

Laura Mäki

# Liikunnan yhteys nuorten toiminnalliseen valtimoterveyteen

Syventävien opintojen kirjallinen työ

Syyslukukausi 2023

Laura Mäki

Liikunnan yhteys nuorten toiminnalliseen valtimoterveyteen

Kliininen laitos

Syyslukukausi 2023

Vastuhenkilö: Tuija Leskinen ja Katja Pahkala

*Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.*

Sydän- ja verisuonitaudit ovat sairauksia, jotka heikentävät sydämen ja verisuonten toimintaa. Sydän- ja verisuonitaudit ovat johtava kuolinsyy, vaikka niitä voidaan ehkäistä ja hoitaa elintavoilla. On olemassa näyttöä siitä, että valtimosairauksien juuret ovat lapsuudessa. Soveltuvien pitkäikäisaineistojen puutteen vuoksi lasten ja nuorten valtimoterveyden yhteyttä tautiriskiä keski-ikässä on tutkittu vähän.

Syventävien opintojen opinnäytetyön aihe on vapaa-ajan liikunnan yhteys lasten ja nuorten valtimoiden toimintaan ja toiminnalliseen terveyteen. Kirjallisuuskatsauksessa käsitellään liikuntaa ja useita eri valtimoiden toiminnallisen terveyden muuttujia, kuten valtimoiden joustavuutta, pulssiaallon nopeutta ja endoteelista riippuvaa laajenemista (*engl. flow-mediated dilation, FMD*). Tutkielman kokeellisessa osassa tutkitaan vapaa-ajan liikunnan yhteyttä lasten ja nuorten vatsa-aortan ja kaulavaltimon joustavuuteen.

Tutkimuksen aineisto on osa SepelvaltimoTaudin Riskitekijöiden InterventioProjektia eli STRIP-tutkimusta (Simell et al., 2009). STRIP-tutkimus on maailmanlaajuisesti ainutlaatuinen prospektiivinen satunnaistettu interventiotutkimus, joka tähtää sydänterveyden edistämiseen jo lapsuudesta lähtien. Seurannan aikana tutkittavien vapaa-ajan liikuntaa määritettiin itseraportoidulla MET-arvolla ja vatsa-aortan ja kaulavaltimon joustavuus mitattiin ultraäänen avulla. Vapaa-ajan liikunta-aktiivisuuden perusteella tutkittavat jaettiin kolmeen ryhmään kvartaalien avulla: inaktiivit (0- <5 MET t/vk), liikkuvat (5- <30 MET t/vk) ja paljon liikkuvat ( $\geq 30$  MET t/vk). Opinnäytetyön empiiriseen osaan valittiin mukaan kaikki ne STRIP-tutkimuksen osallistujat, joilta oli mitattu vapaa-ajan liikunta-aktiivisuus (MET t/vk), vatsa-aortan joustavuus ja kaulavaltimon joustavuus jokaisessa tutkitussa ikäpisteessä (13-, 15-, 17-, 19- ja 26-vuotiaana).

Tytöillä tai pojilla ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhteyttä vapaa-ajan liikunta-aktiivisuuden ja vatsa-aortan tai kaulavaltimon joustavuuden kanssa, eikä luokitellulla liikunta-aktiivisuus-muuttujalla vatsa-aortan joustavuuden kanssa. Tytöillä liikkuvien (5–30 MET t/vk) kaulavaltimot olivat joustavampia kuin inaktiivien (0-5 MET t/vk) ( $p = 0,0073$ ). Pojilla paljon liikkuvien (yli 30 MET t/vk) kaulavaltimot olivat vähemmän joustavia kuin inaktiivien ( $p = 0,0495$ ).

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että vapaa-ajan liikunta-aktiivisuuden ja toiminnallisen valtimoterveyden yhteys on heikko ja osittain ristiriitainen nuorilla tytöillä ja pojilla. Ilmiön syiden selvittämiseksi ja vahvistamiseksi tarvitaan lisätutkimuksia.

Avainsanat: Toiminnallinen valtimoterveys, lapset ja nuoret, liikunta

## Sisältö

1. Johdanto.....	2
2. Kirjallisuuskatsaus .....	3
2.1. Sydän- ja verisuonitaudit .....	3
2.2. Endoteelin toiminta.....	3
2.3. Lasten valtimot .....	4
2.4. Valtimoiden toiminnan mittausmenetelmät.....	5
2.4.1. Ultraääni .....	6
2.4.2. Dopplerkaikukuvaus .....	6
2.4.3. Pletysmografia .....	6
2.4.4. Oskillometria .....	7
2.4.5. Applanaatio tonometria .....	7
2.5. Fyysisen aktiivisuuden mittausmenetelmät.....	8
2.5.1. Kriteeristandardit .....	8
2.5.2. Objektiiviset tekniikat.....	9
2.5.3. Subjektiiiviset tekniikat.....	10
2.6. Liikunnan vaikutus valtimoihin .....	11
2.7. Liikunnan vaikutus lasten toiminnalliseen valtimoterveyteen.....	14
2.8. Yhteenveto kirjallisuuskatsauksesta.....	18
3. Aineisto ja menetelmät.....	19
4. Tulokset.....	21
5. Pohdinta .....	25
6. Viitteet.....	28
7. Liitteet .....	34

## 1. Johdanto

Sydän- ja verisuonitaudit ovat merkittävä kansansairausryhmä Suomessa, ja niiden esiintyvyys nousee myös muualla maailmassa (Mitä Maailma Sairastaa?; Sydän- Ja Verisuonitautien Yleisyys - THL). Sydän- ja verisuonitauteihin kuuluvat esimerkiksi sepelvaltimotauti ja verenpainetauti, joiden riskiin voidaan vaikuttaa elintavoilla. Valtimoverisuonen endoteelin dysfunktio on yksi ensimmäisistä ateroskleroosin merkeistä (Sitia et al., 2010). Se on kuitenkin vielä palautuva tila, johon voidaan vaikuttaa muun muassa liikunnalla.

Valtimoiden toiminnallista terveyttä ja sen yhteyttä sydän- ja verisuonitauteihin on tutkittu lähinnä keski-ikäisillä ja sitä vanhemmilla, koska taudin kehittyminen vie aikaa (Björkegren & Lusis, 2022). On kuitenkin viitteitä siitä, että valtimosairauksien juuret ovat lapsuudessa (O. Raitakari et al., 2022). Soveltuvien pitkäikäisaineistojen puutteen vuoksi lasten ja nuorten valtimoterveyden yhteyttä tautiriskiin keski-ikässä on tutkittu vähän.

