %. Been ym. (2008) malesialaisväestöön kohdistuneessa tutkimuksessa esiintyvyys IDF:n määritelmällä oli 23 %, NCEP:n 16.5 % ja mukailulla WHO:n 6 %. Erginin ym. (2012) turkkilaisväestöä koskeneessa tutkimuksessa MBO:n esiintyvyys IDF:n määritelmällä oli 35 % ja NCEP:n 29 %.

MBO:n esiintyvyyden arvioinnin haastavuutta lisää myös se, että useista riskitekijöistään huolimatta MBO on usein oireeton, mikä osaltaan voi vaikuttaa MBO:ä sairastavien aliarvioimiseen. MBO:ä sairastavia on kuitenkin nykyään enemmän kuin koskaan, ja oireyhtymä on muodostunut merkittäväksi kansanterveydelliseksi ongelmaksi ympäri maailmaa (Saklayen 2018).

2.4 Metabolisen oireyhtymän vaikutukset terveyteen

MBO:n diagnosointi mahdollisimman varhaisessa vaiheessa on tärkeää, jotta hoidolla voidaan saavuttaa terveyden kannalta mahdollisimman hyödyllisiä tuloksia ja vähentää vakavien seurausten riskiä (Vanhala 2010). MBO:n aiheuttamat terveysriskit ovat suurempia kuin yksittäisten riskitekijöiden aiheuttamat riskit yhteenlaskettuna (McNeill ym. 2005). MBO:ssä lopputulos on siis suurempi kuin osiensa summa.

Useiden aineenvaihdunnallisten riskitekijöiden kasauman vuoksi MBO kasvattaa riskiä sydän- ja verisuonitaudeille sekä tyypin 2 diabetekselle (Alberti ym. 2009). Sydän- ja verisuonitaudit ovat maailmanlaajuisesti johtavien kuolemansyiden joukossa, ja myös niille altistava MBO on maailmanlaajuinen terveysongelma (O'Neill & O'Driscoll 2015). Wilsonin ym. (2005) kahdeksan vuoden seurantatutkimuksessa MBO:n todettiin lisäävän riskin sairastua sydän- ja verisuonitauteihin miehillä lähes 3-kertaiseksi, sepelvaltimotautiin noin 2,5-kertaiseksi ja tyypin 2 diabetekseen lähes 7-kertaiseksi ikävakioidin jälkeen. Naisilla vastaavat riskit olivat 2,3-, 1,5- ja lähes 7-kertaiset (Wilson ym. 2005). Myös Mottilon ym. (2010) systemaattisessa katsauksessa ja meta-analyysissä MBO:n todettiin lisäävän sydän- ja verisuonitautien, niistä johtuvan kuolleisuuden ja aivohalvauksen riskin yli 2-kertaiseksi, sydäninfarktin riskin 2-kertaiseksi ja kokonaiskuolleisuuden riskin 1,5-kertaiseksi.

MBO on merkittävä ei-alkoholiperäisen rasvamaksataudin (NAFLD) riskitekijä (Yki-Järvinen 2014). Ei-alkoholiperäinen rasvamaksatauti pitää sisällään vaiheet rasvamaksasta steatohepatiittiin ja maksakirroosiin saakka (Yki-Järvinen 2014). MBO:lla ja ei-alkoholiperäisellä rasvamaksataudilla on samanlainen patofysiologia ja molempien esiintyvyys kasvaa linjassa lihavuuden kanssa (Ei-alkoholiperäinen rasvamaksatauti 2020). Maksan rasvoittuminen voi vaurioittaa sitä, aiheuttaa monia aineenvaihdunnallisia häiriöitä ja kasvattaa riskiä sydän- ja verisuonitaukeille (Targher ym. 2010). MBO on yhteydessä useiden syöpien, kuten rinta-, haima-, maksa- ja paksusuolensyövän kehittymiseen (O'Neill & Driscoll 2015). Myös masennus ja Alzheimerin tauti on liitetty MBO:än (Vanhala 2010), kuten myös uniapnea, kihti, munasarjojen monirakkulatauti ja testosteronin puutostila (Ei-alkoholiperäinen rasvamaksatauti 2020).

Koska MBO:ä sairastavat ovat lähes poikkeuksetta ylipainoisia tai lihavia, elintapojen muuttaminen ja sen myötä laihtuminen ovat tärkeässä roolissa oireyhtymän hoidossa (Mustajoki 2019). MBO:lle altistavia epäterveellisiä elintapoja ovat muun muassa vähäinen liikunta, tupakointi ja paljon tyydyttynyttä rasvaa ja energiaa sisältävä ruokavalio (Cameron ym. 2004), joten liikunnan lisääminen, tupakoinnin lopettaminen ja ruokavaliomuutokset ovat keskiössä MBO:n hoidossa ja ennaltaehkäisyssä. Liikunnan lisääminen erittäin tärkeä osa MBO:n ennaltaehkäisyä ja hoitoa, sillä sen kautta voidaan vaikuttaa suotuisasti kaikkiin MBO:ä muodostaviin sydän- ja verisuonitautien riskitekijöihin (Lakka & Laaksonen 2007; Liikunta 2016). Liikunnan harrastamisella ilman laihtumistakin on edullisia vaikutuksia MBO:ä muodostaviin riskitekijöihin ylipainoisilla ja lihavilla henkilöillä (Schwingshackl ym. 2014). Parhaimmat hoitovasteet saavutetaan silloin, kun liikunta on vähentänyt painoa ja erityisesti silloin, kun liikunta on yhdistetty ravintomuutokseen (Vuori 2016).

Kaiken tyyppinen liikunta säännöllisesti harrastettuna on hyödyllistä MBO:n kannalta. MBO:n ennaltaehkäisyyn ja hoitoon voidaan suositella sekä kestävyys- että lihasvoimaharjoittelua yleisen liikkumisen suosituksen mukaisesti (UKK-instituutti 2019). Lihasvoimaharjoittelu on tärkeää insuliiniresistenssin vähentämisen ja sokeriaineenvaihdunnan parantamisen kannalta, mutta eniten tutkimusnäyttöä on aerobisen kestävyysharjoittelun tehokkuudesta MBO:ä muodostavien riskitekijöiden kokonaisvaltaisessa vähentämisessä (Lemes ym. 2018; Wewege ym. 2018). Säännöllinen kestävyysliikunta kehittää myös kardiorespiratorista kuntoa (Lin ym. 2015), jolla on tärkeä rooli MBO:lta suojaavana tekijänä (Myers ym. 2019).

3 KARDIORESPIRATORINEN KUNTO

Yksinkertaistettuna kardiorespiratorisella kunnolla tarkoitetaan elimistön kykyä kuljettaa happea lihaksiin ja lihaskudoksen kapasiteettia käyttää tätä happea (Savonen ym. 2015). Syväliisemmin tarkasteltuna useiden prosessien ketju, josta kardiorespiratorinen kunto on riippuvainen, pitää sisällään keuhkotuuletuksen, keuhkojen diffuusiokapasiteetin, sydämen oikean ja vasemman kammion toiminnan, kammio-valtimoyhteyden, verisuoniston kapasiteetin mukautua ja kuljettaa verta sydäimestä tehokkaasti, lihassolujen kyvyn käyttää happea ja muita tärkeitä ravintoaineita sekä hermoston kyvyn rekrytoida lihassoluja (Laukkanen & Kujala 2018). Kardiorespiratorista kuntoa määrittelevät siis sydämen, hengitys- ja verenkiertoelimistön sekä luustolihasien toiminta yhdessä (Savonen ym. 2015).

3.1 Maksimaalinen hapenottokyky, happipulssi ja niiden mittaaminen

Kardiorespiratorisen kunnan parhaana mittarina pidetään maksimaalista hapenottokykyä ($VO_2\max$), joka muodostuu minuuttitilavuuden ($Q = L \text{ veri} \times \text{min}$) ja valtimo-laskimohappieron ($\text{ml } O_2 \times L \text{ veri}$) tulosta (ACSM 2018). $VO_2\max$ ilmaistaan tyypillisesti absoluuttisina (ml/min) tai kehon painoon suhteutettuina ($\text{ml}/\text{kg}/\text{min}$) arvoina. Myös kehon rasvattomaan painoon suhteuttaminen ($\text{ml}/\text{rasvaton kg}/\text{min}$) on mahdollista. Ihmisillä, joilla ei ole keuhkosairauksia, $VO_2\max$ vaihtelee pääasiassa minuuttitilavuudessa esiintyvien erojen vuoksi – sen takia $VO_2\max$:n ajatellaan olevan tiiviisti yhteydessä sydämen toiminnalliseen kapasiteettiin (ACSM 2018). $VO_2\max$:n ohella muita potentiaalisia kardiorespiratorisen kunnan muuttujia ovat happipulssi, hapenotto aerobisella kynnyksellä, ventilaation ja hiilidioksidintuoton suhde sekä hemodynaamiset muuttujat (Laukkanen & Kujala 2018).

$VO_2\max$:n kriteerinä pidetään hapenoton (VO_2) tasaantumista työmäärän edelleen kasvaessa, mutta käytännössä tämä voi jäädä saavuttamatta jalkojen väsymisen, motivaationpuutteen, yleisen epämukavuudentunteen, sydänsairauden, iskemian tai muun vastaavan tekijän vuoksi – siksi $VO_2\max$:yn on tavallista viitata $VO_2\text{peak}$:llä, jolla kuvataan suurinta nousevan kuormituksen aikana saavutettua VO_2 -arvoa (Fletcher ym. 2013). Iskutilavuus (SV) on yksi tärkeimmistä mittareista kuvattaessa sydämen suorituskykyä harjoittelun aikana (Oliveira ym. 2011).

Sitä vastaavana rasisuskokeesta saatavana muuttujana pidetään happipulssia (O_2 pulse), joka laskeaan hapenoton (VO_2) ja sykkeen (HR) välisestä suhteesta (Oliveira ym. 2011). Korkein kuormituksen aikana saavutettu tai maksimaalinen happipulssiarvo ilmoitetaan siis hapenkulutuksena yhtä sydämen lyöntiä kohti maksimaalisella rasisustasolla, mikä tarkoittaa VO_{2max} :n jakamista maksimisykkeellä (Fletcher ym. 2013). Happipulssi antaa lisäinformaatiota verenkierron kapasiteetista rasisuksen aikana (Piirilä & Sovijärvi 2013).

Perimä voi selittää jopa 50 % VO_{2max} :stä samanikäisillä, samaa sukupuolta olevilla harjoittlemattomilla henkilöillä (Bouchard ym. 1998), mikä on huomioitava muiden VO_{2max} :yn vaikuttavien tekijöiden, kuten iän, sukupuolen, kehon koon, harjoittelumuodon ja harjoitustilan ohella (Bassett & Howley 2000). Myös VO_{2max} :stä johdettujen happipulssiarvojen tulkinassa tulee ottaa huomioon henkilön ikä, koko, sukupuoli sekä hemoglobiinitaso ja happisaturaatio, sillä niillä on vaikutusta happipulssin osatekijöihin (Fletcher ym. 2013).

VO_{2max} voidaan mitata suoralla tai epäsuoralla eli submaksimaalisella menetelmällä, mutta suoraa menetelmää pidetään parhaana (kultainen standardi) aerobisen tehon arvioinnissa (ACSM 2018). VO_{2max} :n mittaamiseen käytettyjen testausprotokollien kuormitusportaiden pituudessa, tehon nostoasteessa ja testin kokonaiskestossa on vaihtelua (Yoon ym. 2007). Suorassa menetelmässä voidaan hyödyntää spiroergometriaa, jossa hengitetään suun ja nenän peittävään maskiin, jolloin ventilaatiota ja uloshengityksen happi- ja hiilidioksidipitoisuuksia voidaan mitata hengitys hengitykseltä -menetelmällä reaaliajassa (ACSM 2018). Piirilän ja Sovijärven (2013) mukaan spiroergometriaa käytetään fyysisen suorituskyvyn arvioinnissa, ja siitä saadaan hapenkulutukseen ja maksimaalisen suorituksen arviointiin liittyviä suureita. ”Tavalliseen” kliiniseen rasisuskokeeseen verrattuna spiroergometriassa mitataan siis myös hengityskaasuja ja tilavuuksia (Piirilä & Sovijärvi 2013). Kliinisessä spiroergometrisessä rasisuskokeessa yhdistyvät sydämen ja keuhkojen toimintakokeet (Korhonen 2012), joiden perusteella VO_{2max} , maksimaalinen happipulssi ja muita suureita voidaan määrittää.

3.2 Kardiorespiratorista kuntoa kuvaavien arvojen suhteuttaminen

Koska kehon koko vaikuttaa olennaisesti yksilön $VO_2\text{max}$:yn (Bassett & Howley 2000), absoluuttisissa $VO_2\text{max}$ -arvoissa tulee huomioida kehon koko yksilöiden kunnan vertailun mahdollistamiseksi. Tyypillisesti tämä on toteutettu suhteuttamalla $VO_2\text{max}$ kehon kokonaispainoon (ml/kg/min). Kehon kokonaispainoon suhteuttaminen kuitenkin systemaattisesti aliarvioi kardiorespiratorista kuntoa erityisesti ylipainoisilla ja enemmän rasvakudosta omaavilla henkilöillä (Krachler ym. 2015), millä on merkittävä vaikutus eri painoisia ihmisiä tarkastelevien tutkimustulosten luotettavuuteen ja niistä tehtäviin johtopäätöksiin.

$VO_2\text{max}$ suhteuttaminen kehon kokonaispainoon on ongelmallista, sillä silloin kaikkien yksilöiden kehonkoostumuksen oletetaan olevan samanlainen, eikä kehon koostumuksen eri osaluokkien panosta energiankulutuksessa huomioida (Imboden ym. 2020). Koska rasvakudos ei ole aktiivinen ja edistä hapenkulutusta rasituksen aikana (Goran ym. 2000), sen osuutta ei pitäisi myöskään huomioida muuttujia, kuten $VO_2\text{max}$:ä tai happipulssia suhteuttaessa. Siksi on todettu, että eripainoisia yksilöitä vertailtaessa absoluuttinen $VO_2\text{max}$ olisi paras suhteuttaa kehon rasvattomaan painoon (ml/rasvaton kg/min) vertailun kannalta luotettavimpien arvojen saamiseksi (Krachler ym. 2015). Suhteuttamisen kehon rasvattomaan painoon on myös todettu parantavan rasituskoemuuttujien, kuten $VO_2\text{max}$:n, terveystarvot verrattuna kehon kokonaispainoon suhteuttamiseen (Imboden ym. 2020). Myös $VO_2\text{max}$ -arvoista johdettuihin happipulssiin vaikuttaa yksilön koko (Fletcher ym. 2013). Sen vuoksi myös happipulssiin olisi tarkoituksenmukaista suhteuttaa kehon rasvattomaan painoon.

3.3 Kardiorespiratorisen kunnan merkitys terveydelle

Koska kardiorespiratorinen kunto on vahvasti sidoksissa useamman elinjärjestelmän yhteistoimintaan, se kuvastaa hyvin kehon kokonaisvaltaista terveyttä (Ross ym. 2016). Korkeammalla kardiorespiratorisella kunnolla ja fyysisellä aktiivisuudella on suotuisia, osittain itsenäisiä ja päällekkäisiä vaikutuksia terveyteen (DeFina ym. 2015). Vaikka kardiorespiratorinen kunto ja fyysinen aktiivisuus ovat tiiviisti yhteydessä toisiinsa, kardiorespiratorisella kunnolla on todettu olevan suurempi terveystarvot ja kuolleisuuden ennustearvo verrattuna itseilmoitettuun

liikunnan harrastamiseen (Williams 2001; Lee ym. 2011). Säännöllinen liikunnan harrastaminen on tehokkain tapa parantaa kardiorespiratorista kuntoa, mutta vasteissa on muun muassa perimästä johtuvia eroja (Bouchard ym. 2011).

Korkeamman kardiorespiratorisen kunnan on todettu olevan yhteydessä matalampaan kokonaiskuolleisuuden riskiin, kun kuntoa on mitattu maksimaalisella hapenottokyvyllä (Kodama ym. 2009; Kujala 2018). Huonokuntoisilla henkilöillä on todettu painoindexistä riippumatta kaksinkertainen kuolleisuusriski verrattuna normaalipainoisiin hyväkuntoisiin (Barry ym. 2014). Normaalipainoisilla ihmisillä, joilla on heikko kardiorespiratorinen kunto, on todettu olevan myös suurempi kokonaiskuolleisuuden sekä sydän- ja verisuonitautikuolleisuuden riski kuin hyväkuntoisilla lihavilla (Fogelholm 2010). Kuitenkin lihavilla hyväkuntoisilla riski sairastua tyyppin 2 diabetekseen ja riski sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöiden esiintyvyyteen on suurempi kuin huonokuntoisemmilla normaalipainoisilla (Fogelholm 2010). Heikko kardiorespiratorinen kunto on silti yhteydessä korkeampaan tyyppin 2 diabeteksen sairastumisriskiin (Tarp ym. 2019) ja korkeampaan kuolleisuuteen tyyppin 2 diabetesta sairastavilla (Wei ym. 2000).

Korkeampi kardiorespiratorinen kunto on yhteydessä matalampaan riskiin sairastua sydän- ja verisuonitauteihin (Kodama ym. 2009) myös heillä, joilla on korkea geneettinen alttius näille sairauksille (Tikkanen ym. 2018). Kardiorespiratorinen kunto toimii tehokkaana kuolemaan johtavien sydäntapahtumien ennustajana (Laukkanen ym. 2004). Riippumatta siitä, minkälainen henkilön terveydentila on perinteisten sydän- ja verisuonitautien riskitekijöiden (veren rasva- ja sokeriarvot, verenpaine, tupakointi, ruokavalio ja vartalomalli) suhteen, korkeampi kardiorespiratorinen kunto ja fyysinen aktiivisuus parantavat sydän- ja verisuonitautien riskiprofiilia (Myers ym. 2015). Korkeampi kardiorespiratorinen kunto vähentää myös riskiä sairastua dementiaan ja Alzheimerin tautiin, masennukseen ja tiettyihin syöpiin (Ross ym. 2016).

Tyypillisesti kardiorespiratorisen kunnan ja sairauksien välisiä yhteyksiä tutkineissa tutkimuksissa kardiorespiratorisen kunnan mittarina on käytetty joko mitattua tai arvioitua VO_2max :ä suhteutettuna kehon painoon. Tämä pätee myös edellä mainittuihin tutkimuksiin tässä kappaleessa. On kuitenkin todettu, että VO_2max :n ja muiden rasituskoemuuttujien suhteuttaminen

kehon rasvattomaan painoon parantaa terveystieteiden, kuten kuolleisuuden ennustearvoa verrattuna kehon kokonaispainoon suhteuttamiseen (Imboden ym. 2020). Kehon rasvattomaan painoon suhteutetun VO₂max:n yhteyksistä terveystieteisiin tarvitaan tutkimusta.

