

**KEUHKOFUNKTIOT JA ASTMA LIIKUNTASEURATOIMINNASSA MUKANA
OLEVIEN NUORTEN JA SAMANIKÄISTEN VERROKKIEN VÄLILLÄ**

Saara Salokangas

Liikuntalääketieteen pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Syksy 2022

TIIVISTELMÄ

Salokangas, S. 2022. Keuhkofunktiot ja astma liikuntaseuratoiminnassa mukana olevien nuorten ja samanikäisten verrokkien välillä. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Liikuntalääketieteen pro gradu -tutkielma, 62 s., 2 liitettä.

Tämän tutkielman tarkoitus on selvittää suomalaisissa liikuntaseuroissa harrastavien nuorten ja niissä harrastamattomien verrokkinuorten keuhkofunktioiden eroja. Lisäksi selvitetään, kuinka paljon uusia astmadiagnooseja brokodilataatiokokeen perusteella ilmenee ja eroavatko astmadiagnoosien määrät eri osapopulaatioilla. Tutkielmassa vertaillaan populaatioiden välisiä eroja riskilajien eli kestävyysurheilulajien (jäähkiekko, uinti, maastohiihto, suunnistus ja luistelu) ja ei-riskilajien (salibandy, koripallo, jalkapallo, yleisurheilu ja voimistelu) harrastajia yhdessä ja erikseen liikuntaseurassa harrastamattomien nuorten ryhmään.

Tutkimuksen aineistona on käytetty Terveyttä edistävä liikuntaseura -pitkittäistutkimuksen (TELS) ensimmäisen poikkileikkausajankohdan aineistoa, joka on kerätty vuosina 2013–2014. Aineisto koostui virtaustilavuus-spirometriassa suoritetuista keuhkojen toimintakokeista eli spirometria- ja bronkodilataatiokokeista $15,47 \pm 0,55$ -vuotiailla nuorilla. Tutkittavia oli spirometriakokeissa 527 ja bronkodilataatiokokeissa 510. Tilastolliset analyysit suoritettiin IBM SPSS Statistics –tilasto-ohjelman versiolla 26.0. Tulosanalyysiin käytettiin lineaarisen sekamallin analyysimenetelmää etsien pienintä Bayesin informaatiokriteerin mukaista arvoa. Taustamuuttujien yhtenäistämistä varten muodostettiin painomuuttuja, jossa huomioitiin pituus, paino ja sukupuoli. Analyyseistä poissuljettiin jo astmadiagnoosin saaneet ja astmalääkitystä käyttävät. Analyyseissä käytettiin 95 prosentin luottamusväliä.

Riskilajistatuksesta riippumatta liikuntaseurassa harrastavilla havaittiin absoluuttisesti suuremmat keuhkosuureiden arvot valtaosassa eri muuttujista verrattuna ei-liikuntaseuralaisiin, mutta tarkasteltaessa riskilajien edustajia ei-riskilajien edustajiin, oli riskilajien edustajilla pienemmät keuhkofunktioiden arvot. Tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia havaittiin liikuntaseuralaisten ja ei-liikuntaseuralaisten välillä nopean vitaalikapasiteetin (FVC) ($p=0,002$) ja sekuntikapasiteetin (FEV1) ($p=0,003$) osalta. Tilastollisen merkitsevyyden rajoilla oli ei-liikuntaseuralaisten ja ei-riskilajien välillä FVC ($p=0,051$) ja tilastollisesti merkitsevänä FEV1 ($p=0,043$). Ei-riskilajien ja riskilajien välillä oli tilastollisesti merkittävä ero bronkolyyttivasteissa FEV1- ($p=0,024$) ja MEF50-muuttujissa ($p=0,029$). Astma-kriteerin täyttävä vähintään 12 %:n ja 0,20 l bronkolyyttivaste FEV1- tai FVC-muuttujissa, todettiin ei-liikuntaseuralaisilla 4,9 %:lla, ei-riskilajien harrastajilla 6,5 %:lla ja riskilajien harrastajilla 8,4 %:lla.

Tutkimus osoitti, että liikuntaseuratoimintaan osallistujilla oli suuremmat keuhkofunktioiden arvot, mutta kestävyys- eli riskilajien edustajilla havaittiin yllättäen ei-riskilajien edustajia pienempiä keuhkofunktioita, mikä on ristiriidassa aiempien havaintojen kanssa. Aiemmin diagnosoimatonta astmaa löydettiin kaikissa osajoukkotarkasteluissa ja eniten liikuntaseuratoimintaan osallistuvilla nuorilla. Aiemmin diagnosoimattomien astmatapauksien määrrien perusteella olisi aiheellista lisätä astman tunnistamiseen liittyvää tiedotusta sekä nuorille, että heidän kanssaan vuorovaikuttavien toimijoiden keskuudessa, jotta astmaa osattaisiin tunnistaa paremmin ja yksilöt hakeutuisivat tehokkaammin hoidontarpeen arviointiin.

Asiasanat: keuhkofunktio, spirometria, bronkodilataatio, astma, liikuntaseura, nuoret

ABSTRACT

Pulmonary functions and asthma among adolescents participating in sports clubs compared to age-matched non-participating adolescents. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's Thesis in Sport Medicine, 62 p., 2 appendices.

The purpose of this thesis was to examine the differences of the pulmonary functions of adolescents who are participating in the Finnish sports clubs' activities and those who are not. In addition, the number of new asthma diagnoses emerge based on the bronchodilation test and whether the rates of asthma diagnoses differ in different subpopulations was also investigated. The thesis compares population differences between high-risk endurance sports (ice hockey, swimming, cross-country skiing, orienteering, skating) group to non-risk (floorball, basketball, football, track and field, gymnastics) group jointly and individually compared to the non-sport club participating group.

The data used in this thesis was collected in 2013 and 2014 as part of Health promoting Sports Club -study (HPSC). The data consisted of pulmonary function tests performed in flow-volume spirometry, including spirometry and bronchodilation tests in adolescents with a mean age of $15,47 \pm 0,55$. Those already diagnosed with asthma and those taking asthma medication were excluded from the analyses. The final sample consisted of 527 subjects with spirometry and 510 subjects with bronchodilatation tests. The statistical analyses were performed using version 26.0 of the IBM SPSS Statistics program. A linear mixed model analysis method was used for result analysis whilst using the smallest Bayesian information criteria value. A weight variable was established to homogenate background variables, considering height, weight, and gender. The analyses used a 95 % confidence interval.

Regardless of risk group status, participants in sports clubs had absolute higher pulmonary values in most of the different variables compared to the non-participating group. When compared to the non-risk group, the risk group had lower values in most different pulmonary functions. Statistically significant differences were observed between sport club participating and non-participating groups for FVC ($p=0.002$) and FEV1 ($p=0.003$) values and statistically borderline significance was observed between non-risk and non-sport club groups at FVC ($p=0.051$). Statistically significant difference was observed in FEV1 ($p=0.043$) between non-risk and risk groups as well as between non-risk and risk groups in FEV1% ($p=0,024$), MEF50% ($p=0.029$) and PEF% ($p=0.036$). New asthma diagnoses were made to 4.9 % of non-sport club, 6.5 % in non-risk and 8.4 % in risk group adolescents.

The study showed that participation in sport club hosted physical activities was associated with higher pulmonary functions, but representatives of the risk group did not have higher pulmonary function values than those of the non-risk group, which is not in line with previous findings. Previously undiagnosed asthma was found in all subset reviews and the most among adolescents in the endurance sport group. Based on the number of previously undiagnosed asthma cases, it could be appropriate to increase awareness of asthma identification, both among adolescents and among those who interact with them, to better identify asthma and to guide individuals more effectively for an assessment of the need of treatment.

Key words: pulmonary function, spirometry, bronchodilation, asthma, sport club, adolescents

KÄYTETYT LYHENTEET

BMI	body mass index, kehon painoindeksi
VC	vital capacity, maksimaalisen sisäänhengityksen jälkeinen hitaasti ulospuhalletun maksimaalisen uloshengityksen ilman tilavuus
FVC	forced vital capacity, maksimaalisen sisäänhengityksen jälkeinen –nopeasti ulospuhalletun maksimaalisen uloshengityksen ilman tilavuus
FEV1	forced expiratory volume in 1 second, ensimmäisen sekunnin aikana maksimaalisen sisäänhengityksen jälkeen uloshengitetyn ilman tilavuus
FEV1%	forced expiratory volume and forced vital capacity volume ratio, ulospuhalluksen ensimmäisen sekunnin kapasiteetin ja vitaalikapasiteetin (FEV1/FVC) -suhde
MEF50	maximal expiratory flow at 50 % of the forced vital capacity, uloshengitysvirtauksen uloshengitystilavuuden puolivälin kohta
MMEF	maximal mid-expiratory flow, uloshengityksen keskivaiheen virtausnopeus
PEF	peak expiratory flow, maksimaalisen uloshengityksen huippuvirtaus
TELS	Terveyttä edistävä liikuntaseura

SISÄLLYS

TIIVITELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	1
2	HENGITYSELIMISTÖ JA HENGITYKSEN SÄÄTELY.....	3
	2.1 Ylä- ja alahengityselimistö	3
	2.2 Keuhkot	5
	2.3 Hengityslihakset	6
	2.4 Hengityksen säätely	7
3	ASTMA	9
	3.1 Oireet ja luokittelu	9
	3.2 Diagnoosi spirometriaa käyttäen	11
	3.2.1 Keuhkosuureet spirometriassa.....	12
	3.2.2 Sukupuolen, iän ja pituuden vaikutus keuhkosuureisiin	14
	3.2.3 Viitearvot spirometriassa.....	16
	3.3 Riskitekijät, ehkäisy ja hoito	17
	3.4 Yleisyys eri populaatioissa	20
4	KEUHKOJEN TOIMINTAKYVYN MITTAUS SPIROMETRIA- JA BRONKODILATAATIOKOKKEISSA	23
	4.1 Spirometrian kliiniset aiheet ja vasta-aiheet.....	23
	4.2 Tutkittavan ja tutkimuslaitteiston valmistelu	24
	4.3 Spirometrian suoritusohjeet ja hyväksymiskriteerit	26
	4.4 Bronkodilataatiokokeen suoritus	26
	4.5 Tutkimuksen virhelähteet	27
5	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	29
6	TUTKIMUSMENETELMÄT JA -AINEISTO.....	31
	6.1 Tutkimusaineisto ja datankeruumenetelmät	31
	6.2 Aineiston analyysimenetelmät.....	32
	6.3 Tutkimusaineiston kuvailu	33
7	TUTKIMUSTULOKSET.....	36

8 POHDINTA.....	41
8.1 Keuhkosuureet liikuntaseuralaisten ja ei-liikuntaseuralaisten välillä.....	41
8.2 Keuhkosuureet riskilajien ja ei-riskilajien edustajien välillä.....	42
8.3 Astma.....	44
8.4 Tutkimuksen eettisyys	46
8.5 Tutkimuksen vahvuudet, heikkoudet ja luotettavuus	47
8.6 Johtopäätökset ja jatkotutkimusehdotukset	48
8.7 Toimenpide-ehdotukset	49
LÄHTEET	51

LIITTEET

Liite 1: Spirometriatulokset eri osapopulaatiovertailuina

Liite 2: Bronkodilataatiotulokset eri osapopulaatiovertailuina

1 JOHDANTO

Spirometriatutkimuksessa selvitetään eri suurearvoja mittaamalla keuhkojen tilavuutta, toimintakykyä ja ilmvirran virtausta keuhkoputkissa ja sitä käytetään etenkin astman diagnosoimiseen bronkodilataatiokokeen kanssa (Sovijärvi ym. 2019, 7, 21). Astma on pitkäaikainen keuhkosairaus, johon kuuluu keuhkoputkien lisääntynyt supistumisherkkyys eli hyperreaktiivisuus ja siihen yleensä liittyvä keuhkoputkiston limakalvotulehdus eli inflammaatio (Astma: Käypä hoito -suositus 2022; Lambrecht & Hammad 2015; Haahtela 2013, 108; Malmberg ym. 2001). Astma voi puhjeta missä iässä tahansa (Astma: Käypä hoito -suositus 2022; Kankaanranta ym. 2016; Kauppi ym. 2020, 393) sen ollessa yleisin lapsuusiän krooninen tauti (Murray ym. 2017). Astma on suomalainen kansantauti (THL 2019), jolloin tauti on merkittävä väestön kokonaisterveydentilaa heikentävä ja kansantaloutta merkittävästi rasittava sairaus. Kivistä ym. (2018) tutkimuksessa 13–14-vuotiaista suomalaislapsista 19 % ilmensi astman oireistoa, kun astmadiagnoosin on saanut 5–10 % suomalaisista ja ruotsalaisista lapsista ja nuorista (Borna ym. 2019; Kilpeläinen ym. 2000; THL 2022).

Terveyttä edistävä liikuntaseura – tutkimuksen (TELS) tavoitteena (Kokko ym. 2015) on selvittää suomalaisten 14–16-vuotiaiden nuorten liikuntaseurojen terveyden edistämistoimintaa, seuran toimintaan osallistuvien nuorten terveystottumuksia ja terveydentilaa. TELS-tutkimuksesta on tehty useita julkaisuja tutkimusartikkeleista väitöskirjoihin ja pro gradu -töihin, joista yksikään aikaisempi ei ole perehtynyt tarkastelemaan virtaustilavuus-spirometrialla suoritettujen spirometria- ja bronkodilataatiokokeiden tuloksia erottelemalla liikuntaseuratoimintaan osallistuvat nuoret erikseen kestävyys- ja voima- ja taitolajien edustajiin. Kerttu Toivon väitöskirjassa (2021) osoitettiin samaa TELS-tutkimusaineistoa käyttäen liikuntaseuratoimintaan osallistuvilla, aiemmin diagnosoimattomien ja astmalääkitystä käyttämättömillä nuorilla astmaa olevan 7 prosentilla. Aikuisurheilijoita käsittelevässä kirjallisuudessa on todettu, että astmaa ilmenee ja sen sairastumisen riski on kestävyysurheilulajien edustajilla todennäköisempää, kuin taito- ja voimalajien edustajilla (Alaranta ym. 2004; Carlsen ym. 2008; Helenius ym. 1997; Langdeau ym. 2004; Lund 2009; Thomas ym. 2010), jolloin olisi aiheellista erotella liikuntaseuratoimintaan osallistuvat nuoret omiksi tutkimusjoukoikseen lajityypin perusteella.

Valtaosa tutkimuskirjallisuudessa eri urheilulajien vaikutuksista keuhkofunktioihin ja astman yleisyyteen on tehty aikuisurheilijoilla (Alaranta ym. 2004; Carlsen ym. 2008; Helenius ym.

1997; Langdeau ym. 2004; Lund 2009; Thomas ym. 2010), eikä tämän tutkimusjoukon ikäisistä nuorista ei ole suoraan vertailukelpoista tutkimusta lajityyppien (kestävyys- tai voima- sekä taitolajit) eroista keuhkofunktioihin kansainvälisesti eikä kansallisella tasolla, jolloin lisätutkimukset kohdejoukon ikäisillä ja sitä nuoremmilla tutkimuspopulaatioilla ovat tarpeen. Täten tämä työ tuo lisäarvoa sekä itse TELS-tutkimukselle, että hyötyä suomalaiselle yhteiskunnalle valottaen suomalaisten nuorten keuhkoterveiden tilaa tarkastellessa tarkastelemalla eri spirometriamuuttujia ja astman yleisyyttä eri osapopulaatioissa.

Tämän tutkielman tarkoitus on selvittää suomalaisissa liikuntaseuroissa harrastavien nuorten ja niissä harrastamattomien verrokkinuorten keuhkofunktioiden mahdollisia eroavaisuuksia, kuinka paljon uusia astmadiagnooseja brokodilataatiokokeen perusteella ilmenee ja eroavatko astmadiagnoosien määrät eri osapopulaatioilla. Tutkielmassa vertaillaan populaatioiden välisiä eroja riskilajien eli kestävyysurheilulajien (jäähkiekko, uinti, maastohiihto, suunnistus ja luistelu) ja ei-riskilajien (salibandy, koripallo, jalkapallo, yleisurheilu ja voimistelu) harrastajia yhdessä ja erikseen liikuntaseurassa harrastamattomien nuorten ryhmään. Haluan kiittää työni ohjaajia Kai Savosta ja Jari Parkkaria ohjauksesta, sekä Heikki Pentikäistä hänen ystävällisestä avustaan aineiston analyysien opastamisessa, tekemisessä ja tutkielman epävirallisesta ohjaamisesta.

2 HENGITYSELIMISTÖ JA HENGITYKSEN SÄÄTELY

Hengityksen tarkoituksena on mahdollistaa kudosten hapensaanti ja hiilidioksidin poisto kudoksista (Hall & Hall 2021, 491; LoMauro & Aliverti 2021; Sand ym. 2012, 355; Sheel ym. 2016; Sovijärvi & Salorinne 2012, 55). Hengitys muodostuu neljästä eri vaiheesta, joita ovat (1) keuhkotuuletus eli ventilaatio, (2) hapen sekä hiilidioksidin diffuusio keuhkorakkuloiden eli alveolien ja verisuonten välillä, (3) hapen ja hiilidioksidin kuljetus sekä vereen ja muihin elimistöön nesteisiin, että niistä pois takaisin verenkiertoon ja (4) ventilaation säätely ja muut hengitykseen liittyvät säätelytoiminnot (Hall & Hall 2021, 491; Sovijärvi & Salorinne 2005, 34). Keuhkojen ventilaatiokykyyn vaikuttavat keuhkojen tilavuus, keuhkokudoksen sekä rintakehän venyvyys ja kimmoisuus, hengityslihaksesta toimintakyky, että keuhkoputkien läpimitta (Hall & Hall, 491–549; Sovijärvi & Piirilä 2013a, 82) ja näihin funktioihin vaikuttavat poikkeavuudet ja sairaudet.

Hengitystyö voidaan jakaa kolmeen osaan, joita ovat sisäänhengitys eli inspiraatio (*inspiration*), sisäänhengityksen jälkeinen tauko (*post-inspiration*) ja uloshengitys eli ekspiraatio (*expiration*) (Devaquet ym. 2008; Hall & Hall 2021, 491–494; Jonkman ym. 2020) ja joista jokaista hengitysvaihetta säätelee oma hengityskeskukseen osansa (Hall & Hall 2021, 531–540, 763–774; Jonkman ym. 2020). Sisäänhengityksen jälkeisellä tauolla on suuri vaikutus hiilidioksidin poistumiseen elimistöstä keuhkojen uloshengitysilmaan (Devaquet ym. 2008). Hengitystyön säätely tapahtuu autonomisesti, mutta ihminen voi myös tilapäisesti vaikuttaa siihen tahdonalaisesti (Hall & Hall 2021, 540; Sand ym. 2012, 373). Kaasujen vaihdossa keuhkoissa on erotettavissa kolme vaihetta; alveolien tuuletus, kaasujen diffuusio alveolien ja hiussuonien välillä, kaasujen kuljetus keuhko- ja suuressa verenkierron (Hall & Hall 2021, 511; Sand ym. 2012, 356, 362–376; Sovijärvi & Salonen 2005, 34).

2.1 Ylä- ja alahengityselimistö

Hengityselimistön muodostavat keuhkot, rintakehä, pallea, suu, nenänielualue ja hengitystiet, joihin kuuluvat nenäontelo, nielu, kurkunpää, henkitorvi sekä keuhkoputket, että hengityslihakset (Hall & Hall 2021, 491–494; Laitinen & Laitinen 2005, 23; Nienstedt ym. 2009, 258–269). Hengitystiet jaetaan ylä- ja alahengitysteihin, joista ylähengitystiet

muodostuvat nenäontelosta, nielusta ja kurkunpäästä, alahengitysteiden muodostuessa kurkunpään alapuolisista rakenteista eli henkitorvesta ja keuhkoputkista haaroineen (Laitinen & Laitinen 2005, 23; Nienstedt ym. 2009, 258; Sovijärvi & Salorinne 2012, 55). Nenäontelo koostuu kahdesta puoliskosta, joita erottaa rusto- ja luukudoksesta muodostuvasta väliseinä ja jonka sivuseinämissä on kolmesta luukudoksesta muodostuva nenäkuorikko (Nienstedt ym. 2009, 261; Sand ym. 2012, 357).

Nenäonteloita ja keuhkoputkia peittää tiheästi verisuonitettu epiteelikudos (Laitinen & Laitinen 2005, 26–33) jonka tehtävänä on sekä puhdistaa, lämmittää ja kosteuttaa sisään hengitettävää ilmaa (da Fonsêca ym. 2019; Sovijärvi & Salorinne 2005, 35), että suodattaa sitä ulkoilmassa olevien bakteerien, virusten, muiden pieneliöiden ja partikkelien varalta ennen keuhkoihin siirtymistä (Hall & Hall 2021, 459; Sand ym. 2012, 357; Sovijärvi & Salorinne 2005, 35). Hengitysilman lämmittämisen ja kosteuttamisen tarkoituksena on luoda muutoin supistumisherkille keuhkoille tasaiset ja optimaaliset olosuhteet kaasujenvaihtoon (Hall & Hall 2021, 500; Nienstedt ym. 2009, 262). Hengitysilman mukana tulevat epäpuhtaudet, kuten virukset ja bakteerit, tarttuvat ylähengitysteissä oleviin epiteelikudoksiin tai niiden tuottamaan limaun, josta ne kulkeutuvat värekarvojen liikkeiden myötä tuhottavaksi nenänielun kautta mahalaukkuun (Nienstedt ym. 2009, 259; Sand ym. 2012, 357).

Nenäonteloiden läpi hengitysteihin pääsee vain alle kuusi mikrometriä pienemmät partikkelit (Hall & Hall 2021, 500). Viidestä yhteen mikrometrin kokoiset partikkelit kerääntyvät ilmatiehyiden pinnoille, alle yhden mikrometrin kokoiset partikkelit suodattuvat alveolien seinämien läpi alveolaariseen nesteeseen ja alle 0,5 mikrometrin kokoisten partikkelien pysyessä hengitysilmassa, poistuen uloshengityksen mukana keuhkoista (Hall & Hall 2021, 500). Nielun altistuessa suuremmalle rasitukselle kuin muiden hengitysteiden osat, on sitä peittävä epiteelikudos nielun ja kurkunpään pinnoilla muita rakenteita peittävien hengitystie-epiteelejä paksumpaa (Sand ym. 2012, 358).

Nielussa sijaitsee pääosin rustokudoksesta muodostuva kurkunpää, jonka tehtävänä on suojata alempia hengitysteitä nieltäessä ja osallistua äänenmuodostukseen (Nienstedt ym. 2009, 262; Sand ym. 2012, 357–359). Kurkunpään seinämiä tukevat henkitorven dorsaalille puolelle sidekudokseen kiinnittyvät lasirustokaaret (Nienstedt ym. 2009, 264; Sand ym. 2012, 359), joiden tehtävänä on estää henkitorven kasaan painumista, pitäen kuitenkin rakenteen kimmoisana. Nielun alapuolelta kurkunpäästä alkavat keuhkoputket (Nienstedt ym. 2009, 266–

270; Sand ym. 2012, 359). Keuhkoputket alkavat haarautua yhä pienemmiksi keuhkoputkiksi henkitorvesta alkaen oikean- ja vasemmanpuoleisiksi pääkeuhkoputkiksi, jolloin keuhkoputkien jaottelu koostuu pääkeuhkoputkista ja jaokekeuhkoputkista, joita seuraavat alle millimetrin mittaiset ja rustottomat keuhkoputkenhaarat eli ilmatiehyet (Laitinen & Laitinen 2005; Sand ym. 2012, 359). Keuhkoputkien rakenne on epäsäännöllinen niiden haarautumisen takia (McConnell ym. 2013, 3).

Hengitystiet päättyvät alveoleista eli keuhkorakkuloista muodostuviin keuhkorakkulasäkkeihin, joissa varsinainen kaasujen vaihto hengityselimistössä tapahtuu (Hall & Hall 2021, 511–519; Laitinen & Laitinen 2005; Sand ym. 2012, 359). Osa kaasujenvaihdosta tapahtuu alveolien lisäksi ylempänä hengitysteissä (bronkioloissa) yhdenkertaisista, värekarvattomista kuutioepiteeleistä (Sand ym. 2012, 359). Alveoleja ja ilmatiehyitä pitää aukinaisena transpulmonaarinen paine (Hall & Hall 2021, 492) ja rustokudoksesta muodostuneet tukirakenteet muun muassa henkitorvessa, keuhkoputkien yläosissa ja kurkunpäässä (Hall & Hall 2021, 498; Sand ym. 2012, 358–360).