Kohonnut verenpaine ja ylipaino sekä lihavuus ovat yleistyneitä ongelmia ympäri maailmaa (Wilding & Jacob, 2021). Ne kuuluvat myös sydän- ja verisuonitautien riskitekijöihin, joten voidaan olettaa, että ryhmään kuuluvat sairaudet lisääntyvät tulevaisuudessa. Siksi on tärkeää tunnistaa jo lapsuudessa ja nuoruudessa ilmeneviä sydän- ja verisuonitautien riskitekijöitä ja oppia ehkäisemään tai hoitamaan niitä. Valtimoterveyden riskitekijöitä voidaan ehkäistä elintapamuutoksilla, joista liikunta on yksi tärkeimmistä (Viljela & Viljela, 2014).

Opinnäytetyöni tavoitteena on perehtyä liikunnan ja valtimoiden toiminnallisen terveyden väliseen yhteyteen liittyvään kirjallisuuteen erityisesti lapsilla. Lasten valtimoterveys on tärkeä aihe, koska jos sydän- ja verisuonitautien riskitekijöitä voidaan havaita jo lapsena, niihin voidaan puuttua varhaisessa vaiheessa. Tällöin voidaan mahdollisesti ehkäistä tai ainakin viivästyttää taudin puhkeaminen vanhempana. Kirjallisuuskatsauksessa tarkastellaan lasten valtimoterveyttä ja sen yhteyttä liikuntaan. Empiirisessä osassa tutkitaan liikunnan ja vatsa-aortan joustavuuden sekä liikunnan ja kaulavaltimon joustavuuden välistä yhteyttä lapsilla ja nuorilla STRIP-aineistossa.

## 2. Kirjallisuuskatsaus

### 2.1. Sydän- ja verisuonitaudit

Sydän- ja verisuonitaudit ovat sairauksia, jotka heikentävät sydämen ja verisuonten toimintaa. Yleisimpiä sydän- ja verisuonitautteja ovat sepelvaltimotauti, sydämen vajaatoiminta ja aivoverenkiertohäiriöt. Elintavoilla voidaan ehkäistä ja hoitaa sydän- ja verisuonitautteja. Terveellisen ja monipuolisen ruokavalion avulla sekä liikkumalla säännöllisesti voidaan vaikuttaa verenpaineeseen sekä veren lipidi- ja sokeriarvoihin. Liiallista suolan käyttöä, ylipainoa ja alkoholia tulee välttää. Kaikkiin sydän- ja verisuonitaudin riskitekijöihin ei kuitenkaan pysty vaikuttamaan. Tällaisia riskitekijöitä ovat esimerkiksi ikä, sukupuoli ja perimä. (Cardiovascular Diseases (CVDs). World Health Organization.).

Sydän- ja verisuonitaudit ovat edelleen maailman johtava kuolinsyy, vaikka länsimaissa niiden ilmaantuvuus on vähentynyt huomattavasti erityisesti keski-ikäisillä. Vuonna 2017 maailmanlaajuisesti 31 % kuolemista johtui sydän- ja verisuonitaudeista (Global Burden of Disease -tutkimus). Suomessa toteutettiin Pohjois-Karjala-projekti vuosina 1972–1997, mikä on todennäköisesti vaikuttanut siihen, miksi työikäisten kuolleisuus sepelvaltimotautiin on laskenut lähes 80 % Itä-Suomessa 1970-luvulta lähtien (Jousilahti et al., 2016). Oletettavasti 75 % kuolleisuuden vähenemisestä johtuu kolesterolin, verenpaineen ja tupakoinnin vähenemisestä ja 25 % hoidon paranemisesta. Sydän- ja verisuonitautikuolleisuus on vähentynyt myös koko Suomessa 1970-luvulta lähtien. Silti sydän- ja verisuonitaudit aiheuttavat edelleen vajaat puolet työikäisten kuolemista. Kaikki sydän- ja verisuonitaudit muodostavat yhdessä suurimman yksittäisen kuolinsyyryhmän Suomessa (Sydän- Ja Verisuonitaudit - THL).

### 2.2. Endoteelin toiminta

Valtimot ovat verisuonia, jotka kuljettavat verta sydäimestä pois päin. Pumppausvaiheessa, eli systolessa vasen kammio pumppaa verta aorttaan. Aortta on suurin valtimo, josta jakaantuu pienempiä valtimoita kohti kehon ääriosa. Valtimot haarautuvat vähitellen yhä pienempiin suoniin. Lopulta veri päätyy hiussuoniin, joissa veren kuljettama happi ja ravinteet siirtyvät kudoksille. Samalla kudoksiin kertyneet kuona-aineet, kuten hiilidioksidi ja

muut aineenvaihduntatuotteet siirtyvät verenkiertoon. Tämän jälkeen vähähappinen veri siirtyy laskimoihin. (*Ihmisen Verenkiertoelimistö | Verisuonitalo | Terveyskylä.Fi, n.d.*).

Verisuonet koostuvat kolmesta kerroksesta, joita ovat intima, media ja adventitia. Intima koostuu endoteelista ja elastisista säikeistä. Intiman ja median välissä on sisempi elastinen lamina. Mediassa on paljon sileälihassoluja sekä elastisia säikeitä. Osassa valtimoita median ja adventitian välissä on ulompi elastinen lamina. Adventitia koostuu verisuonista, hermoista ja sidekudoksesta. Verisuonten rakenne ja kerrosten paksuudet vaihtelevat eri kehon osien ja niissä vallitsevien paineiden mukaan. Valtimoissa lumen on halkaisijaltaan pienempi kuin laskimoissa, ja laskimoiden kerrokset ovat tyypillisesti ohuempia kuin valtimoissa. (*Ihmisen Verenkiertoelimistö | Verisuonitalo | Terveyskylä.Fi, n.d.*).

Endoteeli on rajapinta virtaavan veren ja verisuonen seinämän välissä. Kun veren virtaus suonessa kasvaa, typpioksidisyntaasi aktivoituu ja alkaa tuottaa typpioksidia (Dimmeler et al., 1999). Typpioksidi aikaansaa sileän lihaksen relaksaation, minkä vuoksi se onkin tärkeä verisuonen tonuksen säätelijä (Flammer & Lüscher, 2010; Viridis et al., 2010).