Happipulssin yhteyksiä terveyteen on tutkittu vähemmän. Kun kardiorespiratorisen kunnan mittarina on käytetty korkeinta maksimaalisesta kuormituksessa saavutettua kehon painoon suhteutettua happipulssiarvoa, sen on todettu olevan lineaarisesti ja käänteisesti yhteydessä sekä kuolemaan johtaviin sydäntapahtumiin että kokonaiskuolleisuuteen (Laukkanen ym. 2018). Sydämen vajaatoimintapotilailla korkeimman saavutetun ikäennusteeseen suhteutetun happipulssiarvon on todettu olevan voimakas ja itsenäinen ennustaja sydänperäisille kuolemille ja se täydentää riskiarvioissa hapenottoa (Oliveira ym. 2009). Toisaalta sydämen vajaatoimintapotilailla happipulssin suhteutettuna kehon rasvattomaan painoon on todettu ennustavan paremmin ennen aikaista kuolleisuutta kuin kehon painoon suhteuttaminen (Savonen ym. 2015). Vaikka happipulssia pidetään vahvasti kuolleisuutta ennustavana tekijänä, sen ennusteellisen arvon ei ole kuitenkaan todettu olevan maksimaalista hapenottoa parempi tai tuovan sen rinnalle lisäarvoa kuolleisuusriskin määrittämisessä (Laukkanen ym. 2006).

4 KARDIORESPIRATORISEN KUNNON YHTEYDET METABOLISEEN OIREYHTYMÄÄN

Kardiorespiratorisen kunnon yhteyttä MBO:än on tutkittu sekä poikkileikkaus- että seuranta-tutkimuksissa, joissa muuttujien välillä on todettu vahva käänteinen yhteys (Myers ym. 2019). Poikkileikkaustutkimuksissa hyväkuntoisilla MBO:n esiintyvyys on vähäisempää verrattuna huonokuntoisempiin (Whaley ym. 1999; Lakka ym. 2003; Hassinen ym. 2008; Earnest ym. 2013; Adams-Campbell ym. 2016; Kelley ym. 2018). Myös 2–15 vuotta kestäneissä seuranta-tutkimuksissa hyvän kardiorespiratorisen kunnon on todettu suojaavan MBO:n kehittymiseltä eli hyväkuntoisilla MBO:n ilmaantuvuus on ollut vähäisempää verrattuna huonokuntoisempiin (Carnethon ym. 2003 LaMonte ym. 2005; Hassinen ym. 2010; Ekblom ym. 2015). Huonokun-toisimmilla riski ja todennäköisyys MBO:lle on moninkertainen sekä miehillä että naisilla riip-pumatta tutkimusasetelmasta, kun heitä verrataan kardiorespiratoriselta kunnoltaan parhaaseen kuntoryhmään (Myers ym. 2019).

Aikaisemmissa poikkileikkaus- ja seuranta-tutkimuksissa kardiorespiratorisen kunnon mittarit ovat vaihdelleet. Useimmiten mittarina on käytetty juoksumatolla (Adams-Campbell ym. 2016; Kelley ym. 2018) tai pyöräergometrillä (Lakka ym. 2003; Hassinen ym. 2008; Hassinen ym. 2010) suoritetusta suorasta rasituskokeesta saatua maksimaalista hapenottokykyä suhteutettuna kehon painoon (ml/kg/min). Mittarina on käytetty myös juoksumatolla suoritettuna maksimaali-sen rasituskokeen kestoa (Whaley ym. 1999; Carnethon ym. 2003; LaMonte ym. 2005). Yh-dessä tutkimuksessa kardiorespiratorista kuntoa mitattiin maksimaalisen juoksumatolla suori-tettuna rasituskokeen loppunopeuden ja -kulman perusteella arvioidulla MET-arvolla (Earnest ym. 2013). Eräässä tutkimuksessa taas mittarina käytettiin pyöräergometrillä suoritettuna sub-maksimaalisen rasituskokeen perusteella arvioitua maksimaalista hapenottokykyä suhteutet-tuna kehon painoon (Ekblom ym. 2015). MBO:n diagnoosiin käytetyt määritelmät ovat vaih-delleet paljon tutkimusten välillä.

4.1 Poikkileikkaustutkimukset

Whaleyn ym. (1999) 20–88-vuotiaita miehiä ja naisia tarkastelleessa tutkimuksessa (n=19 432) kardiorespiratorisen kunnon oli käänteisesti yhteydessä MBO:n osatekijöiden kasaantumiseen. Heikkokuntoisimmilla miehillä oli kolme kertaa suurempi todennäköisyys korkeammalle MBO:n osatekijämäärälle verrattuna keskivertokuntoisiin ja yli 10 kertaa suurempi verrattuna kunnoltaan parhaisiin, kun ikä oli kontrolloitu. Vastaavat todennäköisyydet naisilla olivat 2,7 ja 4,9 kertaa suuremmat (Whaley ym. 1999). Lakan ym. (2003) 42–60-vuotiaita miehiä tarkastelleessa tutkimuksessa (n=1069) kardiorespiratorisen kunnon ja MBO:n välillä todettiin käänteinen ja progressiivinen yhteys. Heikkokuntoisimmilla miehillä (< 29,1 ml/kg/min) oli 6,3 kertaa ja keskivertokuntoisilla 2,8 kertaa suuremmalla todennäköisyydellä MBO verrattuna kunnoltaan parhaisiin (> 35,5 ml/kg/min). Tutkittavista 14 % sairasti MBO:ä (Lakka ym. 2003).

Hassisen ym. (2008) 57–79-vuotiaita miehiä ja naisia tarkastelleessa tutkimuksessa (n=1347) matalimman VO₂max kolmanneksen miehillä (< 23,3 ml/kg/min) ja naisilla (< 18,4 ml/kg/min) oli yli 10-kertainen riski MBO:lle verrattuna korkeimman VO₂max kolmanneksen miehiin (> 29,1 ml/kg/min) ja naisiin (> 22,8 ml/kg/min). Keskimmäistä VO₂max:n kolmannesta verrattessa korkeimpaan, miehillä oli 2,9- ja naisilla 4,7-kertainen riski MBO:lle. Miehistä 27 % ja naisista 25 % sairasti MBO:ä (Hassinen ym. 2008). Earnestin ym. (2013) 20–90-vuotiaita miehiä ja naisia tarkastelleessa tutkimuksessa (n=38659) kardiorespiratorisen kunnon ja MBO:n välillä oli vahva käänteinen yhteys, kun sekoittavat tekijät oli kontrolloitu (Earnest ym. 2013).

Adams-Campbell ym. (2016) tutkivat ylipainoisia ja sedentäärisiä 40–65-vuotiaita naisia (n=170). Kardiorespiratorisen kunnon todettiin olevan käänteisesti yhteydessä MBO:n esiintyvyyteen – vähintään 22 millilitraa painokiloa kohden minuutissa oleva hapenotto kyky suojasi MBO:ltä. Heikkokuntoisimmilla (< 18 ml/kg/min) MBO:n esiintyvyys oli 62 %, keskivertokuntoisilla 50 % ja kunnoltaan parhaimmilla (> 22 ml/kg/min) 38 %. Heikoin ja paras kunto-ryhmä erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Tutkimusjoukosta 50 % sairasti MBO:ä (Adams-Campbell ym. 2016). Kelley ym. (2018) 19–95-vuotiaita miehiä ja naisia tarkastelleessa tutkimuksessa (n=3636) kardiorespiratorisen kunnon ja MBO:n esiintyvyyden välillä havaittiin käänteinen ja progressiivinen yhteys. MBO:n esiintyvyys väheni lineaarisesti

matalimman VO₂max neljänneksen 53 %:sta korkeimman neljänneksen 3 %:iin. Korkeimman VO₂max neljänneksen ryhmään (naisilla > 31,8 ja miehillä > 42,7 ml/kg/min) kuuluneilla tutkittavilla oli yli 20 kertaa epätodennäköisempää sairastaa MBO:ä verrattuna matalimpaan neljännekseen (naisilla < 21,5 ja miehillä < 28,7 ml/kg/min), kun ikä ja sukupuoli oli huomioitu sekoittavina tekijöinä. Tutkimusjoukosta 26 % sairasti MBO:ä (Kelley ym. 2018).

4.2 Seurantatutkimukset

Carnethonin ym. (2003) tutkimuksessa tutkittiin 18–30-vuotiaita miehiä ja naisia (n=4487), heidän kardiorespiratorista kuntoaan ja MBO:n ilmaantuvuutta 15 vuoden seurannan aikana. MBO:n ilmaantuvuus seurannan aikana oli 10,2 1000 henkilövuotta kohti. Heikkokuntoisimmilla oli 1,87-kertainen riski sairastua MBO:än verrattuna kunnoltaan parhaisiin tärkeimpien sekoittavien tekijöiden kontrolloinnin jälkeen (Carnethon ym. 2003). LaMonten ym. (2005) tutkimuksessa seurattiin keski-ikältään 44-vuotiaita miehiä ja naisia (n=10498) kuusi vuotta ja matalan kardiorespiratorisen kunnan todettiin olevan vahva ja itsenäinen ennustaja MBO:n ilmaantuvuudelle. Tärkeimpien sekoittavien tekijöiden kontrolloinnin jälkeen keskivertokuntoisen kolmanneksen miehillä oli 26 % ja parhaan 53 % pienempi riski sairastua MBO:än verrattuna heikkokuntoisiin. Naisilla riski pieneni 20 % ja 63 %. Yhteys kardiorespiratorisen kunnan ja MBO:n ilmaantuvuuden välillä oli lineaarinen (LaMonte ym. 2005).

Hassisen ym. (2010) 57–78-vuotiaita miehiä ja naisia tutkineessa kahden vuoden seurantatutkimuksessa (n=1226) kardiorespiratoriselta kunnoltaan parhaaseen kolmannekseen kuuluneilla tutkittavilla oli 68 % ja keskivertokolmannekseen kuuluneilla 24 % pienempi riski MBO:n kehittymiselle. Kun paino kontrolloitiin sekoittavana tekijänä, kuntoryhmien väliset erot kuitenkin tasoittuivat. Tutkittavilla, jotka kuuluivat kunnoltaan parhaaseen kolmannekseen, mutta sairastivat MBO:ä, oli lähes neljä kertaa suurempi todennäköisyys parantua verrattuna heikkokuntoisimpiin MBO:ä sairastaviin (Hassinen ym. 2010). Ekblomin ym. (2015) tutkimuksessa tutkittiin kardiorespiratorisen kunnan ja fyysisen aktiivisuuden yhteyttä MBO:än keski-ikäisillä miehillä ja naisilla (n=930). Kardiorespiratoriselta kunnoltaan parhaaseen kolmannekseen kuuluvilla tutkittavilla oli 73 % pienempi riski sairastua MBO:än verrattuna heikkokuntoisimpaan kolmannekseen tärkeimpien sekoittavien tekijöiden kontrolloinnin jälkeen (Ekblom ym. 2015).

5 TUTKIMUSMENETELMÄT

5.1 Tutkimuskysymykset

Tämän tutkielman tarkoituksena on selvittää poikkileikkausasetelmassa, onko kardiorespiratorinen kunto maksimaalisella hapenottokyvyllä (VO₂max) ja maksimaalisella happipulssilla mitattuna yhteydessä MBO:än ja sen riskitekijöiden määrään eli kasautuvuuteen verenpainetauti ja/tai tyypin 2 diabetesta sairastavilla. Molemmat muuttujat suhteutettiin sekä painoon että rasvattomaan painoon. Alla on esitetty tarkemmat tutkimuskysymykset.

- Tutkimuskysymys 1. Onko maksimaalinen hapenottokyky yhteydessä metabolisen oireyhtymän esiintyvyyteen?
- Tutkimuskysymys 2. Onko maksimaalinen happipulssi yhteydessä metabolisen oireyhtymän esiintyvyyteen?
- Tutkimuskysymys 3. Onko maksimaalinen hapenottokyky yhteydessä metabolisen oireyhtymän riskitekijöiden määrään eli kasautuvuuteen?
- Tutkimuskysymys 4. Onko maksimaalinen happipulssi yhteydessä metabolisen oireyhtymän riskitekijöiden määrään eli kasautuvuuteen?

5.2 Aineistonkeruu

Tämän pro gradu -tutkielman tutkimusaineisto on osa Keski-Suomen sairaanhoitopiirin, Jyväskylän yliopiston (liikuntatieteellinen tiedekunta & psykologian laitos) ja Firstbeat Technologies Oy:n yhteistyössä tekemää laajempaa HealthBeat-tutkimusta (“Kunto, uni ja stressi diabetes- ja verenpainetautipotilailla”). Sen kohderyhmänä olivat henkilöt, joilla oli kohonnut riski sydän- ja verisuonisairauksille ja/tai tyypin 2 diabetekselle. Laajemman HealthBeat-tutkimuksen ensisijaisena tarkoituksena oli tutkia heidän fyysistä kuntoaan, unta ja biopsykososiaalisia stressireaktioita poikkileikkausasetelmassa. Koska tämän pro gradu -tutkielman aineisto kerättiin siinä vaiheessa, kun laajempaan tutkimukseen jatkettiin vielä uusien tutkittavien rekrytointia, tutkimusjoukkoon kuuluu vain osa laajemman tutkimuksen tutkittavista.

Tutkittavien rekrytointi tapahtui Keski-Suomen kunnallisen puolen henkilökuntaan kohden-
nettujen verkkoilmoitusten sekä ilmoitustauluille vietyjen ilmoitusten kautta. Lisäksi paikallisia
terveydenhuollon palveluntarjoajia pyydettiin informoimaan tutkimuksesta heidän potilaitaan.
Rekrytointi-ilmoituksissa kerrottiin tutkimuksen sisällöstä ja sisäänottokriteereistä. Tutkimuk-
seen osallistuvien täytyi olla iältään 18–64 vuotta. Tutkittavien painoindeksi ei saanut ylittää
arvoa 40 kg/m^2 , mitä pidetään sairaalloisen lihavuuden rajana (Kaukua 2010). Lisäksi tutkitta-
villa täytyi olla joko todettu diabeteksen esiaste (kohonnut paastoglukoosi ja/tai heikentynyt
glukoosinsieto) tai viiden vuoden sisällä diagnosoitu tyypin 2 diabetes ja/tai verenpainetauti.
Poissulkukriteereitä olivat tietyt lääkitykset (mm. insuliini ja β -salpaajat) ja sairaudet (mm. mo-
net sydän- ja verenkiertoelimistön sekä hengityselimistön sairaudet), raskaus, imetys, päihtei-
den väärinkäyttö sekä rajoittunut liikuntakyky, joka olisi estänyt esimerkiksi rasisuskokeen suo-
rittamisen. Tutkimuksen tarkemmat sisäänotto- ja poissulkukriteerit löytyvät liitteenä 1.

HealthBeat-tutkimuksessa oli yhteensä kuusi tutkimuskäyntiä, joissa tutkittavat kävivät noin
kuukauden sisällä. Tämän pro gradu -tutkielman aineisto muodostuu kuitenkin vain kolmen
tutkimuskäynnin perusteella kerätystä datasta. Kyseiset tutkimuskäynnit ovat lääkärintarkas-
tuksessa toteutettu terveysseulonta, verikokeiden ottaminen ja kardiorespiratorista kuntoa mit-
taava maksimaalinen rasisuskoe kävelymatolla. Tutkimuskäyntien kulku on kuvattu tarkemmin
kappaleissa 5.2.1 ja 5.2.2. Lisäksi aineistossa hyödynnettiin tutkittavien terveydentilaa ja lii-
kuntatottumuksia käsittelevien kyselylomakkeiden vastauksia.

HealthBeat-tutkimukseen 21.1.2020 mennessä osallistuneiden tutkittavien soveltuvuutta tähän
gradu -tutkielmaan arvioitiin. Kyseiseen päivämäärään mennessä 76 tutkittavaa oli käynyt lää-
kärintarkastuksessa ja heistä kaksi suljettiin pois sopimattoman lääkityksen ja vastikään diag-
nosoidun epästabiliin kilpirauhasen liikatoiminnan vuoksi. Kolme tutkittavaa jättäytyi pois tut-
kimuksesta ennen rasisuskoetta plantaarifaskiitin, selkävun ja ajanpuutteen vuoksi. Yksi tut-
kittava suljettiin pois rasisuskokeen jälkeen sepelvaltimotaudin vuoksi, ja viisi tutkittavista ei
ollut vielä suorittanut rasisuskoetta 17.1.2020 mennessä. Näiden poissulkujen ja keskeyttämis-
ten jälkeen analyysiin sisällytettiin yhteensä 65 tutkittavaa.

5.2.1 Terveysseulonta lääkärintarkastuksessa ja verikokeiden otto

Lääkärintarkastuksessa käytiin läpi sairaushistoria, arvioitiin tutkittavan kliinistä tilaa, mitattiin lepoverenpaine ja tehtiin 12-kytkentäinen lepo-EKG-mittaus. Rasituskoetta silmällä pitäen ja suositusten mukaisesti (Riebe ym. 2015) lääkärintarkastuksessa keskityttiin arvioimaan tutkittavien mahdollisia oireita ja/tai jo todettuja sairauksia, senhetkistä fyysisen aktiivisuuden tasoa ja tavoiteltua rasituksen intensiteettiä. Tutkittavien fyysistä aktiivisuutta arvioitiin lääkärintarkastuksen esitietolomakkeessa esitetyn kysymyksen kautta. Kysymysmuoto oli *”Mikä seuraavista kuvauksista vastaa parhaiten nykyistä fyysistä aktiivisuuttasi?”* ja tutkittavat vastasivat tähän valitsemalla sopivan vastausvaihtoehdon 1–7 välillä. Vastausvaihtoehto 1 *”en liiku sen enempää kuin välttämättä on tarpeen päivittäisistä toiminnoista selviämiseksi”* edusti fyysisesti inaktiivisimpia tutkittavia ja vastausvaihtoehto 7 *”harrastan kilpaurheilua ja pidän yllä kuntoani säännöllisen harjoittelun avulla”* taas kaikista fyysisesti aktiivisimpia tutkittavia. Kaikki vastausvaihtoehdot löytyvät liitteestä 2.

Lääkärintarkastuksen jälkeisellä tutkimuskäynnillä tutkittavat kävivät verikokeissa laboratoriossa yön yli kestäneen paaston jälkeen. Tutkittavilta arvioitiin perusverenkuva, rasva-arvot (plasman kokonaiskolesteroli-, HDL-kolesteroli-, LDL-kolesteroli- ja triglyseridipitoisuus), verensokeriarvot (plasman paastoglukoosi ja HbA_{1c}), elektrolyyttitasapaino ja munuaisten toiminta.

5.2.2 Maksimaalinen rasituskoe ja sitä edeltävät mittaukset

Kardiorespiratorista kuntoa mittaava maksimaalinen rasituskoe toteutettiin kävelymatolla (JUOKSUMATTO OJK-1, Telineyhtymä, Kotka, Suomi) spiroergometriaa hyödyntäen. Ennen rasituskokeen suorittamista tutkittavat eivät olleet syöneet tai nauttineet piristäviä virvokkeita vähintään viimeiseen kahteen tuntiin. He eivät myöskään olleet harrastaneet rasittavaa liikuntaa tai nauttineet alkoholia vähintään viimeiseen 36 tuntiin.