2.2 Keuhkot

Keuhkot ovat parillinen, oikealla puolella kolmeen ja vasemmalta kahteen lohkoon jaottunut elin, joka sijaitsee suljetussa rintaontelossa rintakehän sisäpuolella (Nienstedt ym. 2009, 267–276; Sand ym. 2012, 361–362). Rintakehän muodostavat posterioriselta puolelta selkärangan rintanikamat sekä mediaaliselta puolelta kylkiluut ja kylkivälilihakset kylkiluissa että rintalasta edestä (Sand ym. 2012, 361). Niitä ympäröi kaksilehtinen keuhkopussi (eli pleura), joiden välitilassa keuhkopussinontelossa on keuhkojen liikkeestä syntyvää kitkaa vähentävää voitelunestettä (Nienstedt ym. 2009, 269; Sand ym. 2012, 362). Lehtikerroksien välistä tilaa kutsutaan keuhkopussinonteloksi eli pleuraonteloksi (Sand ym. 2012, 362). Keuhkot rajaantuvat rintaontelossa palleaa vasten vatsaontelon alapuolella ja keuhkon kärjet ulottuvat kaulan eri lihasten alapuolelle, muutaman sentin solisluun yläpuolelle (Sand ym. 2012, 361).

Hengitysilma kulkeutuu henkitorveen ja sieltä keuhkoputkien kautta keuhkorakkuloihin nenän tai suun kautta (Hall & Hall 2021, 498–500). Keuhkokudos muodostuu pääosin alveoleista (Nienstedt ym. 2009, 267), joiden pieni koko ja suuri määrä aikaansaavat keskimäärin 75–80

neliömetrin pinta-alan kaasujenvaihdolle (Hall & Hall 2021, 516; Nienstedt ym. 2009, 267, 279; Sand ym. 2012, 359–360). Lisäksi tiheä hiussuonisto eli kapillaarit mahdollistavat osaltaan tehokkaan kaasujenvaihdon alveoleissa (Hall & Hall 2021, 503–530; Sand ym. 2012, 359). Alveolien ja kapillaarien välillä on ohut, yhdestä alveolien levyepiteelistä ja yhdestä kapillaarien endoteelisolukerroksesta muodostuva soluseinä, joka mahdollistaa kaasujenvaihdon nopeasti veren sekä alveolien välillä (Hall & Hall 2021, 515–519; Sand ym. 2012, 360). Keuhkot ja keuhkotilavuudet kehittyvät koko yksilön kasvun aikana ja ne vakiintuvat 20–25 vuoden iässä (Sharma & Goodwin 2006), jonka jälkeen keuhkotilavuudet eivät muutu enää juurikaan 35:n ikävuoteen mennessä (Sharma & Goodwin 2006; Zeleznik 2003). Tämän jälkeen keuhkotilavuudet alkavat pienentyä ikääntymismuutosten myötä (Zeleznik 2003).

Kaasujen vaihdanta keuhkojen alveoleissa pohjautuu diffuusioon eli siihen, että happea ja hiilidioksidia kulkeutuu korkeamman osapaineen suunnasta matalampaan (Butler & Tsuda 2011; Hall & Hall 2021, 511; Sand ym. 2012, 362). Keuhkoverenkiertoon veren punasolut saapuvat hapetettavaksi keuhkovaltimosta sydämen oikean kammion kautta kapillaarisuonissa, poistuen sen vasemmalta puolelta keuhkolaskimoita pitkin (Butler & Tsuda 2011; Sand ym. 2012, 356). Happi diffendoituu alveoleista verenkiertoon ja kudoksiin pääosin hemoglobiiniin sitoutuneena (Butler & Tsuda 2011; Sand ym. 2012, 369). Verisuonistosta happi siirtyy kapillaarisuonten seinämien läpi solujen sisälle solujen aineenvaihdunnan käytettäväksi, hiilidioksidin kulkevan samaa reittiä vastakkaiseen suuntaan (Butler & Tsuda 2011; Sand ym. 2012, 367,369).

2.3 Hengityslihakset

Hengityslihakset jaetaan rintakehän kohottamiseen keskittyviin eli sisäänhengityslihaksiin ja vastaavasti rintakehän laskemiseen liittyviin eli uloshengityslihaksiin (Hall & Hall 2021, 491–491; Sand ym. 2012, 362–364). Tärkeimpiä hengityslihaksia ovat kylkiluuvälilihakset (m. intercostales) sekä pallealihas (diaphragma) (Hall & Hall 2021, 491; Laitinen & Laitinen 2005, 26–27). Muita hengityslihaksia ovat mm. päännyökkääjälihas (m. sternocleidomastoideus) ja kylkiluukannattajalihakset (m. scalenus) (Hall & Hall 2021, 491; Laitinen & Laitinen 2005, 26–27).

Lepoasennossa rintalasta on lähellä selkärankaa ja kylkiluut osoittavat alaspäin (Hall & Hall 2021, 491–492). Kylkiluiden kohottaminen suurentaa rintaontelon läpimittaa ja ne osoittavat lähes suoraan eteenpäin, samanaikaisesti rintalastan liikkeessä kauemmas selkärangasta mahdollistaen mahdollisimman suuren keuhkojen laajenemistilan. (Hall & Hall 2021, 491–492). Uloshengityksessä rintakehää laskevat suorat vatsalihakset ja sisemmät kylkivälilihakset (Hall & Hall 2021, 492) yhdessä rintakehän oman painon kanssa (Sand ym. 2012, 363–364). Pallea(lihas) liikuttaa rintakehää ylös alas rintaontelossa ja rauhallisessa hengityksessä hengitys tapahtuu lähes yksinomaan pallean työskentelystä (Hall & Hall 2021, 491). Sisäänhengityksessä pallea vetää keuhkoja aktiivisesti alaspäin eli laajentaa keuhkojen tilavuutta ja rauhallisessa uloshengityksessä se relaxoituu, jolloin elastinen energia vapautuu rintakehän ja vatsan rakenteista keuhkoja supistaen. Raskaassa hengitystyössä keuhkojen tyhjentämiseen osallistuvat myös keuhkoja yhteen puristavat vatsalihakset (Hall & Hall 2021, 491; Sand ym. 2012, 362–343).

2.4 Hengityksen säätely

Hengityselimistön tarkoituksena on mahdollistaa valtimoveren kaasujen ja pH:n homeostasia (Barnett ym. 2021; Hall & Hall 2021, 491; Malmberg ym. 2003; Sand ym. 2012, 355; Sheel ym. 2016; Sovijärvi & Salorinne 2005, 41–43, 55). Tähän säätelytoimintaan osallistuu hengityselimistön ohella myös muut elimistöt (Barnett ym. 2021; Hall & Hall 2021, 4–10; Malmberg ym. 2003; Sovijärvi & Salorinne 2005, 41–43) mukauttamalla toimintaansa tasapainotilan saavuttamisen tarpeisiin. Elimistö pyrkii tasaamaan muutokset takaisin kohti homeostasiaa käyttäen sille tehokkainta, eli energiankulutusta vähiten lisääviä keinoja kussakin tilanteessa (Sovijärvi & Salorinne 2005,41; Sheel ym. 2016). Erilaisia säätelymekanismeja ja -vasteita hengitykseen on monia (Hall & Hall 2021, 531–540; Jonkman ym. 2020; Sheel ym. 2016; Sovijärvi & Salorinne 2005, 41–43).

Hengityksen säätelykeskuksena toimivat keskushermoston aivorungon ja ydinjatkeen tyvitumakkeet (Hall & Hall 2021, 217–227, 531–540; Sovijärvi & Salorinne 2005, 41). Autonomisen keskushermoston ydinjatkeen neuronikeskukset ylläpitävät normaalia hengitystiheyttä ja aivosillassa sijaitsevat hengitysliikkeiden säätelyn pysäytyskeskukset (Sovijärvi & Salorinne 2005, 41). Neuraalisen säätelyn lisäksi verenkierron happi- ja hiilidioksidipainetta yhdessä vetyionikonsentraation kanssa säätelevät erilaiset ja erilaisiin

ärsykkeisiin reagoivat reseptorit tuoden keskushermostoon tietoa elimistön tilasta, liikkeestä, asennosta ja dynamiikasta (Hall & Hall 2021, 217–227, 531–540; Jonkman ym. 2020; Sovijärvi & Salorinne 2005, 41).

Elimistön sisäisiin ja ulkoisiin muutoksiin sekä ärsytyksiin reagoivat reseptorit luokitellaan mekaanisiin muutoksiin reagoiviin mekanoreseptoreihin kuten verenpaineeseen reagoivat baroreseptorit, kylmä- ja kuumasensitiivisiin termoreseptoreihin, nosi- eli kipureseptoreihin, elektromagneettisiin eli näköreseptoreihin ja kemiallisiin viestiaineisiin reagoiviin kemoreseptoreihin (Hall & Hall 2021, 582; Malmberg ym. 2003, 227). Lisäksi esimerkiksi lihaskäämit, jännereseptorit, proprioseptiiviset aistinelimet hengityslihaksissa ja keuhkoissa tuovat keskushermostoon tietoa hengityksen säätelyä varten (Sovijärvi & Salorinne 2005, 42). Hengitystä on mahdollista pidättää ja säädellä tahdonalaisesti tiettyyn pisteeseen asti (breaking point), jolloin hengityksen säätelyä tapahtuu aivokuoren motorisesta ja premotorisesta korteksista käsin (Hall & Hall 2021, 540, 697–706; Sovijärvi & Salorinne 2005, 41).

3 ASTMA

Astma on pitkäaikainen keuhkosairaus, johon kuuluu keuhkoputkien lisääntynyt supistumisherkyys eli hyperreaktiivisuus ja siihen yleensä liittyvä keuhkoputkiston limakalvotulehdus eli inflammaatio (Astma: Käypä hoito -suositus 2022; Lambrecht & Hammad 2015; Haahtela 2013, 108; Malmberg ym. 2001). Astma voi puhjeta missä iässä tahansa (Astma: Käypä hoito -suositus 2022; Kankaanranta ym. 2016; Kauppi ym. 2020, 393) sen ollessa yleisin lapsuusiän krooninen tauti (Murray ym. 2017). Astma on suomalainen kansantauti (THL 2019), jolloin tauti on merkittävä väestön kokonaisterveydentilaa heikentävä ja kansantaloutta merkittävästi rasittava sairaus. Astma on yleisempää naisilla, kuin miehillä sekä globaalisti, että kansallisesti (Astma: Käypä hoito – suositus 2022; Kankaanpää ym. 2017; LoMauro & Aliverti 2021; Toskala & Kennedy 2015). Jotkut potilaat eivät kuitenkaan tunnista oireita ja astma sekä sen hoito jäävät saamatta (Astma: Käypä hoito – suositus 2022).

3.1 Oireet ja luokittelu

Astmalle tyypillisiä oireita ovat yskä, lisääntynyt limaneritys ja yskökset, uloshengityksen vinkuminen, hengenahdistus ja painon tunne rintakehällä (Aaron ym. 2018; Astma: Käypä hoito -suositus 2022; GINA 2022, 20–21; Haahtela 2013, 108; Näsman ym. 2018). Nämä oireet voivat vaihdella yksilöllä eri kuukausien ja ajankohtien mukaan (Astma: Käypä hoito -suositus 2022; GINA 2022, 21). Astman erotusdiagnosointi muista keuhko- ja hengityselimistön sairauksista, kuten keuhkohtaumataudista perustuu siihen, että keuhkojen obstruktiolöydökset ovat palautuvia (Kauppi ym. 2020, 393). Obstruktio tarkoittaa keuhkoputkien eli ilmäteiden ahtautumista (Haahtela 2013, 111; Piirilä 2013, 25; Työterveyslaitos 2021) ja restriktio keuhkotilavuuden pienentymistä (Piirilä 2013, 25; Robinson 2016; Työterveyslaitos 2021), joka voi johtua joko keuhkojen, ilmäteiden tai molempien rajoittumisesta (Sovijärvi & Piirilä 2013a, 82–100; Sovijärvi ym. 2019, 7; Tikkanen 2005; Työterveyslaitos 2021).

Diagnostiikaltaan samankaltaisista taudeista kuten keuhkohtaumataudista (*chronic obstructive pulmonary disease, COPD*), kroonisesta keuhkoputkentulehduksesta, toiminnallisesta kurkunpään ahtautumisesta, uniapneasta, hyperventilaatio-oireyhtymästä ja suurten ilmäteiden kokoonpainumistaipumuksesta on erotettava astma huolellisella tutkimisella (Astman Käypä hoito – suositus 2020; GINA 2022, 112). Lisäksi tulee huomioida mahdollisen ahdistuksen,

masentuneisuuden ja sosiaalisten tilanteiden vaikutukset hengityselimistön toimintakykyyn (GINA 2022, 112). Urheilijoilla on astmatutkimuksissa tärkeää pystyä tekemään erotusdiagnoosiikka astmankaltaisista oireista ja taudeista, joita ovat nuha, kurkunpään taudit, toimintahäiriöinen hengitys, sydänperäiset taudit ja ylikunto (GINA 2022, 29).

Astmaa voidaan luokitella sen syntyvän tai ilmenemisen mukaan. Ilmiasuja (fenotyyppejä) erotellaan astman alkamisiän (Pekkanen 2020, 15), oireiden ja niiden vaikeuden, liitännäissairauksien ja pahanemisvaiheiden etenemisen mukaan (Astma: Käypä hoito -suositus 2022). Syntyvän mukaan se jaetaan allergiseen ja ei-allergiseen astmaan (GINA 2022, 21; Kauppi ym. 2020, 393–398; Lambrecht & Hammad 2015), ja useimmiten erotetaan myös aikuisena puhjennut eosinofiilinen astma, pauci-granulosyyttinen astma, lihavuuteen liittyvä astma ja COPD-limittyvä astma ACOS (*asthma-COPD overlap syndrome*) (Astma: Käypä hoito -suositus 2022; GINA 2022, 21; Kauppi ym. 2020a, 395–396). Erottelutavan mukaan se voidaan myös jakaa näiden lisäksi esimerkiksi heikommin tunnettuihin neutrofiiliseen ja vähägranulosyyttiseen astmaan (Astma: Käypä hoito -suositus 2022).

Allerginen astma puhkeaa useimmiten lapsuudessa ja nuoruudessa ja ei-allerginen astma aikuisiällä (Lambrecht & Hammad 2015). Allergiseen astmaan viitataan myös nuoruudessa alkaneeksi allergiseksi astmaksi (Kauppi ym. 2020, 395). Tyypillisesti astmaa sairastavilla lapsilla ja arviolta puolet sitä sairastavista aikuisista on juuri immunoglobuliini E (IgE) välitteinen allerginen astma (Kauppi ym. 2020, 393; Lambrecht & Hammad 2015), joka puhkeaa siitepöly- tai ruoka-allergian, allergisen nuhan tai atopian myötä (Kauppi ym. 2020, 395). Allergisessa astmassa T-auttaja-2-tyypin soluilla on merkittävä osuus patologiassa (Kauppi ym. 2020, 395). Huomattavaa on, että 80 % allergista astmaa sairastavista sairastavat myös allergista nuhaa (Lambrecht & Hammad 2015) ja atopiaa on tutkimuspopulaation mukaan kolmasosasta puoleen (Pekkanen 2020, 14) jopa 75 % kokonaispopulaatiosta (Toskala & Kennedy 2015).

Kuten Carlsen ja kumppanit (2008) kiteyttivät aikaisempia tutkimuksia ja määritelmiä käyttäen fyysisen aktiivisuuden yhteydestä astmaan ja keuhkojen toimintakykyyn, käytetään termiä liikunnan aiheuttama astma (EIA, exercise-induced asthma) tai nimeä rasitusastma kuvaamaan nimensä mukaisesti kuvaamaan astman oireistoa (astmaa) fyysisen aktiivisuuden aiheuttamana. Määrettä liikunnan aiheuttama keuhkoputkien supistuminen (EIB, exercise-induced bronchoconstriction) käytetään kuvaamaan keuhkojen toiminnan heikkenemistä harjoittelun

tai testin jälkeen (Carlsen ym. 2008). Rankan fyysisen aktiivisuuden jälkeen voi ilmetä sekä EIB- ja EIA-piirteitä (Carlsen ym. 2008). Ammatti-astma on vakuutus oikeudellinen käsite astmasta, joka ilmenee tiettyjen kyseiselle työympäristölle tyypillisten astma-altisteiden myötävaikutuksesta (Lindström 2020, 488). Sen aiheuttaa toistuva tai yksittäinen korkeille pitoisuuksille tiettyjä hengitysteitä ärsyttävälle altisteelle altistumien (GINA 2022, 28; Lindström 2020, 488). Mikäli ammattiympäristöstä aiheutunut astma todetaan, tulee astmaatikon välttää allergeenialtistusta (Lindström 2020, 488; Salomaa 2022) ja ääritapauksissa vaihtaa jopa ammattia (GINA 2022, 28–29). Työssä tapahtuva altistuminen selittää 16 % nuoruus- ja aikuisiän astmasta (Astma: Käypä hoito – suositus 2022).

3.2 Diagnoosi spirometriaa käyttäen

Astmadiagnoosi perustuu lääkityksen, testauksen tai molempien avulla osoitettuun keuhkoputkien palautuvaan obstruktion keuhkojen toimintakokeissa (Astma: Käypä hoito – suositus 2022; GINA 2022, 20; Haahtela 2013, 110; Kauppi & Kilpeläinen 2020a, 398). Astmadiagnoosi perusteena käytetään lääkityksellä laukeavan keuhkoputkien ahtautumisen osoittamista bronkodilataatiokeessa, keuhkoputkien ahtautumisen osoittamiseen astmaa puoltavien löydösten yhteydessä esimerkiksi käyttäen kahden viikon PEF-seurantaa kotiolosuhteissa tai käyttäen diagnostista hoitokoetta (Astma: Käypä hoito – suositus 2022; GINA 2022, 20,24; Kauppi & Kilpeläinen 2020a, 398). Vaikka bronkodilataatiokokeessa ei näkyisi astmalle diagnostisia piirteitä mutta henkilön oirehistoria viittaisi astmaan, tulee tutkimuksia täydentää esimerkiksi PEF-seurannalla (Malmberg & Piirilä 2020b, 337). Edellä mainittujen ja yleisimpien diagnostisten testien lisäksi rasituskoetta käytetään pääosin fyysisen rasituksen aikana ilmaantuvien astmaoireiden todentamiseen (Kauppi & Kilpeläinen 2020a, 398) aikuisilla. Lisäksi erikoissairaanhoidossa voidaan osoittaa keuhkoputkien supistumisherkyys mm. metakoliinialtistustestillä (Kauppi & Kilpeläinen 2020a, 398) aikuisilla (GINA 2022, 23).

Spirometria on yksi tärkeimmistä ja kattavimmista keuhkojen toimintaa mittaavista kokeista (Sim ym. 2017; Sovijärvi ym. 2016; Sovijärvi ym. 2019, 7) sen ollessa myös yleisin keuhkojen toimintakoe Suomessa yli 500 000 tutkimuskerralla vuosittain (Sovijärvi ym. 2016; Sovijärvi & Piirilä 2013b, 79). Spirometriassa selvitetään mittaamalla eri suurearvoja maksimaalisen ulospuhalluksen aikana ja arvioimalla näiden perusteella kokonaisuutena keuhkojen tilavuutta

ja tuuletuskykyä eli ventilaatiota, tuuletushäiriön luonnetta joko obstruktiiviseen tai restriktiiviseen sekä niiden vaikeusastetta, että obstruktion palautuvuutta (Sovijärvi ym. 2019, 7). Spirometriaa käytetään etenkin astman diagnosoimiseen (Sovijärvi ym. 2019, 7).

Spirometriamittauksena tässä työssä käsiteltävien ohjeiden ja suositusten osalta käytetään dynaamista virtaustilavuusspirometria-mittausta (Länsimies 2003, 56–59; Sovijärvi ym. 2019, 11). Bronkodilataatiokoe on spirometrian jatkotutkimus, jossa selvitetään obstruktion palautuvuutta keuhkoputkia avaavan lääkkeen vaikutuksesta (Sovijärvi ym. 2016) useimmiten astman diagnosoimiseen (Malmberg & Piirilä 2020a, 331; Sovijärvi ym. 2019, 20). Spirometria- ja bronkodilataatiokokeissa käytetään tutkittavaa parhaiten edustavaa viitearvostoa, jotta saataisiin paras mahdollinen arvio, onko keuhkojen toimintakyvyssä poikkeamia. Viitearvoista ja niiden käytöstä kerrotaan lisää kappaleessa 3.2.2. Astman diagnostisena kriteerinä käytetään suomalaisessa Käypä hoito -suosituksessa mainitut kriteerit (2022), eli kun FVC tai FEV₁ paranee vähintään 12 % ja 200 millilitraa bronkodilataatiokokeessa (spirometriakokeesta) myös tässä työssä.

3.2.1 Keuhkosuureet spirometriassa

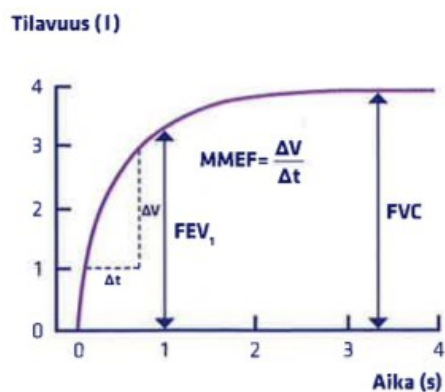
Spirometria- ja bronkodilataatiokokeessa tavallisimpia mitattavia suureita ovat hidas vitaalikapasiteetti (VC, vital capacity), nopea vitaalikapasiteetti (FVC, forced vital capacity) ja ulospuhalluksen ensimmäisen sekunnin kapasiteetti (merkintä FEV₁ tai FEV₁, forced expiratory volume in 1 second) (Länsimies 2004, 57; Piirilä 2013, 23; Sim ym. 2017; Sovijärvi ym. 2019, 11). Lisäksi mitataan sekuntikapasiteetin ja vitaalikapasiteetin suhde ($FEV\% = FEV_1/VC$), sekuntikapasiteetin ja nopean vitaalikapasiteetin suhde ($FEV\% = FEV_1/FVC$), uloshengityksen puolivälin virtausnopeus (MMEF, maximal mid-expiratory flow), uloshengitysvirtauksen uloshengitystilavuuden puolivälin kohta FCV:stä (eli MMEF₅₀ tai MEF₅₀) ja uloshengitysaika (FET, forced expiratory time) (Länsimies 2004, 57; Piirilä 2013, 23; Sim ym. 2017; Sovijärvi ym. 2019, 11).

Kokeissa mitataan tavallisesti myös uloshengityksen huippuvirtaus (PEF, peak expiratory flow), uloshengitetyn ilman tilavuus puolen sekunnin kuluttua sen alusta (FEV_{0,5}), uloshengitetyn ilman tilavuus kuuden sekunnin kuluttua puhalluksen alusta (FEV₆), uloshengitysvirtaus viimeisen tilavuusneljänneksen kohdalla (MEF₂₅, maximal mid-expiratory

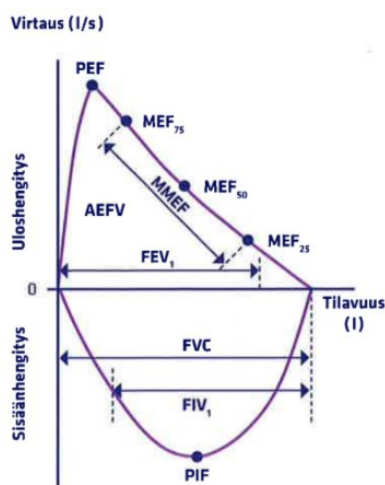
flow in last quarter), sisäänhengityksen huippuvirtaus (PIF, peak inspiratory flow) ja uloshengityskäyrän pinta-ala (AEFV, area of expiratory flow-volume) (Länsimies 2004, 57; Piirilä 2013, 23–24; Sovijärvi ym. 2019, 11).