Normotensio, laminaarinen virtaus ja tietyt kasvutekijät saavat endoteelin pysymään vakaassa tilassa, jolloin sen pintaan ei voi tarttua muita molekyylejä tai kappaleita. Pyörteinen virtaus, hypertensio ja eräät sytokiinit voivat kuitenkin aiheuttaa endoteelisolun siirtymisen aktiiviseen tilaan. Tällöin endoteelisolun on mahdollista tarttua kiinni, ja esimerkiksi kemokiinien, sytokiinien ja kasvutekijöiden ekspressiot muuttuvat. Endoteelin dysfunktio tarkoittaa yleisesti ottaen epätasapainoa vasodilatoivien ja -konstriktioivien aineiden tuotossa (Deanfield et al., 2005). Endoteelin dysfunktio on ensimmäinen askel kohti ateroskleroosia, mutta se on onneksi vielä palautuva tila.

### 2.3. Lasten valtimot

Terveiden lasten valtimot ovat yleensä elastisia ja kimmoisia. Ne ovat myös joustavia, eli niiden komplianssi on suuri. Tämän ansiosta syke-aallon saapuessa valtimeen systolen aikana valtimo laajenee. Sydämen lepovaiheessa valtimo puolestaan supistuu, jolloin veri liikkuu suonessa eteenpäin. Vanhetessa valtimot alkavat pihkuhiljaa jäykistyä. Esimerkiksi sepelvaltimoiden endoteelin dysfunktion on havaittu alkavan jo noin 30 vuoden iässä (Yasue et al., 1990).

Lasten valtimot voivat kuitenkin jäykistyä esimerkiksi jonkin sairauden vuoksi. Tyypin 1 diabetesta sairastavilla lapsilla havaittiin kaulavaltimoissa heikentynyt endoteelista riippuva laajeneminen (*engl. flow-mediated dilation, FMD*) ja paksuuntunut intima-media. Endoteelin toimintahäiriö tyypin 1 diabetesta sairastavilla lapsilla voi altistaa heitä varhain alkavalle valtimokovettumataudille. (Järvisalo et al., 2004a) Myös lihavuus altistaa endoteelin toimintahäiriölle ja sen kautta valtimokovettumataudille. Jo 5–12-vuotiailla lihavilla lapsilla on todettu esiintyvän endoteelin toimintahäiriötä (Penha et al., 2019). Lihaville lapsille usein kasaantuu sydän- ja verisuonitautien riskitekijöitä, kuten hypertensiota, korkeaa kolesterolia ja triglyserideja, insuliiniresistenssiä, proinflammatorista tilaa, adiposytokiinien häiriötä ja fyysistä inaktiivisuutta (Falaschetti et al., 2010). Endoteelin toimintahäiriön on onneksi todettu olevan palautuva prosessi (Bruyndonckx et al., 2013), joten lasten valtimoiden toimintaa voidaan parantaa esimerkiksi elintavoilla.

#### 2.4. Valtimoiden toiminnan mittausmenetelmät

Valtimoiden toimintaa ja rakennetta voidaan tutkia useilla menetelmillä. Näitä ovat esimerkiksi ultraääni, dopplerkaikukuvaus, pletysmografia, oskillometri ja applanaatio tonometri. Edellä mainituilla menetelmillä ja laitteilla voidaan mitata esimerkiksi valtimoiden virtausvälitteistä laajenemista (*engl. flow-mediated dilation*) sekä pulssiaallon nopeutta (*engl. pulse wave velocity*).

Valtimoiden virtausvälitteinen laajeneminen johtuu nimensä mukaisesti veren virtauksen lisääntymisestä. Virtausvälitteistä laajenemista voidaan määrittää esimerkiksi ultraäänen avulla hyperemian jälkeen, joten sitä voidaan tutkia ei-invasiivisesti. Virtausvälitteinen laajeneminen kertoo valtimoiden terveydestä. Koska virtausvälitteinen laajeneminen on endoteeliriippuvaista ja typpioksidin välittämää (Green et al., 2011), se on hyvä mittari valtimon toiminnan määrittämiseen. Liikunnan on todettu parantavan virtausvälitteistä laajenemista (Pahkala et al., 2011; O. T. Raitakari & Celermajer, 2000).

Pulssiaallon etenemisnopeus tarkoittaa nopeutta, jolla verenpainepulssi etenee valtimossa, ja sitä käytetään valtimon jäykkyyden mittana. Pulssiaaltoa voidaan mitata ei-invasiivisesti, ja se ennustaa hyvin kardiovaskulaaritapahtumia ja kuolleisuutta. Kun määritetään pulssiaallon etenemisnopeutta, mitataan aika, jossa aalto kulkee tietyn matkan. Tämän jälkeen matka jaetaan pulssiaallolta siihen kuluneella ajalla. Pulssiaaltoa voidaan mitata



esimerkiksi kaula- ja reisivaltimon välillä tai olkavaltimon ja nilkan välillä. Ensiksi mainitulla voidaan määrittää sentraalisten valtimoiden, kuten aortan jäykkyyttä ja jäljempänä mainitulla perifeeristen valtimoiden terveyttä. Pulssiaallon etenemisnopeus tyypillisesti kasvaa iän myötä. (Pulse Wave Velocity (PWV). [www.datasci.com](http://www.datasci.com)).

#### 2.4.1. Ultraääni

Ultraäänellä eli kaikukuvalla voidaan kuvata valtimoiden morfologiaa. Ultraäänellä on mahdollista myös arvioida kvalitatiivisesti pulssiaallon nopeutta. Lisäksi voidaan tutkia valtimoiden joustavuutta, kun mitataan valtimon halkaisija diastoleessa tai systoleessa, ja suhteutetaan se pulssipaineeseen. Ultraäänen avulla voidaan havaita ateroskleroosiin liittyvien plakkien olemassaolo ja koko, jotka kertovat ateroskleroosin vaiheesta. Ultraäänen avulla voidaan mitata myös intima-median paksuus. Ultraäänen etuja ovat sen helppous ja ei-invasiivisuus, mutta kovin pitkälle meneviä päätelmiä valtimoiden rakenteesta ei kuitenkaan voida sen avulla tehdä. (Valtimoiden Kuvantaminen; Verisuonilaboratorio).

#### 2.4.2. Dopplerkaikukuvaus

Dopplerkaikukuvausta käytetään perifeerisen verenkierron kuvaamiseen. Sitä voidaan käyttää kaikukuvauksen yhteydessä veren virtausnopeuden määrittämiseen. Dopplerlaitteessa on kaksi pietsosähköistä kidettä, joista toinen lähettää ja toinen vastaanottaa ultraääntä. Ultraääni heijastuu erityisesti liikkuvista rajapinnoista, kuten verisoluista. Heijastuessa ultraäänen värähtelytaajuus muuttuu, mikä voidaan havaita dopplerlaitteella ja muuttaa tarkasteltavaksi käyräksi. Käyrän avulla voidaan tutkia virtauksen nopeutta, suuntaa sekä pyörteisyyttä, joka aiheuttaa dopplerkäyrän spektrin leviämistä. (Valtimoiden Kuvantaminen; Verisuonilaboratorio).