Ennen rasituskoetta tutkittaville tehtiin useita mittauksia. Tutkittavien paino ja kehonkoostumus mitattiin bioimpedanssilaitteella (InBody 770 InBody Co., Ltd., Seoul, South Korea) ja

vyötärönympärymittanauhalla alimman tunnusteltavan kylkiluun ja suoliluun harjun ylimmän kohdan puolivälistä. Tutkittavilta mitattiin selinmakuulla verenpaine (SunTech Tango M2, SunTech Medical, Inc., Morrisville, USA) vasemmasta olkavarresta viiden minuutin levon jälkeen. Samalla tutkittaville tehtiin myös 12-kytkentäinen lepo-EKG-mittaus (elektrokardiografia) (CardioSoft V5.02, GE Medical Systems Information Technologies GmbH, Freiburg, Germany). Lisäksi tyypin 2 diabetesta sairastavilta mitattiin verensokeriarvo sormenpästä otetulla verinäytteellä, jotta saatiin varmistettua verensokeripitoisuuden olevan suositusten (Colberg ym. 2016) mukaisella tasolla ennen rasituksen aloittamista.

Maksimaalinen nousujohteinen rasituskoe suoritettiin lääkärin ja sairaanhoitajan valvomana USAFSAM-protokollan mukaisesti (Wolthuis ym. 1977). Kyseinen protokolla alkoi viiden minuutin lepovaihemittauksesta, jonka aikana tutkittavat seisoivat kävelymatolla. Seuraavaksi tutkittavat kävelivät kolme minuuttia 3,2 km/h vauhdilla (0 % kulma), minkä jälkeen nopeus nostettiin 5,3 km/h:ssa (0 % kulma). Tämän jälkeen kävelymaton kulmaa nostettiin 5 % kolmen minuutin välein uupumukseen saakka vauhdin pysyessä samana. Rasituskokeen loputtua tehtiin uusi viiden minuutin lepovaihemittaus, josta ensimmäisen minuutin tutkittavat olivat seisaallaan hengitysmaski kasvoilla ja viimeiset neljä minuuttia makuuasennossa ilman maskia.

Rasituskokeen aikana tutkittavilta monitoroitiin jatkuvana 12-kytkentäinen EKG (CardioSoft V5.02, GE Medical Systems Information Technologies GmbH, Freiburg, Germany) ja sormenpästä mitattu happisaturaatio (Nellcor PM10N, Covidien Inc, Mansfield, USA). Verenpaineen mittaus suoritettiin suositusten mukaisesti (Sharman & LaGerche 2015) ensimmäisen viiden minuutin lepovaihemittauksen lopussa, jokaisen kolmen minuuttia kestävä kuorman lopussa, juuri ennen rasituskokeen lopettamista tai heti sen jälkeen, seisten minuutin lepovaihemittauksen kohdalla ja makuulla kolmen ja viiden minuutin lepovaihemittauksen kohdalla. Verenpaine mitattiin vasemmasta olkavarresta automaattisella verenpainemittarilla (SunTech Tango M2, SunTech Medical, Inc., Morrisville, USA). Jokaisen kolmen minuutin kuorman lopussa tutkittavilta kysyttiin myös koettua rasittavuutta (6–20) ja hengenahdistusta (0–10) Borgin asteikolla. Rasituskokeessa hyödynnettiin spiroergometriaa, eli tutkittavat hengittivät suun ja nenän peittävään hengitysmaskiin. Sisään- ja uloshengityksen happi- ja hiilidioksidipitoisuuksia seurattiin hengityskaasuanalysointorilla (Oxycon Pro® Version 5.0, VIASYS Healthcare GmbH,

Hoechberg, Germany) hengitys hengitykseltä -menetelmällä ja lisäksi mitattiin hengityskaasujen määrää ja virtausta (Triple V®, Erich Jaeger, Friedberg, Germany).

5.3 Aineiston muuttujat

Selittäviä eli riippumattomia muuttujia tässä tutkielmassa ovat kardiorespiratorista kuntoa kuvaavat maksimaalinen hapenotto- ja maksimaalinen happipulssi, joiden arvot saatiin maksimaalisesta rasituskokeesta. Molemmat niistä esitetään kehon painoon ja rasvattomaan painoon suhteutettuina, joten selittäviä muuttujia on yhteensä neljä. Selittävät muuttujat ovat 1) maksimaalinen hapenotto- ja maksimaalinen happipulssi suhteutettuna kehon painoon, 2) maksimaalinen hapenotto- ja maksimaalinen happipulssi suhteutettuna kehon rasvattomaan painoon, 3) maksimaalinen happipulssi suhteutettuna kehon painoon ja 4) maksimaalinen happipulssi suhteutettuna kehon rasvattomaan painoon. Kaikki selittävät muuttujat ovat kolmiluokkaisia, joissa tutkittavat jaettiin heikoimpaan (n=22), keskivertoon (n=21) ja parhaaseen (n=22) kuntoryhmään.

Koska kuntoryhmät sisältävät sekä naisia että miehiä, ryhmäjaoissa huomioitiin sukupuolen vaikutus maksimaaliseen hapenotto- ja happipulssiin. Tämä tapahtui niin, että naiset ja miehet jaettiin ensin sukupuolittain heikoimpaan, keskivertoon ja parhaimpaan kuntoryhmään. Sen jälkeen naisten ja miesten vastaavat kuntoryhmät yhdistettiin keskenään.

Selitettyjä eli riippuvia muuttujia on tässä tutkielmassa yhteensä kolme. Ensimmäinen niistä on metabolinen oireyhtymä dikotomisena muuttujana. MBO:n diagnosoinnin pohjaksi muodostettiin summamuuttuja. MBO diagnosoitiin, jos tutkittavilla toteutui vähintään kolme riskitekijää Joint Interim Statementin (Alberti ym. 2009) määritelmän mukaisesti heille tehtyjen mitausten (vyötärön ympärysmitta ja verenpaine) ja verikokeiden (HDL-kolesteroli- ja triglyseridipitoisuus, sokeriarvot) perusteella. Diagnostisissa huomioitiin myös todettu tyypin 2 diabetes ja verenpainetauti tai niitä koskevat lääkitykset. Jos tutkittavalla toteutui nolla, yksi tai kaksi riskitekijää, MBO:ä ei todettu. Tämän tutkielman tutkittavista kuitenkin kaikilla todettiin vähintään kaksi riskitekijää, joten MBO:ä sairastamattomien ryhmä koostui näistä kahden riskitekijän tutkittavista (n=13). Kyseinen muuttuja on tarkasteltavana Tulokset-osion kappaleessa 6.4.

Toinen selitettävä muuttuja on MBO:n riskitekijöiden määrää eli kasautuvuutta kuvaava neliluokkainen muuttuja, jonka luokat muodostuivat tutkittavien kahden (n=13), kolmen (n=18), neljän (n=18) ja viiden (n=16) riskitekijän toteutumisen mukaan. Myös riskitekijöiden määrän arvioinnin pohjaksi muodostettiin summamuuttuja. Kyseinen muuttuja on tarkasteltavana Tulokset-osion kappaleissa 6.5.1 ja 6.5.2.

Koska MBO:ä sairastavia oli huomattavasti enemmän kuin sairastamattomia, kuntoryhmien suhteellisia riskejä oli mielekkäämpää laskea korkeammalle MBO:n riskitekijämäärälle (4–5 riskitekijää) kuin MBO:lle (3–5 riskitekijää) riittävien solufrekvenssien turvaamiseksi ristiintaulukoinnissa. Siksi kolmantena selitettävänä muuttujana on MBO:n riskitekijämäärää kuvaava kaksiluokkainen muuttuja, jossa pienempää riskitekijöiden määrää kuvaa 2–3 riskitekijän ryhmä (n=31) ja korkeampaa riskitekijöiden määrää kuvaa 4–5 riskitekijän ryhmä (n=34). Kyseinen muuttuja on tarkasteltavana Tulokset-osion kappaleessa 6.5.3.

Lisäksi useita jatkuvia ja kategorisia muuttujia tarkasteltiin koko tutkimusjoukossa, eri kuntoryhmissä ja MBO:n sairastavuuden mukaan kuvailevien tietojen saamiseksi (Tulos-osion kappaleet 6.1–6.3).

5.4 Tilastolliset analyysit

Aineiston tilastollinen analysointi toteutettiin IBM SPSS Statistics 26 -ohjelmalla. Analyysissä merkitsevyytensä oli 0,05, mikä tarkoittaa sitä, että nollahypoteesi (H₀) kumoutuu ja vastahypoteesi (H₁) käy toteen, kun p-arvo on pienempi kuin 0,05 (Metsämuuronen 2011, 571). Kuvailevien tietojen jatkuvia muuttujia tarkasteltiin riippumattomien otosten t-testillä tai yksisuuntaisella varianssianalyysillä ja kategorisia muuttujia χ^2 -testillä (tarvittaessa laskettiin Exact p-arvo).

Kardiorespiratorisen kunnon eli maksimaalisen hapenottokyvyn ja happipulssin yhteyttä MBO:n esiintyvyyteen tutkittiin ristiintaulukoinnin ja χ^2 -testin (Khiin neliö -testin) kautta. χ^2 -testin käyttöedellytyksenä on, että 20 prosenttia odotetuista frekvensseistä saa olla pienempiä kuin viisi ja kaikkien odotettujen frekvenssien tulee olla suurempi kuin yksi (Metsämuuronen

2011, 224). Jos kuitenkin odotetuista frekvensseistä yli 20 % oli pienempiä kuin viisi, laskettiin pienelle aineistolle suositeltu Exact p-arvo tulosten luotettavuuden lisäämiseksi.

Kardiorespiratorisen kunnon yhteyttä MBO:n riskitekijöiden määrään eli kasautuvuuteen tutkittiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (ANOVA). Kuntoryhmien parittaisvertailut tehtiin Bonferroni-testillä. Iän vaikutusta kovariaattina tarkasteltiin kovarianssianalyysillä (ANCOVA). Ristiintaulukoinnista laskettiin Statistics-osion riskilaskentaa hyödyntämällä eri kuntoryhmien suhteelliset riskit korkeammalle MBO:n riskitekijämäärälle (4–5 riskitekijää).

6 TULOKSET

6.1 Koko tutkimusjoukon kuvailevat tiedot

Koko tutkimusjoukkoa kuvailevat tiedot löytyvät taulukon 2 ensimmäisestä sarakkeesta jatkuvina ja kategorisina muuttujina. Tutkimusjoukko koostui 65 tutkittavasta, joista 48 (74 %) oli naisia ja 17 (26 %) miehiä. Koko tutkimusjoukon keski-ikä oli noin 53 vuotta. Tutkimuksen sisäänottokriteereiden mukaisesti tutkittavat sairastivat lähtökohtaisesti joko verenpainetautia (n=48) tai tyypin 2 diabetesta (n=5) tai näistä molempia (n=7). Lopuilla tutkittavista (n=5) oli diabeteksen esiaste.

Kolme neljäsosaa tutkittavista (n=49) oli ylipainoisia (BMI > 25) painoindeksin ollessa keskimäärin 28,6. Keskimääräinen vyötärön ympäryys oli 98 senttimetriä (naisilla 96 cm ja miehillä 105 cm) ja paino 82 kilogrammaa (naisilla 77 kg ja miehillä 96 kg). Tutkittavien keskimääräinen paastoglukoosi oli 5,8 millimoolia litrassa ja triglyseridit 1,4 millimoolia litrassa. Kokonaiskolesteroli oli keskimäärin 4,9 millimoolia litrassa (HDL-kolesteroli 1,5 mmol/l ja LDL-kolesteroli 3,0 mmol/l). Verenpaineen keskiarvo oli 134/83 ja suurin osa (82 %) tutkittavista käytti verenpainelääkitystä. Tutkittavat liikkuivat reippaasti tai rasittavasti keskimäärin 1–2 kertaa viikossa (vastaa liikunta-aktiivisuusarvoa 4). Heidän VO₂max oli keskimäärin 30,9 millilitraa painokiloa kohden minuutissa ja maksimaalinen happipulssi 0,18 millilitraa painokiloa kohden per sydämenlyönti (taulukko 2).

6.2 Kuvailevat tiedot kuntoryhmissä ja MBO:n sairastavuuden mukaan

Taulukosta 2 löytyy myös eri kuntoryhmien kuvailevat tiedot samojen jatkuvien ja kategoristen muuttujien osalta. Kyseisessä taulukossa kuntoryhmät on muodostettu kehon painoon suhteutettujen VO₂max-arvojen mukaan ja taulukon yläosasta käyvät ilmi hapenottokyvyn raja-arvot sukupuolittain. Heikoimman, keskiverron ja parhaimman kuntoryhmän VO₂max-arvot olivat keskimäärin 24,8, 30,5 ja 37,5 millilitraa painokiloa kohden minuutissa.

TAULUKKO 2. Kuvailevat tiedot kehon painoon suhteutettujen VO₂max-arvojen perusteella muodostetuissa kuntoryhmissä sekä koko tutkimusjoukossa.

Muuttuja	Koko tutkimus- joukko	Heikoin kuntoryhmä	Keskiverto kuntoryhmä	Paras kuntoryhmä	p-arvo*
VO ₂ max (ml/kg/min)		< 26,5 (f) < 31,1 (m)	26,5–31,0 (f) 31,1–39,1 (m)	> 31,0 (f) > 39,1 (m)	
n	65	22	21	22	
Sukupuoli	Naiset 48 (74) Miehet 17 (26)	16 (73) 6 (27)	16 (76) 5 (24)	16 (73) 6 (27)	0,957
Ikä (vuosina)	53 ± 8	56 ± 7	52 ± 8	51 ± 8	0,128
Pituus (cm)	169 ± 10	167 ± 10	171 ± 10	168 ± 10	0,445
Paino (kg)	82 ± 16	91 ± 15	83 ± 16	72 ± 11	< 0,001
BMI (kg/m ²)	28,6 ± 4,5	32,5 ± 4,0	28,1 ± 3,8	25,2 ± 2,2	< 0,001
Vyötärön ympäryys (cm)	98 ± 13	108 ± 11	99 ± 10	88 ± 8	< 0,001
Paastoglukoosi (mmol/l)	5,8 ± 0,8	6,0 ± 0,7	6,1 ± 0,9	5,4 ± 0,4	0,001
Kokonaiskolesteroli (mmol/l)	4,9 ± 0,9	4,7 ± 0,9	5,0 ± 0,9	4,9 ± 0,9	0,601
HDL-kolesteroli (mmol/l)	1,5 ± 0,4	1,4 ± 0,3	1,6 ± 0,5	1,6 ± 0,4	0,072
LDL-kolesteroli (mmol/l)	3,0 ± 0,8	2,9 ± 0,8	3,1 ± 0,9	3,0 ± 0,9	0,751
Triglyseridit (mmol/l)	1,4 ± 0,8	1,7 ± 0,9	1,6 ± 0,8	0,9 ± 0,4	0,003
Syst. verenpaine (mmHg)	134 ± 13	136 ± 13	135 ± 16	132 ± 11	0,657
Diast. verenpaine (mmHg)	83 ± 7	85 ± 6	82 ± 8	82 ± 6,11	0,155
Tyypin 2 diabetes	5+7=12 (19)	7 (32)	5 (24)	0 (0)	0,014
Verenpainetauti	48+7=55 (85)	19 (86)	17 (81)	19 (86)	0,852
Diabeteksen esiaste	5 (8)	0 (0)	2 (10)	3 (14)	0,270
Verenpainelääkitys	53 (82)	19 (86)	16 (76)	18 (82)	0,691
Lipidilääkitys	12 (19)	7 (32)	4 (19)	1 (5)	0,060
Tupakointi	4 (6)	2 (9)	2 (10)	0 (0)	0,456
Liikunta-aktiivisuus (1–7)	4,2 ± 1,3	3,7 ± 1,2	3,9 ± 1,3	5,1 ± 1,1	< 0,001
VO ₂ max (ml/kg/min)	30,9 ± 6,5	24,8 ± 3,1	30,5 ± 3,3	37,5 ± 5,0	< 0,001
O ₂ pulsemax (ml/HR/kg)	0,18 ± 0,04	0,15 ± 0,02	0,17 ± 0,02	0,21 ± 0,03	< 0,001

f = naiset, m = miehet

Jatkuvista muuttujista esitetty keskiarvot ja keskihajonnat sekä kategorisista muuttujista frekvenssit (%).

*p-arvot yksisuuntaisella varianssianalyysillä tai χ^2 -testillä (tarvittaessa käytetty Exact).

Kuntoryhmien välillä oli eroja painon, painoindeksin, vyötärön ympäryksen, paastoglukoosin ($p \leq 0,001$) ja triglyseridien osalta ($p = 0,003$). Mitä huonompaa kuntoryhmää tarkasteltiin, sitä korkeampia arvoja nämä muuttujat saivat. Eroja oli myös liikunta-aktiivisuudessa ($p < 0,001$) ja tyypin 2 diabeteksen sairastavuudessa ($p = 0,014$). Liikunnan harrastaminen väheni ja tyypin 2 diabeteksen sairastaminen kasvoi kunnon heiketessä. Myös maksimaalinen happipulssi erosi tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,001$). Parempikuntoiset olivat keskimäärin hieman nuorempia kuin huonompikuntoiset, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä ($p = 0,128$). Vastaavat tarkastelut kuvailevien tietojen osalta on tehty myös kuntoryhmissä, jotka on laadittu rasvattomaan painoon suhteutettujen VO₂max-arvojen ja painoon ja rasvattomaan painoon suhteutettujen maksimaalisten happipulssiarvojen perusteella (liite 3).

Kuvailevien tietojen tarkastelut MBO:n sairastavuuden mukaan löytyvät taulukosta 3. Tutkittavista 52:lla (80 %) todettiin metabolinen oireyhtymä JIS:n (Alberti ym. 2009) määritelmän (taulukko 1) mukaisesti diagnosoituna. MBO:n riskitekijöitä tutkittavilla esiintyi keskimäärin 3,6 per henkilö. MBO:ä sairastavien keski-ikä oli hieman sairastamattomia korkeampi, mutta ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä ($p=0,096$). MBO:ä sairastavilla oli korkeampi paino ($p=0,005$), painoindeksi ja vyötärönympäryys ($p<0,001$) verrattuna sairastamattomiin. Myös paastoglukoosi- ja triglyseridiarvot olivat korkeammat MBO:ä sairastavilla ($p<0,001$). Sairastamattomat harrastivat enemmän liikuntaa ($p=0,013$) ja heillä oli korkeampi painoon suhteutettu $VO_2\max$ ja maksimaalinen happipulssi ($p<0,001$) verrattuna sairastaviin.

TAULUKKO 3. Kuvailevat tiedot MBO:n sairastavuuden mukaan.