Eri suureet kertovat yksin ja yhdessä muiden suureiden kanssa hengitysteiden eri osien toiminnasta ja niissä mahdollisesti olevista poikkeavuuksista (Sovijärvi & Piirilä 2012, 83). Tyypillisimminkin yksittäisinä suureina VC kertoo keuhkojen kokonaistilavuudesta, FVC keuhkojen toiminnallisesta tilavuudesta, FEV1 keuhkojen kokonaisventilaatiokyvystä ja FEV% uloshengitysvirtauksen helppoudesta eli esteettömyydestä hengitysteissä (Kinnula & Sovijärvi, 233–237; Piirilä 2013, 26; Sovijärvi & Piirilä 2012, 83). Lisäksi PEF kertoo suurien ilmäteiden obstruktiosta, läpimitasta ja uloshengityslihasten voimasta, MMEF ilmavirtauksen helppoudesta keskikokoisissa sekä pienissä hengitysteissä ja MEF50 pienien hengitysteiden virtauksista ja ahtaudesta (Kinnula & Sovijärvi, 233–237; Piirilä 2013, 26; Sovijärvi & Piirilä 2012, 83). MMEF ja MEF50 kuvastavat siis keuhkojen tuuletustehokkuutta (Piirilä 2004, 57).

Keuhkojen toimintakokeissa mitattavat suureet voidaan piirtää kahteen eri kuvaajaan, joissa ilmenevät eri suurearvot (Kinnula & Sovijärvi 2005, 235; Sovijärvi ym. 2019, 11). Näitä kuvaajia ovat tilavuus-aikarekisteröinnin kuvaaja kuviossa 1 ja virtaus-tilavuusrekisteröinnin kuvaaja kuviossa 2. Spirometria- ja bronkodilataatiokokeiden tulostositteisiin tuodaan useimmiten näkyviin virtaus-tilavuusrekisteröinnin uloshengitysvaihe peräkkäisten virtausarvojen mukaan ilmaistuna, niin kutsuttuna verhokäyränä (Kinnula & Sovijärvi 2005, 235). Graafiseen spirometrian tulospaperista tulee suomalaisten suositusten mukaan (Sovijärvi ym. 2019, 10–15) löytyä testin hyväksyntään liittyvien kriteerien mukainen paras käyrä ennen ja jälkeen bronkodilataattorin annon samassa akselistossa ja erillisellä sivulla tulee näkyä kaikkien yksittäisten puhallusten käyrät (Sovijärvi ym. 2019, 23).



KUVIO 1. Dynaamisen spirometrian tilavuusaikarekisteröinti-kuvaajan muuttujat. FEV_1 , uloshengityksen sekuntikapasiteetti; MMEF, uloshengityksen keskivaiheen virtaus; FVC, nopea vitaalikapasiteetti. Lähteestä Sovijärvi ym. (2019, 11).



KUVIO 2. Dynaamisen spirometrian virtaus-tilavuusrekisteröinti-kuvaajan muuttujat lähteestä Sovijärvi ym. (2019, 11). PEF, uloshengityksen huippuvirtaus; FVC, nopea vitaalikapasiteetti; MMEF, uloshengityksen keskivaiheen virtaus; $MMEF_{75}$, uloshengitysvirtaus uloshengitystilavuuden ensimmäisessä tilavuusneljänneksessä; $MMEF_{50}$, uloshengitysvirtaus uloshengitysvirtauksen tilavuuden puolivälissä; $MMEF_{25}$, uloshengitysvirtaus uloshengitysvirtauksen viimeisessä tilavuusneljänneksessä; AEF, uloshengityskäyrän pinta-ala, FIV_1 , sisäänhengityksen tilavuus yhden sekunnin aikana; PIF, sisäänhengityksen huippuvirtaus.

3.2.2 Sukupuolen, iän ja pituuden vaikutus keuhkosuureisiin

Keuhkosuureissa ilmenee vaihtelua yksilöstä toiseen. Selittävinä tekijöinä ovat niin perinnölliset, anatomiset ja fysiologiset tekijät, kuin elinympäristön tarjoamat mahdollisuudet sekä yhdessä niihin vaikuttavat yksilön valinnat. Tässä kappaleessa kuvaillaan eri tekijöitä keuhkosuureiden eroavaisuuksien taustalla.

Sukupuoli ja ikä. Useimmat keuhkosuureet ovat miehillä 20–30 % suurempia, kuin naisilla (Hall & Hall 2021, 496) ja tätä selittävät ennen kaikkea anatomiset ja fysiologiset tekijät. Eroavaisuuksien syitä on elämäntavoissa ja löydettävissä laajassa perspektiivissä myös sosiokulttuurisista, ekonomisista ja lainopillisista näkökulmista lähtien, kuten esimerkiksi lääkitykseen ja erilaisiin hoitomuotoihin liittyen ja jotka vaikuttavat hengityselimistön toimintaan tai kehitykseen em. toimenpiteiden aikana ja sen jälkeen (LoMauro & Aliverti 2021; Talaminos-Barroso ym. 2018). Hengityselimistön anatomisista rakenteista esimerkiksi nielu ja rintakehä ovat läpimitaltaan ja poikkileikkauspinta-alaltaan miehillä naisia suurempia ja kylkiluiden asento miehillä horisontaalisempi (Dominelli & Molgat-Seon 2022; LoMauro & Aliverti 2018). Näiden anatomisten erojen myötä miehillä on keskimäärin vastaavankokoisia naisia suuremmat keuhkotilavuudet ja -funktiot (Dominelli & Molgat-Seon 2022; LoMauro & Aliverti 2021; LoMauro & Aliveri 2018).

Murrosiästä alkaen naisten hengitystiet ja keuhkojen hengityskaasujen vaihdantatila kasvavat suhteessa yhtä paljon (LoMauro & Aliverti 2021). Vastaavasti miehillä hengitysteiden kasvu jää suhteessa keuhkojen kasvusta näin elimistöön muodostuessa vähemmän alveoleja ja aiheuttaen matalamman uloshengitysnopeuden (FEV1, *forced expiratory volume in 1 second*, ensimmäisen sekunnin aikana maksimaalisen sisäänhengityksen jälkeen uloshengitetyn ilman tilavuus) (LoMauro & Aliverti 2021). Myös erot miesten ja naisten hormonitoiminnassa ja eri hormonien määrissä selittävät eroja eri sukupuolien keuhkorakenteiden ja -tilavuuksien osalta miespuolisten kannalta kokonaisuudessaan edullisemmaksi (Dominelli & Molgat-Seon 2022, LoMauro & Aliverti 2021; LoMauro & Aliveri 2018), vaikka naisilla on yleensä yksittäisistä suureista korkeammat FEV1- ja FVC-arvot (*forced vital capacity*, maksimaalisen sisäänhengityksen jälkeinen maksimaalisen uloshengityksen ilman tilavuus) (LoMauro & Aliverti 2021).

Murrosiässä pojilla testosteronin lisääntyminen saa aikaan rintakehän ja hengityselimien muutoksen ja kasvun, johtaen suurempiin keuhkofunktioihin miehillä (LoMauro & Aliverti 2021). Testosteroni vaikuttaa lihasmassan kasvuun positiivisesti (Hall & Hall 2021, 1073). Lenoir ja kumppanit (2020) osoittivat sekä suuremman testosteronipitoisuuden omaavilla miehillä oli korkeammat FEV1- ja FVC-arvot alemman pitoisuuden omaavien miesten ryhmiin nähden ja että suuremmat pitoisuudet sukupuolihormoneja sitovaa globuliinia (ovat yhteydessä molemmilla sukupuolilla parempaan keuhkojen toimintakykyyn. Täten korkeampi testosteronipitoisuus molemmilla sukupuolilla parantaa keuhkojenfunktioita. Miesten ja naisten

hengityselimistöt reagoivat hieman eri tavoin fyysiseen aktiivisuuteen, mutta näillä eroavaisuuksilla ei näyttäisi olevan vaikutuksia harjoitusvasteiden muodostumiseen sukupuolten välillä tai merkittävää eroa hengityselimistön vasteiden muutoksiin (Dominelli & Molgat-Seon 2022). Maksimaalisessa aerobisessa suorituksessa hengityselimistö tai sen koko ei ole normaalisti suurin suoritusta rajoittava tekijä, vaan muut hapen kuljetuksesta lihaksiin vastaavat tekijät (Hall & Hall 2021, 1019).

Pituus. Pituus korreloi keuhkojen kokonaistilavuuden (*total lung capacity*, TLC), vitaalikapasiteetin, jäännöstilavuuden (*residual volume*, RV), FVC-, FEV1- ja PEF-suureiden (*peak expiratory flow*, maksimaalisen uloshengityksen huippuvirtaus) funktioiden kasvua (Talaminos-Barrosa ym. 2018), jolloin lyhyempiin yksilöihin verraten heitä pidemmillä yksilöillä on suuremmat keuhkotilavuudet (Hall & Hall 2021, 496; Rufino ym. 2017; Talaminos-Barrosa ym. 2018). Henkilön pituus vaikuttaa keuhkosuureissa etenkin FVC-, FEV1- ja PEF-arvoihin (Sadiq ym. 2019), sillä kyseiset suuret ovat riippuvaisia kehon mittasuhteista (Quanjer ym. 2014; Rufino ym. 2017; Wun ym. 2013). Koska miehet henkilöt ovat naisia keskimäärin pidempiä, selittää keskimääräinen pituusero sukupuolten välistä eroavaisuutta keuhkofunktioissa anatomisten, hormonaalisten ja fysiologisten erojen lisäksi (LoMauro & Aliverti 2018).

3.2.3 Viitearvot spirometriassa

Eri etnisiin taustoihin ja ikäluokkiin pohjautuvia viitearvoja käytetään spirometria- ja bronkodilataatiokokeiden analyysissä, jotta saataisiin parhaiten selville kullekin yksilölle sopivat vertailu- eli normaaliarvot määrittelyksi (Haynes 2018; Stocks ym. 2014). Spirometriakokeiden tulosten luotettavuuden kannalta on oleellista, että käytetyt viitearvot edustavat sitä kohderyhmän etnistä taustaa, sukupuolta ja ikää, jota tutkittava on (Haynes 2018; Sovijärvi ym. 2016). Etniseltä taustaltaan osittain tai kokonaan ulkomaalaisten henkilöiden kohdalla tulee huomioida ja arvioida tarkalla yksilöllisellä valinnalla heille sopivin viitearvosto ja tulosten raportoinnissa tulee esittää selkeästi käytetty viitearvosto ja etninen tausta (Sovijärvi ym. 2019, 17). Spirometrian viitearvojen tulkintakaavion ohjeistus löytyy sivulta 16 lähteestä Sovijärvi ym. (2019).

Koillinen ym. (1998) ovat antaneet omat suosituksensa etniseltä taustaltaan suomalaisten, iältään 6–17-vuotiaiden lasten spirometria- ja bronkodilataatiokokeiden suorittamiseen, joita suositellaan käytettäväksi edelleen lasten ja nuorten tutkimiseen (Sovijärvi ym. 2019, 17). Uusissa kansainvälisissä lapsi- ja aikuisväestön spirometrian GLI2012-viitearvoissa (Quanjer ym. 2012) on selkeää eroa etniseltä taustaltaan suomalaisten yksilöiden tuloksiin verraten, minkä vuoksi etniseltä taustaltaan suomalaiselle väestölle ei uusia kansainvälisiä viitearvostoja suositella käytettäväksi lapsille tai aikuisille (Sovijärvi ym. 2019, 7). Suomalaisilta henkilöiltä mitatut keuhkojen tilavuudet ovat keskimäärin GLI2012-arvoja viidestä kuuteen prosenttia suurempia, sekä esimerkiksi FEV1-arvot ovat keskimäärin 4,2 prosenttia suuremmat (Kainu ym. 2016; Sovijärvi 2019, 4).

Viljasen ja kumppanien vuonna 1982 määrittelemistä suomalaisista, kansallisista viitearvoista aikuisväestölle luovuttiin 2010-luvun loppuvuosina (Sovijärvi 2019, 4–5) ja tilalle laadittiin uudet Kainu ym. (2016) viitearvot. Aiemmat Viljasen ym. (1982) viitearvot olivat huonosti yli 55-vuotiaille soveltuvia ja heidän tuloksiaan vääristäviä hengitysobstruktioiden yli-diagnoosoinnin osalta, minkä lisäksi nämä arvot olivat laadittu käyttäen 2020-luvulle tultaessa vanhentunutta mittaustekniikkaa ja käytöstä poistunutta kuivamäntäspirometriaa käyttäen (Kainu ym. 2016; Sovijärvi 2019, 4–5; Sovijärvi ym. 2016). Lisäksi aiemmat Viljasen ja kumppanien (1982) viitearvot eivät kuvastaneet luotettavasti nykyajan etnisesti suomalaisen väestön spirometriatuloksia (Kainu ym. 2016; Sovijärvi ym. 2019, 16–19).

Viitearvot antavat siis viitteellisen oletusarvon siitä, milloin tutkittavan arvot ovat normaaliksi määritellyissä rajoissa ja auttavat tulkitsemaan, mikä tai mitkä tulokset ovat testituloksissa mahdollisesti poikkeavia. Näiden tietojen ja yhdessä eri sairauksien oireiden ymmärtämisen kanssa, voidaan suorittaa tulkintaa ja diagnosointia eri sairauksista. Astman diagnoosi perustuu pääasiassa jo edellä mainittuun obstruktiolöydöksen palautuvuuteen ja brokodilataatiokokeen tulosten paranemiseen spirometriasta (Sovijärvi ym. 2019, 7, 20–21).

3.3 Riskitekijät, ehkäisy ja hoito

Riskitekijät. Astmaatit ovat heterogeeninen tautiryhmä ja eri alatyypeillä on useita päällekkäisiä riskitekijöitä (GINA 2022, 175; Pekkanen 2020, 15; Toskala & Kennedy 2015). Astman esiintyminen vanhemmilla jopa nelinkertaistaa sairastumisriskin ja vanhempien ja

sisarusten astma on suurin yksittäinen riskitekijä taudille (Astma: Käypä hoito – suositus 2022; Toskala & Kennedy 2015) muun lähisuvun astman ollessa myös riskitekijä (Kauppi ym. 2020, 393; Pekkanen 2020, 15). Allergista nuhaa potevilla on lähteistä riippuen kahdestanelinkertainen riski sairastua astmaan (Astma: Käypä hoito – suositus 2022). Monitekijäinen geneettinen alttius on astman kehittymisen kannalta yksittäisten geenien vaikutusta merkittävämpää (Astma: Käypä hoito – suositus 2022). Lapsilla astman kehittymistä ennustaa vahvasti IgE-välitteinen herkistyminen ja atopia (Astma: Käypä hoito – suositus 2022; Pekkanen 2020, 15; Toskala & Kennedy 2015). Astman ilmenemistä ennustavina tekijöinä urheilijoilla ovat samat riskitekijät kuin ei-urheilevien väestössä; naissukupuoli, atopia ja astman perhehistoria (Näsman ym. 2018), mutta toisaalta yhteyttä urheilijoiden astman ja lähisuvun astman välillä ei ole löydetty kaikissa tutkimuksissa (Langdeau ym. 2004).

Elinympäristön tekijät, joilla on osoitettu olevan yhteys astman kehittymiseen ovat ravinto, allergeenit, pienhiukkas- sekä mikrobialtistuminen että psykososiaaliset tekijät (GINA 2022, 176; Maciag & Phipatanakul 2019; Lindström 2020, 488–493; Pekkanen 2020, 15; Toskala & Kennedy 2015) sekä lapsilla kosteusvaurioiden yhteydestä astman kehittymiseen on viitteitä (Astma: käypä hoito – suositus 2022. Eri elämäntavat ja niihin liittyvät riskitekijät, kuten lihavuus ja tupakointi lisäävät sairastumistodennäköisyyttä (Astma: Käypä hoito – suositus 2022; Toskala & Kennedy 2015). Ylipainoisilla ilmenee normaalipainoisia enemmän astmaa (GINA 2022, 29) ja ylipainoisilla lapsilla on useammin astmakohtauksia kuin normaalipainoisilla astmaatikoilla, mutta keuhkojen toimintakyky on molemmissa ryhmissä samanlainen (Toskala & Kennedy 2015).

Tupakointi lisää kokonaisvaltaisesti riskiä sairastua astmaan kaikissa ikäryhmissä ja myös tupakan savulle altistuminen eli passiivinen tupakointi lisää riskiä sikiöiästä lähtien (Astma: Lambrecht ja Hammad 2015; Käypä hoito – suositus 2022; GINA 2022; Toskala & Kennedy). Lapsuuden passiivinen tupakointi lisää riskiä sairastua riskiin myös aikuisena (Skorge ym. 2005). Äidin tupakointi raskauden aikana suurentaa lapsen riskiä astmalle (GINA 2022, 81) puolitoistakertaiseksi (Astma: Käypä hoito – suositus 2022) tupakoimattomuuteen verraten.

Ehkäisy. Astman ehkäisyssä on tärkeää pyrkiä minimoimaan elinympäristön riskitekijät astmalle, näitä tekijöitä ollen tämän kappaleen kuvailun mukaiset sekä biologiset että sosiaaliset tekijät (GINA 2022, 176). Säännöllinen liikunta vahvistaa immunitettiin ja luonnossa liikkumisen sekä leikkimisen on todettu vähentävän astman riskiä yhdessä kasvupainotteisen

ruokavalion kanssa, samoin kuin tupakoimattomuus, ylipainon välttäminen, ympäristön ja ravinnon jo olemassa olevien allergia-altisteiden välttäminen ehkäisevät astman kehittymistä (GINA 2022, 47, 79–86; Maciag & Phipatanakul 2019; Salomaa 2022). Painonpudotuksesta ja elintapojen muutoksesta on etenkin merkittävästi ylipainoisille tai lihaville henkilöille apua astman hallinnassa, sillä pienikin painonpudotus vähentää oireilua ja parantaa elämänlaatua (Kauppi & Kilpeläinen 2020b, 403–404).

Hoito. Astmaa hoidetaan samanaikaisesti sekä lääkkeettömästi että lääkehoidolla, hoidon tavoitteena olevan normaali keuhkojen toimintakyky, nykyisten oireiden vähentäminen ja pahenemisvaiheiden estäminen (Astma: Käypä hoito -suositus 200; GINA 2022, 46–93; Kauppi & Kilpeläinen 2020b, 401–403). Oireiden hallinta on hyvä, kun astma ei häiritse tai rajoita arkielämää, herätä öisin tai ja tarvittaessa käytettävää inhalaattoria käytetään vain satunnaisesti (Astma: Käypä hoito -suositus 2022; Kauppi & Kilpeläinen 2020b, 401–403). Astman hoidossa, hoitotavan ja lääkkeiden ja hoitotavoitteiden asettelussa on hyvä kuulla ja keskustella yhdessä potilaan kanssa hänelle sopivimman hoidon laatimiseksi (Astma: Käypä hoito-suositus 2022; GINA 2022, 47,55), sillä astman itsehoito ja inhalaattorin oikeaoppinen käyttö ovat merkittävässä osassa koko hoitoprosessia (Astma: Käypä hoito-suositus 2022; GINA 2022, 46,88; Kauppi & Kilpeläinen 2020b, 401).

Astman lääkehoito toteutetaan keuhkojen toimintakokeiden löydösten, oireiden sekä taudin vaikeusasteen ja pahenemisriskin mukaan (Astma: Käypä hoito-suositus 2022; Kauppi & Kilpeläinen 2020b, 401). Tarkemmat suositukset ja kuvaukset eri ikä- ja tautiryhmille ovat saatavissa Astman Käypä hoito- suosituksesta (2022) ja GINA 2022 astmajulkaisusta. Lääkehoidon perustana on oireita nopeasti, eli keuhkoputkien supistumista rauhoittava salbutamoli tai terbutaliini tai pitkä- ja nopeavaikutteiset lääkeyhdisteet, kuten beeta2-agonistit kortikosteroidin ja formoterolin yhdistelmävalmiste (Astma: Käypä hoito-suositus 2022). Lääkehoidon käytön vähentäminen tai sen poistuminen on tärkeä mittari hoidon tehosta (Astma: Käypä hoito-suositus 2022). Valtaosa potilaista ei osaa käyttää inhalaattoreita oikein (GINA 2022, 88), joka johtaa hoidon epätasapainoon ja oireiden helpottumattomuuteen ohjeenmukaisella annostuksella.

Astman lääkkeettömällä hoidolla pyritään samanaikaisesti helpottamaan oireita yhtäaikaan lääkehoidon kanssa, että vähentämään lääkehoidon tarvetta ja parantamaan elämänlaatua (Astma: Käypä hoito-suositus 2022; GINA 2022, 79). Astman hoidossa korostuu

tupakoimattomuus, stressinhallinta, hyvän fyysisen kunnonylläpito ja tavoittelu yhdessä muiden sairauksien sallimalla tasolla (Astma: Käypä hoito suositus 2022; Kauppi & Kilpeläinen 2020b, 403). Aiemmin mainittujen riskitekijöiden vähentäminen ja välttäminen auttavat astman hoitotasapainon saavuttamisessa ja sen hoidossa.

3.4 Yleisyys eri populaatioissa

Aikuisväestö. Astman yleisyys kokonaisväestötasolla on 2010-luvulla ollut eri lähteiden mukaan noin kuudesta kymmeneen prosenttia (Astma: Käypä hoito – suositus 2022; Haahtela 2013, 108; Kauppi ym. 2020, 393). Duodecimin uusimman Käypä hoito -suosituksen mukaan (Astma: Käypä hoito- suositus 2022) Suomessa oli vuonna 2019 myönnetty yhteensä astman hoitoon erityiskorvattavia astmalääkkeitä yhteensä 282 158 henkilölle, jolloin astman yleisyys oli erityiskorvattavien lääkereseptien määrien määrittämänä 5,1 prosenttia kokonaisväestöstä (Astma: Käypä hoito – suositus 2022; SVT 2022b). Vuonna 2013 astman yleisyys oli samaten määriteltynä kokonaisväestössä 4,23 %, naisilla sen ollen 5,00 ja miehillä 2,44 (Kankaanpää ym. 2017). Aaron ja kumppanit (2018) arvioivat tiiviissä kliinisessä katsauksessaan, että tutkimuspopulaation mukaan aikuis- ja ikääntyneen väestön keskuudessa astman yleisyys on 7–10 % ja joista diagnosoimatonta astmaa on viidenneksestä tapauksista jopa 73 % asti. Astma aiheuttaa kuoleman harvoin kokonaisväestössä (Kivistö ym. 2018) ja se aiheutti kuoleman vuonna 2019 Suomessa 63 kuolemantapauksessa, eikä yksikään kuollut ollut alle 15-vuotias (Astma: Käypä hoito -suositus 2022, SVT 2022a).

Nuoret. 15-vuotiailla astmadiagnoseja oli Suomessa 7,6 % kaikista astmadiagnoseista (Kankaanpää ym. 2017) ja uusia astmalääkekorvauksia vuonna 2019 20,9 % kaikista uusista erityiskorvattavista astmalääkkeistä (Astma: Käypä hoito – suositus 2022). 13–14-vuotiaista suomalaislapsista 19 % ilmensi astman oireistoa Kivistö ym. (2018) tutkimuksessa. Astmaa ilmentää Lochten ja kumppanien meta-analyysin mukaan keskimäärin 6,0 prosenttia kaikista 0–18-vuotiaista. Aaron ym. (2018) totesivat kirjallisuuskatsauksessaan, että lapsi- ja aikuisväestön diagnosoimattoman astman yleisyys on samankaltaista. Siersted ym. (1998) totesivat 12–15-vuotiailla tanskalaislapsilla astman yleisyyden olevan 14,3 % ja joista 37 % oli aiemmin diagnosoimatonta. Lasten astmakuolemat ovat harvinaisia, sillä vain neljä lasta on kuollut siihen vuosivälillä 1999–2015 (Kivistö ym. 2018) insidenssin ollessa 0,19 miljoonaa henkilövuotta kohden.

Säännöllistä liikuntaa harrastavat ja harrastamattomat. Astman yleisyys on suurempaa säännöllistä liikuntaa harrastavilla harrastamattomiin nähden (Alaranta ym. 2004; Thomas ym. 2010). Alaranta ym. (2004) havaitsivat suomalaisia olympiaurheilijoita tutkineessa tutkimuksessaan, että astmaa ilmeni 13,9 % urheilijoista verrattuna verrokkiryhmään, jossa sitä ilmeni 8,4 prosentilla ja Langdeau ym. (2004) totesivat yleisyyden olevan 15,3 % urheilijoista koostuvassa tutkimuspopulaatiossaan. Lochte ym. (2016) raportoivat meta-analyysissään, että fyysisesti inaktiivisilla lapsilla on fyysisesti aktiivisiin verrokkeihin nähden todennäköisesti korkeampi riski sairastua astmaan. Myös liikunnan kokonaisharjoittelumäärä ja intensiteetti näyttäisi olevan yhteydessä astmaan (Lochte ym. 2016), jolloin vähiten aktiivisilla lapsilla astma on pääosin yleisempää aktiivisempiin ikätovereihinsa nähden.