Dupleksikuvauksessa yhdistetään dopplerkuvaus ja B-kaikukuvaus. Siinä ultraääntä ei lähetetä jatkuvasti, vaan sykäyksittäin, mikä aiheuttaa pulsoivan dopplerilmiön. Kun säädellään ultraäänen lähetyksen ja vastaanoton välistä aikaeroa, voidaan ultraäänit valikoida vain tutkittavalta alueelta. (Valtimoiden Kuvantaminen; Verisuonilaboratorio).

#### 2.4.3. Pletysmografia

Perifeerisen verenkierron kuvaamiseen voidaan käyttää myös pletysmografiaa. Pletysmografialla tutkitaan sykeaaltoa, ja siinä käytetään ilmaisimina ilmatäytteisiä mansetteja, venymäantureita ja valokennoja. (Verisuonilaboratorio). Eräs pletysmografian sovellus on valosähköinen pletysmografia eli fotopletysmografia. Sitä käytetään sormien ja varpaiden sykeaallon tutkimiseen. Fotopletysmografia perustuu anturista lähtevään infrapunavaloon. Infrapuna-aalto heijastuu verisoluista, ja heijastuminen voidaan havaita valosähköisellä ilmaisimella. (Noninvasive Diagnostic Assessment of Peripheral Vascular Disease - PubMed).

#### 2.4.4. Oskillometria

Oskillometri on yksinkertainen ja ei-invasiivinen tapa mitata pulssiaallon nopeutta ja verenpainetta. Oskillometriassa kohteeseen johdetaan eritaajuisia ääni-impulsseja, minkä jälkeen kohteesta heijastunutta ääntä voidaan analysoida (Oskillometria - Terveyskirjasto). Oskillometrinen mittaus voidaan suorittaa esimerkiksi niin, että suonta puristetaan ensin mansetilla verenpainetta mitattaessa. Kun mansetti tyhjenee, valtimo alkaa värähdellä ja oskillometri piirtää käyrän värähtelyn amplitudista. Käyrä kuvaa valtimon kokoonpuristuvuutta. Normaalisti kuvaajan muoto on nopeasti nouseva ja laskeva, mutta esimerkiksi ateroskleroosissa kuvaajan muoto tasoittuu. (Naidu et al., 2005.)

#### 2.4.5. Applanaatio tonometria

Applanaatio tonometria käytetään silmänpaineen mittaamiseen, mutta sillä voidaan määrittää myös veren pulssiaaltoja. Yksinkertainen pulssiaallon mittaus suoritetaan siten, että tonometrillä litistetään valtimoa, ja samaan aikaan venymäanturi mittaa pulssiaaltosignaalia (Roach & Thiele, 2019). Applanaatiolla aiheutetaan voiman avulla aaltoja, jotka mitataan tonometrillä eli painemittarilla. Pulssiaalto voidaan myös mitata kahdesta pisteestä, esimerkiksi kaula- ja reisivaltimoista, jolloin pulssiaallon muoto voidaan määrittää. Tämän lisäksi on mitattava matka kaulavaltimosta reisivaltimeen, minkä avulla voidaan laskea pulssiaallon nopeus.

Applanaatio tonometri on ei-invasiivinen, mutta se on menetelmänä aikaa vievä. Lisäksi mittauksen onnistuminen riippuu menetelmän käyttäjästä.

## 2.5. Fyysisen aktiivisuuden mittausmenetelmät

### 2.5.1. Kriteeristandardit

Kriteeristandardit ovat menetelmiä, jotka mittaavat tutkittavaa asiaa erittäin tarkasti. Niiden avulla voidaan kalibroida epäsuorat mittausmenetelmät niin, että nekin kuvaisivat tutkittavaa asiaa mahdollisimman tarkasti. Fyysisen aktiivisuuden mittaamisen standardimenetelmiä ovat suora havainnointi, kaksoisleimatun veden menetelmä sekä epäsuora kalorimetria.

**Suora havainnointi** on menetelmistä käytännöllisin ja tarkin. Suoraan havainnointiin on kehitetty havainnointijärjestelmiä, joiden avulla fyysistä aktiivisuutta voidaan mitata. Osa järjestelmistä sopii erityisesti liikuntatunneille, kun taas osaa niistä voidaan käyttää monenlaisissa ympäristöissä. Havainnoijien välillä on todettu olevan hyvä yhtäpitävyys samasta lapsesta. Vaikka suora havainnointi on hyvin tarkka menetelmä, sen käyttäminen vaatii aikaa ja kustannukset ovat suuret. Mikäli aikoo käyttää tutkimuksessaan suoran havainnoinnin menetelmää, olisi tärkeää käyttää jo olemassa olevia havainnointijärjestelmiä, jotta tuloksia voidaan helpommin verrata aikaisempiin tutkimuksiin. (Sirard & Pate, 2001).

**Kaksoisleimatun veden menetelmässä** tutkittavalle annetaan suun kautta radioleimattua veden isotooppia ( $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ ). Happiatomit tasapainottuvat uloshengityksen hiilidioksidin happiatomien ja kehon veden happiatomien kanssa. Seuraavien 5–14 päivän aikana vetyatomit poistuvat kehosta vetenä ja happiatomit vetenä ja hiilidioksidina. Ero eliminaatiotasojen välillä on verrannollinen hiilidioksidin tuotantoon eli energiankulutukseen. (Schoeller et al., 1986).

Kaksoisleimatun veden menetelmää voidaan käyttää normaalia arkea elävillä tutkittavilla. Menetelmä on tarkka, mutta sillä on myös useita heikkouksia. Tarvittavia isotooppeja on vaikea saada, koska ne ovat kalliita. Tämän vuoksi menetelmä myös soveltuu vain pieniin tutkimuksiin. Tutkittavilta tarvitaan tarkat ruokailutiedot tutkimuksen ajalta, jotta heidän energiankulutuksensa pystytään määrittämään. Mittauksia on tehtävä vähintään kolmen

perättäisen päivän aikana, jotta kokonaisenergiankulutus on mahdollista laskea. Menetelmä vaatii siis paljon työtä, ja silti sen avulla saadaan määritetyksi vain energiankulutus. Monissa tutkimuksissa tarvitaan tämän lisäksi muita parametrejä, joita tällä menetelmällä ei ole mahdollista määrittää. (Sirard & Pate, 2001).