Muuttuja	Koko tutkimus- joukko	MBO	Ei-MBO	p-arvo*
n	65	52 (80)	13 (20)	
Sukupuoli	Naiset 48 (74) Miehet 17 (26)	40 (77) 12 (23)	8 (62) 5 (39)	0,259
Ikä (vuosina)	53 ± 8	54 ± 8	50 ± 9	0,096
Pituus (cm)	169 ± 10	169 ± 9	169 ± 12	0,878
Paino (kg)	82 ± 16	85 ± 16	71 ± 12	0,005
BMI (kg/m ²)	28,6 ± 4,5	29,6 ± 4,5	24,5 ± 1,4	< 0,001
Vyötärönympäryys (cm)	98 ± 13	101 ± 12	86 ± 8	< 0,001
Paastoglukoosi (mmol/l)	5,8 ± 0,8	6,0 ± 0,8	5,1 ± 0,3	< 0,001
Kokonaiskolesteroli (mmol/l)	4,9 ± 0,9	4,9 ± 0,9	4,7 ± 0,9	0,544
HDL-kolesteroli (mmol/l)	1,5 ± 0,4	1,5 ± 0,4	1,7 ± 0,3	0,169
LDL-kolesteroli (mmol/l)	3,0 ± 0,8	3,0 ± 0,8	3,0 ± 0,9	0,758
Triglyseridit (mmol/l)	1,4 ± 0,8	1,5 ± 0,8	0,8 ± 0,3	< 0,001
Syst. verenpaine (mmHg)	134 ± 13	134 ± 14	132 ± 9	0,551
Diast. verenpaine (mmHg)	83 ± 7	83 ± 7	83 ± 8	0,830
Tyypin 2 diabetes	5+7=12 (19)	12 (23)	0 (0)	0,104
Verenpainetauti	48+7=55 (85)	44 (85)	11 (85)	1,000
Diabeteksen esiaste	5 (8)			
Verenpainelääkitys	53 (82)	42 (81)	11 (85)	1,000
Lipidilääkitys	12 (19)	12 (23)	0 (0)	0,104
Tupakointi	4 (6)	4 (8)	0 (0)	0,576
Liikunta-aktiivisuus (1–7)	4,2 ± 1,3	4,0 ± 1,2	5,2 ± 1,2	0,013
$VO_2\max$ (ml/kg/min)	30,9 ± 6,5	29,0 ± 5,2	38,5 ± 5,8	< 0,001
O_2 pulsemax (ml/HR/kg)	0,18 ± 0,04	0,17 ± 0,03	0,21 ± 0,03	< 0,001
MBO riskitekijöiden lkm	3,6 ± 1,1	4,0 ± 0,8	2,0 ± 0,0	< 0,001

Jatkuvista muuttujista esitetty keskiarvot ja keskihajonnat sekä kategorisista muuttujista frekvenssit (%).

*p-arvot riippumattomien otosten t-testillä tai χ^2 -testillä (tarvittaessa käytetty Exact).

6.3 Maksimaalisen hapenottokyvyn yhteys MBO:n esiintyvyyteen

VO₂max-arvoiltaan heikoimman, keskiverron ja parhaan kuntoryhmän välillä löytyi eroja MBO:n esiintyvyydessä (taulukko 4). Kehon painoon suhteutetuilta VO₂max-arvoiltaan paras kuntoryhmä erosi tilastollisesti merkitsevästi heikoimmasta ja keskiverrosta kuntoryhmästä (p=0,001). Keskiverrossa ja heikoimmassa kuntoryhmässä MBO:n esiintyvyys oli 96 % ja parhaassa 50 %. Keskiverto ja heikoin kuntoryhmä eivät eronneet toisistaan (p=1,000).

TAULUKKO 4. MBO:n esiintyvyys (%) VO₂max-arvojen perusteella muodostetuissa kuntoryhmissä.

	MBO:n esiintyvyys n (%)			p-arvo*
	Heikoin kunto-ryhmä (n=22)	Keskiverto kunto-ryhmä (n=21)	Paras kunto-ryhmä (n=22)	
Painoon suhteutettu VO ₂ max (ml/kg/min)	21 (96)	20 (95)	11 (50)	0,001 ^{a,b}
Rasvattomaan painoon suhteutettu VO ₂ max (ml/rasvaton kg/min)	21 (96)	17 (81)	14 (64)	0,021 ^a

*p-arvot χ^2 -testin parittaisvertailulla (Exact tarvittaessa).

^aTilastollisesti merkitsevä ero (p<0,05) heikoimman ja parhaan kuntoryhmän välillä.

^bTilastollisesti merkitsevä ero (p<0,05) keskiverron ja parhaan kuntoryhmän välillä.

Kehon rasvattomaan painoon suhteutettujen VO₂max-arvojen perusteella muodostetuista kuntoryhmistä vain heikoin ja paras erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi MBO:n esiintyvyydessä (p=0,021). Heikoimmassa kuntoryhmässä MBO:ä sairasti 96 % ja parhaassa 64 % (taulukko 4). Keskiverrossa kuntoryhmässä esiintyvyys oli 81 %, mutta se ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi verrattuna parhaaseen (p=0,206) tai heikoimpaan (p=0,185) kuntoryhmään.

6.4 Maksimaalisen happipulssin yhteys MBO:n esiintyvyyteen

Maksimaalisilta happipulssiarvoiltaan heikoimman, keskiverron ja parhaan kuntoryhmän välillä löytyi eroja MBO:n esiintyvyydessä (taulukko 5). Kehon painoon suhteutetulta maksimaaliselta happipulssiarvoltaan paras kuntoryhmä erosi tilastollisesti merkitsevästi sekä heikoimmasta (p=0,002) että keskiverrosta (p=0,009) kuntoryhmästä. Parhaassa kuntoryhmässä MBO:n esiintyvyys oli 55 %, keskiverrossa 91 % ja heikoimmassa 96 %. Keskiverto ja heikoin kuntoryhmä eivät eronneet toisistaan MBO:n esiintyvyydessä (p=0,607).

TAULUKKO 5. MBO:n esiintyvyys (%) maksimaalisten happipulssiarvojen perusteella muodostetuissa kuntoryhmissä.

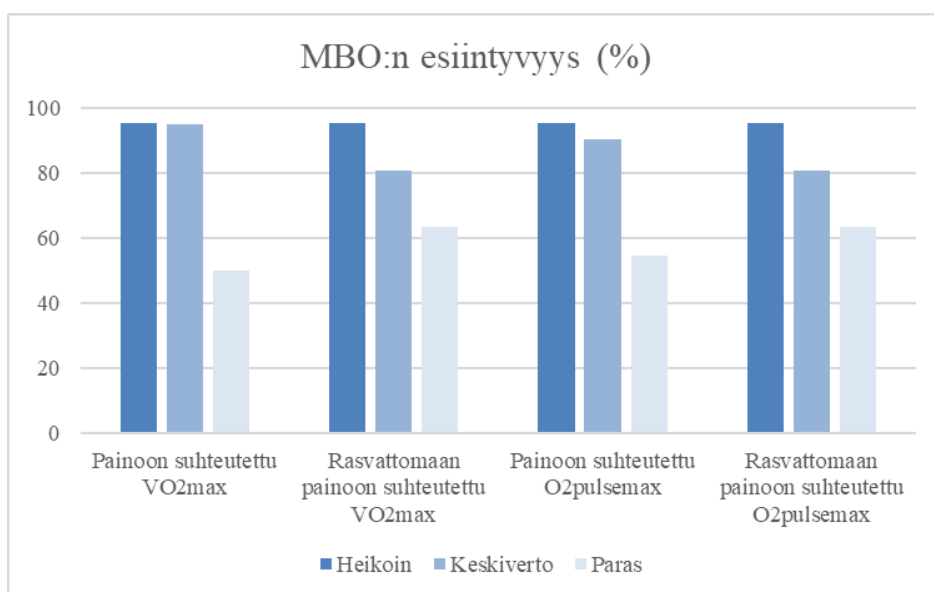
	MBO:n esiintyvyys n (%)			p-arvo*
	Heikoin kuntosryhmä (n=22)	Keskiverto kuntosryhmä (n=21)	Paras kuntosryhmä (n=22)	
Painoon suhteutettu happipulssi (ml/HR/kg)	21 (96)	19 (91)	12 (55)	0,002 ^a 0,009 ^b
Rasvattomaan painoon suhteutettu happipulssi (ml/HR/rasvaton kg)	21 (96)	17 (81)	14 (64)	0,021 ^a

*p-arvot χ^2 -testin parittaisvertailulla (Exact tarvittaessa).

^aTilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) heikoimman ja parhaan kuntoryhmän välillä.

^bTilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) keskiverron ja parhaan kuntoryhmän välillä.

Kehon rasvattomaan painoon suhteutettujen maksimaalisten happipulssiarvojen perusteella muodostetuista kuntoryhmistä ainoastaan heikoin ja paras erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi MBO:n esiintyvyydessä ($p=0,021$). Happipulssiltaan heikoimmassa kuntoryhmässä MBO:ä sairasti 96 % ja parhaassa 64 % (taulukko 5). Keskiverrossa kuntoryhmässä esiintyvyys oli 81 %, mutta se ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi parhaasta ($p=0,206$) tai heikoimmasta ($p=0,185$) kuntoryhmästä. Maksimaalisten happipulssiarvojen perusteella muodostetuissa kuntoryhmissä MBO:n esiintyvyys oli siis samalla tasolla verrattuna VO_{2max} -arvojen perusteella muodostettuihin kuntoryhmiin (taulukko 4). MBO:n esiintyvyyttä kehon painoon ja rasvattomaan painoon suhteutettujen VO_{2max} -arvojen ja maksimaalisten happipulssiarvojen perusteella muodostetuissa kuntoryhmissä on havainnollistettu seuraavan sivun kuviossa 1.



KUVIO 1. Yhteenveto MBO:n esiintyvyydestä (%) eritavoilla muodostetuissa kuntoryhmissä.

6.5 Maksimaalisen hapenottokyvyn yhteys MBO:n riskitekijöiden kasautuvuuteen

Painoon suhteutetuilta VO₂max-arvoiltaan paras kuntoryhmä erosi tilastollisesti merkitsevästi sekä heikoimmasta että keskiverrosta ($p < 0,001$) kuntoryhmästä MBO:n riskitekijämäärässä (taulukko 6). Parhaassa kuntoryhmässä riskitekijöitä oli keskimäärin 2,7, keskiverrossa 3,9 ja heikoimmassa 4,2. Heikoin ja keskiverto kuntoryhmä eivät eronneet toisistaan riskimäärällisesti ($p = 0,673$). Kun kuntoryhmät muodostettiin rasvattomaan painoon suhteutettujen VO₂max-arvojen perusteella, ero riskitekijämäärässä pysyi tilastollisesti merkitseväenä enää parhaan ja heikoimman kuntoryhmän välillä ($p = 0,005$). Parhaassa kuntoryhmässä riskitekijöitä oli keskimäärin 3,1 ja heikoimmassa 4,1 (taulukko 6). Kun ikää analysoitiin kovariaattina, sillä ei ollut vaikutusta painoon suhteutettuihin ($p = 0,757$) eikä rasvattomaan painoon suhteutettuihin tuloksiin ($p = 0,708$).

TAULUKKO 6. MBO:n riskitekijämäärä VO₂max-arvojen perusteella muodostetuissa kuntoryhmissä.

	Riskitekijöiden määrä (ka ± kh)			p-arvo*
	Heikoin kunto-ryhmä (n=22)	Keskiverto kunto-ryhmä (n=21)	Paras kunto-ryhmä (n=22)	
Painoon suhteutettu VO ₂ max (ml/kg/min)	4,2 ± 0,9	3,9 ± 0,9	2,7 ± 0,8	<0,001 ^{a,b}
Rasvattomaan painoon suhteutettu VO ₂ max (ml/rasvaton kg/min)	4,1 ± 0,9	3,5 ± 1,0	3,1 ± 1,1	0,005 ^a

*p-arvot yksisuuntaisen varianssianalyysin parittaisvertailulla (Bonferroni).

^aTilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) heikoimman ja parhaan kuntoryhmän välillä.

^bTilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) keskiverron ja parhaan kuntoryhmän välillä.

6.6 Maksimaalisen happipulssin yhteys MBO:n riskitekijöiden kasautuvuuteen

Painoon suhteutetuilta maksimaalisilta happipulssiarvoiltaan paras kuntoryhmä erosi tilastollisesti merkitsevästi sekä heikoimmasta että keskiverrosta ($p < 0,001$) kuntoryhmästä MBO:n riskitekijämäärässä (taulukko 7). Parhaassa kuntoryhmässä riskitekijöitä oli keskimäärin 2,7, keskiverrossa 3,9 ja heikoimmassa 4,1. Heikoin ja keskiverto kuntoryhmä eivät eronneet toisistaan riskimäärällisesti ($p = 1,000$). Rasvattomaan painoon suhteutettujen maksimaalisten happipulssiarvojen perusteella muodostetuista kuntoryhmistä enää paras ja heikon erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p = 0,026$). Parhaassa kuntoryhmässä riskitekijöitä oli 3,1 ja

heikoimmassa 4,0 (taulukko 7). Iällä ei ollut vaikutusta painoon ($p=0,725$) eikä rasvattomaan painoon suhteutettuihin tuloksiin ($p=0,947$).

TAULUKKO 7. MBO:n riskitekijämäärä maksimaalisten happipulssiarvojen perusteella muodostetuissa kuntoryhmissä.

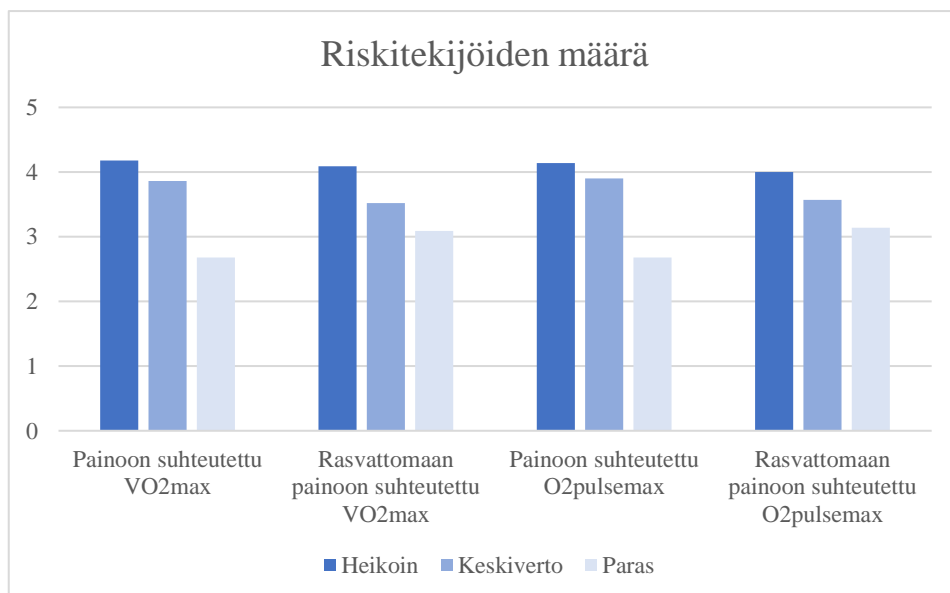
	Riskitekijöiden määrä (ka ± kh)			p-arvo*
	Heikoin kuntosryhmä (n=22)	Keskiverto kuntosryhmä (n=21)	Paras kuntosryhmä (n=22)	
Painoon suhteutettu happipulssi (ml/HR/kg)	4,1 ± 0,9	3,9 ± 0,9	2,7 ± 0,8	<0,001 ^{a,b}
Rasvattomaan painoon suhteutettu happipulssi (ml/HR/kg)	4,0 ± 0,8	3,6 ± 1,1	3,1 ± 1,1	0,026 ^a

*p-arvot yksisuuntaisen varianssianalyysin parittaisvertailulla (Bonferroni).

^aTilastollisesti merkitsevä ero ($p<0,05$) heikoimman ja parhaan kuntoryhmän välillä.

^bTilastollisesti merkitsevä ero ($p<0,05$) keskiverron ja parhaan kuntoryhmän välillä.

Tarkemmat jakaumat ja frekvenssit MBO:n riskitekijämääristä eri kuntoryhmissä löytyvät riskiintaulukointina liitteenä 4. MBO:n riskitekijöiden määrää kehon painoon ja rasvattomaan painoon suhteutettujen VO₂max-arvojen ja maksimaalisten happipulssiarvojen perusteella muodostetuissa kuntoryhmissä on havainnollistettu kuviossa 2.



KUVIO 2. Yhteenveto MBO:n riskitekijämääristä eritavoilla muodostetuissa kuntoryhmissä.

6.7 Kuntoryhmien riskit korkeammalle MBO:n riskitekijämäärälle

Kuntoryhmien suhteelliset riskit korkeammalle MBO:n riskitekijämäärälle löytyvät taulukosta 8. Painoon suhteutetuilta VO₂max-arvoiltaan paras kuntoryhmä erosi heikoimmasta ja keski-verrosta kuntoryhmästä tilastollisesti merkitsevästi (p<0,001). Heikkokuntoisimmalla oli 5,7-kertainen ja keskivertokuntoisilla 4,9-kertainen riski korkeammalle MBO:n riskitekijämäärälle verrattuna parhaaseen kuntoryhmään. Kun kuntoryhmät muodostettiin rasvattomaan painoon suhteutettujen VO₂max-arvojen perusteella, paras kuntoryhmä erosi ainoastaan heikoimmasta tilastollisesti merkitsevästi (p=0,001). Heikkokuntoisimpien riski korkeammalle MBO:n riskitekijämäärälle oli enää 2,8-kertainen verrattuna parhaaseen kuntoryhmään (taulukko 8).

Painoon suhteutetuilta maksimaalisilta happipulssiarvoiltaan paras kuntoryhmä erosi heikoimmasta ja keski-verrosta kuntoryhmästä tilastollisesti merkitsevästi (p<0,001). Heikkokuntoisimilla oli 8,1-kertainen ja keskivertokuntoisilla 7,5-kertainen riski korkeammalle MBO:n riskitekijämäärälle verrattuna parhaaseen kuntoryhmään. Rasvattomaan painoon suhteutettujen maksimaalisten happipulssiarvojen perusteella paras kuntoryhmä erosi vain heikoimmasta tilastollisesti merkitsevästi (p=0,002). Heikkokuntoisimpien riski korkeammalle MBO:n riskitekijämäärälle oli 2,4-kertainen verrattuna parhaaseen kuntoryhmään (taulukko 8).

TAULUKKO 8. Suhteelliset riskit luottamusväleinen korkeammalle MBO:n riskitekijöiden määrälle (4–5) kuntoryhmistä ja niiden muodostustavoista riippuen.

	Kuntoryhmät	(4–5 riskitekijää)	RR	(95 % CI)	p-arvo*
Painoon suhteutettu VO ₂ max (ml/kg/min)	Heikoin	77 %	5,7	(1,93–16,62)	< 0,001 ^a
	Keskiverto	67 %	4,9	(1,64–14,60)	< 0,001 ^a
	Paras	14 %	1,0		
Rasvattomaan painoon suhteutettu VO ₂ max (ml/rasvaton kg/min)	Heikoin	77 %	2,8	(1,38 – 5,82)	0,001 ^a
	Keskiverto	52 %	1,9	(0,87 – 4,25)	0,092
	Paras	27 %	1,0		
Painoon suhteutettu happipulssi (ml/HR/kg)	Heikoin	77 %	8,1	(2,13–30,91)	< 0,001 ^a
	Keskiverto	71 %	7,5	(1,95–28,81)	< 0,001 ^a
	Paras	9 %	1,0		
Rasvattomaan painoon suhteutettu happipulssi (ml/HR/rasvaton kg)	Heikoin	77 %	2,4	(0,98–2,68)	0,002 ^a
	Keskiverto	48 %	1,5	(0,70–3,20)	0,289
	Paras	32 %	1,0		

RR = suhteellinen riski

*p-arvot χ^2 -testin parittaisvertailulla (Exact tarvittaessa).