Locken ja Marksien (2007) kirjallisuuskatsauksessa ei ollut kaikkien tutkimusten osalta yksimielisesti eroavaisuutta fyysisen aktiivisuuden statuksien vaikutuksista astman yleisyyteen nuorten urheilijoiden ja ei-urheilijoiden välillä. Vastaavasti Roda ja kumppanit (2020) eivät tutkimuksessaan huomannet fyysisen aktiivisuuden tason aiheuttamia vaikutuksia kahdensanvuotiaiden lasten keuhkofunktioihin. Tutkimuksessa (Roda ym. 2020) huomattiin lapsuuden korkeamman fyysisen aktiivisuuden selittävän nuorilla naisilla verrokkejaan suuremmat keuhkofunktiot. On mahdollista, että lapsuudessa ja ennen ikävuotta kahdeksan fyysinen aktiivisuus ei vielä aiheuta mitattavissa olevia adaptaatiomuutoksia, mutta ne ilmenevät myöhemmässä ikävaiheessa. Täten lisätutkimusta tarvitaan lasten ja nuorten fyysisen aktiivisuuden vaikutuksista keuhkofunktioihin, jotta tiedettäisiin, missä iässä ja minkä fyysisen aktiivisuuden intensiteettimäärän jälkeen kyseisiä muutoksia alkaisi ilmenemään.

Kestävyysurheilu. Astma on yleisempää kestävyyslajien harrastajilla (Alaranta ym. 2004; Carlsen ym. 2008; Lund 2009; Thomas ym. 2010), kuin taito- tai voimalajien harrastajilla (Thomas ym. 2010). Thomas ym. (2010) tutkimuksessa kestävyysurheilijoilla astman yleisyys oli 21 % ja 23,9 % Irewallin ja kumppanien (2020) tutkimuksessa. Kestävyysurheilulajeista astmaa ilmenee tyypillisimmin uimareilla, (maasto-)hiihtäjillä, pyöräilijöillä, triathlonisteilla ja viisiottelijoilla (Carlsen ym. 2008; Helenius ym. 1997; Lazovic ym. 2015). Kestävyysurheilussa uimareiden astman yleisyyttä selittänee myös suuren keuhkotyöskentelyn ohella hengitysilman klooriyhdisteet (Bougault & Boulet 2012; Päivinen 2022). Helenius ym. (1997) ilmoittivat lääkärin toteaman astman yleisyydeksi 17 % pitkän matkan juoksijoilla, 8 prosenttia voima- ja nopeuslajien urheilijoilla verrattuna 3 prosentin yleisyyteen kontrolliryhmään eli ei-urheilijoihin nähden. Itseraportoidun astman yleisyys oli

maastohiihtäjillä 26,2 % ja ei-hiihtäjistä koostuvilla verrokeilla 10,6 % Mäki-Heikkilän ja kumppanien (2021) artikkelissa. Joukkueurheilussa astman yleisyys oli Thomas ym. (2010) mukaan 12,5 %. Langdeau ym. (2004) raportoivat astman yleisyydeksi uinnissa 18,2, maastohiihdossa 15, taitoluistelussa 31,8 ja jääkiekossa 10,8 prosenttia.

Astman yleisyyttä kestävyysurheilussa selittää pääosin korkeavolyymisen hengityksen tiheys ja kesto, minkä lisäksi kuivan hengitysilman oletetaan vaikuttavan yhdessä tiheän hengitysrytmien ja harjoitteen keston kanssa (Carlsen ym. 2008). Bovard ym. (2018) tarkastelivat 12–13-vuotiaita uimareita yhden harjoituskauden eli noin seitsemän kuukauden aikana verrattuna voimistelijoista, tanssijoista ja joukkuelajien edustajista koottuun verrokkiryhmään. Johtopäätöksenä Bovard ja kumppanit (2018) totesivat, että uimareilla oli suuremmat keuhkot tilavuudeltaan ja korkeammat spirometrian tulokset, mutta murrosiässä harrastettu uinti ei kasvata keuhkotilavuuksia tutkimuksen verrokkeihin nähden yhden harjoituskauden aikana. Tutkimuksessa tutkittavien harjoitusvuosien aika vaihteli suuresti (Bovard ym. 2018), jolloin tarkempaa tutkimusta harjoitusvuosien ja harjoittelun vaikutuksesta eri urheilulajien edustajien keuhkofunktioiden muodostumiseen lapsuudessa ja murrosiässä tarvitaan. Myös McKenzie (2012) totesi katsauksessaan uimareilla olevan muita kestävyysurheilulajitovereitaan korkeammat keuhkosuureiden arvot.

Taito- ja voimalajit. Verrattaessa kestävyysurheilulajeissa ilmenevää astmaa muihin lajeihin tämän työn analyysissä termeillä taito- ja voimalajit, tarkoitetaan tässä kappaleessa ja työssä kaikkia niitä urheilulajeja, jotka eivät ole luokaltaan kestävyysurheilulajeja (eli joukkuelajit, taitolajit, voimalajit). Joukkueurheilussa astman yleisyys oli Thomas ym. (2010) mukaan 12,5 % ja Heleniuksen ja kumppanien (1997) mukaan 8 prosenttia voima- ja nopeuslajien urheilijoilla. Langdeau ym. (2004) raportoivat astman yleisyydeksi koripallossa 16,7, yleisurheilussa 15,3, jalkapallossa 9,1 ja voimistelussa 3,0 prosenttia. Norjalaisilla eliittitason joukkueurheilijoilla astmaa oli 6 %:lla ja taitolajien edustajilla 33 %:lla (Støle Melsom ym. 2022). Jalkapalloilevilla nuorilla astmaa oli 1,6 prosentilla, kun verrokeilla sitä oli 5,9 prosentilla (Ventura ym. 2009).

4 KEUHKOJEN TOIMINTAKYVYN MITTAUS SPIROMETRIA- JA BRONKODILATAATIOKOKEISSA

Alaluvussa 3.2 käytiin läpi spirometrian määritelmää, siinä mitattavia yleisimpiä suureita ja sen perusteella tehtäviä päätelmiä ja diagnooseja yksilön hengityselimistön toimintakyvystä ja rajoitteista. Tässä kappaleessa kerrotaan spirometria- ja bronkodilataatiokokeiden suoritusohjeet, tutkittavan ja tutkimuslaitteiston valmistetusta, aiheet sekä vasta-aiheet tutkimuksille, että tutkimuksen mahdollisia virhelähteitä.

4.1 Spirometrian kliiniset aiheet ja vasta-aiheet

Spirometriakokeen tekemistä puoltavina aiheina ovat hengityselimistön kunnan ja toimintakyvyn selvittämien, esimerkiksi hengityksen tai hengityselimistön poikkeavuuksien tai sellaisten epäilyjen selvittäminen (Sovijärvi ym. 2019; Sovijärvi & Piirilä 2013b, 79). Hengityselimistön sairauksien diagnosointi, tarkempi määrittäminen ja poissulkeminen esimerkiksi astman tai keuhkohtaumataudin oireita ilmentäville henkilöille ja erilaisten riskiryhmien seulominen ovat myös vahvoja aiheita spirometrian tekemiselle (Sovijärvi ym. 2019). Suomalaisen työryhmän (Sovijärvi ym. 2019) spirometrian mittausten suosituksien mukaan ja Sim. ym. (2017) artikkelia mukaillen keuhkolääkityksen vaikutusten, työkykyisyyden ja erilaisten työkykyä estävien tekijöiden haitta-asteen arviointi keuhkosairailta, sairauksien kulujen seuranta ja toimenpide- ja leikkausriskien arviointi ovat myös spirometrian aiheita. Lisäksi spirometritestin kautta saadaan yleistietoa tietyn alueen väestön yleisterveyden tilasta (Sim ym. 2017).

Spirometrian vasta-aiheita ovat äskettäiset silmä- ja sydänleikkaukset, laparotomia eli vatsaontelon avaamisleikkaus, aivohalvaus, sydäninfarktit ja -kohtaukset, ilmarinta, sekä verkkokalvon irtauma että alle kolmen kuukauden sisällä ilmennyt aortan laajentuma (Cooper 2011; Sim ym. 2017). Spirometrian harkinnanvaraisia, tapauskohtaisesti lääkärin arvioitavia vasta-aiheita ovat alle kuukauden sisällä ilmennyt sydäninfarkti, epästabili angina pectoris, käynnissä oleva hengitystieinfektio ja alle viikon sisällä toteutettu keuhkotoimenpide, vaikeat sydämen rytmihäiriöt, rinta- ja vatsakivut syystä riippumatta, ilmarinta, dementia, spirometrian suorittamista haittaava tai estävä suu- tai kasvokipu, yskösvärjäykseltään positiivinen keuhkotuberkuloosi, sekä ennenaikaisen synnytyksen riski raskauden loppuvaiheessa että

pakkoinkontinenssi (Cooper 2011; Sim ym. 2017; Sovijärvi ym. 2019, 7). Lisäksi suositellaan, että akuutista hengitystieinfektion paranemisesta olisi tullut kuluneeksi yli kaksi viikkoa ennen testin suorittamista (Cooper 2011; Sovijärvi ym. 2016).

Roberts ym. (2018) analysoivat 20 vuoden ajalta yli 186 000 keuhkofunktiota selvittäviä testejä sisältäen spirometria-, bronkodilataatiokokeet ja VO₂max –testin, raportoiden keskimäärin testauksen aikana sattuvan viisi potilasturvatapahtumaa 10 000:sta. Yleisin testauksen aikana tapahtuva onnettomuus oli pyörtyminen. Yksi 10 000 tapaturmasta johti päivystyskäyntiin sairaalasta eikä keuhkofunktioiden testauksen ja kuolemantapauksien välillä ollut yhteyttä (Roberts ym. 2018). Keuhkokokeiden aikana tapahtuvien tapaturmien riski on täten erittäin pieni, keuhkotutkimuksen ollessa erittäin turvallinen.

4.2 Tutkittavan ja tutkimuslaitteiston valmistelu

Ennen spirometrian suorittamista suositellaan välttämään kahvin, teen, kola- sekä muiden piristävien juomien nauttimista, että raskasta ateriointia neljä tuntia ennen tutkimuksen alkua (Moore 2012; Sovijärvi & Piirilä 2012, 80; Sovijärvi ym. 2019, 7–9). Alkoholia on suositeltavaa välttää 24 tuntia ennen spirometriaa (Sovijärvi & Piirilä 2012, 80; Sovijärvi ym. 2019, 9) ja tupakointia tulisi välttää vähintään tunti ennen (Moore 2012). Edellä mainitut nautintoaineet ja raskas ateriointi vaikuttavat hengityselimistöön erilaisten keskushermostoa ja muita elimistön osia aktivoivien ja inhiboivien vaikutusten kautta (Glaister & Gissane 2018; McKeever ym. 2010; Seppä-Moilanen ym. 2021), minkä takia niitä suositellaan vältettävän kyseiset ajat ennen spirometriaa tulosten luotettavuuden varmistamiseksi. Toisaalta Chu ym. (2010) eivät havainneet eroa spirometrian tai muiden keuhkojen toimintakykyä mittaavien testien tuloksissa suoraan raskaan aterioinnin jälkeen, kaksi tuntia aterioinnista tai kokeen suorittamista ateriointia ennen, joten spirometriakoetta edeltävän aterioinnin ajankodasta tarvittaneen lisätutkimuksia parhaiden mahdollisten testisuositusten laatimista varten.

Fyysinen rasitus (Moore 2012) ja kylmän ilman hengittäminen voivat vaikuttaa keuhkoputkia supistavasti, jolloin voimakasta fyysistä rasitusta tulisi välttää kaksi tuntia ennen Sovijärvi ym. 2019, 9) spirometriaa. Muun muassa näiden perusteella suositellaan, että ennen spirometriaa tutkittava lepäisi istuma-asennossa ainakin 15 minuuttia ennen tutkimusta (Sovijärvi & Piirilä

2012, 80). Ennen koetta tulee myös huomioida mahdollisten lääkitysten vaikutukset (Sovijärvi & Piirilä 2012, 80–81; Sovijärvi ym. 2019, 8–9) ja se tulee sovittaa tutkimuksen kliinistä aihetta vastaavaksi (Sim ym. 2017; Sovijärvi ym. 2019, 7–9). Erilaisten lääkkeiden suositeltavasta käytöstä spirometriakokeen kliinistä aihetta vastaavaksi on laadittu laajat taulukoinnit uusissa suosituksissa (Sovijärvi ym. 2019, 8–9). Esimerkiksi kyseessä olevan astmalääkitykseen liittyvä arviointi, astman kokonaisvaikutuksen arviointia varten otetaan normaali lääkitys, mutta haluttaessa selvittää kortikosteroidien vaikutusta otetaan vain kortikosteroidit ohjeiden mukaisesti (Sovijärvi ym. 2019, 8–9). Jos kyseessä on puolestaan astmaatikon lääkehoidon tehon, työkykyisyyden tai toimenpidekelpoisuuden arviointi, lääkitys otetaan normaalisti (Sovijärvi & Piirilä 2012, 80–81; Kinnula & Sovijärvi 2005, 234.)

Ennen tutkittavan saapumista, tulee spirometri kalibroida ja tarkastaa (Moore 2012; Sovijärvi ym. 2019, 10). Tilavuuskalibrointi tulee suorittaa päivittäin kolmen litran kalibraatiopumpulla ja ennen kutakin tutkittavaa, kertakäyttöisiä pneumotografeja käytettäessä spirometrin kalibraation tarkistus tulee tehdä yhdestä kahteen kertaa päivässä (Sovijärvi ym. 2019, 10). Lisäksi samassa ohjeistuksessa (Sovijärvi ym. 2019, 10) lämpötilakalibrointi suositetaan tehtäväksi samalla päiväkohtaisella frekvenssillä, jos käytössä ei ole kertakäyttöisiä virtausantureita tai lämmitettävää pneumotografiaa. Kalibrointi tulee tehdä käyttäen vähintään kolmea eri virtausnopeudella suoritettua pumppausta laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti ja mitatun tilavuuden tulee olla $\pm 3 \%$ pumpun todellisesta tilavuudesta ja kalibraatiopumpun tarkkuuden on oltava ± 15 millilitraa tai $\pm 0,5 \%$ (Sovijärvi ym. 2019, 10).

Tutkimusläheteessä ja tulostositteessa tulee olla nähtävissä tutkittavan nimi sekä henkilötunnus (Sovijärvi ym. 2019, 7) jotka tulee tarkistaa ennen tutkimuksen tekoa (Moore 2012). Näiden ohella spirometriaohjelmaan tulee kirjata tutkittava; ikä; sukupuoli; pituus ja paino niistä laskettava BMI-indeksi (*Body Mass Index*, kehon painoindeksi); lääkitysten määrä ja ottoajankohta taukoineen; keuhkolääkityksen ottoajankohdat ja tauot; tutkimustuloksiin mahdollisesti vaikuttavat sairaudet; tupakointistatus (Sim ym. 2017; Sovijärvi ym. 2019, 7). Tutkimuksen viitearvoston, tutkimuksen suorittavan henkilön, sen lähettävän yksikön ja lääkärin tiedot tulee olla sekä läheteessä että tulostositteessa nähtävillä (Sovijärvi ym. 2019, 7, 10), lisäksi ennen spirometriakokeen alkamista tulee harkita tapauskohtaisesti mahdollisten tekohampaiden ja proteesien poisottamista puhallusten tai puhallustekniikan parantamiseksi (Sim ym. 2017; Sovijärvi ym. 2019, 23).

4.3 Spirometrian suoritusohjeet ja hyväksymiskriteerit

Tutkimukseen tulevalle kerrotaan tutkimuksen suorittajan ohjeistuksella tutkimuksen kulku ja opastetaan sekä harjoitellaan ennen testin alkua tilanteeseen nähden oikeanlainen puhallustekniikka (Moore 2012; Sim ym. 2017). Tutkittava asetetaan istumaan tuoliin ryhdikkäässä istuma-asennossa jalat tukevasti maassa kiinni, kaulan oikea asento huomioiden ja vaatetus huomioiden niin, että se ei kiristä, estä tai muutoin rajoita puhalluskokeen tekoa (Moore 2012; Sovijärvi ym. 2019, 8). Tutkittavalle asetetaan pneumotografi suuhun hampaiden väliin, huulet suukappaleen ympärille tiiviisti ja nenäklipsi asetetaan ilmapirtauksen estämiseksi nenän kautta ulos (Moore 2012; Sovijärvi ym. 2019, 8).

Harjoituspuhallusten jälkeen siirrytään testin suorittamiseen (Moore 2012). Ensin tutkittava hengittelee normaalisti pneumotografian lävitse, sitten vetää keuhkot täyteen maksimaalisesti ja sekunnin tauon jälkeen puhalttaa maksimaalisesti ulos keuhkot niin tyhjiksi kuin mahdollista, uloshengityksen kestäessä vähintään kuusi sekuntia kymmenen vuotta täyttäneiltä ja vanhemmilta ja alle 10-vuotiailla kolme sekuntia (Moore 2012; Sovijärvi ym. 2019, 12). Puhalluksen aikana on erittäin tärkeää, että testaja kannustaa testattavaa, jotta todellinen maksimisuoritus saadaan aikaan (Moore 2012). Tutkittavalta tulee ensisijaisesti saada tallennettua kolme yhdenmukaista (onnistunutta) puhalluskertaa, jotka täyttävät yhden puhalluksen hyväksymis- ja tulosten toistettavuuskriteerit (Moore 2012; Sim ym. 2017; Sovijärvi ym. 2019, 12), jotka ovat tarkemmin eriteltyinä Moodissa (Sovijärvi ym. 2019) sivuilla 12–13. Suorituksien yrityskerrat eivät saisi ylittää yli kahdeksaa peräkkäistä yhden tutkimuskerran aikana ja suorituskertojen välissä tulee pitää levähdystauot (Sovijärvi ym. 2019, 10).

4.4 Bronkodilataatiokokeen suoritus

Bronkodilataatiokoe suoritetaan samoilla ohjeilla, menetelmillä ja viitearvoilla kuin spirometria, jossa hyväksytyyn spirometriakokeen testikierroksen jälkeen (Sovijärvi ym. 2019, 21) tutkittaville annetaan inhaloitavaksi annostelukammion kautta keuhkoputkia avaavaa lääkitystä (Moore 2012; Sim ym. 2017; Sovijärvi ym. 2019, 20–21). Avaavana lääkityksenä käytetään yleensä salbutamolia 0,4 milligrammaa (mg) kahtena 0,2 mg annoksena tai vaihtoehtoisesti terbutaliinijauhetta kahdesti 0,50 mg annoksina (Sovijärvi ym. 2019, 20–21)

yli 17-vuotiaille. Alle 10-vuotiaille lapsille suositellaan annokseksi salbutamolia 0,3 milligramman kokonaisannosta (Malmberg ym. 2001) ja Sovijärvi ym. (2019, 21) korkeintaan 0,2–0,3 milligramman annosta. Myös ipratropiumbromidilla voidaan suorittaa spirometria, jolloin aikuisväestöllä kokonaisannos on 80 mikrogrammaa annettuna 20 mikrogramman annoksina neljästi (Sovijärvi ym. 2019, 21.)

Bronkodilataatiokokeen suoritus alkaa lääkeaineen aerosolisäiliön sekoittamisella, jonka jälkeen tutkittavaa pyydetään suorittamaan maksimaalinen uloshengitys (Sovijärvi ym. 2019, 21) ja tutkittavan suuhun asetetaan annostelukammion suukappale tiiviisti. Annostelukammioon suihkautetaan yhteensä 0,2 milligrammaa ja tutkittavaa pyydetään välittömästi suihkauksen jälkeen viiden sekunnin sisällä lääkeaineen suihkauksen jälkeen sisään hengittämään keuhkot rauhallisesti täyteen lääkeaineellista ilmaa ja pidättämään hengitystään viisi sekuntia (Sovijärvi ym. 2019, 21). Menettely toistetaan samalla annostuksella lääkeainetta 30–60 sekunnin sisällä ensimmäisestä inhalointikerrasta, kokonaisannostukseksi muodostuen 0,4 milligrammaa salbutamolia (Sovijärvi ym. 2019, 21). Käytettäessä ipratropiumbromidia odotusaika ennen toistospirometriaa on 30 minuuttia (Sovijärvi ym. 2019, 21).

Lääkityksen inhaloinnin jälkeen odotetaan 10–15 minuuttia lääkkeen vaikutuksen alkamiseksi (Moore 2012; Sim ym. 2017; Sovijärvi ym. 2019, 20–21), jonka jälkeen toistetaan spirometria mahdollisen astmaattisen tai muun keuhkojen toimintakykyä heikentävien sairauksien tai oireyhtymien löytämiseksi. Harkinnanvaraisia vasta-aiheita ovat bronkodilataatiokokeelle rintakipu puhalluksien aikana ja sydämen rytmihäiriöt (Sovijärvi ym. 2019, 21) muiden yleisten spirometrian vasta-aiheiden lisäksi (Cooper 2011; Sim ym. 2017; Sovijärvi ym. 2019, 7), jotka on kuvailtu tässä työssä aiemmin. Samana päivänä otettu astmalääkitys tai raskaus eivät ole vasta-aiheita (Sovijärvi ym. 2019, 21).

4.5 Tutkimuksen virhelähteet

Spirometriaan liittyy huomattava määrä erilaisia virhelähteitä, joiden myötä tulosten luotettavuus heikkenee (Graham ym. 2019; Haynes 2018; Sim ym. 2017; Sovijärvi ym. 2019, 23; Stocks 2014) ja jotka ovat kuvattu taulukossa 1. Spirometrian merkittävin virhelähde on tutkimustilannetta ohjeistavasta henkilöstä johtuvat virheet, kuten vääränlaisen tai puutteellisen

puhallustekniikan tai sen keston ohjeistus (Haynes 2018; Stocks ym. 2014). Spirometrian merkittävin yksittäinen virhelähde tutkittavan osalta on vääränlainen puhallustekniikka ja -suoritus (Haynes 2018). Neljä yleisintä syytä tutkittavasta johtuviin heikkolaatuisiin tuloksiin ovat suukappaleen liiallisesta puremisesta aiheutuva ilmavirran häiriintyminen, heikko uloshengityksen puhallus, heikko ulospuhalluksen aloitus ja ennenaikainen ulospuhalluksen lopettaminen (Haynes 2018). Kouluttamalla testattavia oikeaan puhallustekniikkaan ja -suoritukseen, testin ohjeistavien aktiivisella kenttätöskentelyllä, sekä jatkuvalla koulutuksella että tutkittavien kannustamisella (Moore 2012) testisuoritusten aikana voidaan ehkäistä yleisimpien spirometrian testivirheiden muodostumista (Haynes 2018).

TAULUKKO 1. Spirometriakokeen virhelähteiden kategorisointi ja virhelähteiden kuvaus (Moore 2012; Sim ym. 2017; Sovijärvi ym. 2016; Sovijärvi ym. 2019, 23; Stocks ym. 2014).

Laitevirheet	Ilmavuodot mittausjärjestelmässä, anturi-, ohjelma- ja piirturivirheet. Laskentayksikön ja tietokoneen virheet.
Tutkittavasta johtuvat virheet	Huono yhteistyöhalukkuus tai -kyky, virheellinen puhallustekniikka, ilmavuoto suupielistä, käsi tai sormi peittää anturin takaseinämää tai paineletkua. Kieli tai pureminen ahtauttaa suukappaletta, löysä hammasproteesi, puhallusta häiritsevät oireet (esim. yskä, rintakipu) tai lääkitys ei ole ohjeistuksen mukainen.
Tutkimuksen suorittajasta johtuvat virheet	Virheellinen kalibrointi, virheelliset esitiedot (sukupuoli, ikä, pituus). Tutkittavan käyttämää lääkitystä ei ole varmistettu, huono potilaan ohjaus ja kannustus puhalluksissa. Tutkittavalta puuttuu nenänsuljin tai puhallusasento on väärä. Kostunut tai likaantunut virtausanturi, hyväksyttävien käyrien väärä valinta, väärin viitearvojen valinta (aikuiset/lapset/syntyperä).
Tulosten tulkitsijan virheet	Tulosten tulkitsijan tekemät virheet tulositylyksissä.