**Epäsuora kalorimetria** mittaa energiankulutusta hapen kulutuksesta ja hiilidioksidin tuotosta. Menetelmä on laajasti käytetty, ja sitä voidaan käyttää sekä levon että harjoittelun aikana. Epäsuora kalorimetria on tarkka ja pätevä lyhyen aikavälin energiankulutuksen mitta. Menetelmän avulla on vaikea mitata fyysistä aktiivisuutta, koska tutkimus on tehtävä laboratoriossa kaasuanalyysilaitteiden vuoksi. Lisäksi menetelmää on hankala käyttää pienillä lapsilla. (Sirard & Pate, 2001). Epäsuoraa kalorimetriaa voidaan kuitenkin käyttää syke-, askel- ja kiihtyvyyssmittareiden kalibrointiin (Bitar et al., 1996; Eston et al., 1998; Sallis et al., 1990).

#### 2.5.2. Objektiiviset tekniikat

Objektiivisilla tekniikoilla tarkoitetaan erilaisia mittareita, joilla voidaan mitata fyysistä aktiivisuutta. Objektiivisiä mittareita ovat syke-, askel- ja kiihtyvyyssmittarit. Ne ovat päälle puettavia laitteita, jotka eivät yleensä vaadi käyttäjältään muuta kuin niiden pitämistä.

**Sykemittari** on huomaamaton ja kustannustehokas laite fyysisen aktiivisuuden mittaamiseen. Sen tuottama taakka sekä tutkittavalle että tutkijalle on vähäinen. Sykemittari on hyvä mittari pieniin ja keskisuuriin tutkimuksiin. (Sirard & Pate, 2001). Energiankulutuksen ja sykkeen välillä on vahva lineaarinen suhde kohtalaisessa ja raskaassa liikunnassa, mutta kevyessä liikunnassa suhde on heikompi (BUTTE et al., 2012; Kozey-Keadle et al., 2011). Sykemittari on hyvä vaihtoehto kiihtyvyyssmittarille esimerkiksi uintiin ja pyöräilyyn (Chen et al., 2012). Sykemittaria käytettäessä on kuitenkin otettava huomioon, että psykologinen ja ympäristön aiheuttama stressi sekä kofeiini ja monet lääkkeet vaikuttavat sykkeeseen. Lisäksi kaupallisten laitteiden liikunnan määrän mittaamenetelmät ovat usein salattuja, eivätkä siksi sovellu tutkimuskäyttöön.

**Askelmittari** mittaa tietyssä aikavälissä otettujen askelten määrää. Askelmittareilla on yleensä hyvä toistettavuus ja tarkkuus (Crouter et al., 2003). Ne ovat edullisia ja voivat motivoida käyttäjänsä. Askeleet ovat helposti ymmärrettävä ja mitattava määre. Suurin osa askelmittareista on lanteelle kiinnitettäviä, mutta nilkkaan kiinnitetyn askelmittarin

tarkkuuden on havaittu olevan paras (Karabulut et al., 2005). Askelmittarin heikkouksiin kuuluu se, että sillä ei voi mitata esimerkiksi kuntosaliharjoittelua eikä sillä voi määrittää energiankulutusta (Ainsworth et al., 2015).

**Kiihtyvyydsmittarit** ovat puettavia monitoreja, jotka mittavat liikkeen kiihtyvyyden. Kiihtyvyydet kalibroidaan tunnettuun standardimittaan, esimerkiksi hapenkulutukseen. Mittaria voidaan käyttää esimerkiksi lanteella, ranteessa tai nilkassa. Kiihtyvyydsmittarit ovat suhteellisen tarkkoja ja antavat melko yksityiskohtaista tietoa fyysisestä aktiivisuudesta. Useimmat yhden anturin kiihtyvyydsmittareista toimivat kuitenkin huonosti verrattuna kaksoisleimatun veden standardiin. Laitteiden etuja ovat vähäinen invasiivisuus ja se, että fyysistä aktiivisuutta voidaan seurata kiihtyvyydsmittarilla pitkään. (Ainsworth et al., 2015). Kiihtyvyydsmittarin datasta on mahdollista tunnistaa fyysisen aktiivisuuden intensiteetit, kuten kevyt, kohtalainen ja raskas liikunta sekä paikallaan olo. Mittarin heikkouksiin kuuluu vaikeus erottaa kevyttä liikuntaa ja sedentaarista aikaa toisistaan. Lisäksi kiihtyvyydsmittarilla on vaikea mitata esimerkiksi pyöräilyä tai kuntosaliharjoittelua. (BUTTE et al., 2012).

### 2.5.3. Subjektiiiset tekniikat

Subjektiiivisilla fyysisen aktiivisuuden mittaustekniikoilla tarkoitetaan mittaussuhteita, joissa tutkittava itse kertoo liikkumisestaan. Tällaisia ovat esimerkiksi kyselylomakkeet, haastattelut ja päiväkirjat.

**Kyselylomakkeet** ovat yleensä yksinkertaisia ja helppokäyttöisiä fyysisen aktiivisuuden mittareita. Kyselylomakkeella voidaan määrittää lyhyen aikavälin liikkumista, esimerkiksi liikuntaa viikoista kuukauteen tai pidempiaikaista liikkumista, esimerkiksi edellisen vuoden tai koko elämän aikaista liikkumista. Tietyn aikavälin liikkumisen lisäksi voidaan määrittää liikunnan tyyppiä, kestoja, frekvenssiä ja intensiteettiä. Intensiteettiä kuvataan yleensä metabolisella ekvivalentilla eli MET-arvoilla (*metabolic equivalent, MET*). (Ainsworth et al., 2015). Lapselle kyselyn täyttäminen voi olla vaikeaa, minkä vuoksi lasten fyysisen aktiivisuuden mittaamiseen voidaan käyttää myös aikuisen täyttämiä lomakkeita lasten liikkumisesta. Haasteena kyselylomaketutkimuksissa on vaikeus määrittää annosvastesuhteita tutkimustuloksiin. Lisäksi muistamisen vaikeus ja raportointiharha tuottavat virhettä tuloksiin.

Eräs usein käytetty kyselylomake on International physical activity questionnaire short form (IPAQ-SF). Sen tuottaman tuloksen korrelaatio aktiivisuus- tai kuntomittausten välillä on kuitenkin todettu olevan heikko. Lisäksi kysely yleensä yliarvioi tutkittavan todellisen fyysisen aktiivisuuden määrän. (P. H. Lee et al., 2011).