^aTilastollisesti merkitsevä ero (p<0,05) verrattuna parhaaseen kuntoryhmään (1,00).

7 POHDINTA

Tässä pro gradu -tutkielmassa tarkasteltiin poikkileikkausasetelmassa kardiorespiratorisen kunnan yhteyttä MBO:än ja sitä määrittelevien riskitekijöiden lukumäärään eli kasautuvuuteen. Tutkielman tarkoituksena oli selvittää, onko korkeampi kardiorespiratorinen kunto yhteydessä matalampaan MBO:n esiintyvyyteen ja vähäisempään riskitekijöiden määrään verenpainetautia ja/tai tyypin 2 diabetesta sairastavilla sekä maksimaalisella hapenottokyvyllä (VO_2max) että maksimaalisella happipulssilla mitattuna. VO_2max :ä ja maksimaalista happipulssia tarkasteltiin kehon painoon ja rasvattomaan painoon suhteutettuina arvoina. MBO diagnosoitiin, jos tutkitavilla toteutui vähintään kolme riskitekijää Joint Interim Statementin (Alberti ym. 2009) määritelmän mukaisesti heille tehtyjen alkumittausten perusteella. Käytetty tutkimusaineisto oli osa laajempaa HealthBeat-tutkimusta, jossa tutkittavat sairastivat lähtökohtaisesti verenpainetautia tai tyypin 2 diabetesta.

Tässä pro gradu -tutkielmassa osoitettiin, että kardiorespiratorinen kunto oli sekä VO_2max :llä että happipulssilla mitattuna yhteydessä MBO:n esiintyvyyteen. Parempikuntoisilla MBO:n esiintyvyys oli vähäisempää verrattuna heikompiuntoisiin. Kardiorespiratorisen kunnan todettiin olevan yhteydessä myös MBO:n riskitekijöiden määrään eli kasautuvuuteen siten, että parempikuntoisilla riskitekijöitä oli vähemmän. Kun VO_2max ja happipulssi suhteutettiin kehon painoon, tilastollisesti merkitsevät erot MBO:n esiintyvyydessä ja riskitekijöiden määrässä havaittiin sekä parhaan ja heikoimman että parhaan ja keskiverron kuntoryhmän välillä. Kehon rasvattomaan painoon suhteuttamisen jälkeen enää paras ja heikoin kuntoryhmä erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ja eron merkitsevyytensä oli hieman heikentynyt. Heikompiuntoisilla oli parempikuntoisia suurempi riski korkeammalle MBO:n riskitekijöiden määrälle (4–5) sekä VO_2max :llä että happipulssilla mitattuna. Riskien suuruus oli huomattavasti korkeampi, kun kuntoryhmät oli muodostettu kehon painoon suhteutettujen arvojen perusteella eikä rasvattomaan painoon suhteutettujen arvojen perusteella.

7.1 Kardiorespiratorinen kunto ja MBO:n esiintyvyys

Korkeampi maksimaalinen hapenottookyky suhteutettuna kehon painoon oli yhteydessä matalampaan MBO:n esiintyvyyteen verenpainetautia ja/tai tyyppin 2 diabetesta tai sen esiastetta sairastavilla. Tämä tulos on linjassa aiempien normaaliväestön poikkileikkaustutkimusten kanssa (Whaley ym. 1999; Lakka ym. 2003; Hassinen ym. 2008; Earnest ym. 2013; Adams-Campbell ym. 2016; Kelley ym. 2018). Paras kuntoryhmä (MBO:n esiintyvyys 50 %) erosi tilastollisesti merkitsevästi keskiverrosta (96 %) ja heikoimmasta (95 %) MBO:n esiintyvyydessä, kun maksimaalisen hapenottokyvyn arvot suhteutettiin kehon painoon. Parhaaseen kuntoryhmään kuuluneilla naisilla hapenottookyky oli vähintään 31,0 ja miehillä 39,1 millilitraa painokiloa kohden minuutissa. Parhaaseen kuntoryhmään kuuluneet naiset olivat kansainvälisen 50–59-vuotiaiden kuntoluokituksen mukaan erinomaisessa kunnossa ja miehet hyvässä tai erinomaisessa kunnossa (ACSM 2018). Hapenottokyvyltään heikoimpaan kuntoryhmään kuuluneiden naisten kunto (< 26,5 ml/kg/min) vaihteli saman kuntoluokituksen mukaan hyvästä huonoon ja miesten (< 31,1 ml/kg/min) kohtalaisesta erittäin huonoon. Keskivertokuntoryhmään kuuluvien naisten kunto (26,5–31,0 ml/kg/min) hyvä tai erinomainen ja miesten (31,1–39,1 ml/kg/min) hyvä tai kohtalainen (ASCM 2018). MBO:n esiintyvyys heikossa ja keskiverrossa kuntoryhmässä oli kuitenkin yhtä korkea.

Jo valmiiksi sydän- ja verisuonitautien riskitekijöitä omaavilla tutkittavilla MBO:n esiintyvyys oli merkittävästi vähäisempää parhaassa kuntoryhmässä, jossa kaikilla naisilla ja lähes kaikilla miehillä oli 50–59-vuotiaiden kuntoluokituksen mukaan erinomainen kardiorespiratorinen kunto. Silti tässä erinomaisessa kunnossa olevassa ryhmässäkin MBO:n esiintyvyys oli korkea ja sitä sairasti joka toinen tutkittava. Tätä voidaan selittää sillä, että jo lähtökohtaisesti MBO:n esiintyvyys koko tutkimusjoukossa oli hyvin korkea, kun tutkittavista neljä viidestä eli 80 % sairasti MBO:ä. Aikaisemmissa väestöpohjaisissa poikkileikkaustutkimuksissa, joissa on tutkittu kardiorespiratorisen kunnan yhteyttä MBO:än, MBO:n esiintyvyys on vaihdellut noin 14–27 % välillä (Lakka ym. 2003; Hassinen ym. 2008; Kelley ym. 2018). Adams-Campbellin ym. (2016) liikkumattomia ja ylipainoisia naisia tarkastelleen poikkileikkaustutkimuksen tulokset ovat lähimpänä tätä tutkimusta prosentuaalisen MBO:n esiintyvyyden suhteen, sillä heidän tutkimuksessaan kardiorespiratoriselta kunnoltaan parhaassa ryhmässä MBO:n esiintyvyys oli 38 %, keskiverrossa 50 % ja heikoimmassa 62 %.

Tässä tutkielmassa tutkimusjoukon korkeaa MBO:n esiintyvyyttä voidaan selittää sillä, että sisäänottokriteerien myötä 74 % tutkittavista sairasti verenpainetauti, 8 % tyypin 2 diabetesta, 11 % niistä molempia ja 8 % tyypin 2 diabeteksen esiastetta. Lisäksi tutkittavista yli kolme neljästä oli vähintään ylipainoinen ja yli kolmannes lihavia. Kaikki edellä mainitut tilat, eli verenpainetauti (Bulhoes & Arajuo 2007), tyypin 2 diabetes ja sen esiasteet (Ilanne-Parikka ym. 2004) sekä lihavuus (Kolovou ym. 2007) ovat yhteydessä korkeampaan MBO:n esiintyvyyteen ja ovat jo itsessään niitä riskitekijöitä, joista kolmen täyttyessä MBO diagnosoidaan. Aiemmissä tutkimuksissa sisäänottokriteereinä ei ole ollut tutkittavien sydän- ja verisuonitaudeille altistava tila (kuten verenpainetauti ja tyypin 2 diabetes), joten MBO:n esiintyvyys on ollut niissä maltillisemmalla tasolla. Lisäksi tulee huomioida, että eri tutkimuksissa käytetyt vaihtelevat määritelmät MBO:lle vaikuttavat myös arvioon MBO:n esiintyvyydestä (Saklayen 2018).

Aikaisemmissa poikittais- ja seurantatutkimuksissa, joissa on tutkittu $VO_2\text{max}$:n yhteyttä MBO:än, $VO_2\text{max}$:n arvot on suhteutettu kehon painoon (Lakka ym. 2003; Hassinen ym. 2008; Hassinen ym. 2010; Ekblom ym. 2015; Adams-Campbell ym. 2016; Kelley ym. 2018). Eripainoisten tutkittavien vertailussa $VO_2\text{max}$ -arvot tulisi kuitenkin suhteuttaa kehon rasvattomaan sillä kokonaispainoon suhteuttaminen voi aliarvioida maksimaalista hapenottokykyä erityisesti ylipainoisilla ja lihavilla henkilöillä (Krachler ym. 2015). Aliarviointi johtuu siitä, että rasvakudos, jota ylipainoisilla ja lihavilla on normaalia enemmän, ei ole aktiivinen ja edistä hapenkulutusta rasituksen aikana (Goran ym. 2000), eikä sen osuutta tulisi huomioida arvoja suhteuttaessa. Tämän tutkielman tutkimusjoukkoon kuului tutkittavia normaalipainoisista lähes sairaalloisen lihaviin (painoindeksi 21,9–39,9), minkä vuoksi kehon rasvattomaan painoon suhteutettujen $VO_2\text{max}$ -arvojen perusteella tehtyjen kuntoryhmien vertailua voidaan pitää mahdollisesti luotettavampana.

Kun $VO_2\text{max}$ suhteutettiin kehon rasvattomaan painoon, paras ja heikoin kuntoryhmä erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi MBO:n esiintyvyydessä. MBO:n esiintyvyys väheni rasvattomaan kehon painoon suhteuttamalla kehon kokonaispainoon suhteuttamista lineaarisemmin, kun kuntoryhmiä tarkasteltiin heikoimmasta parhaaseen. Rasvattomaan painoon suhteuttamalla parhaassa kuntoryhmässä MBO:ä sairastavia oli kuitenkin enemmän kuin painoon suhteuttamalla. Tätä voidaan selittää sillä, että tutkimusjoukossa MBO:ä sairastavia oli todella paljon (80 %) ja kun rasvattomaan painoon suhteuttamalla ylipainoisten ja lihaviin

kardiorespiratorista kuntoa ei aliarvioida (Krachler ym. 2015), hyväkuntoisia ylipainosia tai lihavina MBO:ä sairastavia sijoittuu jonkin verran enemmän keskiverron kuntoryhmän sijasta parhaaseen kuntoryhmään. Parhaassa kuntoryhmässä naisilla hapenotto- ja keuhon rasvattomaan painoon suhteutetuille $VO_2\max$ -arvoille ei ole ainakaan vielä olemassa samanlaisia viitearvoja kuin painoon suhteutetuille (ACSM 2018), joten kuntoluokittelu ei ole mahdollista. Kun maksimaalinen hapenotto- ja keuhon rasvattomaan painoon, sukupuolten välinen ero oli pienempi verrattuna suhteuttaessa keuhon painoon. Tulos on looginen, sillä keuhon painoon suhteutettuna sukupuolten välinen ero on 15–20 % ja rasvattomaan painoon suhteutettuna noin 10 % (McArdle ym. 2015, 241).

Useimmissa aiemmissä tutkimuksissa $VO_2\max$:n ja MBO:n välille on löydetty progressiivinen käänteinen yhteys, jossa kaikki kuntoryhmät ovat eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi MBO:n esiintyvyydessä (Lakka ym. 2003; Hassinen ym. 2008; Earnest ym. 2013; Kelley ym. 2018) ja ilmaantuvuudessa (LaMonte ym. 2005; Hassinen ym. 2010). Vaikka tässä tutkielmassa korkeampi $VO_2\max$ ja maksimaalinen happipulssi olivat yhteydessä matalampaan MBO:n esiintyvyyteen, vain parhaat kuntoryhmät erosivat tilastollisesti merkitsevästi heikoimmista (ja keskiverroista) kuntoryhmistä. Tätäkin voidaan selittää osittain sillä, että MBO:n esiintyvyys koko tutkimusjoukossa oli korkea sisäänottokriteereistä johtuen, mikä teki tilastollisesti merkitsevien erojen saavuttamisen kaikkien kuntoryhmien välille haasteellisemmaksi. Toinen vaikutus on pienellä tutkimusjoukolla ($n=65$), jossa kardiorespiratorisen kunnan ja MBO:n esiintyvyyden välisiä annos-vastesuhteita ja tilastollisesti merkitseviä eroja on vaikeampi saada riittävän suurina esiin. Tämän tutkielman tuloksia tukevat Carnethonin ym. (2003) ja Adams-Campbellin ym. (2016) tutkimukset, joissa ainoastaan parhaassa kuntoryhmässä MBO:n esiintyvyys oli tilastollisesti merkitsevästi vähäisempää. Toisaalta tämän tutkielman erityislaatuinen tutkimusjoukko huomioden voidaan päätellä, että jo valmiiksi sydän- ja verisuonitautien riskitekijöitä omaavilla henkilöillä kardiorespiratorisen kunnan merkitys on erityisen korostunut ja korkeimpaan kuntoluokkaan kuulumisen on tärkeää MBO:n sairastavuuden kannalta.

Maksimaalisen happipulssin yhteyttä MBO:än ei ole tällä tietoa tutkittu aikaisemmin, mutta sen yhteyttä eräisiin muihin sairauksiin ja tapahtumiin on jonkin verran. Happipulssin lisäarvosta

rasituskoemuuttujana $VO_2\text{max}$:n rinnalla on ollut vaihtelevaa tietoa (Laukkanen ym. 2006; Oliveira 2009). Tässä tutkielmassa korkeamman maksimaalisen happipulssin todettiin olevan sekä kehon painoon että rasvattomaan painoon suhteutettuna yhteydessä matalampaan MBO:n esiintyvyyteen verenpainetautia ja/tai tyypin 2 diabetesta sairastavilla. Samaan tapaan $VO_2\text{max}$:n kanssa, MBO:n esiintyvyys kuntoryhmissä laski lineaarisemmin, kun happipulssi suhteutettiin kehon rasvattomaan painoon eikä kokonaiskehon painoon. Happipulssinkin osalta erityisesti tässä tutkimusjoukossa luotettavimpina arvoina voidaan pitää rasvattomaan painoon suhteutettuja arvoja, sillä rasituskoemuuttujien ennustearvon on todettu olevan parempi kehon painoon suhteutettuina (Imboden ym. 2020). Myös sydämen vajaatoimintapotiilla happipulssin suhteuttaminen kehon rasvattomaan painoon ennustaa paremmin kuolleisuutta verrattuna kehon painoon suhteuttamiseen (Savonen ym. 2015). Maksimaalinen happipulssin yhteydestä MBO:n esiintyvyyteen saatiin pitkälti samanlaisia tuloksia kuin $VO_2\text{max}$:llä, mikä on selitettävissä sillä, että happipulssi johdetaan laskennallisesti $VO_2\text{max}$:stä (Oliveira ym. 2011). Tämän tutkielman perusteella happipulssin hyödyntäminen $VO_2\text{max}$:n rinnalla ei siis näyttäisi tuovan lisäarvoa kardiorespiratorisen kunnon mittarina, kun kardiorespiratorisen kunnon ja MBO:n yhteyksiä tutkitaan. Tämä tukee myös aikaisempaa tutkimusta, jossa happipulssin hyödyntämisen $VO_2\text{max}$:n rinnalla ei todettu tuovan lisäarvoa kuolleisuuden ennustearvolle (Laukkanen ym. 2006).

7.2 Maksimaalisen hapenottokyvyn ja happipulssin suhteuttamistavan merkitys

Tässä tutkielmassa sekä $VO_2\text{max}$ että maksimaalinen happipulssi suhteutettiin kehon painoon ja rasvattomaan painoon, koska molempiin muuttujiin vaikuttaa henkilön koko (Basset & Howley 2000; Fletcher ym. 2013) ja koska rasvakudos ei vaikuta hapenkulutukseen rasituksen aikana (Goran ym. 2000). Yksilötasolla tapahtui muutoksia, kun tutkittavien sijoittumista vertailtiin kehon painoon ja rasvattomaan painoon suhteutettujen $VO_2\text{max}$ -arvojen perusteella muodostettuihin kuntoryhmiin. Kun kehon painoon suhteutettujen $VO_2\text{max}$ -arvojen perusteella muodostettuja kuntoryhmiä verrattiin kehon rasvattomaan painoon suhteutettujen $VO_2\text{max}$ -arvojen perusteella muodostettuihin kuntoryhmiin, 65 % (42/65) tutkittavista sijoittui samaan kuntoryhmään. Kun vastaava vertailu tehtiin maksimaalisen happipulssin osalta, 57 % (37/65) tutkittavista sijoittui samaan kuntoryhmään. Havainnot korostavat sitä, että hapenoton ja happipulssin suhteuttamistavalla on merkittävä vaikutus tuloksiin, sillä ne tunnistavat osittain eri

ihmisiä hyvä-, keskiverto- ja huonokuntoisiksi. Tähän vaikuttaa ainakin se, että kokonaispainoon suhteuttaminen aliarvioi VO₂max:ä erityisesti ylipainoisilla ja lihavilla henkilöillä (Krachler ym. 2015).

Näennäisesti VO₂max ja maksimaalinen happipulssi olivat yhteydessä MBO:n esiintyvyyteen ja riskitekijämäärään toistensa kanssa hyvin samantapaisesti sekä kehon painoon että rasvattoman painoon suhteutettujen arvojen perusteella. Kuitenkin kun tutkittavien sijoittumista VO₂max-arvojen ja maksimaalisten happipulssi-arvojen perusteella muodostettuihin kuntoryhmiin tarkasteltiin yksilötasolla, vaihtuvuutta ilmeni jonkin verran. Kun kehon painoon suhteutettujen VO₂max-arvojen perusteella tehtyjä kuntoryhmiä verrattiin kehon painoon suhteutettujen maksimaalisten happipulssi-arvojen perusteella muodostettuihin kuntoryhmiin, 82 % (53/65) tutkittavista sijoittui samaan kuntoryhmään. Hyvää vastaavuutta voidaan taas selittää sillä, että VO₂max ja happipulssi ovat toisiinsa laskennallisesti yhteydessä (Oliveira ym. 2011). Kun vastaava vertailu tehtiin kehon rasvattomaan painoon suhteutettujen VO₂max- ja O₂pulsemaks-arvojen perusteella muodostetuista kuntoryhmistä, 66 % (43/65) tutkittavista sijoittui samaan kuntoryhmään.

7.3 Kardiorespiratorinen kunto ja MBO:n riskitekijöiden kasautuvuus

Korkeampi VO₂max ja maksimaalinen happipulssi suhteutettuina kehon painoon ja kehon rasvattomaan painoon olivat yhteydessä matalampaan MBO:n riskitekijöiden määrään. Riskitekijöiden määrän suhteen trendi oli nouseva tarkasteltaessa eri tavoin muodostettuja kuntoryhmiä parhaasta heikoimpaan. Tulokset ovat johdonmukaisia aikaisempien poikkileikkaustutkimusten kanssa, joissa matalampi kardiorespiratorinen kunto on ollut yhteydessä korkeampaan riskitekijöiden kasautumiseen ja korkeampaan kardiometaboliseen riskiin (Whaley ym. 1999; Earnest ym. 2013).