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämän tutkielman tarkoitus on selvittää suomalaisissa liikuntaseuroissa harrastavien nuorten ja niissä harrastamattomien verrokkinuorten keuhkofunktioiden eroja spirometria- ja bronkodilataatiokokeessa. Lisäksi selvitetään, kuinka paljon uusia astmadiagnooseja bronkodilataatiokokeen perusteella ilmenee ja eroavatko astmadiagnoosien määrät eri osapopulaatioilla. Tutkielmassa vertaillaan populaatioiden välisiä eroja riskilajien eli kestävyysurheilulajien (jääkiekko, uinti, maastohiihto, suunnistus ja luistelu) ja ei-riskilajien harrastajien (salibandy, koripallo, jalkapallo, yleisurheilu ja voimistelu) ryhmiä yhdessä ja erikseen liikuntaseurassa harrastamattomien nuorten ryhmään. Vertailtavina spirometria- ja bronkodilataatiokokeiden suureina ovat spirometriakokeessa FVC (L), FVC (%), FEV1 (L), FEV1 (%), FEV%, FEV% (%), PEF (L/s), PEF (%), MEF50 (L/s), MEF50 (%), MMEF (L/s) ja bronkodilataatiokokeessa FVC (L), FVC (%), FEV1 (L), FEV1 (%), PEF (L/s), PEF (%), MMEF (L/s) ja MMEF (%). Spirometriakokeessa suureiden prosenttiosuus tarkoittaa kunkin prosenttiosuutta yksilön viitearvosta ja bronkodilataatiokokeessa prosenttiosuudella tarkoitetaan kunkin suureen prosentuaalista muutosta spirometriakokeesta.

Tutkimuskysymyksinä tässä tutkielmassa ovat:

1. Onko liikuntaa liikuntaseurassa harrastavilla ja ei-harrastavien nuorten välillä eroja virtaustilavuus-spirometrian (VTS) tuloksissa?
2. Onko liikuntaa liikuntaseurassa harrastavilla ja ei-harrastavilla nuorilla välillä eroja bronkodilataatiokokeen tuloksissa?
3. Onko liikuntaa liikuntaseuroissa harrastavien nuorten korkean astmariskin lajeissa (jääkiekko, uinti, maastohiihto, suunnistus ja luistelu) havaittavissa eroja spirometria- ja bronkodilataatiokokeessa ei-riskilajeihin (salibandy, koripallo, jalkapallo, yleisurheilu ja voimistelu verrattuna?

Tutkimushypoteeseina toimivat seuraavat väittämät:

1. Liikuntaa liikuntaseurassa harrastavilla nuorilla on ei-harrastaviin nuoriin verrattuna suuremmat keuhkofunktioiden arvot.

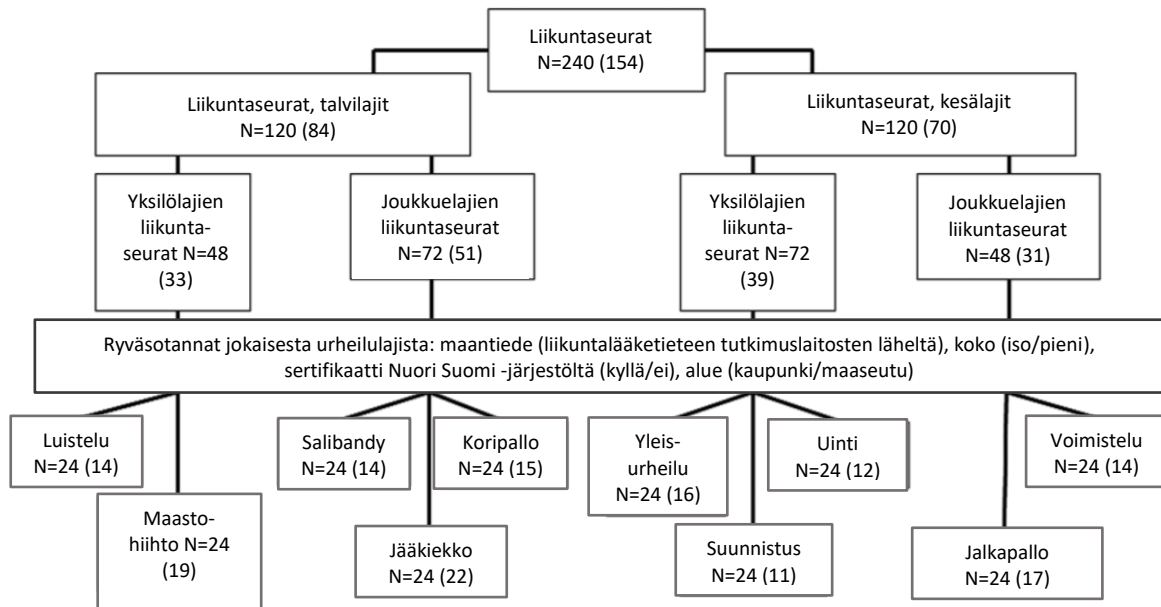
2. Liikuntaa liikuntaseurassa harrastavilla nuorilla ilmenee astmaa enemmän, kuin ei-harrastajilla.
3. Liikuntaa liikuntaseurassa harrastavien nuorten keskuudessa suurimmat keuhkofunktioiden arvot ovat riskilajien harrastajien eli uimarien, jääkiekkoilijoiden, maastohiihtäjien, luistelijoiden ja suunnistajien keskuudessa.

6 TUTKIMUSMENETELMÄT JA -AINEISTO

Tämä pro gradu -tutkielma tuotetaan osana Terveyttä edistävä liikuntaseura (TELS) – pitkäikäistutkimusta. TELS-tutkimuksen tavoitteena (Kokko ym. 2015) on selvittää suomalaisten 14–16-vuotiaiden nuorten liikuntaseurojen terveyden edistämistoimintaa, seuran toimintaan osallistuvien nuorten terveystottumuksia ja terveydentilaa. Lisäksi vertaillaan liikuntaseuratoiminnassa mukana olevia nuoria samanikäisiin ja sukupuolisiin verrokkeihin ja selvittää, onko seuran terveyden edistämistä aktiivisuus yhteydessä seuratoiminnassa mukana olevien terveystottumuksiin ja terveydentilaan. Tutkimus on toteutettu kansallisena yhteistyönä Jyväskylän yliopiston Terveiden edistämisen tutkimuskeskuksen, Urho Kekkosen Kuntoinstituutin (UKK), sekä kuuden liikuntalääketieteen tutkimuslaitoksen toimesta (Kokko ym. 2015). Tutkimuskeskuksia ovat Kuopion liikuntalääketieteen tutkimuslaitos, Helsingin urheilulääkäriasema, Liikunnan ja kansanterveyden edistämissäätiön LIKES/Mehiläinen Liikuntalinikka Jyväskylä, Oulu Deaconess Institute, Paavo Nurmi -keskus Turussa, että Tampereen urheilulääkäriasema (Kokko ym. 2015). TELS-tutkimuksesta on toteutettu seurantamittaukset vuosina 2017–2018 (KIHU 2017) ja 2020–2021 (JYU 2021), jolloin tutkittavat ilmentävät ikävuosia 15, 19 ja 23 (JYU 2021).

6.1 Tutkimusaineisto ja datankeruumenetelmät

Tässä työssä käytettävä aineisto oli kerätty vuosina 2013–2014, tutkimuksen ensimmäisestä poikkileikkausajanjaksoista. Liikuntaseurassa harrastavat nuoret rekrytoitiin TELS-tutkimukseen oheista valintakriteeristöä käyttäen (kuva 3) ja ei-liikuntaseurassa harrastavat nuoret rekrytoitiin lähellä paikallisia tutkimuskeskuksia olevista kouluista (Kokko ym. 2015). Tarkka kokonaisotoksen kuvaus tutkimukseen on saatavissa Kokko ym. (2015) tutkimusprotokollasta. Keuhkojen toimintakokeena toimi spirometria- sekä bronkodilataatiokoe (Kokko ym. 2015). Bronkodilataatiokokeessa ensimmäisen spirometrian testikierroksen jälkeen tutkittaville annettiin keuhkoputkia avaavaa salbutamolia kahden annostelukerran aikana yhteensä 0,4 milligrammaa, jonka 15 minuutin vaikutusajan jälkeen toistettiin spirometriakoe (Kokko ym. 2015; Moodi 2011, 14–15). Kokeissa noudatettiin kansallisia ja kansainvälisiä spirometrian ja bronkodilataatiokokeiden ohjeistuksia (Kokko ym. 2015; Moodi 2011, 1–25) ja Koillisen ym. (1998) viitearvoja (Sovijärvi ym. 2019, 17).



KUVA 3. Ryväsotannan kaavio ja urheilulajien valinnat liikuntaseurassa harrastavien nuorten tutkimuspopulaatiosta. Mukailtu lähteestä Kokko ym. (2015). N tarkoittaa tavoiteltuja liikuntaseuroja ja sulkeissa oleva luku lopulliseen tutkimukseen osallistuneita seuroja.

6.2 Aineiston analyysimenetelmät

Tämän pro gradu -työn tilastolliset analyysit suoritettiin IBM SPSS Statistics -tilasto-ohjelman versiolla 26.0. Kaikkien keuhkokokeiden muuttujien eli sekä spirometria- että bronkodilataatiokokeiden tulosten analyysiin, käytettiin lineaarisen sekamallin analyysimenetelmää (*linear mixed model analysis*). Lineaarisen sekamallin käyttöön päädyttiin, sillä sen avulla pystytään huomioimaan kaikista tilastollisista menetelmistä parhaiten puuttuvia tietoja, minkä lisäksi se pystyy huomioimaan eri tutkimuspaikoissa olevien eri otantaryhmien välisiä eroja keskenään ja suhteessa kaikkiin tutkittaviin yksilöihin, (Fitzmaurice ym. 2011, 175–240).

Linearisessa sekamallissa rakennetaan erilaisia muuttujien yhteyksiä tutkittavaan ilmiöön selittäviä malleja käyttäen erilaisia, aineiston tulkintaan vaikuttavia kiinteitä (*fixed*) ja satunnaisia (*random*) vaikutuksia aiheuttavia tekijöitä, joista valitaan parhaiten kuvaavaa ilmiötä kuvastava malli jatkoanalyysiä varten muuttamalla rakennetun mallin painopisteytyksiä eri muuttujilla ja niiden selitysasteen tasoilla. Parhaimman mallin valinta tapahtuu etsimällä pienintä Bayesian informaatiokriteerin Bayesian informaatiokriteerin (Bayesian information criteria, BIC) arvoa eri mallien keskuudesta (Fitzmaurice ym. 2011, 175–179). Mitä alhaisempi

BIC-arvo on, sitä paremmin kyseinen malli tulkitaan soveltuvan analysoitavana olevaan aineistoon (Fitzmaurice ym. 2011, 175). Parasta mallia etsittäessä lineaarisen sekamallin tunnusluvut estimoidiin käyttäen suurimman uskottavuuden menetelmää (*maximum likelihood, ML*). Lopulliseen tilastanalyysiin valittiin malli, jolla oli alhaisin BIC-arvo ja jonka arvioidaan täten selittävän tutkittavana olevaa ilmiötä yksinkertaisimmin ja parhaiten. Lopulliseen analyysiin käytettiin ML-menetelmän tilalla rajoitetun suurimman uskottavuuden menetelmää (*restricted maximum likelihood, REML*) tulosten tilastollisen vahvuuden lisäämiseksi (Fitzmaurice ym. 2011, 104).

Analyysiin käytettiin eri ryhmien välisien taustamuuttujien poistamista eli ryhmien taustamuuttujien yhtenäistämistä varten painomuuttujaa, jossa huomioitiin pituus, paino ja sukupuoli. Allergiatietoja ei ollut saatavilla. Kaikissa analyyseissä käytettiin 95 prosentin luottamusväliä.

6.3 Tutkimusaineiston kuvailu

Spirometria- ja bronkodilataatiokokeiden testituloksia oli saatavissa kokonaisuudessaan 578:lta tutkittavalta, joista 38 tutkittavaa suljettiin pois analyyseistä astmadiagnoosin, sekä sen tai astmalääkityksen käytön perusteella. Spirometrian ja täten myös bronkodilataatiokokeen tuloksia ei ollut saatavilla 12 tutkittavalta ja yhden tutkittavan spirometriakokeen tulokset eivät olleet täydelliset, jolloin nämä henkilöt suljettiin pois analyyseistä. Tällöin tutkimuksen aineistoksi jäi spirometriakokeissa (N=)527 havaintoyksikköä. Bronkodilataatiokokeiden tuloksia ei ollut saatavilla kaikilta spirometriavaiheen tehneiltä, jolloin bronkodilataatiokokeiden aineiston määräksi muodostui 510 tutkittavaa (=N).

Spirometriassa 527 nuoresta liikuntaseurassa harrastamattomia oli 150 (28,46 %), ei-riskilajia harrastavia 206 (39,1 %) ja riskilajin harrastajia 171 (32,5 %). Tyttöjä oli harrastamattomien joukossa 100 (66 %), ei-riskilajeissa 89 (43,20 %) ja riskilajeissa 99 (57,90 %). Liikuntaseurassa harrastavia oli yhteensä 377 (71,5 % kokonaisaineistosta), joista 188 (49,9 %) oli tyttöjä. **Bronkodilataatioissa 510** nuoresta liikuntaseurassa harrastamattomia oli 142 (27,8 %), ei-riskilajia harrastavia 201 (39,4 %) ja riskilajien harrastajia 167 (32,8 %). Tyttöjä oli

harrastamattomien joukossa 66,9 %, ei-riskilajeissa 42,8 % ja riskilajeissa 58,7 %, kun yhteensä harrastajia oli 368 (72,2 %). 50,0 % oli tyttöjä ja poikia.

TAULUKKO 2. Aineiston kuvailu spirometriatulosten perusteella.

Muuttuja	Koko aineisto	Harrastamattomat	Ei-riskilajien harrastajat	Riskilajien harrastajat	Kaikki harrastajat yhteensä
N (%)	527 (100)	150 (28,4 %)	206 (39,1 %)	171 (32,5 %)	377 (71,53 %)
Tutkittavat keskuksittain,	527	150	206	171	377
Helsinki	91	20	38	33	71
Turku	93	18	47	28	75
Tampere	79	16	31	32	63
Jyväskylä	73	27	27	19	46
Kuopio	88	26	35	27	62
Oulu	103	43	28	32	60
Sukupuoli,					
tyttöjä	288 (54,65)	100 (66,6 %)	89 (43,2 %)	99 (57,9 %)	188 (49,9 %)
poikia	239 (45,35)	50 (33,3 %)	117 (56,8)	72 (42,1 %)	189 (50,1 %)
Ikä	15,47±0,55	15,46±0,49	15,48±0,54	15,47±0,63	15,47±0,58
Pituus	170,37±7,92	168,29±7,65	172,1±8,66	170,11±6,71	171,2±7,89
Paino	61,00±9,62	60,63±11,04	61,59±9,18	60,6±8,77	61,14±9,0
BMI	20,96±2,64	21,37±3,36	20,71±2,21	20,89±2,36	20,8 ± 2,28

BMI=Body Mass Index, kehon painoindeksi

TAULUKKO 3. Aineiston kuvailu bronkodilataatiotulosten perusteella.

Muuttuja	Koko aineisto	Harrastamattomat	Ei-riskilajien harrastajat	Riskilajien harrastajat	Kaikki harrastajat yhteensä
N (%)	510 (100 %)	142 (27,8 %)	201 (39,4 %)	167 (32,8)	368 (72,2 %)
Tutkittavat keskuksittain,	510	142	201	167	368
Helsinki	90	19	38	33	71
Turku	87	17	44	26	70
Tampere	79	16	31	32	63
Jyväskylä	70	26	27	17	44
Kuopio	85	24	34	27	61
Oulu	99	40	27	32	59
Sukupuoli,					
tyttöjä	279 (54,7 %)	95 (66,9 %)	86 (42,8 %)	98 (58,7 %)	184 (50,0 %)
poikia	231 (45,3 %)	47 (33,1 %)	115 (57,2 %)	69 (41,3 %)	184 (50,0 %)
Ikä	15,47 ± 0,55	15,45 ± 0,44	15,49 ± 0,55	15,47 ± 0,64	15,48 ± 0,59
Pituus	170,58 ± 7,82	168,7 ± 7,44	172,31 ± 8,57	175,2 ± 6,92	171,3 ± 7,86
Paino	61,17 ± 9,54	60,88 ± 10,94	61,84 ± 9,07	60,62 ± 8,82	61,29 ± 8,96
BMI	20,98 ± 2,63	21,36 ± 3,37	20,77 ± 2,19	20,9 ± 2,38	20,83 ± 2,28

BMI=Body Mass Index, kehon painoindeksi

7 TUTKIMUSTULOKSET

Tarkasteltaessa keuhkosuureiden muuttujia taulukoissa 4, 5, 6 ja 7, oli tilastollisesti merkitseviä eroja spirometria-aineistossa yhteensä viidessä muuttujassa sekä bronkodilataatio-aineistossa kahdessa muuttujassa. Tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia havaittiin liikuntaseuralaisten ja ei-liikuntaseuralaisten välillä (taulukko 4) FVC:n ($p=0,002$) ja FEV1:n ($p=0,003$) osalta spirometriakokeessa. Tilastollisesti merkitsevä eroavaisuutena oli ei-liikuntaseuralaisten ja ei-riskilajien (taulukko 5) välillä spirometriakokeessa FEV1 ($p=0,043$) ja tilastollisen merkitsevyyden rajoilla havaittiin olevan FVC ($p=0,051$). Ei-riskilajien ja riskilajien (taulukko 7) välillä oli tilastollisesti merkittävää eroa FEV1%:n ($p=0,024$), MEF50%:n ($p=0,029$) osalta bronkodilataatiokokeessa ja PEF%:n ($p=0,036$) osalta spirometriakokeessa. Tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia ei havaittu ei-liikuntaseuralaisten ja riskilajien (taulukko 6) edustajien välillä.

Astman diagnostisena kriteerinä käytettäessä suomalaista Käypä hoito -suositusta (29.03.2022), todettiin astmaa seitsemällä 142:sta ei-liikuntaseuralaisesta (4,93 %). Ei-riskilajien harrastajilla todettiin 13 uutta diagnoosia (6,47 %) ja riskilajien harrastajilla 14 (8,38 %). Kaikkien liikuntaseuralaisten osajoukossa uusien astmadiagnoosien määrä oli 7,34 %.

TAULUKKO 4. Keskiarvotulokset ja keskihajonnat ei-liikuntaseuralaisten ja liikuntaseuralaisten tuloksissa spirometria- ja bronkodilataatiokokeessa.

	Ei-liikuntaseura	Liikuntaseura	P-arvo
FVC , litraa	3,98 ± 0,74	4,28 ± 0,84	0,002
FVC, % viitearvosta	95,96 ± 11,8	97,09 ± 12,14	0,710
FVC bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,03 ± 0,14	0,04 ± 0,2	0,908
FVC bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, %	0,99 ± 3,73	1,00 ± 4,84	0,827
FEV1 , litraa	3,47 ± 0,56	3,69 ± 0,67	0,003
FEV1, % viitearvosta	94,51 ± 10,5	95,01 ± 11,24	0,850
FEV1 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,16 ± 0,16	0,16 ± 0,18	0,850
FEV1 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	4,5 ± 4,73	4,37 ± 5,22	0,599
PEF , litraa/s*	6,62 ± 1,16	6,91 ± 1,28	0,219
PEF, % viitearvosta	91,62 ± 13,82	90,25 ± 14,2	0,481
PEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,20 ± 0,53	0,21 ± 0,49	0,820
PEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	3,17 ± 8,3	3,5 ± 7,57	0,698
MEF50 , litraa/s	4,36 ± 0,98	4,47 ± 1,00	0,452
MEF50, % viitearvosta	92,82 ± 20,58	90,63 ± 18,32	0,233
MEF50 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,61 ± 0,56	0,51 ± 0,57	0,382
MEF50 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	15,54 ± 15,47	12,9 ± 15,88	0,325
MMEF , litraa/s	3,93 ± 0,84	4,03 ± 0,90	0,497
MMEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,56 ± 0,42	0,51 ± 0,52	0,697
MMEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	15,25 ± 12,56	13,49 ± 13,6	0,658

TAULUKKO 5. Keskiarvotulokset ja keskihajonnat ei-liikuntaseuralaisten ja ei-riskilajien harrastajien tuloksissa spirometria- ja bronkodilataatiokokeessa.

	Ei-liikuntaseura	Ei-riskilaji	P-arvo
FVC , litraa	3,98 ± 0,74	4,31 ± 0,9	0,051
FVC, % viitearvosta	95,96 ± 11,8	96,1 ± 11,9	0,945
FVC bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,03 ± 0,14	0,04 ± 0,15	0,946
FVC bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, %	0,99 ± 3,73	0,73 ± 3,44	0,636
FEV1 , litraa	3,47 ± 0,56	3,74 ± 0,7	0,043
FEV1, % viitearvosta	94,51 ± 10,5	94,35 ± 10,5	0,975
FEV1 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,16 ± 0,16	0,14 ± 0,17	0,576
FEV1 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	4,5 ± 4,73	3,76 ± 4,51	0,210
PEF , litraa/s	6,62 ± 1,16	6,91 ± 1,3	0,134
PEF, % viitearvosta	91,62 ± 13,82	88,92 ± 13,62	0,224
PEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,20 ± 0,53	0,24 ± 0,5	0,478
PEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	3,17 ± 8,3	3,78 ± 7,62	0,426
MEF50 , litraa/s	4,36 ± 0,98	4,53 ± 1,01	0,203
MEF50% viitearvosta	92,82 ± 20,58	90,46 ± 17,5	0,281
MEF50 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,61 ± 0,56	0,45 ± 0,58	0,122
MEF50 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	15,54 ± 15,47	11,03 ± 15,43	0,074
MMEF , litraa/s	3,93 ± 0,84	4,08 ± 0,91	0,208
MMEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,56 ± 0,42	0,47 ± 0,5	0,421
MMEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	15,25 ± 12,56	12,36 ± 13,69	0,366

TAULUKKO 6. Keskiarvotulokset ja keskihajonnat ei-liikuntaseuralaisten ja riskilajien harrastajien tuloksissa spirometria- ja bronkodilataatiokokeessa.

	Ei-liikuntaseura	Riskilaji	P-arvo
FVC , litraa	3,98 ± 0,74	4,23 ± 0,78	0,224
FVC, % viitearvosta	95,96 ± 11,8	98,29 ± 12,38	0,214
FVC bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,03 ± 0,14	0,05 ± 0,25	0,480
FVC bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, %	0,99 ± 3,73	1,32 ± 6,11	0,480
FEV1 , litraa	3,47 ± 0,56	3,64 ± 0,63	0,244
FEV1, % viitearvosta	94,51 ± 10,5	95,83 ± 12,1	0,303
FEV1 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,16 ± 0,16	0,17 ± 0,18	0,427
FEV1 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	4,5 ± 4,73	5,1 ± 5,9	0,385
PEF , litraa/s	6,62 ± 1,16	6,9 ± 1,3	0,155
PEF, % viitearvosta	91,62 ± 13,82	91,85 ± 14,76	0,604
PEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,20 ± 0,53	0,19 ± 0,47	0,937
PEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	3,17 ± 8,3	3,16 ± 7,51	0,853
MEF50 , litraa/s	4,36 ± 0,98	4,4 ± 1,0	0,663
MEF50% viitearvosta	92,82 ± 20,58	90,84 ± 19,37	0,475
MEF50 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,61 ± 0,56	0,58 ± 0,55	0,930
MEF50 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	15,54 ± 15,47	15,16 ± 16,16	0,994
MMEF , litraa/s	3,93 ± 0,84	3,98 ± 0,88	0,593
MMEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,56 ± 0,42	0,55 ± 0,55	0,930
MMEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	15,25 ± 12,56	14,86 ± 13,4	0,983

TAULUKKO 7. Keskiarvotulokset ja keskihajonnat ei-riskilajien ja riskilajien harrastajien tuloksissa spirometria- ja bronkodilataatiokokeessa.