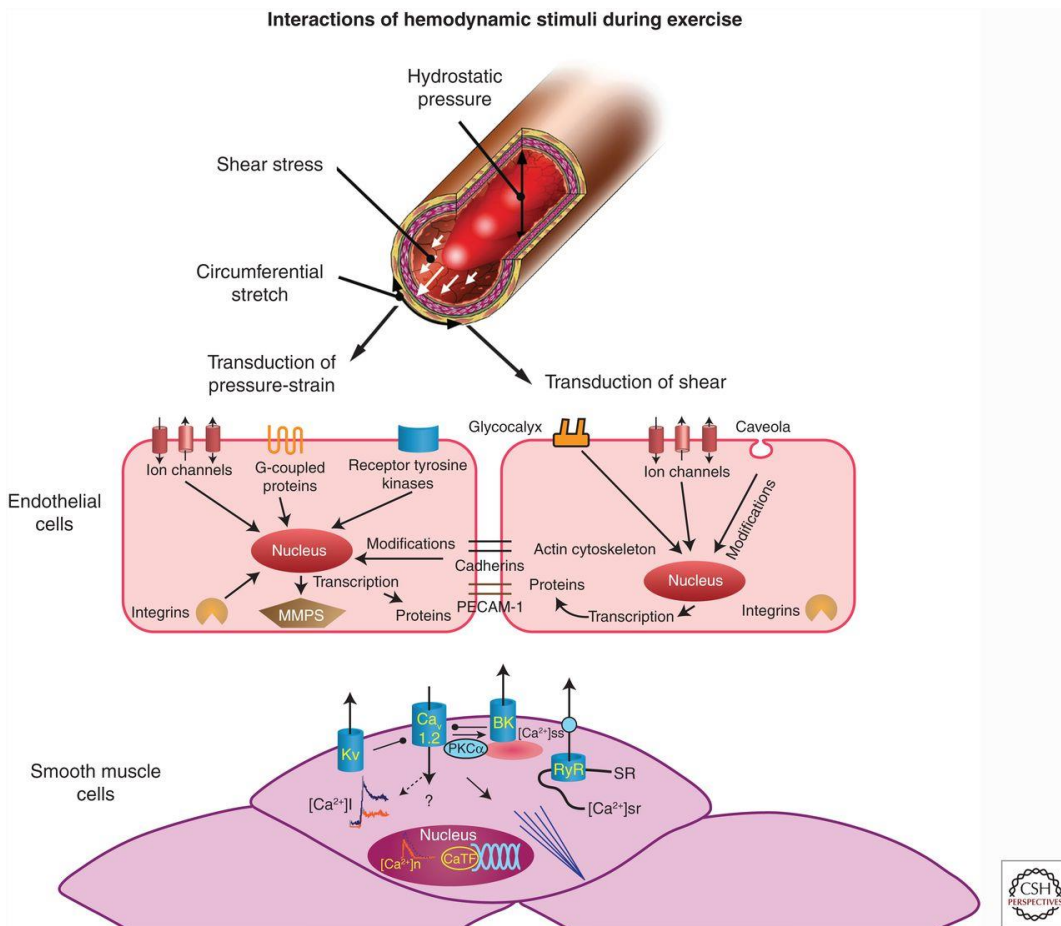
**Haastattelut** tuottavat tutkijalle enemmän työtä kuin kyselylomakkeet. Tutkijan läsnäolo voi tuottaa tutkittavalle ja erityisesti lapselle sosiaalista painetta, ja aiheuttaa virhettä tutkimustuloksiin. Haastattelujen tekeminen on myös kallista. **Päiväkirjan** tekeminen on puolestaan taakka erityisesti tutkittavalle. Lisäksi lapsen raportoinnin tarkkuus voi olla heikko. (Ainsworth et al., 2015; Sirard & Pate, 2001).

## 2.6. Liikunnan vaikutus valtimoihin

Liikunnan on todettu olevan hyödyllistä ateroskleroosin ehkäisyssä ja vähentävän myös sydän- ja verisuonitautitapahtumien ilmaantuvuutta (Green & Smith, 2018; Valenzuela et al., 2023). Fyysinen aktiivisuus vähentää riskiä akuuttiin sydäninfarktiin ja iskeemiseen aivohalvaukseen, jotka ovat globaalisti merkittäviä kuolemansyitä. Lisäksi fyysinen aktiivisuus vähentää sairastavuutta ja terveydenhuollon kustannuksia. (Manson et al., 1999; Paffenbarger et al., 1986).

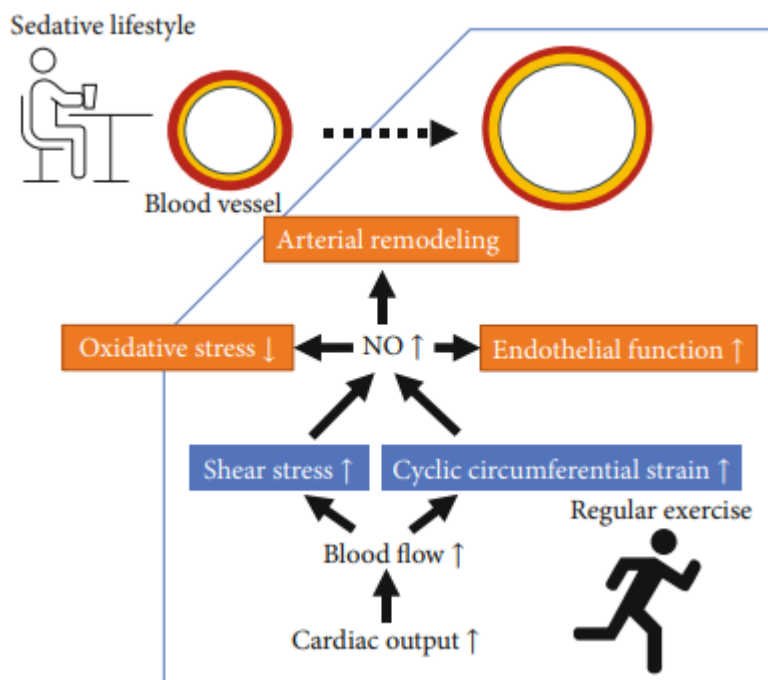
Liikunta muuttaa akuutisti valtimoiden toimintaa, mutta jos liikuntaa harrastetaan toistuvasti ja säännöllisesti aikuisiän ajan, valtimoissa tapahtuu toiminnallista adaptaatiota ja jopa valtimoiden rakenne saattaa muuttua (Leskinen et al., 2011). Valtimoiden toiminnan ja rakenteen muutokset riippuvat liikunnan kuormittavuudesta ja tyypistä. Lisäksi muutoksen luonteeseen vaikuttavat monet muut tekijät, esimerkiksi harjoituksen aiheuttama tulehdus ja oksidatiivinen stressi. (Green & Smith, 2018).