Kehon painoon suhteutettujen VO₂max-arvojen ja maksimaalisten happipulssi-arvojen perusteella muodostetuissa ryhmissä heikoimmassa kuntoryhmässä oli noin 1,5 riskitekijää enemmän verrattuna parhaaseen kuntoryhmään. Kehon rasvattomaan painoon suhteuttaessa heikoimmassa kuntoryhmässä riskitekijöitä oli enemmän noin yksi. Nämä tulokset ovat

merkittäviä siinä valossa, että riski kokonaiskuolleisuudelle ja sydän- ja verisuonitautikuolleisuudelle nousee suhteessa riskitekijöiden määrään (Ho ym. 2008). Kyse ei ole siis ainoastaan siitä, sairastaako MBO:ä vai ei – yhdelläkin riskitekijällä vähemmän on merkitystä. Vaikka kaikilla tämän aineiston tutkittavista oli vähintään kaksi sydän- ja verisuonitautien riskitekijää, positiivista on, että riippumatta riskitekijöiden määrästä, korkeammalla kardiorespiratorisella kunnolla voidaan parantaa sydän- ja verisuonitautien riskiprofilia (Myers ym. 2015).

Heikoimpaan kuntoryhmään kuuluvilla tutkittavilla oli 5,7-kertainen riski korkeammalle MBO:n riskitekijöiden määrälle (4–5 riskitekijää) verrattuna parhaaseen kuntoryhmään, kun kuntoryhmät muodostettiin kehon painoon suhteutettujen VO₂max-arvojen perusteella. Aikaisemmissa poikkileikkaustutkimuksissa riski on laskettu kehon painoon suhteutetun VO₂max:n perusteella MBO:n esiintyvyydelle korkeamman riskitekijämäärän sijasta (Lakka ym. 2003; Hassinen ym. 2008; Kelley ym. 2018). Lakan ym. (2003) tutkimuksessa heikoimmalla kuntoryhmällä oli 6,4-kertainen riski MBO:lle verrattuna parhaaseen, kun taas Hassisen ym. (2008) tutkimuksessa riski oli yli 10-kertainen. Kelley ym. (2018) tutkimuksessa parhaalla kuntoryhmällä oli jopa 20-kertaisesti epätodennäköisempää sairastaa MBO:ä verrattuna heikoimpaan. Aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna tämän tutkielman riskit korkeammalle MBO:n riskitekijämäärälle ovat merkittäviä, mutta maltillisia. Maltillisempia riskejä voidaan selittää ainakin sillä, että tutkittavilla oli jo valmiiksi sisäänottokriteereistä johtuen vähintään kaksi sydän- ja verisuonitautien riskitekijää riippumatta kardiorespiratorisesta kunnosta.

5,7-kertainen riski pieneni 2,8-kertaiseksi, kun VO₂max suhteutettiin kehon rasvattomaan painoon. Tämä selittyy erojen kaventumisella MBO:n esiintyvyydessä parhaan ja heikoimman kuntoryhmän välillä. Parhaaseen kuntoryhmään siirtyi ylipainoisia ja lihavia, mutta korkean kardiorespiratorisen kunnan omaavia MBO:ä sairastavia, kun heidän kardiorespiratorista kuntoaan ei enää aliarvioitu suhteuttamalla VO₂max kehon painoon (Krachler ym. 2015). Kehon painoon suhteuttamalla oletetaan, että kaikkien tutkittavien kehonkoostumus olisi sama (Imboden ym. 2020), mikä ei ainakaan tässä tutkimusjoukossa pitänyt paikkaansa. Koska muodostetut kuntoryhmät sisälsivät erikokoisia miehiä ja naisia ja naisilla rasvakudoksen osuus on miehiä suurempi (Kaukua 2010), rasvattomaan painoon suhteutettuja VO₂max-arvoja ja sen myötä riskejä voidaan pitää todenmukaisempina. Lisäksi kehon rasvattomaan painoon suhteutetuilla rasituskoemuuttujilla on todettu olevan kehon painoon suhteutettua korkeampi ennustearvo

kokonaiskuolleisuudelle (Imboden ym. 2020). On suositeltu, että erityisesti naisilla ja ylipainoisilla tai lihavilla rasiskoemuuttajat olisi hyvä suhteuttaa kehon rasvattomaan painoon (Krachler ym. 2015; Imboden ym. 2020). Kun kuntoryhmät muodostettiin kehon painoon suhteutettujen maksimaalisten happipulssi-arvojen perusteella, heikoimpaan kuntoryhmään kuuluvilla tutkittavilla oli 8,1-kertainen riski korkeammalle MBO:n riskitekijöiden määrälle verrattuna parhaaseen kuntoryhmään. VO₂max:n tapaisesti riski pieneni 2,4-kertaiseksi, kun happipulssi suhteutettiin kehon rasvattomaan painoon. Riskin pienentymistä voidaan selittää samalla tavalla kuin VO₂max:n suhteen.

7.4 Tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus

HealthBeat-tutkimuksen tutkimusprotokolla ja -asetelma olivat Maailman lääkäriliiton Helsingin julistuksen ihmisillä tehtävän lääketieteellisen tutkimuksen eettisen ohjeistuksen mukaisia. Keski-Suomen sairaanhoitopiirin eettinen toimikunta antoi puoltavan lausunnon tutkimukselle (Jyväskylä, Dnro 23U/2018). Kaikki tutkittavat antoivat kirjallisen suostumuksensa tutkimukseen osallistumisesta. Tässä tutkielmassa henkilötietoja käsiteltiin pseudonymisoituina ja vain tutkielman kannalta tarvittavissa määrin. Tutkimusaineisto hävitetään vuoden sisällä pro gradu -tutkielman julkaisemisesta. Tutkielman teossa noudatettiin hyvää tieteellistä käytäntöä ja käytetyt lähteet ovat pääosin laadukkaiden kansainvälisten tiedelehtien tutkimusartikkeleita.

Yksi tämän pro gradu -tutkielman luotettavuutta tukeva tekijä on se, että kardiorespiratorisen kunnon arviointiin käytettiin ”kultaiseksi standardiksi” määriteltyä suoraa menetelmää (ACSM 2018), missä maksimaalisen nousujohtaisen rasisuskokeen yhteydessä hyödynnettiin spiroergometriaa. Tämä mahdollisti tarkkojen VO₂max-arvojen ja maksimaalisten happipulssi-arvojen mittaamisen. Tutkittavien käyttäytymistä rajoitettiin ennen rasisuskokeeseen osallistumista, jotta tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia ja vertailukelpoisia. Tämän tutkielman vahvuutena voidaan pitää myös sitä, että kardiorespiratorista kuntoa arvioitiin kahdella eri muuttujalla, sekä VO₂max:lla että maksimaalisella happipulssilla ja niillä saatiin hyvin samankaltaisia tuloksia keskenään. Lisäksi muuttujien arvot suhteutettiin sekä kehon painoon että rasvattomaan painoon, mikä mahdollisti monipuolisemman kardiorespiratorisen kunnon ja MBO:n yhteyden tarkastelun. Aikaisemmissa kardiorespiratorisen kunnon ja MBO:n välisiä yhteyksiä

tutkineissa tutkimuksissa VO₂max on suhteutettu vain kehon painoon, vaikka MBO:ä sairastavat ovat tyypillisesti vähintään ylipainoisia ja heidän rasituskoemuuttujansa olisi tarkoituksenmukaista suhteuttaa kehon rasvattomaan painoon (Krachler ym. 2015; Imboden ym. 2020)

Vahvuutena voidaan pitää sitä, että tutkielmassa käytettiin kaikista viimeisimpänä julkaistua, usean eri organisaation laatimaa Joint Interim Statement -määritelmää (JIS) (Alberti ym. 2009) MBO:lle, joka yhdenmukaistaa aikaisempia MBO:n määritelmiä keskenään. MBO:n diagnoosiin vaadittavat tiedot HDL-kolesteroli- ja triglyseridipitoisuudesta sekä verensokeripitoisuudesta saatiin toisen tutkimuskäynnin yhteydessä tutkittavien käytyä valtuutetun laboratorion verikokeissa yön yli kestäneen paaston jälkeen. Verikoetulokset olivat siis tuoreita ja niiden luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä pyrittiin kontrolloimaan. Diagnoosissa tarvittavat tiedot vyötärönympärysmittasta ja verenpaineesta saatiin ennen rasituskoetta suoritetuista mittauksista, jotka kaikkien tutkittavien kohdalla suoritti sama mittaja saman protokollan mukaisesti.

Tässä pro gradu -tutkielmassa tulee huomioida myös sen useat rajoitteet. Tutkimusasetelmaan kyseessä oli poikkileikkaustutkimus, joten kardiorespiratorisen kunnan ja MBO:n välisistä syy-seuraussuhteista ei voitu tehdä johtopäätöksiä tämän tutkielman perusteella. Tutkimusjoukko oli suhteellisen pieni (n=65) ja pitkälti tutkimuksen sisäänottokriteerien (verenpainetauti ja/tai tyypin 2 diabetes tai sen esiaste) myötä MBO:n esiintyvyys oli korkea (80 %), minkä vuoksi MBO:ä sairastamaton vertailuryhmä jäi odotettua pienemmäksi. Lisäksi riskitekijöiden määrä vaihteli 2–5 välillä, eli riskitekijämäärältään 0–1 tutkittavia ei kuulunut tutkimusjoukkoon lainkaan. Näin ollen MBO:ä sairastamattomillakin (2 riskitekijää) oli tässä tutkimusjoukossa kohonnut sairastavuus- ja kuolleisuusriski (Ho ym. 2008). Analyysijä ei tehty sukupuolittain pienen aineiston ja miesten vähäisen määrän vuoksi, mutta sukupuolittainen tarkastelu olisi tuonut lisäarvoa tutkimukselle. Sukupuolen vaikutus kardiorespiratoriseen kuntoon huomioitiin kuitenkin kuntoryhmiä muodostaessa, kun miehet ja naiset jaettiin omiin kolmanneksiinsa, jonka jälkeen toisiaan vastaavat heikoin, keskiverto ja paras kuntoryhmä yhdistettiin.

Perimän, iän, koon, sukupuolen ja liikuntaharjoittelun tiedetään vaikuttavan VO₂max:yn (Bassett & Howley 2000) ja osittain myös maksimaaliseen happipulssiin (Fletcher ym. 2013). Samat tekijät vaikuttavat myös MBO:än kehittymiseen ja siihen tiiviisti liitettäviin tiloihin, kuten

ylipainoon, lihavuuteen ja liikkumattomuuteen (Saklayen 2018). Tässä tutkielmassa edellä luetelluista tekijöistä ikä kontrolloitiin kovariaattina mahdollisena sekoittavana tekijänä ja tutkittavat jaettiin kuntoryhmiin sukupuoli huomioiden. Lisäksi VO₂max- ja happipulssiarvot suhteutettiin kehon painoon ja rasvattomaan painoon, jolloin myös tutkittavien koko huomioitiin. Liikunta-aktiivisuutta ei kuitenkaan sisällytetty analyysiin, mikä on eräs tutkimuksen rajoite. Se, että suurimmalla osalla tutkittavista oli verenpainetauti, osalla tyypin 2 diabetes ja pienellä osalla sen esiaste, tekee tutkimusjoukosta heterogeenisemmän ja se vaikuttaa tulosten yleistettävyyteen. Yleisenä haasteena kardiorespiratorisen kunnon ja MBO:n yhteyttä tutkivissa tutkimuksissa on luotettavan tutkimusten välisen vertailun tekeminen. MBO:n diagnoosissa käytetyn määritelmän vaihtelevuus, kardiorespiratorisen kunnon mittaus- tai arviointitapojen vaihtelevuus, sekoittavien tekijöiden kontrolloinnin erot ja tutkimusjoukon erityispiirteet vaikuttavat tutkimustuloksiin ja niiden yleistettävyyteen merkittävästi. Tämän tutkielman tulosten yleistettävyyteen tulee suhtautua varauksella pienen ja heterogeenisen tutkimusotoksen vuoksi.

Kardiorespiratorisen kunnon yhteyttä MBO:n esiintyvyyteen ja erityisesti riskitekijöiden määrään täytyy tutkia jatkossa seurantatutkimuksissa suuremmalla tutkimusotoksella sydän- ja verisuonitautien riskitekijöitä omaavilla tutkittavilla. Se, miltä riskitekijöiltä korkeampi kardiorespiratorinen kunto suojaa parhaiten, olisi mielenkiintoista eritellä. Miehiä ja naisia tulee analysoida omina tutkimusjoukkoinaan merkittävimmät sekoittavat tekijät, kuten ikä, koko ja kehonkoostumus sekä liikuntaharjoittelu kontrolloiden. Koska MBO:ä sairastavat ovat tyypillisesti ylipainoisia tai lihavia ja heillä on rasvakudosta tavallista enemmän, kardiorespiratorisen kunnon ja MBO:n välisiä yhteyksiä tutkivia tutkimuksia tarvitaan lisää niin, että kardiorespiratorista kuntoa kuvaavat rasituskoemuuttujat on suhteutettu kehon rasvattomaan painoon. Eriyisesti VO₂max-arvoille tulisi laatia kehon rasvattomaan painoon suhteutettuihin arvoihin perustuvat kuntoluokitukset vertailun mahdollistamiseksi. Happipulssin mahdollinen lisäarvo VO₂max:n rinnalla vaatii jatkotutkimusta, kun niiden yhteyttä tutkitaan MBO:n lisäksi muihin terveysmuuttujiin. Lisäksi tutkimuksissa tulisi käyttää MBO:n diagnoosissa viimeisintä määritelmää, jotta tutkimukset olisivat paremmin vertailukelpoisia toistensa kanssa.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämä tutkielma osoitti heikomman kardiorespiratorisen kunnan olevan yhteydessä korkeampaan MBO:n esiintyvyyteen ja riskitekijöiden kasautuvuuteen verenpainetautia ja/tai tyypin 2 diabetesta sairastavilla. Yhteys havaittiin sekä kehon painoon että rasvattomaan painoon suhteutettuja VO₂max-arvoja ja maksimaalisia happipulssiarvoja tarkastellessa. Kardiorespiratoriselta kunnoltaan parhaaseen ryhmään kuulumisen suojaasi tehokkaimmin MBO:n sairastamiselta ja korkealta riskitekijämäärältä jo valmiiksi sydän- ja verisuonitautien riskitekijöitä omaavilla työikäisillä. Myös heikkokuntoisempien kohonnut riski korkeammalle MBO:n riskitekijämäärälle (4–5) verrattuna parempikuntoisiin korostaa kardiorespiratorisen merkitystä sydän- ja verisuonitautien riskitekijöiden kasautumisen kannalta.

Tutkielman tulokset vahvistivat aiempaa tutkimustietoa kehon painoon suhteutetun VO₂max:n yhteydestä MBO:än, vaikkakin tässä tutkimusjoukossa MBO:ä sairastavien määrä oli erityisen korkea (80 %) osittain sisäänottokriteereistä johtuen. Happipulssin hyödyntäminen VO₂max:n rinnalla kardiorespiratorisen kunnan mittarina ei tuonut tässä tutkimusjoukossa merkittävää lisäarvoa. Toisaalta, vaikka VO₂max ja maksimaalinen happipulssi olivat näennäisesti hyvin samantyyppisillä yhteydessä MBO:än ja riskitekijämäärään, kuntoryhmiin sijoittumisessa oli vaihtelua yksilötasolla riippuen siitä, kumpaa muuttujaa käytettiin mittarina ja suhteutettiin arvot perinteisesti kehon painoon vai kehon rasvattomaan painoon. Lisätutkimusta kardiorespiratorisen kunnan ja MBO:n välisistä yhteyksistä tarvitaan erityisesti niin, että kardiorespiratorista kuntoa kuvaavat rasituskoemuuttujat on suhteutettu kehon rasvattomaan painoon ja MBO:n diagnoosissa on käytetty viimeisintä määritelmää. Tutkielman tulokset korostavat hyvän kardiorespiratorisen kunnan merkitystä MBO:ltä suojaavana tekijänä työikäisillä, joilla esiintyy joitain sydän- ja verisuonitautien riskitekijöitä. Koska kardiorespiratorista kuntoa voidaan parantaa liikumalla, liikunnallisen elämäntyylin noudattaminen ja kestävyysliikunnan harrastaminen ovat ensiarvoisen tärkeässä roolissa MBO:n ennaltaehkäisyssä ja hoidossa.

LÄHTEET

- ACSM (American College of Sports Medicine). Riebe, D., Ehrman, J. K., Liguori, G. & Magal, M. 2018. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 10. painos. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer.
- Adams-Campbell, L. L., Dash, C., Hyun Kim, B., Hicks, J. C., Makambi, K. & Hagberg, J. M. 2016. Cardiorespiratory Fitness and Metabolic Syndrome in Postmenopausal African-American Women. *International Journal of Sports Medicine* 37 (4), 261–266.
- Alberti, K. G. M. M., Zimmet, P. & Shaw, J. 2006. Metabolic Syndrome—a new World-Wide Definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation *Diabetic Medicine* 23 (5), 469–480.
- Alberti, K. G. M. M., Eckel, R. H., Grundy, S. M., Zimmet, P. Z., Cleeman, J. I., Donato, K. A., Fruchart, J-C., James, W. P. T., Loria, C. M. & Smith Jr, S. C. 2009. Harmonizing the Metabolic Syndrome. A Joint Interim Statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation* 120 (16), 1640–1645.
- Barry, V. W., Baruth, M., Beets, M., Durstine, J. L. Liu, J. & Blair, S. N. 2014. Fitness vs. Fatness on all-cause Mortality: A Meta-Analysis. *Progress in Cardiovascular Diseases* 56 (4), 382–390.
- Bassett, D. R. Jr. & Howley, E. T. 2000. Limiting Factors for Maximum Oxygen Uptake and Determinants of Endurance Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32 (1), 70–84.
- Bee, Y. T. Jr., Haresh, K. K. & Rajibans, S. 2008. Prevalence of Metabolic Syndrome Among Malaysians Using the International Diabetes Federation, National Cholesterol Education Program and Modified World Health Organization Definitions. *Malaysian Journal of Nutrition* 14 (1), 65–77.
- Bouchard, C., Daw, E. W., Rice, T. Pérusse, M., Gagnon, J., Province, M. A., Leon, A. S., Rao, D. C., Skinner, J. S. & Wilmore, J. H. 1998. Familial Resemblance for VO₂max in the

- Sedentary State: the HERITAGE Family Study. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30 (2), 252–258.
- Bouchard, C., Sarzynski, M. A., Rice, T. K., Kraus, W. E., Church, T. S., Sung, Y. J., Rao, D. C. & Rankinen, T. 2011. Genomic Predictors of the Maximal O₂ Uptake Response to Standardized Exercise Training Programs. *Journal of Applied Physiology* 110 (5), 1160–1170.
- Bulhoes, K. & Araujo, L. 2007. Metabolic Syndrome in Hypertensive Patients: Correlation Between Anthropometric Data and Laboratory Findings. *Diabetes Care* 30 (6), 1624–1626.
- Cameron, A. J., Shaw, J. E. & Zimmet, P. Z. The Metabolic Syndrome: Prevalence in World-Wide Populations. 2004. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America* 33 (2), 351–375.
- Carnethon, M. R., Gidding, S. S., Nehgme, R., Sidney, S., Jacobs, D. R. Jr., Liu, K. 2003. Cardiorespiratory Fitness in Young Adulthood and the Development of Cardiovascular Disease Risk Factors. *JAMA* 290 (23), 3092–3100.
- Colberg, S. R., Sigal, R. J., Yardley, J. E., Riddell, M. C., Dunstan, D. W., Dempsey, P. C., Horton, E. S., Castorino, K. & Tate, D. F. 2016. Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care* 39 (11), 2065–2079.
- DeFina, L. F., Haskell, W. L., Willis, B. L., Barlow, C. E., Finley, C. E., Levine, B. D. & Cooper, K. H. 2015. Physical Activity Versus Cardiorespiratory Fitness: Two (partly) Distinct Components of Cardiovascular Health? *Progress in Cardiovascular Diseases* 57 (4), 324–329.
- Desroches, S. and Lamarche, B. 2007. The Evolving Definitions and Increasing Prevalence of the Metabolic Syndrome. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* 32 (1) 23–32.
- Dyslipidemiati. 2021. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Sisätautilääkärin Yhdistys ry:n Asettama Työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 10.4.2021. www.kaypahoito.fi
- Earnest, C. P., Artero, E. G., Sui, X., Lee, D-C., Church, T. S. & Blair, S. N. 2013. Maximal Estimated Cardiorespiratory Fitness, Cardiometabolic Risk Factors, and Metabolic Syndrome in the Aerobics Center Longitudinal Study. *Mayo Clinic Proceedings* 88 (3), 259–270.