	Ei-riskilaji	Riskilaji	P-arvo
FVC , litraa	4,31 ± 0,9	4,23 ± 0,78	0,260
FVC, % viitearvosta	96,1 ± 11,9	98,29 ± 12,38	0,146
FVC bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,04 ± 0,15	0,05 ± 0,25	0,481
FVC bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, %	0,73 ± 3,44	1,32 ± 6,11	0,205
FEV1 , litraa	3,74 ± 0,7	3,64 ± 0,63	0,193
FEV1, % viitearvosta	94,35 ± 10,5	95,83 ± 12,1	0,210
FEV1 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,14 ± 0,17	0,17 ± 0,18	0,145
FEV1 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	3,76 ± 4,51	5,1 ± 5,9	0,024
PEF , litraa/s	6,91 ± 1,3	6,9 ± 1,3	0,915
PEF, % viitearvosta	88,92 ± 13,62	91,85 ± 14,76	0,036
PEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,24 ± 0,5	0,19 ± 0,47	0,373
PEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	3,78 ± 7,62	3,16 ± 7,51	0,482
MEF50 , litraa/s	4,53 ± 1,01	4,4 ± 1,0	0,287
MEF50% viitearvosta	90,46 ± 17,5	90,84 ± 19,37	0,703
MEF50 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,45 ± 0,58	0,58 ± 0,55	0,068
MEF50 bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	11,03 ± 15,43	15,16 ± 16,16	0,029
MMEF , litraa/s	4,08 ± 0,91	3,98 ± 0,88	0,340
MMEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta, litraa	0,47 ± 0,5	0,55 ± 0,55	0,250
MMEF bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta %	12,36 ± 13,69	14,86 ± 13,4	0,245

8 POHDINTA

Tämän tutkielman tarkoitus on selvittää suomalaisissa liikuntaseuroissa harrastavien nuorten ja niissä harrastamattomien verrokkinuorten keuhkofunktioiden eroja spirometria- ja bronkodilataatiokokeessa eri osapopulaatiovertailuissa. Lisäksi selvitetään, kuinka paljon uusia astmadiagnooseja brokodilataatiokokeen perusteella ilmenee ja eroavatko astmadiagnoosien määrät osapopulaatioissa.

8.1 Keuhkosuureet liikuntaseuralaisten ja ei-liikuntaseuralaisten välillä

Tarkasteltaessa taulukkojen 4–7 tuloksia huomataan, että riskilajistatuksesta riippumatta liikuntaseurassa harrastavilla on absoluuttisesti suuremmat keuhkosuureiden arvot valtaosassa eri muuttujista verrattuna ei-liikuntaseuralaisiin, jolloin 1. ja 2. tutkimuskysymyksen mukaan eroavaisuutta oli virtaustilavuus-spirometrian tuloksissa. Myös tutkimushypoteesi 1 toteutui, eli liikuntaseurassa harrastavilla oli suuremmat keuhkofunktioiden arvot, kuin liikuntaseurassa harrastamattomilla. Tämä tulos on linjassa aikaisempien tutkimusten ja kirjallisuuden kanssa fyysisen harjoittelun aiheuttamiin adaptaatiomuutoksiin keuhkotilavuuksien kasvuun (Durmic ym. 2017; Lazovic ym. 2015) tiheämmästä, korkeavolyymisestä hengityksestä säännöllistä liikuntaa harrastavilla (Helenius ym. 1997; Norqvist ym. 2015; Näsman ym. 2018; Romberg ym. 2011). Lazovic ja kumppanit (2015) summasivat hyvin potentiaaliset syyt, miksi urheilijoilla on suuremmat keuhkofunktiot ei-urheilijoihin verraten. Samat syyt pätevät myös verrattaessa liikuntaseuratoimintaan ja säännöllisesti fyysistä aktiivisuutta harrastaviin nuoriin ja seuratoimintaan osallistumattomiin: liikuntaharjoittelu kehittää hengityselimistön lihaksien voimaa ja kestävyyttä, lisää alveolien laajentumiskykyä ja keuhkojen elastisuutta sekä vähentää hengitysteiden vastustusta (Lazovic ym. 2015).

Keuhkojen toiminnallinen tilavuus eli FVC ja keuhkojen kokonaisventilaatiokyky FEV1 kertovat keuhkojen kokonaistoimintakyvystä (Kinnula & Sovijärvi 2005, 233–237; Piirilä 2013, 26; Sovijärvi & Piirilä 2012, 83) FVC:tä käyttäessä keuhkosairauksien ja hengitysteiden obstruktioiden määrittämisessä FEV1-suureen avittaessa hengitysteiden obstruktion vaikeusasteen määrittämisessä. Liikuntaseurassa harrastavien nuorten suuremmat arvot (taulukko 4) sekä ei-riskilajien (taulukko 5) että riskilajien harrastajien (taulukko 6) suuremmat arvot verrattuna ei-liikuntaseuralaisiin kaikissa vertailupareissa voidaan nähdä keuhkojen

kokonaisterveyden kannalta edullisempänä, sillä keuhkoissa on enemmän kapasiteettia toiminnallisesti ja tilavuudeltaan enemmän kaasujenvaihdannalle. Tämän havainnon osalta tulokset fyysistä aktiivisuutta harrastavien korkeammista keuhkojen toimintakyvystä verrattuna vähemmän liikkuviin lapsiin ovat aikaisemman kirjallisuuden mukaisia (Berntsen ym. 2008; Roda ym. 2020; Ji ym. 2013), jota tilastollisesti merkitsevästi suuremmat FVC- ja FEV1-arvot liikuntaseuralaisten (taulukko 4) ja ei-riskilajien (taulukko 5) edustajilla verrattuna ei-liikuntaseuralaisiin osaltaan osoittavat.

Epäsuorana johtopäätöksenä suurempien keuhkofunktioiden hyödyistä yksilölle voidaan nähdä niiden tarjoama mahdollinen lisäsuoja sairauden yllättäessä, eli mahdollistaa terveyden kannalta epäedullisten infektioiden, sairauksien tai tapaturmien iskiessä hengityselimistön tehokkaampi toimintakyky. Fyysisen aktiivisuuden aikana hengityksen helppous voi olla myötävaikuttamassa positiivisten liikkumiskokemusten muodostumiseen, johon FVC- ja FEV1-suureet ovat vaikuttamassa. Kirjallisuudessa kerrotaan, että hengitysteiden rajoituksesta kärsivät astmaattiset lapset välttivät fyysistä rasitusta (Perry ym. 2018; Yeatts ym. 2003). Oheisten artikkelien ajatusmallia mukailien voisi olla mahdollista, että kokiessaan fyysisen aktiivisuuden aikana hengityksen helppoutta, ei fyysistä aktiivisuutta itsessään aleta välttelemään epämiellyttävien tuntemusten mukaan. Täten suuret keuhkotilavuudet voivat myös edesauttaa fyysisen aktiivisuuden mielekkyyden kokemiseen ja osaltaan edesauttaa terveyden kannalta edullisten liikkumiskokemusten ja -tottumusten muodostumiseen lapsuudessa ja nuoruudessa.

8.2 Keuhkosuureet riskilajien ja ei-riskilajien edustajien välillä

Kirjallisuudessa kestävyysurheilijoiden suuremmat keuhkotilavuudet ja -funktiot ovat voima- ja taitolajien edustajiin tulkitaan johtuvan lajispesifisyyden aiheuttamasta suuremmasta keuhkojen kuormituksesta, lajivaatimusten aiheuttamana adaptaatiomuutoksena (Durmic ym. 2017; Hackett 2020; Hancox & Rasmussen 2018). Huomattavaa on, että kyseisissä tutkimuksissa tutkimuspopulaatio on aikuisväestöstä tämän tutkimuksen kohdejoukon ollessa 15-vuotiaita nuoria. Tässä työssä liikuntaa liikuntaseurassa harrastavien nuorten keskuudessa suurimmat keuhkofunktioiden arvot olivat ei-riskilajien edustajilla, jolloin osapopulaatioiden tulokset erosivat toisistaan tutkimuskysymys 3:n toteutuessa, mutta tutkimushypoteesi 3 ei toteutunut. Koska tässä tutkimuksessa riskilajien edustajilla ei ollut keskimäärin suurempia keuhkotilavuuksia verrattuna ei-riskilajien edustajiin kuten aikuisurheilijoita käsittelevässä

kirjallisuudessa, jää mahdolliseksi selitykseksi se, että adaptaatiomuutokset lajivalintaan eivät vielä välttämättä ilmene tämän tutkimuksen aineiston osalta nuorten elimistöjen vielä kasvaessa, kehittyessä ja adaptoituessa lajityypillisiin kuormitusvasteisiin.

Tutkimuksen riskilajien harrastajien suurempia prosentuaalisia muutoksia bronkodilataatiokokeessa ei-riskilajien harrastajin nähden selittänee spirometriassa riskilajien edustajia pienemmät spirometrian arvot, joita hengitysteitä avaava lääke tehostaa suhteessa enemmän matalammasta aloitustasosta ja keuhkoputkia avaavan lääkkeen vaikutuksesta. Työssä todettiin yhdenmukaisesti aikaisemman kirjallisuuden konsensuksen mukaisesti, että urheilulajien keskuudessa ilmenee eniten hengityselimistön oireilua, astmaa ja astmaan viittaavia oireita kestävyysurheilijoilla, joita olivat tämän työn riskiryhmäläiset ja vähiten ei-kestävyyslajien eli tämän työn ei-riskilajien eli nopeus- ja voimalajien edustajilla (Alaranta ym. 2004; Carlsen ym. 2008; Lund 2009; Thomas ym. 2010; Päivinen 2022).

Riskilajien ja ei-riskilajien edustajien väliltä ei tilastollisesti merkitsevää eroa löytynyt FVC- tai FEV1-arvoissa. Tämä kertonee todennäköisimmin siitä, että kestävyysurheilulajien harrastamien ei kasvata tai heikennä tilastollisesti merkitsevästi FVC- tai FEV1-arvoja verraten jo liikuntaseurassa harrastaviin eli fyysisesti aktiivisiin ei-riskilajien 15-vuotiaisiin harrastajiin. Tilastollisesti merkitsevän MEF50 bronkolyyttivasteen litramuutos spirometriakokeesta ($p=0,029$) ei-riskilajien ja riskilajin edustajien välillä (taulukossa 7) oli keskimäärin yli neljä prosenttiyksikköä suurempi riskilajien edustajilla. MEF50:n bronkolyyttivasteen muutos spirometriakokeesta prosentteina on suuntaa antava havainto, joka yhdessä tilastollisesti merkitsevän MEF50 bronkolyyttivasteen litramuutoksen kanssa ($p=0,029$) viittaa hengityksen tuuletustehokkuuden vahvistumiseen sekä litramäärällisesti että prosentuaalisesti spirometriakokeesta.

Muutokset MEF50-arvoissa spirometria- ja bronkodilataatiokokeissa voivat tuoda käytäntöön lisäarvoa tarkentamalla tulosten tulkintaa astman diagnostisissa tutkimuksissa (Guo ym. 2020), jos bronkodilataatiokokeen tulokset eivät itsessään täytä diagnostisia muutosrajoja FVC- tai FEV1-arvoissa. Suomalaisissa suosituksissa astman kliiniseen toteamiseen nykyisessä ja aikaisemmassa vuoden 2016 ohjeistuksessa on käytetty MEF50-suureiden muutoksia astmadiagnoosille viitteellisinä tulkintoina ja diagnoosia tarkentavina tekijöinä (Sovijärvi ym. 2019, 21; Sovijärvi ym. 2016, 1681b). Tämän työn osoittaessa, että astmaa eniten ilmenevässä riskilajien ryhmässä oli suurimmat MEF50-arvojen paranemiset sekä litra- että

prosentuaalisena muutoksena, olisi hyvä edelleen huomioida astman (Sovijärvi ym. 2019, 21) tai muiden hengitysteiden obstruktioiden toteamisessa (Sovijärvi ym. 2019, 14) MEF50-tulokset diagnoosia tarkentavina tekijöinä.

8.3 Astma

Astmaa ilmeni tässä tutkimuksessa enemmän riskilajien eli kestävyyslajien edustajilla, kuin ei-riskilajien tai ei-liikuntaseuralaisten joukossa, jolloin tutkimustulokset ovat toisen tutkimushypoteesin mukaiset. Vuoden 2012 TELS-tutkimuksen tutkimussuunnitelmassa (Kokko ym. 2012, 4) TELS-tutkimuksen tavoitteena oli selvittää piilevien ja hoitamattomien astmaatikkojen yleisyys eri osajoukoissa. Tutkimussuunnitelmassa mainittiin astman yleisyyden olevan 50–100 tapausta tuhannesta (prevalenssimediaani $75/1000 = 0,75$ %) urheilijoilla. Tässä tutkimuksessa uusien eli aiemmin diagnosoimattomien astmadiagnoosien määrä oli liikuntaseuratoimintaan osallistuvilla nuorilla 7,34 ja riskilajin harrastajilla 8,38 %, insidenssin ollessa tutkimussuunnitelmassa mainittuun (Kokko ym. 2012, 4) merkittävästi suurempi molemmissa osapopulaatioissa.

Puhuttaessa liikuntaseurassa harrastavista nuorista ja todennäköisesti (Kokko ym. 2012, 4) mainituista aikuisurheilijoista, eroaa näiden kahden ryhmän iät hieman toisistaan. Tämän tutkimuksen tulokset eivät ole täten täysin rinnastettavissa aikuisurheilijoita käsittelevään kirjallisuuteen tai Kokko ym. (2012, 4) mainittuun, vaikkakin löydökset piilevien astmadiagnoosien määrässä ovat huomattavan suuret tässä aineistossa – huomioimatta aineiston analyysin ulkopuolelle suljettuja, jo astmadiagnoosin ja tai lääkityksen saaneita nuoria. Verrattuna Sierstedin ym. (1998) tutkimukseen, jossa 14,3 % kaikista 12–15-vuotiaista nuorista sairasti astmaa, jää tämän tutkimuksen eri osapopulaatioiden astman yleisyys kyseisestä. Valtaosa kirjallisuudesta kertoo astmaa ilmenevän enemmän liikuntaseuratoimintaan osallistuvilla nuorilla siihen osallistumattomiin verrokkeihin nähden (Alaranta ym. 2004; Thomas ym. 2010), johon tämän tutkimuksen tulokset ovat yhtenevät. Lisäksi myös Lu ym. (2022) raportoivat kohorttitutkimuksessaan, että kohtalaisesta kovaan (moderate-to-vigorous physical activity, MVPA) fyysisen aktiivisuuden lisääminen jo yli kahdeksan tuntia viikossa kohtalaisesta kovaan jo harjoittelevilla lapsilla ja nuorilla lisäsi astman todennäköisyyttä, mutta aiemmin fyysistä aktiivisuutta harrastamattomilla MVPA:n lisääminen vähensi astmariskiä. Toisaalta kirjallisuudessa on myös suurta vaihtelua johtopäätöksissä, onko fyysisesti

vähemmän aktiivisilla lapsilla pienempi riski astmaan sairastumiseen, kuin fyysisesti aktiivisilla (Eijkemans ym. 2012; Eijkemans ym. 2020; Lochte ym. 2016).

Kirjallisuudessa on viitteitä siitä, että urheilevilla yksilöillä alidiagnosoidaan tai -hoidetaan astmaa verrattuna ei-urheilevaan väestöön (Gawlik ym. 2019; Lazovic ym. 2015; Lund 2009). Yeatts ja kumppanit havainnoivat 12–14-vuotiaille amerikkalaislapsille tehdyssä tutkimuksessaan jo vuonna 2003, että astmadiagnosoimattomien, mutta astmankaltaisia oireita ilmentävien lasten keskuudessa viidennes lapsista menetti puolesta päivästä päivään koulua kuukaudessa hengityksen vinkumisen seurauksena ja neljännes koki osallistumisensa rajoittumista eri aktiviteetteihin vähintään kerran kuussa saman oireen seurauksena. Samasta kohderyhmästä 32 % lapsista koki unihäiriöitä kuukaudessa (Yeatts ym. 2003) ja Perry ym. (2008) löysivät tutkimuksessaan unihäiriöiden heikentävän elämänlaatua astman oireisilla mutta diagnosoimattomilla lapsilla, verrattuna diagnoosin ja hoitoa saaviin lapsiin. Hengityksen vinkumisen aiheuttamat unihäiriöt aiheuttavat kroonista univajetta ja siihen liittyvää heikentynyttä immuunitoimintaa, lisääntynyttä alttiutta hengitystieinfektioille, vähentynyttä kognitiivista toimintaa ja heikentynyttä oppimiskykyä (Yeatts ym. 2003), jotka ovat merkittäviä lasten terveyttä, jaksamista ja oppimista rajoittavia tekijöitä.

Astman hoitamattomuuden ja diagnosoimattomuuden vaikutukset yksilön ja etenkin lasten kokonaisvaltaiseen elämänlaatuun ja hyvinvointiin ovat täten moninaiset (Kavanagh ym. 2019; Perry ym. 2008; Yeatts ym. 2003) ja olisi tärkeää kiinnittää huomiota taudin diagnosointiin ja asianmukaiseen hoitoon. Säännöllinen fyysinen sekä arkiaktiivisuus ja riittävä ja laadukas unen määrä ovat tärkeää etenkin kasvu- ja kehitysvaiheessa oleville nuorille ja osa terveellisiä elämäntapoja läpi elämänkaaren, kuten Ruegsegger ja Booth (2018) sekä Schlieber ja Han (2021) kirjallisuuskatsauksissaan osoittivat. Sierstedin ja kumppanien (1998) tutkimuksessa huomattiin, että useimmat nuoret, joilla oli diagnosoimaton astma, eivät raportoineet oireistaan lääkäreille, jolloin olisi tärkeää tiedottaa nuorille kaikkien terveyteen liittyvien ajatusten ja oireiden merkityksestä lääkäreille ja huoltajille. Yhteenvetona todettakoon, että kaikki esteet fyysisen aktiivisuuden harrastamisen tieltä olisi oiottava miellyttävien liikunta- ja liikkumiskokemusten muodostumisten tieltä lapsuudessa ja nuoruudessa, jotta yksilöt voisivat saada läpi elämänkaaren kestäviä säännöllisen liikkumisen rutiineja yhdessä muiden terveyttä tukevien elämäntapojen kanssa.

Tämän tutkimuksen löydösten eli uusien astmadiagnoosien määrän perusteella näyttäisi siltä, että riskilajien ja ei-riskilajien nuorilla harrastajilla astman diagnosointi saattaa olla alidiagnosoitua verrattuna ei-liikuntaseuralaisiin. Jatkotoimenpide-ehdotuksena olisi täten kiinnittää huomiota nuorten liikuntaseurassa harrastavien ja etenkin kestävyysurheilulajien harrastajien säännöllisempään seuloontaan ja testaukseen astman osalta, jotta kaikki astmaa ilmentävät yksilöt pääsisivät asianmukaisen hoidon tai lääkityksen pariin. Hoitamaton ja diagnosoimaton astma aiheuttaa itse taudin hoitamattomuuden haittojen lisäksi todennäköisesti myös fyysisen aktiivisuuden tai liikuntaharjoittelun välttämistä, työn tehokkuuden ja työajan laskua, heikentäen myös unen ja elämänlaatua (Lazovic ym. 2015; Kavanagh ym. 2019) sekä aikuisilla että kokonaisväestössä.

8.4 Tutkimuksen eettisyys

TELS-tutkimus on saanut Keski-Suomen sairaanhoitopiirin alueellisen lääketieteellinen tutkimuseettisen toimikunnan myöntämän tutkimusluvan (Kokko ym. 2015). Tutkijat noudattavat työssään Helsingin julistuksen mukaisia eettisiä periaatteita (Kokko ym. 2015). Työn tekemisestä TELS-tutkimuksen aineistoa käyttäen on kirjoitettu aineiston käyttösopimus yhdessä tutkittavien tietoturvan ylläpidon ohjeistuksen kanssa. Tämän tutkimuksen tutkittavien oikeuksien tarkka kuvaus löytyy tutkimusprotokollasta (Kokko ym. 2015). Tutkittavien anonymiteetti on tutkielman aineiston käsittelyssä turvattu, sillä tutkittavien tietoja käsiteltiin tutkielman teon aikana tunnistenumero -koodattuina, jolloin tutkittavien henkilökohtaisia tietoja ei ole aineistosta löydettävissä. Tämän tutkimuksen aineiston käsittelyssä, analysoinnissa ja tallentamisessa työn tekijä on läpi työn ollut huolellinen ja noudattanut tieteellisen tekstin tuottamisen periaatteita. Läpi työn on käytetty Tutkimuseettisen neuvottelukunnan suosituksia (TENK 2019). Työssä käytettäviin lähteisiin on viitattu liikuntatieteellisen tiedekunnan kirjoitusohjeiden mukaan (Tuula Tutkija 2021) kunnioittaen käytettyjen lähteiden alkuperäisten tekijöiden töitä. Tutkimuksessa käytettyjen metodien tarkkojen kuvailujen avulla tutkimus on mahdollista toistaa.

8.5 Tutkimuksen vahvuudet, heikkoudet ja luotettavuus

Tämän tutkielman vahvuutena on aineiston tilastollisen menetelmän eli lineaarisen sekamallin käyttö sekä taustamuuttujien vakiointi, että tutkittavien suurehko määrä (N=527), joita molempia on kuvattu kappaleessa 6 Tutkimusmenetelmät ja aineisto tarkemmin. Tutkittavat oli rekrytoitu kuuden kansallisen liikuntalääketieteen tutkimuskeskuksen ympäriltä, jolloin kokonaisotos edustanee varsin hyvin kansallista perusjoukkoa. Tyttöjä ja poikia oli liikuntaseurassa harrastavien kokonaispopulaatiossa tasaisesti edustettuina sekä spirometria-että bronkodilataatiokokeissa. Tutkimuksen luotettavuutta lisää tutkimusmetodiikan ja aineistonkäsittelyn tarkka kuvailu, joka mahdollistaa tutkimuksen ja tulosten toistamisen.

Tutkimuksen heikkoutena voi olla huomaamatta jääneet datan tuottamisen ja käsittelyn virheet, jotka tämän työn tekijä on omalta osaltaan pyrkinyt minimoimaan. Aineiston keräyshetkellä vuosina 2013–2014 useiden tutkimushenkilökuntaan kuuluvien henkilöiden testien suorituksissa, ohjeistuksissa tai tulosten kirjauksissa on voinut olla inhimillisistä syistä johtuvia virheitä tai ohjeiden tai testin toteutuksessa nuorten osalta on voinut olla haasteita. Mahdollisena virhelähteenä voi olla nuorten tottumattomuus ja vääränlainen puhallustekniikka spirometriakokeissa käytettävää laitteistoon, jolloin puhallusarvojen tulokset eivät ole luotettavia ja parhaimmaksi valittu suorituskäyrä ei ole todenmukainen. Mahdolliset virhelähteet spirometriakokeessa on esitetty taulukossa 1. On myös mahdollista, että tutkittavien taustatiedoissa kysytty tupakointistatus ei pidä paikkaansa kaikissa tapauksissa, jolloin virtaustilavuus-spirometrian tulokset voivat antaa viitteitä astmalle tyypillisin poikkeamiin, vaikka ne johtuisivat enemmänkin tupakoinnin aiheuttamista vasteista tai muutoksista hengityselimistössä.

Tutkimuksen luotettavuutta heikentävänä tekijänä on myös tutkittavien liikuntaseuraan kuulumisen, kuulumattouuden sekä seurajäsenyyden statuksen muuttumisen että ajan erottelemattomuus yhdessä tietämättömyyden kanssa yksilöiden harjoittelumääristä, -lajeista ja harjoittelun kuormitustasoista. Kaikki edellä kuvatut seikat ovat merkittäviä tekijöitä hengityselimistön adaptaativasteiden muodostumisen kannalta, jolloin näiden tietämättömyys on tutkimuksen laatua ja tulosityyden heikentävä seikka. Työn kirjoittaja on huolellisella perehtymisellä aiheeseen, analyysimetodiikkaan ja analyysien tekemiseen pyrkinyt tuottamaan niin korkealaatuisen työn, kuin omien kykyjensä rajoissa se on ollut mahdollista.

8.6 Johtopäätökset ja jatkotutkimusehdotukset

Tutkimuksen tulokset antavat uutta tietoa suomalaisten nuorten, sekä seuratoiminnassa olevien ja siihen osallistumattomien astman yleisyydestä ja ennen kaikkea sen huomattavasta alidiagnosoinnista tutkimuksen aineiston perusteella. Tutkimus tuo tietoa nuorten keuhkofunktioiden ja -tilavuuksien piirteistä eri osapopulaatioissa. Tutkimus osoitti, että astmaa on enemmän liikuntaseuratoiminnassa olevilla kuin siinä olemattomilla, joka vahvistaa aikaisempaa tutkimusnäyttöä aiheesta. Tutkimus vahvistaa aikaisempien tutkimusten linjausta fyysisen aktiivisuuden tason vaikutuksista hengityselimistön toimintaan ja keuhkofunktioihin liikuntaseuratoiminnassa olemisen sekä fyysisen aktiivisuuden positiivisesta yhteydestä keuhkotilavuuksien ja funktioiden kasvuun. Tämän tutkimuksen ollessa ensimmäisestä poikkileikkausajankohdasta TELS-tutkimusta, tulee seuraavien poikkileikkausajankohtien analyysit tarkentamaan kuvaa suomalaisten nuorten astman yleisyydestä ja kehityssuunnasta, huomioiden harrastamisen jatkumisen, loppumisen, aloittamisen tai lajivaihdoksen eri aikapisteissä.