Verenvirtaus kasvaa valtimoissa, kun ihminen liikkuu. Kun verenvirtaus lisääntyy, hydrostaattinen paine sekä valtimon endoteeliin kohdistuva iskupaine kasvavat (Kuva 1). Iskupaineen kasvu on voimakas fysiologinen ärsyke, joka aikaansaa muutoksen solun transkriptiossa ja proteiinituotannossa. Tämän seurauksena endoteelisolu alkaa tuottaa parakriinisiä hormoneja, jotka säätelevät valtimon halkaisijaa ja iskupainetta. (Pohl et al., 1986; Rubanyi et al., 1986).



*Kuva 1. Hemodynaamiset interaktiot liikunnan aikana. Liikunnan seurauksena veren virtaus valtimoissa kasvaa, mikä aiheuttaa hydrostaattisen paineen ja iskupaineen kasvua. Iskupaineen kasvu on voimakas fysiologinen ärsyke, joka aikaansaa muutoksen solun transkriptiossa ja proteiinituotannossa.*

Liikunta lisää veren virtausta suonessa, mikä stimuloi typpioksidin tuotantoa. Tehostunut typpioksidin tuotanto parantaa valtimoiden laajentumiskykyä. (Kuva 2). Säännöllisen harjoittelun on todettu lisäävän valtimoiden kykyä laajentua (Sinoway et al., 1986, 1987). Lisäksi pitkittäistutkimuksissa on saatu todisteita sille, että säännöllisellä fyysisellä aktiivisuudella on anti-aterogeenisiä vaikutuksia (I. M. Lee et al., 2000; Myers et al., 2002; Sesso et al., 2000).



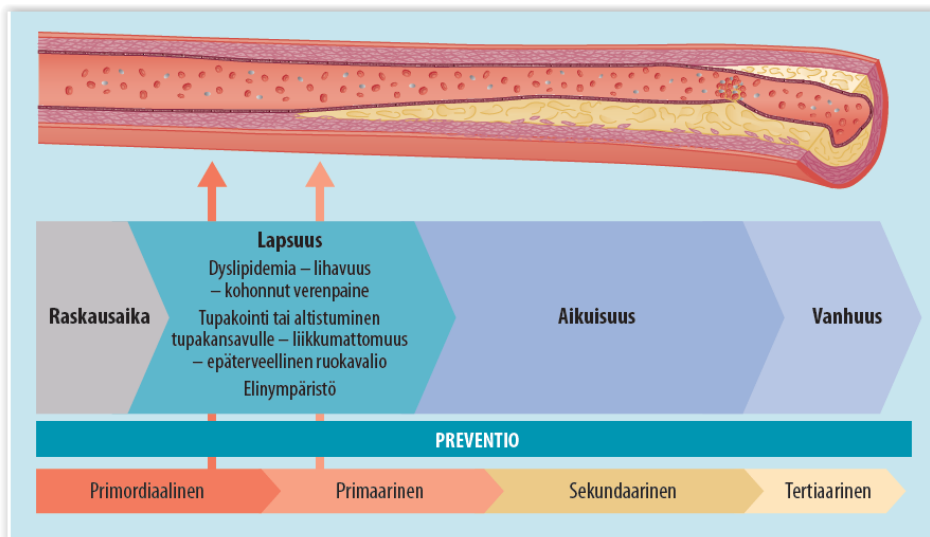
Kuva 2. Liikunnan vaikutus valtimon endoteelin typpioksidituotantoon ja valtimon halkaisijaan. Liikunta lisää veren virtausta valtimossa, mikä aiheuttaa valtimeen iskupainetta. Iskupaineen kasvu parantaa endoteelin toimintaa ja aiheuttaa valtimon uudelleenmuovautumista.

Liikunta parantaa valtimoiden typpioksidin välittämää toimintaa. Liikunta aikaansaa valtimoiden iskupaineen kasvun, mikä aiheuttaa typpioksidisyntaasin tason nousua endoteelisoluissa. Tämä on mekanismi liikunnan aiheuttamille muutoksille endoteelissä. (Hambrecht et al., 2003). Lisäksi verenvirtauksen ja sitä myöden iskupaineen kasvaminen lisäävät valtimon halkaisijan kokoa (Anderson & Mark, 1989; Sinoway et al., 1989). Toiminnan paraneminen kohdistuu pääasiassa endoteelisoluihin, mutta se vaikuttaa myös jonkin verran endoteelin alla olevaan sileään lihakseen. Liikunta parantaa endoteelin toimintaa yleensä sitä enemmän, mitä huonommassa kunnossa valtimot ovat. Toiminnan paranemiseen on todettu joskus liittyvän myös rakenteellisia muutoksia, mutta tätä ei tapahdu aina. (Green et al., 2004; Thijssen et al., 2010). Endoteelisolut ja typpioksidin tuotanto ovat avainasemassa ateroskleroosin ehkäisyssä.



## 2.7. Liikunnan vaikutus lasten toiminnalliseen valtimoterveyteen

Valtimoiden toiminnallista terveyttä ja sen yhteyttä sydän- ja verisuonitauteihin on tutkittu lähinnä keski-ikäisillä ja sitä vanhemmilla, koska taudin kehittyminen vie aikaa (Björkegren & Lusis, 2022). On kuitenkin viitteitä siitä, että valtimosairauksien juuret ovat lapsuudessa (O. Raitakari et al., 2022)(Kuva 3). Soveltuvien pitkäikäisyyden puutteen vuoksi lasten ja nuorten valtimoterveyden yhteyttä tautiriskiin keski-ikässä on tutkittu vähän. Tämän lisäksi lasten ja nuorten toiminnalliseen valtimoterveyteen liittyvät tutkimukset on tehty usein jollakin tietyllä populaatiolla, kuten esimerkiksi diabeetikoilla (Järvisalo et al., 2004b; Naylor et al., 2016). Kohonnut verenpaine ja ylipaino sekä lihavuus ovat koko ajan yleistyviä ongelmia ympäri maailmaa. Ne kuuluvat myös sydän- ja verisuonitautien riskitekijöihin, joten voidaan olettaa, että ryhmään kuuluvat sairaudet lisääntyvät tulevaisuudessa (Mitä Maailma Sairastaa?; Sydän- Ja Verisuonitautien Yleisyys - THL). Siksi on tärkeää tunnistaa jo lapsuudessa ja nuoruudessa ilmeneviä riskitekijöitä ja oppia hoitamaan niitä. Eräs jo lapsuudessa havaittava riskitekijä on heikko valtimoiden toiminnallinen terveys. Valtimoterveyden riskitekijöitä voidaan ehkäistä elintapamuutoksilla, joista liikunta on yksi tärkeimmistä (Viljela & Viljela, 2014). Tähän aiheeseen liittyviä tutkimuksia (Liite 1) käsitellään seuraavissa kappaleissa.