- Ei-alkoholiperäinen rasvamaksatauti (NAFLD). 2020. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Yleislääketieteen yhdistys ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 3.2.2021. www.kaypahoito.fi
- Eklom, Ö., Eklom-Bak, E., Rosengren, A., Hallsten, M., Bergström, G. & Börjesson, M. 2015. Cardiorespiratory Fitness, Sedentary Behaviour and Physical Activity Are Independently Associated with the Metabolic Syndrome, Results from the SCAPIS Pilot Study. *PLOS ONE* 10 (6), 1–18.
- Engin, A. 2017. The Definition and Prevalence of Obesity and Metabolic Syndrome. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 960, 1–17.
- Ergin, I., Hassoy, H. & Kunst, A. 2012. Socio-Economic Inequalities in Overweight Among Adults in Turkey: A Regional Evaluation. *Public Health Nutrition*, 15 (1), 58-66.
- Ervin, R. B. 2009. Prevalence of Metabolic Syndrome Among Adults 20 years of Age and Over, by Sex, Age, Race and Ethnicity, and Body Mass Index; United States, 2003-2006. *National Health Statistics Report* 13, 1–7.
- Esser, N., Legrand-Poels, S., Piette, J., Scheen, A. J. & Paquot, N. 2014. Inflammation as a Link Between Obesity, Metabolic Syndrome and Type 2 Diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice* 105 (2), 141–150.
- Fletcher, G. F., Ades, P. A., Kligfield, P., Arena, R., Balady, G. J., Bittner, V. A., Coke, L. A., Fleg, J. L., Forman, D. E., Gerber, T. C., Gulati, M., Madan, K., Rhodes, J., Thompson, P. D. & Williams, M. A. on Behalf of the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology, Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, and Council on Epidemiology and Prevention. 2013. Exercise Standards for Testing and Training – A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 128 (8), 873–934.
- Fogelholm M. 2010. Physical Activity, Fitness and Fatness: Relations to Mortality, Morbidity and Disease Risk Factors. A Systematic Review. *Obesity Reviews* 11 (3), 202–221.
- Fogelholm, M. & Uusitupa, M. 2021. Kehon koostumuksen mittaaminen. Teoksessa M. Mutanen, H. Niinikoski, U. Schwab & M. Uusitupa (toim.) Ravitsemustiede. 8. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, e-aineisto.

- Goran, M., Fields, D. A., Hunter, G. R., Herd, S. L. & Weinsier, R. L. 2000. Total Body Fat Does not Influence Maximal Aerobic Capacity. *International Journal of Obesity* 24 (7), 841-848.
- Grundy, S. M. 2016. Metabolic Syndrome Update. *Trends in Cardiovascular Medicine* 26 (4), 364–373.
- Han, T. S. & Lean, M. E. J. 2015. Metabolic Syndrome. *Medicine* 43 (2), 80–87.
- Hassinen, M., Lakka, T. A., Savonen, K., Litmanen, H., Kiviahho, L., Laaksonen, D. E., Komulainen, P. & Rauramaa, R. 2008. Cardiorespiratory Fitness as a Feature of Metabolic Syndrome in Older Men and Women: The Dose-Responses to Exercise Training Study (DR's EXTRA). *Diabetes Care* 31 (6), 1242–1247.
- Hassinen, M., Lakka, T. A., Hakola, L., Savonen, K., Komulainen, P., Litmanen, H., Kiviniemi, V., Kouki, R., Heikkilä, H. & Rauramaa, R. 2010. Cardiorespiratory Fitness and Metabolic Syndrome in Older Men and Women: the Dose Responses to Exercise Training (DR's EXTRA) Study. *Diabetes Care* 33 (7), 1655–1657.
- Ho, J. S., Cannaday, J. J., Barlow, C. E., Mitchell, T. L., Cooper, K. H. & FitzGerald, S. J. 2008. Relation of the Number of Metabolic Syndrome Risk Factors With All-Cause and Cardiovascular Mortality. *The American Journal of Cardiology* 102 (6), 689–692.
- Ilanne-Parikka, P., Eriksson, J., Lindström, J., Hämäläinen, H., Keinänen-Kiukaanniemi, S., Laakso, M., Louheranta, A., Mannelin, M., Rastas, M., Salminen, V., Aunola, S., Sundvall, J., Valle, T., Lahtela, J., Uusitupa, M., Tuomilehto, J. & Finnish Diabetes Prevention Study Group. 2004. Prevalence of the Metabolic Syndrome and its Components. Findings from a Finnish General Population Sample and the Diabetes Prevention Study Cohort. *Diabetes Care*, 27 (9), 2135–2140.
- Imboden, M. T., Kaminsky, L. A., Peterman, J. E., Hutzler, H. L., Whaley, M. H., Fleenor, B. S. & Harber, M. P. 2020. Cardiorespiratory Fitness Normalized to Fat-Free Mass and Mortality Risk. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 52 (7), 1532–1537.
- International Diabetes Federation. 2006. The IDF Consensus World-Wide definition of the Metabolic Syndrome. Viitattu 17.1.2020. <http://www.idf.org/metabolic-syndrome>
- Kaukua, J. 2010. Lihavuus. Teoksessa M. Välimäki, T. Sane & Dunkel, L. (toim.) *Endokrinologia*. 2. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, e-aineisto.
- Kelley, E., Imboden, M. T., Harber, M. P., Finch, H., Kaminsky, L. A. & Whaley, M. 2018. Cardiorespiratory Fitness Is Inversely Associated With Clustering of Metabolic

- Syndrome Risk Factors: The Ball State Adult Fitness Program Longitudinal Lifestyle Study. *Mayo Clinic Proceedings: Innovations, Quality & Outcomes* 2 (2), 155–164.
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sugawara, A., Totsuka, K., Shimano, H., Ohashi, Y., Yamada, N. & Sone, H. 2009. Cardiorespiratory Fitness as a Quantitative Predictor of All-Cause Mortality and Cardiovascular Events in Healthy Men and Women: A Meta-Analysis. *JAMA* 301 (19), 2024–2035.
- Kohonnut verenpaine. 2020. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Verenpaineyhdistys ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäri-seura Duodecim. Viitattu 30.5.2021. www.kaypahoito.fi
- Kolovou G. D., Anagnostopoulou, K. K., Salpea, K. D. & Mikhailidis, D. P. 2007. The Prevalence of Metabolic Syndrome in Various Populations. *The American Journal of Medical Sciences* 333 (6), 362–371.
- Korhonen, I., Sovijärvi, A. & Turjanmaa, V. 2012. Kliinisen fysiologian metodiikan perusteet. Teoksessa A. Ahonen, J. Hartiala, E. Länsimies, S. Savolainen, A. Sovijärvi, V. Turjanmaa, E. Vanninen (toim.) *Kliinisen fysiologian perusteet. Lyhennetty painos teoksesta Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede*. Keuruu: Kustannus Oy Duodecim, 12–16.
- Kujala, U. 2018. Is Physical Activity a Cause of Longevity? It is not as Straightforward as Some Would Believe. A Critical Analysis. *British Journal of Sports Medicine* 52 (14), 914–918.
- Krachler, B., Savonen, K., Komulainen, P., Hassinen, M., Lakka, T. A. & Rauramaa, R. 2015. Cardiopulmonary Fitness is a Function of Lean Mass, not Total Body Weight: The DR's EXTRA Study. *European Journal of Preventive Cardiology* 22 (9), 1171–1179.
- Lakka, T. A., Laaksonen, D. E., Lakka, H-M., Männikkö, N., Niskanen, L. K., Rauramaa, R., Salonen, J. T. 2003. Sedentary Lifestyle, Poor Cardiorespiratory Fitness, and the Metabolic Syndrome. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 35 (8), 1279–1286.
- Lakka, T. A. & Laaksonen, D. E. 2007. Physical Activity in Prevention and Treatment of the Metabolic Syndrome. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 32 (1), 76–88.
- LaMonte, M. J., Barlow, C. E., Jurca, R., Kampert, J. B., Church, T. S., Blair, S. N. 2005. Cardiorespiratory Fitness is Inversely Associated With the Incidence of Metabolic Syndrome: A Prospective Study of Men and Women. *Circulation* 112 (4), 505–512.
- Laukkanen, J., Kurl, S., Salonen, R., Rauramaa, R. & Salonen, J. T. 2004. The Predictive Value of Cardiorespiratory Fitness for Cardiovascular Events in Men With Various Risk

- Profiles: a Prospective Population-Based Cohort Study. *European Heart Journal* 25 (16), 1428–1437.
- Laukkanen, J., Kurl, S., Salonen, J. T., Lakka, T. A. & Rauramaa, R. 2006. Peak Oxygen Pulse During Exercise as a Predictor for Coronary Heart Disease and all Cause Death. *Heart* 92 (9), 1219–1224.
- Laukkanen, J., Araújo, C. G. S., Kurl, S., Khan, H., Jae, S. Y., Guazzi, M. & Kunutsor, S. K. 2018. Relative Peak Exercise Oxygen Pulse is Related to Sudden Cardiac Death, Cardiovascular and All-Cause Mortality in Middle-Aged Men. *European Journal of Preventive Cardiology* 25 (7), 772–782.
- Laukkanen, J. & Kujala, U. 2018. Low Cardiorespiratory Fitness is a Risk Factor for Death: Exercise Intervention May Lower Mortality? *Journal of the American College of Cardiology* 72 (19), 2293–2296.
- Lee, D-C., Sui, X., Ortega, F. B., Kim, Y-S., Church, T. S., Winett, R. A., Ekelund, U., Katzmarzyk, P. T. & Blair, S. N. 2011. Comparisons of Leisure-Time Physical Activity and Cardiorespiratory Fitness as Predictors of All-Cause Mortality in Men and Women. *British Journal of Sports Medicine* 45 (6), 504–510.
- Lemes, I. R., Turi-Lynch, B. C., Cavero-Redondo, I., Linares, S. N. & Monteiro, H. N. 2018. Aerobic Training Reduces Blood Pressure and Waist Circumference and Increases HDL-c in Metabolic Syndrome: a Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of the American Society of Hypertension* 12 (8), 580–588.
- Liikunta. 2016. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecim ja Käypä hoito -johtoryhmän asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 30.5.2021. www.kaypahoito.fi
- Lin, X., Zhang, X., Guo, J., Roberts, C. K., McKenzie, S., Wu, W-C., Liu, S. & Song, Y. 2015. Effects of Exercise Training on Cardiorespiratory Fitness and Biomarkers of Cardiometabolic Health: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of the American Heart Association* 4 (7), 1–28.
- Maury, E. & Brichard, S. M. 2010. Adipokine Dysregulation, Adipose Tissue Inflammation and Metabolic Syndrome. *Molecular and Cellular Endocrinology* 314 (1), 1–16.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. 2015. *Exercise Physiology: Nutrition, Energy and Human performance*. 8th edition. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.

- McNeill, A. N., Rosamond, W. D., Girman, C. J., Hill Golden, S., Schmidt, M. I., East, H. E., Bellantyne, C. M. & Heiss, G. 2005. The Metabolic Syndrome and 11-Year Risk of Incident Cardiovascular Disease in the Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Diabetes Care* 28 (2), 385–390.
- Metsämuuronen, J. 2011. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. E-kirja. Helsinki: International Methelp Oy.
- Mottilo, S., Filion, K. B., Genest, J., Joseph, L., Pilote, L., Poirier, P., Rinfret, S., Schiffrin, E. L. & Eisenberg, M. J. 2010. The Metabolic Syndrome and Cardiovascular Risk a Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American College of Cardiology* 56 (14), 1113–1132.
- Mustajoki, P. 2019. Metabolinen oireyhtymä (MBO). Duodecim Terveyskirjasto. Viitattu 17.1.2020. https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00045
- Myers, J., McAuley, P., Lavie, C. J., Despres, J-P., Arena, R. & Kokkinos, P. 2015. Physical Activity and Cardiorespiratory Fitness as Major Markers of Cardiovascular Risk: Their Independent and Interwoven Importance to Health Status. *Progress in Cardiovascular Diseases* 57 (4), 306–314.
- Myers, J., Kokkinos, P. & Nyelin, E. 2019. Physical Activity, Cardiorespiratory Fitness, and the Metabolic Syndrome. *Nutrients* 11 (7), 1672.
- NCEP. 2002. Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). Final Report. *Circulation* 106 (25), 3143–3421.
- Oliveira, R. B., Myers, J., Araújo, C. G. S., Arena, R., Mandic, S., Bensimhon, D., Abella, J., Chase, P., Guazzi, M., Brubaker, B., Moore, B., Kitzman, D. & Peberdy, M. A. 2009. Does Peak Oxygen Pulse Complement Peak Oxygen Uptake in Risk Stratifying Patients With Heart Failure? *The American Journal of Cardiology*, 104 (4), 554–558.
- Oliveira, R. B., Myers, J. & de Araújo, C. G. S. 2011. Long-Term Stability of the Oxygen Pulse Curve During Maximal Exercise. *Clinics (Sao Paulo)* 66 (2), 203–209.
- O'Neill, S. & O'Driscoll, L. 2015. Metabolic Syndrome: a Closer Look at the Growing Epidemic and its Associated Pathologies. *Obesity Reviews* 16 (1), 1–12.
- Ostovar, R., Kiani, F., Sayehmiri, F., Yasemi, M., Mohsenzadeh, Y. & Moshenzadeh Y. 2017. Prevalence of Metabolic Syndrome in Iran: A Meta-Analysis. *Electronic Physician* 9 (10), 5402–5418.

- Piirilä, P. & Sovijärvi, A. R. A. 2013. Spiroergometria fyysisen suorituskyvyn ja sitä rajoittavien tekijöiden arvioinnissa. *Duodecim* 129 (12), 1251–1261.
- Riebe, D., Franklin, B. A., Thompson, P. D., Garber, C. E., Whitfield, G. P., Magal, M. & Pescatello, L. S. 2015. Updating ACSM's Recommendations for Exercise Preparticipation Health Screening. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 47 (11), 2473–2479.
- Ross, R., Blair, S. N., Arena, R., Church, T. S., Després, J. P., Franklin, B. A., Haskell, W. L., Kaminsky, L. A., Levine, B. D., Lavie, C. J., Myers, J., Niebauer, J., Sallis, R., Sawada, S. S., Sui, X., Wisløff, U., American Heart Association Physical Activity Committee of the Council on Lifestyle and Cardiometabolic Health, Council on Clinical Cardiology, Council on Epidemiology and Prevention, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, Council on Functional Genomics and Translational Biology & Stroke Council. 2016. Importance of Assessing Cardiorespiratory Fitness in Clinical Practice: A Case for Fitness as a Clinical Vital Sign: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 134 (24), 653–699.
- Saklayen, M. G. 2018. The Global Epidemic of the Metabolic Syndrome. *Current Hypertension Reports* 20 (2), 12.
- Savonen, K., Laukkanen, J. & Peltonen, J. 2015. Suorituskyky ja kardiorespiratorinen kunto: kuormitusfysiologiasta kliiniseen päätöksentekoon. *Duodecim* 131 (18), 1693–1699.
- Schwingshackl, L., Dias, S. & Hoffmann, G. 2014. Impact of Long-Term Lifestyle Programmes on Weight Loss and Cardiovascular Risk Factors in Overweight/Obese Participants: a Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Systematic Reviews* 3 (1), 130.
- Sharman, J. E. & LaGerche, A. 2015. Exercise Blood Pressure: Clinical Relevance and Correct Measurement. *Journal of Human Hypertension* 29 (6), 351–358.
- Syvänne, M. & Kervinen, K. 2016. Metabolisen oireyhtymän määritelmä ja patogeneesi. Teoksessa J. Airaksinen, K. Aalto-Setälä, J. Hartikainen, H. Huikuri, M. Laine, J. Lommi, P. Raatikainen & A. Saraste (toim.) *Kardiologia*. 3. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, e-aineisto.
- Targher, G., Day, C. P. & Bonora, E. 2010. Risk of Cardiovascular Disease in Patients With Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *The New England Journal of Medicine* 363 (14), 1341–1350.