Aikaisemmassa kirjallisuudessa on suurta vaihtelua fyysisen aktiivisuuden ja inaktiivisuuden vaikutuksista astman ilmenemiseen, riskiin ja siltä suojaaviin ominaisuuksiin lapsilla ja nuorilla, joten jatkotutkimuksia aiheesta tarvitaan, jotta vaaka voitaisiin kallistaa jompaankumpaan suuntaan. Tämän työn tulosten ollessa aiemmasta kirjallisuudesta poikkeava eli kestävyysurheilulajien (riskilajit) edustajilla ei ollut suurempia keuhkofunktioita kuin ei-kestävyyslajien edustajilla (ei-riskilajit), tarvitaan jatkotutkimuksia selvittämään, oliko tämän tutkimuksen aineisto poikkeus yleiseen konsensukseen kirjallisuudesta vai onko tulosten mahdollisena selittäjänä adaptaatiomuutosten näkymättömyys keuhkojen tilavuuksissa ja eri keuhkomuuttujissa tämän ikäisellä kohdejoukolla. Tutkimusjoukon ikäisistä nuorista ei ole juurikaan tutkimusta lajityyppien (kestävyys- tai voima- sekä taitolajit) eroista keuhkofunktioihin kansainvälisesti eikä kansallisella tasolla. Useimmat työn viitekehysessä mainitut tutkimukset käsittelevät vain yhden lajin vaikutuksia lajia harjoittavien ja verrokkina toimivien lajia harjoittamattomien nuorten välillä, jolloin lisätutkimusta useamman lajin vertaamisesta toisiinsa ja lajeja harrastamattomiin verrokkeihin yhtäaikaaisesti tarvitaan luotettaviin lajienvälisten vertailujen tekemiseen työn tutkimusjoukon ikäisillä nuorilla.

Tutkimuksen syy-seuraussuhteisiin ei tämän aineiston perusteella voida tehdä päätelmiä tutkimuksen poikkileikkausasetelmasta johtuen. Lisäksi tarkkojen syy-seuraussuhteiden

selvittämiseen tarvittaisiin taustatiedot allergioista ja liikuntaseurassa harrastamisen kestosta vuosina sekä aikaisemmasta liikuntataustasta, että omaehtoisesta liikkumisesta seuratoiminnan ulkopuolella. Tarkempiin analyysiin tarvittaisiin myös tietoja harjoitusten intensiteetistä ja mahdollisesti myös eri osapopulaatioiden sisäistä jaottelua harrastusvuosien ja harrastamisen intensiteetin mukaan, joita ei tämän tutkimuksen osalta ollut mahdollista selvittää. Mikäli kaikkiin edellä mainittuihin kysymyksiin saataisiin vastaus, voitaisiin suorittaa yksityiskohtaisempaa analyysiä fyysisen aktiivisuuden tasojen vaikutuksista keuhkofunktioihin ja mahdollisesti selvittää eri urheilulajien ja harjoitustyypin vaikutuksia niihin eri osapopulaatioissa. Tällöin saataisiin myös selville, olisivatko harjoitus- ja lajinomaiset vasteet samankaltaisia, kuin aikuisväestöllä suoritetuissa tutkimuksissa.

Jatkotutkimusehdotuksena on pitkällä seuranta-ajalla lapsuudesta aikuisuuteen toteutettu pitkittäistutkimus eri kestävyys-, voima- sekä taitolajien vaikutuksesta keuhkofunktioiden sekä astmadiagnoosien kehitykseen, että yleisyyteen verrattuna ei-liikuntaseuratoimintaan osallistuviin yksilöihin. Pitkän seuranta-ajan perusteena olisi uutuusarvoltaan suuri, lapsuudesta alkaen saatu tieto eri lajiharrastamisen vaikutuksista keuhkofunktioihin ja astman mahdolliseen kehitykseen ja riskitekijöihin lajispesifisesti. Jatkotutkimuksiin tarvitaan keskenään homogeeniset ryhmät pituuden, sukupuolen, painon ja iän osalta tilastollisesti merkitsevän eroavaisuuden ja niiden tuomien vaikutusten poistamiseksi, jotta liikuntaseurassa harrastamisen ja eri fyysisen aktiivisuuden aiheuttamien eroja keuhkofunktioihin voidaan selvittää luotettavasti ilman taustamuuttujien sekoittavia tekijöitä.

8.7 Toimenpide-ehdotukset

Toimenpide-ehdotuksena olisi kiinnittää välittömästi huomiota nuorten liikuntaseurassa harrastavien ja etenkin kestävyysurheilulajien harrastajien säännöllisempään seulontaan ja testaukseen astman osalta, jotta kaikki astmaa ilmentävät yksilöt pääsisivät asianmukaisen hoidon tai lääkityksen pariin. Hoitamaton ja diagnosoimaton astma aiheuttaa itse taudin hoitamattomuuden haittojen lisäksi todennäköisesti myös fyysisen aktiivisuuden tai liikuntaharjoittelun välttämistä, työn tehokkuuden ja työajan laskua, heikentäen myös unen ja elämänlaatua (Lazovic ym. 2015; Kavanagh ym. 2019) sekä aikuisilla että kokonaisväestössä. Kuten Agusti ym. (2021) ehdottavat aikaisempien tutkimusten mukaan työssään, spirometriaa

voitaisiin käyttää keuhkoterveiden tilan arvioimisen lisäksi kokonaisvaltaisen terveydentilan mittarina, mikäli sitä mittaisiin säännöllisesti läpi elämänkaaren.

Mikäli lajispesifisyyden vaikutukset voitaisiin osoittaa uusissa tutkimuksissa nuorilla sekä lapsilla keuhkofunktioiden kasvamiseen spirometriassa säännöllisen fyysisen aktiivisuuden avulla, voitaisiin tätä tietoa käyttää (liikunta-)suosituksena ja ohjeena lasten yleisen terveyden ja suotuisan keuhkofunktioiden kasvun taustalla kansallisesti ja kansainvälisesti. Näiden tekijöiden huomioimisen kautta pystyttäisiin antamaan eri liikuntalajitaustaisille lapsille ja nuorille juuri heidän harjoittelutaustansa sopivat spirometriakokeen viitearvot ja mahdollisesti seulomaan tehokkaammin esimerkiksi astmaa kyseisillä joukoilla. Koska astmaa alidiagnosoidaan urheiluvilla yksilöillä (Gawlik ym. 2019; Lazovic ym. 2015; Lund 2009), voisi lajispesifisien viitearvojen käyttö kliinisessä työssä olla todennäköisimmin hyötyarvoltaan suuri.

Tuloksien mukaan olisi myös aiheellista lisätä esimerkiksi erilaisin sosiaalisen median kampanjoin ja koulutushetkien avulla kouluissa ja harrastusympäristöissä lasten, nuorten sekä liikuntaseuratoimijoiden, että huoltajien tietämystä ja ymmärrystä astman piirteiden tunnistamisesta. Tällöin todennäköisesti useampi astman oireita ilmentävä nuori osaisi sekä itseohjautuvasti, että oireet tunnistavien henkilöiden kehotuksesta hakeutua avun piiriin ja mahdollisesti saada oireiden mukaista hoitoa astmaan. Kuten aiemmin tässä työssä kerrottu, ovat astman hoitamattomuuden haitat kasvuvaiheessa oleville nuorille moninaiset ja elämänlaatua heikentäviä tekijöitä (Kavanagh ym. 2019; Perry ym. 2008; Yeatts ym. 2003)

Lasten ja nuorten pienenevän fyysisen aktiivisuuden ja liikkumisen polarisoitumisen aikakaudella olisi tärkeää saada heille miellyttäviä liikkumiskokemuksia lapsuudessa ja nuoruudessa, jotta läpi elämän kestäviä liikunta- ja liikkumiskokemuksia syntyisi. Epämukavat hengitys- ja rintatuntemukset yksin tai yhdessä muiden kielteisten tuntemusten kanssa liikkumisen aikana voivat olla joillekin yksilöille liikkumista välttäviä tekijöitä nuoruudessa ja myöhemmässä elämässä. Näiden epämukavien tuntemusten ilmenemistä tulisi pyrkiä estämään yksilön oman terveyden ja edun vuoksi lapsuudessa ja nuoruudessa – unohtamatta liikunnan (tuomaa) riemua. Fyysisesti aktiivinen elämäntapa yksilön oman edun lisäksi toisi kollektiivista hyötyä myös yhteiskunnalle. Yksilön liikkua riittävästi kokonaisvaltaisen terveytensä eduksi, tulee hänelle todennäköisesti vähemmän tarvetta käyttää yhteiskunnan tarjoamia ja ylläpitämiä terveydenhuoltopalveluja, pienentäen osaltaan terveydenhuollon kustannuksia.

LÄHTEET

- Aaron, S. D., Boulet, L. P., Reddel, H. K. & Gershon, A. S. (2018). Underdiagnosis and overdiagnosis of asthma. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 198 (8), 1012–1020. doi:10.1164/rccm.201804-0682CI
- Agusti, A., Fabbri, L. M., Baraldi, E., Celli, B., Corradi, M., Faner, R., Martinez, F. D., Melén, E., & Papi, A. (2021). Spirometry: a practical lifespan predictor of global health and chronic respiratory and non-respiratory diseases. *European Journal of Internal Medicine* 89, 3–9. doi:10.1016/j.ejim.2021.04.027
- Alaranta, A., Alaranta, H., Palmu, P., Alha, P., Pietilä, K., Heliövaara, M., & Helenius, I. (2004). Asthma medication in Finnish olympic athletes: no signs of inhaled beta2-agonist overuse. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36 (6), 919–924. doi:10.1249/01.mss.0000128250.17793.47
- Astma. Käypä hoito -suositus. (29.03.2022). Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Keuhkolääkäriyhdistys ry:n, Suomen Lastenlääkäriyhdistys ry:n ja Suomen Kliinisen Fysiologian Yhdistys ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 19.07.2022. <https://www.kaypahoito.fi>
- Barnett, W. H., Baekey, D. M., Paton, J. F. R., Dick, T. E., Wehrwein, E. A. & Molkov, Y. I. (2021). Heartbeats entrain breathing via baroreceptor-mediated modulation of expiratory activity. *Experimental Physiology*, 106 (5), 1181–1195. doi:10.1113/EP089365
- Berntsen, S., Wisløff, T., Nafstad, P. & Nystad, W. (2008). Lung function increases with increasing level of physical activity in school children. *Pediatric Exercise Science*, 20 (4), 402–410. doi:10.1123/pes.20.4.402
- Borna, E., Nwaru, B. I., Bjerg, A., Mincheva, R., Rådinger, M., Lundbäck, B., & Ekerljung, L. (2019). Changes in the prevalence of asthma and respiratory symptoms in western Sweden between 2008 and 2016. *Allergy (Copenhagen)*, 74 (9), 1703-1715. doi: 10.1111/all.13840
- Bougault, V. & Boulet, L. (2012). Airway dysfunction in swimmers. *British Journal of Sports Medicine*, 46 (6), 402–406. doi:10.1136/bjsports-2011-090821
- Bovard, J. M., Welch, J. F., Houghton, K. M., McKenzie, D. C., Potts, J. E., & Sheel, A. W. (2018). Does competitive swimming affect lung growth? *Physiological Reports*, 6 (15), e13816. doi:10.14814/phy2.13816

- Butler, J. P., & Tsuda, A. (2011). Transport of gases between the environment and alveoli-theoretical foundations. *Comprehensive Physiology*, 1 (3), 1301–1316. doi:10.1002/cphy.c090016
- Carlsen, K. H., Anderson, S. D., Bjermer, L., Bonini, S., Brusasco, V., Canonica, W., Cummiskey, J., Delgado, L., Del Giacco, S.R., Drobnik, F., Haahtela, T., Larsson, K., Palange, P., Poponov, T & van Cauwenberge, P. (2008). Exercise- induced asthma, respiratory and allergic disorders in elite athletes: epidemiology, mechanisms and diagnosis: Part I of the report from the Joint Task Force of the European Respiratory Society (ERS) and the European Academy of Allergy and Clinical Immunology (EAACI) in cooperation with GA2LEN. *Allergy (Copenhagen)*, 63 (4), 387–403. doi:10.1111/j.1398-9995.2008.01662.x
- Chu, E., Burton, D., McArdle, N., & Gain, K. (2010). Recent consumption of a large meal does not affect measurements of lung function. *Respirology (Carlton, Vic.)*, 15 (6), 947–951. doi:10.1111/j.1440-1843.2010.01796.
- Cooper, B. G. (2011). An update on contraindications for lung function testing. *Thorax*, 66 (8), 714–723. doi:10.1136/thx.2010.139881
- da Fonsêca, J. D. M., Resqueti, V. R., Benício, K., Fregonezi, G. & Aliverti, A. (2019). Acute effects of inspiratory loads and interfaces on breathing pattern and activity of respiratory muscles in healthy subjects. *Frontiers in Physiology* (10), 993. doi:10.3389/fphys.2019.00993
- Devaquet, J., Jonson, B., Niklason, L., Si Larbi, A., Uttman, L., Aboab, J. & Brochard, L. (2008). Effects of inspiratory pause on CO₂ elimination and arterial Pco₂ in acute lung injury. *Journal of Applied Physiology*, 105 (6), 1944–1949. doi:10.1152/jappphysiol.90682.2008
- Dominelli, P. B. & Molgat-Seon, Y. (2022). Sex, gender and the pulmonary physiology of exercise. *European Respiratory Review*, 31 (163), 210074. doi:10.1183/16000617.0074-2021
- Durmic, T., Lazovic Popovic, B., Zlatkovic Svenda, M., Djelic, M., Zugic, V., Gavrilovic, T., Mihailovic, Z., Zdravkovic, M., & Leischik, R. (2017). The training type influence on male elite athletes' ventilatory function. *BMJ open sport & exercise medicine*, 3 (1), e000240. doi:10.1136/bmjsem-2017-000240
- Eijkemans, M., Mommers, M., Draaisma, J., Thijs, C. & Prins, M. (2012). Physical activity and asthma: a systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 7 (12), e50775. doi:10.1371/journal.pone.0050775

- Eijkemans, M., Mommers, M., Remmers, T., Draaisma, J., Prins, M. H., & Thijs, C. (2020). Physical activity and asthma development in childhood: prospective birth cohort study. *Pediatric Pulmonology*, 55 (1), 76–82. doi:10.1002/ppul.24531
- Fitzmaurice, G. M., Laird, N. M. & Ware, J. H. (2011). *Applied longitudinal analysis*. 2. painos. Hoboken, NJ: Wiley, 101, 175–240.
- Gawlik, R., Kurowski, M., Kowalski, M., Ziętkowski, Z., Pokrywka, A., Krysztofiak, H., Krzywański, J., Bugajski, A., & Bartuzi, Z. (2019). Asthma and exercise-induced respiratory disorders in athletes. The position paper of the Polish Society of Allergology and Polish Society of Sports Medicine. *Postepy Dermatologii I Alergologii*, 36 (1), 1–10. doi:10.5114/ada.2019.82820
- GINA (The Global Initiative for Asthma). (2022). *Global initiative for asthma. Global strategy for asthma management and prevention, 2022*. www.ginasthma.org
- Glaister, M. & Gissane, C. (2018). Caffeine and physiological responses to submaximal exercise: a meta-analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13 (4), 402–411. doi:10.1123/ijsp.2017-031
- Graham, B.L., Steenbruggen, I., Miller, M.R., Barjaktarevic, I.Z., Cooper, B.G., Hall, G.L., Hallstrand, T.S., Kaminsky, D.A., McCarthy, K., McCormack M.C., Oropez, C.E., Rosenfield, M., Stanojevic, S., Swanney, M.P. & Thompson, B.R. (2019). Standardization of spirometry 2019 update. An official American thoracic society and European respiratory society technical statement. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 200 (8), 70–88. doi:10.1164/rccm.201908-1590ST
- Guo, X., Liu, X., Wang, A., Chen, Q., Chen, S., Deng, N., Li, R., Ding, X. & Nie, H. (2020). The clinical role of changes of maximum expiratory flow at 25% and 50% of vital capacity before and after bronchodilator reversibility test in diagnosing asthma. *Current Medical Science*, 40 (4), 677–682. doi:10.1007/s11596-020-2237-6
- Haahtela, T. (2013). *Astma*. Teoksessa R. Kaarteenaho, P. Brander, M. Halme, V. Kinnula (toim.) *Keuhkosairaudet: Diagnostiikka ja hoito*. 1. painos. Helsinki: Duodecim, 108–123.
- Hackett D. A. (2020). Lung function and respiratory muscle adaptations of endurance- and strength-trained males. *Sports (Basel, Switzerland)*, 8 (12), 160. doi:10.3390/sports8120160
- Hall, J & Hall, M. (2021). *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*. 14. painos. Philadelphia, PA: Elsevier.

- Hancox, R. J. & Rasmussen, F. (2018). Does physical fitness enhance lung function in children and young adults? *The European Respiratory Journal*, 51 (2), 1701374.
- Haynes, J. M. (2018). Basic spirometry testing and interpretation for the primary care provider. *Canadian Journal of Respiratory Therapy: CJRT = Revue canadienne de la thérapie respiratoire: RCTR*, 54 (4), 92–98. doi:10.29390/cjrt-2018-017
- Helenius, I. J., Tikkanen, H. O. & Haahtela, T. (1997). Association between type of training and risk of asthma in elite athletes. *Thorax*, 52 (2), 157–160. doi:10.1136/thx.52.2.157
- Irewall, T., Söderström, L., Lindberg, A. & Stenfors, N. (2020). High incidence rate of asthma among elite endurance athletes: a prospective 4-year survey. *The Journal of Asthma*, 58 (6), 735–741. doi:10.1080/02770903.2020.1728769
- Ji, J., Wang, S. Q., Liu, Y. J., & He, Q. Q. (2013). Physical activity and lung function growth in a cohort of Chinese school children: a prospective study. *PloS one*, 8 (6), e66098. doi:10.1371/journal.pone.0066098
- Jonkman, A. H., De Vries, H. J. & Heunks, L. M. (2020). Physiology of the respiratory drive in ICU patients: implications for diagnosis and treatment. *Critical Care (London, England)*, 24 (1), 104. doi:10.1186/s13054-020-2776-z
- JYU (Jyväskylän yliopisto). (8.12.2021). Liikkumisen ja urheilun erilaiset polut nuoruudesta varhaisaikuisuuteen – Terveyttä edistävä liikuntaseura (TELS3) -seurantatutkimus. Nettisivu. Viitattu 8.12.2021. <https://www.jyu.fi/sport/fi/tetk/tels>
- Kainu, A., Timonen, K. L., Toikka, J., Qaiser, B., Pitkäniemi, J., Kotaniemi, J. T., Linqvist, A., Vanninen, E., Länsimies, E & Sovijärvi, A. R. A. (2016). Reference values of spirometry for Finnish adults. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 36 (5), 346–358. doi:10.1111/cpf.12237
- Kankaanranta, H., Tuomisto, L. E. & Ilmarinen, P. (2016). Age-specific incidence of new asthma diagnoses in Finland. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology in Practice (Cambridge, MA)*, 5 (1), 189-191.e3. doi:10.1016/j.jaip.2016.08.015
- Kauppi, P. & Kilpeläinen, M. (2020a). Astma. Luokittelu ja diagnostiikka. 22.20 Astman diagnostiikka. Teoksessa M. Mäkelä, I. Harvima, P. Kauppi, P. Ralli, J. Savolainen (toim.) *Allergiset sairaudet ja astma*. 1. painos. Helsinki: Duodecim, 398–401.
- Kauppi, P. & Kilpeläinen, M. (2020b). Astma. Luokittelu ja diagnostiikka. 22.30 Astman hoito. Teoksessa M. Mäkelä, I. Harvima, P. Kauppi, P. Ralli, J. Savolainen (toim.) *Allergiset sairaudet ja astma*. 1. painos. Helsinki: Duodecim, 401–404.

- Kauppi, P., Kilpeläinen, M., Malmberg, P., Piirilä, P. & Nieminen, E.-M. (2020). Astma. Luokittelu ja diagnostiikka. 22.10 Astma sairautena. Teoksessa Mäkelä, M., Harvima, I., Kauppi, P., Ralli, P., Savolainen, J., Aalto-Korte, K. & Schmidt, H. Allergiset sairaudet ja astma (1. painos.). Duodecim, 393–398.
- Kavanagh, J., Jackson, D. J. & Kent, B. D. (2019). Over- and under-diagnosis in asthma. *Breathe* (Lausanne, Switzerland), 15 (1), e20-e27. doi:10.1183/20734735.0362-2018
- KIHU (Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus). (7.4.2017). Tutkimus- ja kehitystyö. Terveyttä edistävä liikuntaseura (TELS) tutkimus. Blogiteksti. Viitattu 8.12.2021. <https://kihu.fi/tk-toiminta/terveytta-edistava-liikuntaseura-tels-tutkimus/>
- Kilpeläinen, M., Terho, E. O., Helenius, H., & Koskenvuo, M. (2000). Farm environment in childhood prevents the development of allergies. *Clinical and Experimental Allergy*, 30 (2), 201–208.
- Kinnula, V. & Sovijärvi, A. R. A. (2005). Keuhkojen toiminnan tutkiminen. Teoksessa V. Kinnula, P Brander, P. Tukiainen (toim.) Keuhkosairaudet. 3. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim, 231–243.
- Kivistö, J. E., Karjalainen, J., Kivelä, L., Huhtala, H. & Protudjer, J. L. P. (2018). Very low asthma death incidence among Finnish children from 1999 to 2015. *Pediatric Pulmonology*, 53 (8), 1009–1013. doi:10.1002/ppul.24027
- Koillinen, H., Vanne, O., Niemi, V. & Laakkonen, E. (1998). Terveiden suomalaisten lasten spirometrian ja uloshengityksen huippuvirtauksen viitearvot. *Suomen Lääkärilehti* 38, 95–402.
- Kokko, S., Kannas, L., Heinonen, A., Kujala, U., Villberg, J. & Hovi, M. (13.6.2012). Terveyttä edistävä liikuntaseura – käytäntöä palveleva tutkimus urheiluseurojen terveyden edistämiseksi sekä seuratoimintaan osallistuvien nuorten terveystottumuksista ja terveydestä. Tutkimussuunnitelma. Saatavissa pyydettäessä edellä mainituilta tekijöiltä.
- Kokko, S., Selänne, H., Alanko, L., Heinonen, O. J., Korpelainen, R., Savonen, K., Vasankari, T., Kannas, L., Kujala, U. M., Aira, T., Villberg, J. & Parkkari, J. (2015). Health promotion activities of sports clubs and coaches, and health and health behaviours in youth participating in sports clubs: the health promoting sports club study. *BMJ Open Sport Exercise Medicine* 2015 1 (1), e000034. doi:10.1136/bmjsem-2015-000034.

- Laitinen, A. & Laitinen, L.A. (2005). Keuhkojen anatomia ja histologia. Teoksessa V. Kinnula, P. Brander, P. Tukiainen (toim.) Keuhkosairaudet. 3. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim, 23–33.
- Lambrecht, B. & Hammad, H. (2015). The immunology of asthma. *Nature Immunology*, 16 (1), 45–56. doi:10.1038/ni.3049
- Langdeau, J., Turcotte, H., Thibault, G. & Boulet, L. (2004). Comparative prevalence of asthma in different groups of athletes: a survey. *Canadian Respiratory Journal*, 11 (6), 402–406. doi:10.1155/2004/251453
- Lazovic, B., Mazic, S., Suzic-Lazic, J., Djelic, M., Djordjevic-Saranovic, S., Durmic, T., Zikic, D., & Zugic, V. (2015). Respiratory adaptations in different types of sport. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 19 (12), 2269–2274.
- Lenoir, A., Fuertes, E., Gómez-Real, F., Leynaert, B., van der Plaats, D. A. & Jarvis, D. (2020). Lung function changes over 8 years and testosterone markers in both sexes: UK Biobank. *ERJ Open Research*, 6 (3), 70. doi:10.1183/23120541.00070-2020
- Lindström, I. (2020). Ammattiastma. Teoksessa M. Mäkelä, I. Harvima, P. Kauppi, P. Ralli, J. Savolainen (toim.) Allergiset sairaudet ja astma. 1. painos. Helsinki: Duodecim, 488–494.
- Lochte, L., Nielsen, K. G., Petersen, P. E. & Platts-Mills, T. A. E. (2016). Childhood asthma and physical activity: a systematic review with meta-analysis and graphic appraisal tool for epidemiology assessment. *BMC Pediatrics*, 16 (50), 50. doi:10.1186/s12887-016-0571-4
- LoMauro, A. & Aliverti, A. (2021). Sex and gender in respiratory physiology. *European Respiratory Review*, 30 (162), 210038. doi:10.1183/16000617.0038-2021
- LoMauro, A., & Aliverti, A. (2018). Sex differences in respiratory function. *Breathe (Sheffield, England)*, 14 (2), 131–140. doi:10.1183/20734735.000318
- Lu, K., Sidell, M., Li, X., Rozema, E., Cooper, D. M., Radom-Aizik, S., Crawford, W. & Koebnick, C. (2022). Self-reported physical activity and asthma risk in children. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology in Practice* 10 (1), 231–239. doi:10.1016/j.jaip.2021.08.040
- Lund, T. K. (2009). Asthma in elite athletes: How do we manage asthma-like symptoms and asthma in elite athletes? *The Clinical Respiratory Journal*, 3 (2), 123. doi: 10.1111/j.1752-699X.2008.00111.x
- Länsimies, E. (2004). Keuhkojen toimintakokeet. Teoksessa I. Penttilä (toim.) Kliiniset laboratoriotutkimukset. Helsinki: WSOY, 55–59.