- Tarp, J., Stole, A. P., Blond, K. & Grontved, A. 2019. Cardiorespiratory Fitness, Muscular Strength and Risk of Type 2 Diabetes: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Diabetologia* 62 (7), 1129–1142.
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2020. Lihavuuden yleisyys. Viitattu 18.1.2021. <https://thl.fi/fi/web/elintavat-ja-ravitsemus/lihavuus/lihavuuden-yleisyys>
- Tikkanen, E., Gustafsson, S. & Ingelsson, E. 2018. Associations of Fitness, Physical Activity, Strength, and Genetic Risk with Cardiovascular Disease. *Circulation* 137 (24), 2583–2591.
- UKK-instituutti. 2019. Liikkumalla terveyttä – askel kerrallaan. Viikoittainen liikkumisen suositus 18–64-vuotiaille. Viitattu 31.5.2021. <https://ukkinstituutti.fi/liikkuminen/liikkumisen-suositukset/aikuisten-liikkumisen-suositus/>
- Vanhala, M. 2010. Metabolinen oireyhtymä. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 126 (11), 1135–1338.
- Vuori, I. 2016. Metabolinen oireyhtymä. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. Kujala (toim.) *Liikuntalääketiede*. 3.–8. painos. Helsinki: Duodecim, 452–459.
- Wei, M., Gibbons, L. W., Kampert, J. B., Nichaman, M. Z. & Blair, S. N. 2000. Low Cardiorespiratory Fitness and Physical Inactivity as Predictors of Mortality in Men with Type 2 Diabetes. *Annals of Internal Medicine* 132 (8), 605–611.
- Wewege, M. A., Thom, J. M., Rye, K. A. & Parmenter, B. J. 2018. Aerobic, Resistance or Combined Training: A Systematic Review and Meta-Analysis of Exercise to Reduce Cardiovascular Risk in Adults with Metabolic Syndrome. *Atherosclerosis* 274, 162-171.
- Wolthuis, R.A., Froelicher, V.F., Jr, Fischer, J., Noguera, I., Davis, G., Stewart, A.J. & Triebwasser, J.H. 1977. New Practical Treadmill Protocol for Clinical Use. *American Journal of Cardiology* 39 (5), 697–700.
- Whaley, M. H., Kampert, J. B., Kohl, H. W. & Blair, S. N. 1999. Physical Fitness and Clustering of Risk Factors Associated With the Metabolic Syndrome. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 31 (2), 287–293.
- World Health Organization. 1999. Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its Complications: Report of a WHO Consultation. Viitattu 15.1.2020. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/66040/WHO_NCD_NCS_99.2.pdf
- World Health Organization. 2020. Obesity and Overweight: Key Facts. Viitattu 15.1.2021. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

- Williams PT. 2001. Physical Fitness and Activity as Separate Heart Disease Risk Factors: a Meta-Analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 33(5), 754–761.
- Wilson, P. W. F., D’Agostino, R. B. D., Parise, H., Sullivan, L. & Meigs, J. B. 2005. Metabolic Syndrome as a Precursor of Cardiovascular Disease and Type 2 Diabetes Mellitus. *Circulation* 112 (20), 3066–3072.
- Yki-Järvinen, H. 2014. Non-Alcoholic Fatty Liver Disease as a Cause and a Consequence of Metabolic Syndrome. *The Lancet: Diabetes & Endocrinology* 2 (11), 853–922.
- Yoon, B-K., Kravitz, L. & Robergs, R. 2007. $\dot{V}O_2$ max, Protocol Duration, and the $\dot{V}O_2$ Plateau. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39 (7), 1186–1192.

LIITE 1. Tutkimuksen sisäänotto- ja poissulkukriteerit.

Sisäänottokriteerit

- Ikä 18–64 vuotta
- BMI < 40 kg/m²
- Todettu diabeteksen esiaste (kohonnut paastoglukoosi ja/tai heikentynyt glukoosinsieto) tai viiden vuoden sisällä diagnosoitu tyypin 2 diabetes ja tai/verenpainetauti.
- Fyysinen toimintakyky, joka ei rajoita tutkimuksen mittausten suorittamista

Poissulkukriteerit

- Lääkitys: β -salpaajat, insuliini, serotoniinin ja noradrenaliinin takaisinoton estäjät, trisyklinen masennuslääkitys
- Sydän- ja verisuonisairaudet: sekundaarinen verenpainetauti, kliinisesti merkittävä verenpainetaudin aiheuttama kohde-elinvaurio, sepelvaltimotauti, merkittävä tai selvittämätön läppävika, vasemman puolen haarakatkos lepo-EKG:ssä, jatkuva eteisvärinä, sydämen vajaatoiminta ja sairastettu aivoverenkiertohäiriö
- Keuhkosairaudet: keuhkohtaumatauti, oireileva tai ei-hoitotasapainossa oleva astma
- Muut sairaudet: syöpä, diabeteksen munuais-, silmä- tai hermostokomplikaatio, anemia, oireileva tai ei-hoitotasapainossa oleva kilpirauhassairaus, psykoosisairaus tai muu ei-hoitotasapainossa oleva psykiatrinen sairaus, hoitoa vaativa uniapnea tai liikuntakykyä rajoittava tuki- ja liikuntaelinsairaus
- Muut tekijät: raskaus, imetys, päihteiden väärinkäyttö

LIITE 2. Tutkittavien fyysisen aktiivisuuden arviointi.

Mikä seuraavista kuvauksista vastaa parhaiten nykyistä fyysistä aktiivisuuttasi? Ympyröi yksivaihtoehto.

- 1) En liiku sen enempää kuin välttämättä on tarpeen päivittäisistä toiminnoista selviämiseksi
- 2) Harrastan kevyttä kävelyä ja ulkoilua 1–2 kertaa viikossa
- 3) Harrastan kevyttä kävelyä ja ulkoilua useita kertoja viikossa
- 4) Harrastan 1–2 kertaa viikossa sellaista reipasta liikuntaa (esim. pihatöitä, kävelyä, pyöräilyä), joka aiheuttaa jonkin verran hengästymistä ja hikoilua
- 5) Harrastan useita kertoja (3–5 kertaa) viikossa sellaista reipasta liikuntaa (esim. pihatöitä, kävelyä, pyöräilyä), joka aiheuttaa jonkin verran hengästymistä ja hikoilua
- 6) Harrastan kuntoliikuntaa useita kertoja viikossa siten, että hikoilen ja hengästyn melko voimakkaasti liikunnan aikana
- 7) Harrastan kilpaurheilua ja pidän yllä kuntoani säännöllisen harjoittelun avulla

LIITE 3. Eritavoilla muodostettujen kuntoryhmien kuvailevat tiedot.

Kuvailevat tiedot kehon rasvattomaan painoon suhteutettujen VO₂max-arvojen perusteella muodostetuissa kuntoryhmissä sekä koko tutkimusjoukossa.

Muuttuja	Koko tutkimusjoukko	Heikoin kuntoryhmä	Keskiverto kuntoryhmä	Paras kuntoryhmä	p-arvo ^a
VO ₂ max (ml/rasvaton kg/min)		< 43,1 (f) < 43,2 (m)	43,1–47,3 (f) 43,2–48,9 (m)	> 47,3 (f) > 48,9 (m)	
n	65	22	21	22	
Sukupuoli	Naiset 48 (74) Miehet 17 (26)	16 (73) 6 (27)	16 (76) 5 (24)	16 (73) 6 (27)	0,957
Ikä (vuosina)	53 ± 8	56 ± 7	54 ± 6	49 ± 9	0,008
Pituus (cm)	169 ± 10	168 ± 9	170 ± 9	169 ± 11	0,833
Paino (kg)	82 ± 16	85 ± 18	82 ± 12	80 ± 19	0,550
BMI (kg/m ²)	28,6 ± 4,5	30,0 ± 4,9	28,3 ± 3,8	27,5 ± 4,7	0,181
Vyötärönympäryys (cm)	98 ± 13	103 ± 13	98 ± 10	94 ± 14	0,080
Paastoglukoosi (mmol/l)	5,8 ± 0,8	6,1 ± 0,7	5,9 ± 1,0	5,5 ± 0,5	0,032
Kokonaiskolesteroli (mmol/l)	4,9 ± 0,9	4,9 ± 1,0	4,7 ± 0,9	4,9 ± 0,8	0,672
HDL-kolesteroli (mmol/l)	1,5 ± 0,4	1,4 ± 0,5	1,6 ± 0,4	1,5 ± 0,4	0,250
LDL-kolesteroli (mmol/l)	3,0 ± 0,8	3,0 ± 0,9	2,9 ± 0,8	3,2 ± 0,8	0,525
Triglyseridit (mmol/l)	1,4 ± 0,8	1,8 ± 1,0	1,1 ± 0,5	1,3 ± 0,8	0,024
Syst. verenpaine (mmHg)	134 ± 13	136 ± 12	131 ± 13	135 ± 14	0,499
Diast. verenpaine (mmHg)	83 ± 7	84 ± 6	83 ± 8	82 ± 6	0,592
Tyypin 2 diabetes	5+7=12 (19)	6 (27)	5 (24)	1 (5)	0,126
Verenpainetauti	48+7=55 (85)	17 (77)	19 (91)	19 (86)	0,578
Diabeteksen esiaste	5 (8)	1 (5)	1 (5)	3 (14)	0,606
Verenpainelääkitys	53 (82)	17 (77)	18 (86)	18 (82)	0,920
Lipidilääkitys	12 (19)	7 (32)	3 (14)	2 (9)	0,152
Tupakointi	4 (6)	3 (14)	1 (5)	0 (0)	0,212
Liikunta-aktiivisuus (1–7)	4,2 ± 1,3	3,6 ± 1,4	4,2 ± 1,1	4,9 ± 1,1	0,002
VO ₂ max (ml/rasvaton kg/min)	45,6 ± 6,1	39,1 ± 2,7	45,6 ± 1,8	52,2 ± 3,5	< 0,001

f = naiset, m = miehet

Jatkuvista muuttujista esitetty keskiarvot ja keskihajonnat sekä kategorisista muuttujista frekvenssit (%).

^aErot yksisuuntaisella varianssianalyysillä tai χ^2 -testillä (tarvittaessa käytetty Exact).

Kuvailevat tiedot kehon painoon suhteutettujen maksimaalisten happipulssi-arvojen perusteella muodostetuissa kuntoryhmissä sekä koko tutkimusjoukossa.

	Koko tutkimus- joukko	Heikoin kuntoryhmä	Keskiverto kuntoryhmä	Paras kuntoryhmä	p-arvo ^a
O ₂ pulsemax (ml/HR/kg)		< 0,15 (f) < 0,18 (m)	0,15–0,17 (f) 0,18–0,21 (m)	> 0,17 (f) > 0,21 (m)	
n	65	22	21	22	
Sukupuoli	Naiset 48 (74) Miehet 17 (26)	16 (73) 6 (27)	16 (76) 5 (24)	16 (73) 6 (27)	0,957
Ikä (vuosina)	53 ± 8	55 ± 7	51 ± 8	52 ± 8	0,185
Pituus (cm)	169 ± 10	167 ± 10	172 ± 10	168 ± 10	0,307
Paino (kg)	82 ± 16	90 ± 16	84 ± 16	72 ± 12	< 0,001
BMI (kg/m ²)	28,6 ± 4,5	32,2 ± 3,9	28,5 ± 4,1	25,1 ± 2,3	< 0,001
Vyötärön ympärys (cm)	98 ± 13	107 ± 11	101 ± 10	87 ± 8	< 0,001
Paastoglukoosi (mmol/l)	5,8 ± 0,8	5,9 ± 0,6	6,2 ± 1,0	5,4 ± 0,4	0,001
Kokonaiskolesteroli (mmol/l)	4,9 ± 0,9	4,8 ± 0,9	5,0 ± 1,0	4,8 ± 0,9	0,801
HDL-kolesteroli (mmol/l)	1,5 ± 0,4	1,4 ± 0,4	1,6 ± 0,5	1,6 ± 0,4	0,230
LDL-kolesteroli (mmol/l)	3,0 ± 0,8	3,0 ± 0,8	3,0 ± 0,8	3,0 ± 0,9	0,967
Triglyseridit (mmol/l)	1,4 ± 0,8	1,6 ± 0,8	1,7 ± 0,9	0,9 ± 0,5	0,005
Syst. verenpaine (mmHg)	134 ± 13	136 ± 12	135 ± 15	130 ± 12	0,305
Diast. verenpaine (mmHg)	83 ± 7	85 ± 5	81 ± 8	83 ± 6	0,087
Tyyppin 2 diabetes	5+7=12 (19)	6 (27)	6 (29)	0 (0)	0,031
Verenpainetauti	48+7=55 (85)	20 (91)	17 (81)	18 (82)	0,691
Diabeteksen esiaste	5 (8)	0 (0)	1 (5)	4 (18)	0,078
Verenpainelääkitys	53 (82)	20 (91)	16 (76)	17 (77)	0,447
Lipidilääkitys	12 (19)	4 (18)	6 (29)	2 (9)	0,245
Tupakointi	4 (6)	3 (14)	1 (5)	0 (0)	0,212
Liikunta-aktiivisuus (1–7)	4,2 ± 1,3	3,5 ± 1,2	4,1 ± 1,2	5,1 ± 1,1	< 0,001
O ₂ pulsemax (ml/HR/kg)	0,18 ± 0,04	0,15 ± 0,02	0,17 ± 0,02	0,21 ± 0,03	< 0,001

f = naiset, m = miehet

Jatkuvista muuttujista esitetty keskiarvot ja keskihajonnat sekä kategorisista muuttujista frekvenssit (%).

^aErot yksisuuntaisella varianssianalyysillä tai χ^2 -testillä (tarvittaessa käytetty Exact).

Kuvailevat tiedot kehon rasvattomaan painoon suhteutettujen maksimaalisten happipulssi-arvojen perusteella muodostetuissa kuntoryhmissä sekä koko tutkimusjoukossa.

Muuttuja	Koko tutkimusjoukko	Heikoin kuntoryhmä	Keskiverto kuntoryhmä	Paras kuntoryhmä	p-arvo ^a
O ₂ pulsemax (ml/HR/rasvaton kg)		< 0,24 (n) < 0,25 (m)	0,24–0,26 (n) 0,25–0,27 (m)	> 0,26 (n) > 0,27 (m)	
n	65	22	21	22	
Sukupuoli	Naiset 48 (74) Miehet 17 (26)	16 (73) 6 (27)	16 (76) 5 (24)	16 (73) 6 (27)	0,957
Ikä (vuosina)	53 ± 8	57 ± 4	51 ± 10	51 ± 8	0,008
Pituus (cm)	169 ± 10	170 ± 10	168 ± 9	169 ± 10	0,864
Paino (kg)	82 ± 16	84 ± 19	81 ± 12	80 ± 18	0,686
BMI (kg/m ²)	28,6 ± 4,5	29,1 ± 4,8	28,7 ± 4,0	28,0 ± 4,9	0,743
Vyötärönympäryys (cm)	98 ± 13	101 ± 13	99 ± 11	95 ± 14	0,260
Paastoglukoosi (mmol/l)	5,8 ± 0,8	6,2 ± 0,9	5,8 ± 0,8	5,5 ± 0,5	0,003
Kokonaiskolesteroli (mmol/l)	4,9 ± 0,9	4,9 ± 1,0	4,9 ± 0,9	4,8 ± 0,9	0,976
HDL-kolesteroli (mmol/l)	1,5 ± 0,4	1,6 ± 0,5	1,5 ± 0,3	1,5 ± 0,4	0,563
LDL-kolesteroli (mmol/l)	3,0 ± 0,8	3,0 ± 0,9	3,0 ± 0,8	3,1 ± 0,9	0,874
Triglyseridit (mmol/l)	1,4 ± 0,8	1,4 ± 0,7	1,6 ± 1,0	1,2 ± 0,7	0,412
Syst. verenpaine (mmHg)	134 ± 13	135 ± 13	132 ± 13	134 ± 14	0,807
Diast. verenpaine (mmHg)	83 ± 7	83 ± 7	83 ± 6	83 ± 7	0,930
Tyyppin 2 diabetes	5+7=12 (19)	7 (32)	4 (19)	1 (5)	0,060
Verenpainetauti	48+7=55 (85)	17 (77)	17 (81)	21 (96)	0,266
Diabeteksen esiaste	5 (8)	1 (5)	3 (14)	1 (5)	0,434
Verenpainelääkitys	53 (82)	17 (77)	16 (76)		0,447
Lipidilääkitys	12 (19)	5 (23)	4 (19)	3 (14)	0,793
Tupakointi	4 (6)	2 (9)	2 (10)	0 (0)	0,456
Liikunta-aktiivisuus (1–7)	4,2 ± 1,3	3,4 ± 1,3	4,4 ± 1,1	4,9 ± 1,1	< 0,001
O ₂ pulsemax (ml/HR/rasvaton kg)	0,26 ± 0,3	0,23 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,30 ± 0,03	< 0,001

f = naiset, m = miehet

Jatkuvista muuttujista esitetty keskiarvot ja keskihajonnat sekä kategorisista muuttujista frekvenssit (%).

^aErot yksisuuntaisella varianssianalyysillä tai χ^2 -testillä (tarvittaessa käytetty Exact).

LIITE 4. MBO:n riskitekijämäärä eritavoilla muodostetuissa kuntoryhmissä.

Metabolisen oireyhtymän riskitekijämäärän frekvenssit (%) eritavoilla muodostetuissa kuntoryhmissä.

Riskitekijöiden lkm (n)	Painoon suhteutettu VO ₂ max (ml/kg/min)			Painoon suhteutettu happipulssi (ml/HR/kg)		
	Heikoin	Keskiverto	Paras	Heikoin	Keskiverto	Paras
2 (13)	1 (5)	1 (5)	11 (50)	1 (5)	2 (10)	10 (46)
3 (18)	4 (18)	6 (29)	8 (36)	4 (18)	4 (19)	10 (46)
4 (18)	7 (32)	9 (43)	2 (9)	8 (36)	9 (43)	1 (5)
5 (16)	10 (46)	5 (24)	1 (5)	9 (41)	6 (29)	1 (5)
Yhteensä (65)	22 (100)	21 (100)	22 (100)	22 (100)	21 (100)	22 (100)
	Parittaisvertailut:			Parittaisvertailut:		
	1-2-3 X ² (6) = 28,40; p < 0,001			1-2-3 X ² (6) = 27,40; p < 0,001		
	1-2 X ² (3) = 2,30; p = 0,650			1-2 X ² (3) = 0,97; p = 0,781		
	1-3 X ² (3) = 19,81; p < 0,001			1-3 X ² (3) = 21,78; p < 0,001		
	2-3 X ² (3) = 15,73; p = 0,001			2-3 X ² (3) = 17,86; p < 0,001		
Riskitekijöiden lkm (n)	Rasvattomaan painoon suhteutettu VO ₂ max (ml/rasvaton kg/min)			Rasvattomaan painoon suhteutettu happipulssi (ml/HR/rasvaton kg)		
	Heikoin	Keskiverto	Paras	Heikoin	Keskiverto	Paras
2 (13)	1 (5)	4 (19)	8 (36)	1 (5)	4 (19)	8 (36)
3 (18)	4 (18)	6 (29)	8 (36)	4 (18)	7 (33)	7 (32)
4 (18)	9 (41)	7 (33)	2 (9)	11 (50)	4 (19)	3 (14)
5 (16)	8 (36)	4 (19)	4 (18)	6 (27)	6 (29)	4 (18)
Yhteensä (65)	22 (100)	21 (100)	22 (100)	22 (100)	21 (100)	22 (100)
	Parittaisvertailut:			Parittaisvertailut:		
	1-2-3 X ² (6) = 13,15; p = 0,035			1-2-3 X ² (6) = 13,33; p = 0,045		
	1-2 X ² (3) = 3,76; p = 0,297			1-2 X ² (3) = 5,87; p = 0,131		
	1-3 X ² (3) = 12,57; p = 0,004			1-3 X ² (3) = 11,23; p = 0,01		
	2-3 X ² (3) = 4,38; p = 0,248			2-3 X ² (3) = 1,85; p = 0,659		

Kuntoryhmät on muodostettu kehon painoon ja rasvattomaan painoon suhteutettujen VO₂max-arvojen ja maksimaalisten happipulssiarvojen perusteella.