- Maciag, M. C., & Phipatanakul, W. (2019). Preventing the development of asthma: stopping the allergic march. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, 19 (2), 161–168. doi:10.1097/ACI.0000000000000501
- Malmberg, P. & Piirilä, P. (2020a). 20.15 Spirometria. Teoksessa M. Mäkelä, I. Harvima, P. Kauppi, P. Ralli, J. Savolainen (toim.) *Allergiset sairaudet ja astma*. 1. painos. Helsinki: Duodecim, 331–334.
- Malmberg, P. & Piirilä, P. (2020b). 20.20 Bronkodilataatiokoe. Teoksessa M. Mäkelä, I. Harvima, P. Kauppi, P. Ralli, J. Savolainen (toim.) *Allergiset sairaudet ja astma*. 1. painos. Helsinki: Duodecim, 335–337.
- Malmberg, P., Kirjavainen, T. & Sovijärvi, A. (2003). Hengityksen säätelyhäiriöiden tutkiminen. Teoksessa T. Ahola, A. Ahonen, J. Hartiala, E. Länsimies, S. Savolainen & A. Sovijärvi. *Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede*. Helsinki: Duodecim, 227–232.
- Malmberg, P., Pelkonen, A., Poussa, T., Pohjanpalo, A., Haahtela, T. & Turpelainen, M. (2001). Oskillometrian viitearvoista tukea pienten lasten astmadiagnostiikkaan. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim*, 117 (15), 1541–1544.
- McConnell, A., Hogarth, B. & Gosselink, R. (2013). *Respiratory muscle training: theory and practice*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 3.
- McKeever T. M., Lewis S. A., Cassano P. A., Ocke M., Burney P., Britton J. & Smit H. A. (2010). Patterns of dietary intake and relation to respiratory disease, forced expiratory volume in 1 s, and decline in 5-y forced expiratory volume. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 92 (2), 408–415. doi:10.3945/ajcn.2009.29021
- McKenzie, D. C. (2012). Respiratory physiology: adaptations to high-level exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 46 (6), 381–384.
- Moore, V. (2012). Spirometry: step by step. *Breathe (Lausanne, Switzerland)*, 8 (3), 232–240. doi:10.1183/20734735.002171
- Murray, C., Foden, P., Lowe, L., Durrington, H., Kurtovic, A. & Simpson, A. (2017). Diagnosis of asthma in symptomatic children based on measures of lung function: an analysis of data from a population-based birth cohort study. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 1 (2), 114–123.
- Mäki-Heikkilä, R., Karjalainen, J., Parkkari, J., Huhtala, H., Valtonen, M. & Lehtimäki, L. (2021). Higher prevalence but later age at onset of asthma in cross-country skiers compared with general population. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31 (12), 2259–2266. doi:10.1111/sms.14040

- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S. (2009). *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. 18. uudistettu painos. Helsinki: WSOY.
- Norqvist, J., Eriksson, L., Söderström, L., Lindberg, A. & Stenfors, N. (2015). Self-reported physician-diagnosed asthma among Swedish adolescent, adult and former elite endurance athletes. *The Journal of Asthma*, 52 (10), 1046–1053. doi:10.3109/02770903.2015.1038389
- Näsman, A., Irewall, T., Hållmarker, U., Lindberg, A., & Stenfors, N. (2018). Asthma and asthma medication are common among recreational athletes participating in endurance sport competitions. *Canadian Respiratory Journal* 2018, 3238546. doi:10.1155/2018/3238546
- Pekkanen, J. (2020). Allergian perusteet. 1.30 Allergisten sairauksien ja astman riskitekijät ja ehkäisy. Teoksessa M. Mäkelä, I. Harvima, P. Kauppi, P. Ralli, J. Savolainen (toim.) *Allergiset sairaudet ja astma*. 1. painos. Helsinki: Duodecim, 15–18.
- Perry, T. T., Vargas, P. A., McCracken, A. & Jones, S. M. (2008). Underdiagnosed and uncontrolled asthma: Findings in rural schoolchildren from the Delta region of Arkansas. *Annals of Allergy, Asthma, & Immunology*, 101 (4), 375–381.
- Piirilä, P. (2013). Keuhkojen toiminnan tutkiminen. Teoksessa R. Kaarteenaho, P. Brander, M. Halme, V. Kinnula (toim.) *Keuhkosairaudet: Diagnostiikka ja hoito*. 1. painos. Helsinki: Duodecim, 22–38.
- Päivinen, M. (2022). Respiratory symptoms and pulmonary functions in Finnish competitive swimmers. University of Helsinki, Faculty of Medicine. Väitöskirja. Viitattu 11.10.2022. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-7867-1>
- Quanjer, P. H., Capderou, A., Mazzioglu, M. M., Aggarwal, A. N., Banik, S. D., Popovic, S., Tayie, F. A., Golshan, M., Ip, M. S., & Zelter, M. (2014). All-age relationship between arm span and height in different ethnic groups. *The European Respiratory Journal*, 44 (4), 905–912. doi:10.1183/09031936.00054014
- Quanjer, P., Stanojevic, S., Cole, T., Baur, X., Hall, G. L., Culver, B., Enright, P.L., Hankinson, J.L., Ip, M.S.M., Zheng, J & Stocks, J. (2012). Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *The European Respiratory Journal*, 40 (6), 1324–1343. doi:10.1183/09031936.00080312.
- Roberts, C., Ward, S., Walsted, E., & Hull, J. H. (2018). Safety of pulmonary function testing: data from 20 years. *Thorax*, 73 (4), 385–387. doi:10.1136/thoraxjnl-2017-210246
- Robinson, H. C. (2016). Respiratory conditions update: restrictive lung disease. *FP Essentials* 448, 29–34.

- Roda, C., Mahmoud, O., Peralta, G. P., Fuertes, E., Granell, R., Serra, I., Henderson, J., Jarvis, D., & Garcia-Aymerich, J. (2020). Physical-activity trajectories during childhood and lung function at 15 years: findings from the ALSPAC cohort. *International Journal of Epidemiology*, 49 (1), 131–141. doi:10.1093/ije/dyz128
- Romberg, K., Tufvesson, E. & Bjermer, L. (2011). Extended diagnostic criteria used for indirect challenge testing in elite asthmatic swimmers. *Respiratory Medicine*, 106 (1), 15–24. doi:10.1016/j.rmed.2011.09.011
- Rueggsegger, G. N. & Booth, F. W. (2018). Health benefits of exercise. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 8 (7), a029694. doi:10.1101/cshperspect.a029694
- Rufino, R., Costa, C. H., Lopes, A. J., Maiworm, A. I., Maynard, K., Silva, L. M., & Dias, R. M. (2017). Spirometry reference values in the Brazilian population. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 50 (3), e5700. doi:10.1590/1414-431X20175700
- Sadiq, S., Rizvi, N. A., Soleja, F. K., & Abbasi, M. (2019). Factors affecting spirometry reference range in growing children. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 35 (6), 1587–1591. doi:10.12669/pjms.35.6.1212
- Salomaa, E.-R. (01.06.2022). Astma. *Lääkärikirja Duodecim*. Terveysportti. Viitattu 26.07.2022. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00009>
- Sand, O., Sjaastad, Ø. V., Haug, E., Bjälle, J. G. & Toverud, K. C. (2014). *Ihminen – Fysiologia ja anatomia*. 8.–11. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Schlieber, M. & Han, J. (2021). The role of sleep in young children's development: a review. *The Journal of Genetic Psychology*, 182 (4), 205–217. doi:10.1080/00221325.2021.1908218
- Seppä-Moilanen, M., Andersson, S. & Kirjavainen, T. (2021). Caffeine is a respiratory stimulant without effect on sleep in the short-term in late-preterm infants. *Pediatric Research*. doi:10.1038/s41390-021-01794-y
- Sharma, G. & Goodwin, J. (2006). Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. *Clinical Interventions in Aging*, 1 (3), 253–260. doi:10.2147/ciia.2006.1.3.253
- Sheel, A. W., Dominelli, P. B. & Molgat-Seon, Y. (2016). Revisiting dysanapsis: sex-based differences in airways and the mechanics of breathing during exercise. *Experimental Physiology*, 101 (2), 213–218. doi:10.1113/EP085366
- Siersted, H., Boldsen, J., Hansen, H., Mostgaard, G. & Hyldebrandt, N. (1998). Population based study of risk factors for underdiagnosis of asthma in adolescence: Odense

- schoolchild study. *BMJ* (Online), 316 (7132), 651–655. doi:10.1136/bmj.316.7132.651
- Sim, Y. S., Lee, J., Lee, W., Suh, D. I., Oh, Y., Yoon, J., Lee, J. H., Cho, J. H., Kwon, C.S. & Chang, J. H. (2017). Spirometry and bronchodilator test. *Tuberculosis and Respiratory Diseases*, 80 (2), 105–112. doi:10.4046/trd.2017.80.2.105
- Skorge, T. D., Eagan, T. M. L., Eide, G. E., Gulsvik, A. & Bakke, P. S. (2005). The adult incidence of asthma and respiratory symptoms by passive smoking in utero or in childhood. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 172 (1), 61–66. doi:10.1164/rccm.200409-1158OC
- Sovijärvi, A. & Piirilä, P. (2013a). Ventilaatiokyvyn ja keuhkotilavuuksien mittaukset. Teoksessa A. Sovijärvi, A. Ahonen, J. Hartiala, E. Länsimies, S. Savolainen, V. Turjanmaa & E. Vanninen (toim.). *Kliinisen fysiologian perusteet*. 1.–2. painos. Helsinki: Duodecim, 82–100.
- Sovijärvi, A. & Piirilä, P. (2013b). Keuhkojen toimintakokeisiin valmistautuminen. Teoksessa A. Sovijärvi, A. Ahonen, J. Hartiala, E. Länsimies, S. Savolainen, V. Turjanmaa & E. Vanninen (toim.). *Kliinisen fysiologian perusteet*. 1.–2. painos. Helsinki: Duodecim, 79–81.
- Sovijärvi, A. & Salorinne, Y. (2005). Keuhkojen fysiologiaa ja patofysiologiaa. Teoksessa V. Kinnula, P. Brander, P. Tukiainen (toim.) *Keuhkosairaudet*. 3. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim, 34–54.
- Sovijärvi, A. & Salorinne, Y. (2012). Hengityselimistön fysiologiaa ja patofysiologiaa. Teoksessa A. Sovijärvi, A. Ahonen, J. Hartiala, E. Länsimies, S. Savolainen, V. Turjanmaa & E. Vanninen (toim.). *Kliinisen fysiologian perusteet*. 1.–2. painos. Helsinki: Duodecim, 55–78.
- Sovijärvi, A. (2019). Pääkirjoitus. Tarkennuksia spirometrian viitearvojen valintaan ja PEF-tutkimukseen. Teoksessa A. Sovijärvi, A. Kainu, P. Malmberg, A. Guldbbrand, K. Timonen & P. Piirilä, *SPIROMETRIA- JA PEF- MITTAUSTEN SUORITUS JA TULKINTA* -suositus, 14. painos. Suomen Kliinisen Fysiologian yhdistyksen ja Suomen Keuhkolääkäriyhdistyksen asettaman työryhmän suositus 2019. *Moodi-asiakaslehti 1a/2019*. Helsinki: Labquality Oy, 4–5.
- Sovijärvi, A., Kainu, A., Malmberg, P., Guldbbrand, A., Timonen, K. & Piirilä, P. (2016). Spirometrian suorittaminen ja tulkinta: uudet suomalaiset ja monikansalliset viitearvot käyttöön - Suomen Kliinisen Fysiologian yhdistyksen ja Suomen Keuhkolääkäriyhdistyksen suositus 2015. *Suomen lääkärilehti* 71 (23), 1673–1681.

- Sovijärvi, A., Kainu, A., Malmberg, P., Guldbbrand, A., Timonen, K. & Piirilä, P. (2019). SPIROMETRIA- JA PEF-MITTAUSTEN SUORITUS JA TULKINTA -suositus, 14. painos. Suomen Kliinisen Fysiologian yhdistyksen ja Suomen Keuhkolääkäriyhdistyksen asettaman työryhmän suositus 2019. Moodi-asiakaslehti 1a/2019. Helsinki: Labquality Oy, 7–29.
- Stocks, J., Kirkby, J., & Lum, S. (2014). How to avoid misinterpreting lung function tests in children: a few practical tips. *Pediatric Respiratory Reviews*, 15 (2), 170–180
- Støle Melsom, H., Randa, A., Hisdal, J., Stang, J. S. & Stensrud, T. (2022). Prevalence of asthma among Norwegian elite athletes. *Translational Sports Medicine* 2022, 7133928. doi:10.1155/2022/3887471
- Suomen virallinen tilasto (SVT). (2022a). Kuolemansyyt. ISSN=1799-5051. 2019. Kuolemansyyt 2019. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu: 19.7.2022. https://www.stat.fi/til/ksyyt/2019/ksyyt_2019_2020-12-14_kat_001_fi.html
- Suomen virallinen tilasto (SVT). (2022b). Väestörakenne. ISSN=1797-5379. 2019. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu: 19.7.2022. http://www.stat.fi/til/vaerak/2019/vaerak_2019_2020-03-24_tie_001_fi.html
- Talaminos-Barroso, A., Márquez-Martín, E., Roa-Romero, L. M. & Ortega Ruiz, F. (2018). Factors affecting lung function: a review of the literature. *Archivos de Bronconeumología (English ed.)*, 54 (6), 327–332. doi:10.1016/j.arbres.2018.01.030
- TENK (Tutkimuseettinen neuvottelukunta). (2019). Ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet ja ihmistieteiden eettinen ennakoarviointi Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2019. https://tenk.fi/sites/default/files/202101/Ihmistieteiden_eettisen_ennakoarvioinnin_ohje_2020.pdf
- THL (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos). (28.2.2022). Astma ja allergiat. Astman ja allergioiden yleisyys. Viitattu 20.10.2022. <https://thl.fi/fi/web/kansantaudit/astma-ja-allergiat>
- THL (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos). (8.11.2019). Yleistä tietoa kansantaudeista. Viitattu 26.09.2022. <https://thl.fi/fi/web/kansantaudit/yleistietoa-kansantaudeista>
- Thomas, S., Wolfarth, B., Wittmer, C., Nowak, D. & Radon, K. (2010). Self-reported asthma and allergies in top athletes compared to the general population - results of the German part of the GA2LEN-Olympic study 2008. *Allergy, Asthma, and Clinical Immunology*, 6 (1), 31. doi:10.1186/1710-1492-6-31
- Tikkanen, H. (2015). Keuhkosairaudet ja liikunta. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. M. Kujala (toim.) *Liikuntalääketiede*. 3. painos. Helsinki: Duodecim, 33–347.

- Toivo, K. (2021). Periodic health examinations in young athletes: the Finnish Health Promoting Sports Club (FHPSC) study. Tampereen yliopisto. Väitöskirja. Viitattu 20.10.2022. <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/134276>
- Toskala, E. & Kennedy, D. W. (2015). Asthma risk factors. *International Forum of Allergy & Rhinology*, 5 (S1), 11–16. doi:10.1002/alr.21557
- Tuula Tutkija. (2021). Seminaaritöiden muotoilu: liikuntatieteellisen tiedekunnan kirjoitusohjeet. <https://www.jyu.fi/sport/fi/opiskelu/>
- Työterveyslaitos. (2021). Spirometria. Verkkosivu. Viitattu 19.10.2021. <https://www.ttl.fi/tyontekija/ammattitaudit/ammattiaстма/spirometria/>
- Ventura, M., Cannone, A., Sinesi, D., Buquicchio, R., Carbonara, M., Di Leo, E., Dagnello, M. & Bonini, S. (2009). Sensitization, asthma and allergic disease in young soccer players. *Allergy*, 64 (4), 556–559. doi:10.1111/j.1398-9995.2008.01857.x
- Viljanen, A. A., Halttunen, P. K., Kreuz, K., & Viljanen, B. C. (1982). Spirometric studies in non-smoking, healthy adults. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 42 (S159), 5–20. doi: 10.1080/00365518209168377
- Wun, Y. T., Chan, M. S., Wong, N. M., Kong, A. Y., & Lam, T. P. (2013). A curvilinear nomogram of peak expiratory flow rate for the young. *The Journal of Asthma: Official Journal of the Association for the Care of Asthma*, 50 (1), 39–44. doi:10.3109/02770903.2012.743152
- Yeatts, K., Shy, C., Sotir, M., Music, S. & Herget, C. (2003). Health consequences for children with undiagnosed asthma-like symptoms. *Archives of Pediatrics & Adolescent medicine*, 157 (6), 540–544. doi:10.1001/archpedi.157.6.540
- Zeleznik, J. (2003). Normative aging of the respiratory system. *Clinics in Geriatric Medicine*, 19 (1), 1–18. doi:10.1016/S0749-0690(02)00063-0

LIITE 1. Spirometriatulokset eri osapopulaatiovertailuina.

		FVC	FVC%	FEV1	FEV1%	FEV	FEV%	PEF	PEF%	MEF50	MEF50%	MMEF
Ei-liikunta-seura	Liikuntaseura	$\beta= 0,292$ p= 0,002	$\beta= 0,575$ p= 0,710	$\beta= 0,214$ p= 0,003	$\beta= 0,241$ p= 0,850	$\beta= -0,922$ p= 0,341	$\beta= -0,456$ p= 0,674	$\beta= 0,263$ p= 0,219	$\beta= -1,288$ p= 0,481	$\beta= 0,105$ p= 0,452	$\beta= -2,406$ p= 0,233	$\beta= 0,090$ p= 0,497
Ei-liikunta-seura	Ei-riskilaji	$\beta= -0,381$ p= 0,051	$\beta= -0,115$ p= 0,945	$\beta= -0,301$ p= 0,043	$\beta= 0,043$ p= 0,975	$\beta= 0,844$ p= 0,436	$\beta= 0,044$ p= 0,071	$\beta= -0,368$ p= 0,134	$\beta= 2,440$ p= 0,224	$\beta= -0,198$ p= 0,203	$\beta= 2,417$ p= 0,281	$\beta= -0,187$ p= 0,208
	Riskilaji	$\beta= -0,233$ p= 0,224	$\beta= -2,148$ p= 0,214	$\beta= -0,170$ p= 0,244	$\beta= -1,487$ p= 0,303	$\beta= 0,964$ p= 0,379	$\beta= 0,785$ p= 0,519	$\beta= -0,349$ p= 0,155	$\beta= -1,043$ p= 0,604	$\beta= -0,068$ p= 0,663	$\beta= 1,644$ p= 0,475	$\beta= -0,079$ p= 0,593
Ei-riskilaji	Riskilaji	$\beta= 0,148$ p= 0,260	$\beta= -2,034$ p= 0,146	$\beta= 0,131$ p= 0,193	$\beta= -1,530$ p= 0,210	$\beta= 0,121$ p= 0,886	$\beta= 0,741$ p= 0,423	$\beta= 0,019$ p= 0,915	$\beta= -3,483$ p= 0,036	$\beta= 0,131$ p= 0,287	$\beta= -0,773$ p= 0,703	$\beta= 0,108$ p= 0,340

FVC= forced vital capacity, nopea vitaalikapasiteetti, tulos litroina: FVC%=FVC-suureen viitearvon prosenttiosuus: FEV1= forced expiratory volume in 1 second, uloshengityksen sekuntikapasiteetti, tulos litroina: FEV1%= FEV1-suureen viitearvon prosenttiosuus: FEV=sekuntikapasiteetin ja nopean vitaalikapasiteetin suhde, tulos litroina; FEV%= FEV-suureen viitearvon prosenttiosuus: PEF= peak expiratory flow, uloshengityksen huippuvirtaus, tulos litroina: PEF%=PEF-suureen viitearvon prosenttiosuus: MEF50= maximal expiratory flow at 50 % of the forced vital capacity, uloshengitysvirtauksen uloshengitystilavuuden puolivälin kohta, tulos litroina: MEF50%=MEF50-suureen viitearvon prosenttiosuus: MMEF= maximal mid-expiratory flow, uloshengityksen puolivälin virtausnopeus, tulos litroina

LIITE 2. Bronkodilataatiotulokset eri osapopulaatiovertailuina.

		FVC	FVC%	FEV1	FEV1%	PEF	PEF%	MEF50	MEF50%	MMEF	MMEF%
Ei-liikunta-seura	Liikuntaseura	$\beta= 0,002$ $p= 0,908$	$\beta= -0,101$ $p= 0,827$	$\beta= -0,003$ $p= 0,850$	$\beta= -0,272$ $p=0,599$	$\beta= 0,013$ $p= 0,820$	$\beta= 0,355$ $p=0,697$	$\beta= -0,070$ $p= 0,382$	$\beta= -1,967$ $p= 0,325$	$\beta= -0,029$ $p= 0,697$	$\beta= -0,937$ $p= 0,658$
Ei-liikunta-seura	Ei-riskilaji	$\beta= -0,001$ $p= 0,946$	$\beta= 0,241$ $p= 0,636$	$\beta= 0,011$ $p= 0,576$	$\beta= 0,706$ $p= 0,210$	$\beta= -0,044$ $p= 0,478$	$\beta= -0,802$ $p= 0,426$	$\beta= 0,131$ $p= 0,122$	$\beta= 3,810$ $p= 0,074$	$\beta= 0,066$ $p= 0,421$	$\beta= 2,093$ $p= 0,366$
	Riskilaji	$\beta= -0,015$ $p=0,480$	$\beta= -0,376$ $p= 0,480$	$\beta= -0,016$ $p= 0,427$	$\beta= -0,513$ $p= 0,385$	$\beta= 0,005$ $p=0,937$	$\beta= -0,190$ $p=0,853$	$\beta= 0,007$ $p=0,930$	$\beta= 0,015$ $p= 0,994$	$\beta= -0,007$ $p=0,930$	$\beta= 0,048$ $p= 0,983$
Ei-riskilaji	Riskilaji	$\beta= -0,014$ $p= 0,481$	$\beta= -0,617$ $p=0,205$	$\beta= -0,027$ $p= 0,145$	$\beta= -1,219$ $p= 0,024$	$\beta= 0,049$ $p=0,373$	$\beta= 0,612$ $p= 0,482$	$\beta= -0,124$ $p= 0,068$	$\beta= -3,795$ $p= 0,029$	$\beta= -0,073$ $p= 0,250$	$\beta= -2,045$ $p= 0,245$

FVC= forced vital capacity, nopea vitaalikapasiteetti, muutos spirometriakokeesta litroina: FVC%=FVC-suureen prosentuaalinen muutos spirometriakokeesta: FEV1= forced expiratory volume in 1 second, uloshengityksen sekuntikapasiteetti, muutos spirometriakokeesta litroina: FEV1%= FEV1- suureen prosentuaalinen muutos spirometriakokeesta: FEV=sekuntikapasiteetin ja nopean vitaalikapasiteetin suhde, muutos spirometriakokeesta litroina: FEV%= FEV- suureen prosentuaalinen muutos spirometriakokeesta: PEF= peak expiratory flow, uloshengityksen huippuvirtaus, muutos spirometriakokeesta litroina: PEF%=PEF- suureen prosentuaalinen muutos spirometriakokeesta: MEF50= maximal expiratory flow at 50 % of the forced vital capacity, uloshengitysvirtauksen uloshengitystilavuuden puolivälin kohta, muutos spirometriakokeesta litroina: MEF50%=MEF50-suureen viitearvon prosenttiosuus: MMEF= maximal mid-expiratory flow, uloshengityksen puolivälin virtausnopeus, muutos spirometriakokeesta litroina