Kuva 3 Valtimotaudin riskitekijöitä. Valtimotaudin riskitekijöille on mahdollista altistua koko elämän ajan. Riskitekijöihin puuttuminen lapsuudessa voi vaikuttaa myönteisesti valtimotaudin sairastumisriskiin aikuisena.

Eräissä suomalaisissa tutkimuksissa (Pälve et al., 2014) selvitettiin lasten ja nuorten aikuisten fyysistä aktiivisuutta, ja verrattiin sitä kaulavaltimon elastisuuteen 21 vuotta

myöhemmin. Tutkimus oli prospektiivinen kohorttitutkimus Lasten Sepelvaltimotaudin Riskitekijät -projektista. Kaulavaltimon jäykkyys määritettiin ultraäänen avulla ja fyysistä aktiivisuutta mitattiin subjektiivisesti kyselylomakkeella. Tutkimuksessa havaittiin, että nuorten aikuisten liikkuminen oli yhteydessä 21 vuotta myöhemmin mitattuihin kaulavaltimon jäykkyyttä kuvaaviin parametreihin, joita olivat joustavuus, Youngin kimmokerroin ja jäykkyyksindeksi. Myös 9–15-vuotiailla pojilla havaittiin suotuisa yhteys fyysisen aktiivisuuden ja 21 vuotta myöhemmin mitatun kaulavaltimon jäykkyyden kanssa. Samanikäisillä tytöillä yhteyttä fyysisen aktiivisuuden ja kaulavaltimon elastisuuden välillä ei havaittu. (Pälve et al., 2014).

Tanskalaisessa The European Youth Heart Study -kohortin poikkileikkaustutkimuksessa (Ried-Larsen et al., 2013) havaittiin, että kaulavaltimon jäykkyydellä ja fyysisellä aktiivisuudella on yhteys jo ennen aikuisikää. Tähän tutkimukseen osallistui keski-ikältään 15,6-vuotiaita nuoria. Nuoret pitivät kiihtyvyyssmittaria seitsemän päivän ajan. Kiihtyvyyssmittarin avulla määritettiin fyysisen aktiivisuuden intensiteettitaso minuutteina per päivä. Kaulavaltimoiden jäykkyys määritettiin ultraäänen avulla. Tutkimuksessa saatiin selville, että vähiten liikkuvaan neljännekseen kuuluvilla pojilla oli selvästi jäykemmät kaulavaltimot kuin eniten liikkuvaan neljännekseen kuuluvilla pojilla. Kohtalaisesta rankkaan tai rankassa liikunnassa vietetyt minuutit eivät kuitenkaan olleet yhteydessä valtimoiden jäykkyyteen. (Ried-Larsen et al., 2013).

Myös toisessa suomalaisessa kohorttitutkimuksessa (Sepelvaltimotaudin Riskitekijöiden Interventioprojekti; STRIP) nuorten fyysisestä aktiivisuudesta ja sen yhteydestä valtimoiden toiminnalliseen terveyteen pojilla havaittiin suotuisa yhteys, mutta tytöillä ei (Pahkala et al., 2008). Tähän prospektiiviseen satunnaistettuun Sepelvaltimotaudin riskitekijöiden interventio -projektin kohorttiin osallistui 13-vuotiaita nuoria, joilta määritettiin ultraäänen avulla virtausvälitteisen laajenemisen maksimiarvo sekä totaali-FMD-vaste 40–180 s hyperemian jälkeen olkavaltimosta. Hyperemia tarkoittaa kudoksen verisuonten lisääntyntä verimäärää. Totaali-FMD-vaste oli käyrän alle jäävä pinta-ala (*engl. area under the curve, AUC*). Vapaa-ajan fyysistä aktiivisuutta mitattiin subjektiivisesti itsetäytettävällä kyselylomakkeella. Lomakkeen perusteella laskettiin vapaa-ajan fyysisen aktiivisuuden indeksi liikunnan intensiteetin, keston ja frekvenssin perusteella. Pojilla vapaa-ajan fyysisen aktiivisuuden indeksi oli suoraan yhteydessä sekä maksimi FMD:hen että totaali-FMD-vasteeseen (vakioituna olkavaltimon halkaisijalla). Fyysisen aktiivisuustason ja FMD:n yhteys on havaittu myös 5–10-vuotialla lapsilla Australiassa tehdyssä tutkimuksessa (Abbott

et al., 2002). Vähän ja paljon liikkuvien poikien välillä oli noin 50 MET h/vk ero, mikä vastaa 10 tunnin kohtalaisen liikunnan eroa viikossa. Tämä ero oli yhteydessä 1 %:n eroon vähän ja paljon liikkuvien poikien maksimi FMD:ssä.

Toisessa, myös STRIP-tutkimukseen perustuvassa tutkimuksessa nuoria tutkittiin 13-, 15- ja 17-vuotiaina samoilla menetelmillä kuin edellisessä tutkimuksessa. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää fyysisen aktiivisuuden sekä valtimoiden endoteelitoiminnan ja intima-median paksuuden välistä yhteyttä. Tässä tutkimuksessa (Pahkala et al., 2011) havaittiin, että vapaa-ajan fyysinen aktiivisuus oli suoraan yhteydessä valtimoiden endoteelifunktioon ja kääntäen verrannollinen intima-median paksuuteen (*engl. intima-media thickness, IMT*) vakiointien jälkeen. Tutkimuksessa havaittiin, että mikäli vähän liikkuva nuori kasvatti vapaa-ajan fyysistä aktiivisuutta alle viidestä yli viiteen MET h/vk (IMT) tai yli 30 MET t/vk (maksimi FMD), hänen intima-mediansa paksuuntuminen oli vähäisempää ja maksimi FMD korkeampi kuin koko ajanjakson vähän liikkuvilla nuorilla. Lisäksi havaittiin, että intima-mediansa paksuuntuminen oli vähäisempää jatkuvasti aktiivisesti liikkuneilla nuorilla verrattuna niihin nuoriin, jotka vähensivät liikkumistaan ikävuosien 13 ja 17 välillä. (Pahkala et al., 2011).

Edellä mainitussa tutkimuksessa (Pahkala et al., 2011) havaittiin, että maksimi FMD:n paraneminen vaatii yli 30 MET t/vk lisäyksen vapaa-ajan fyysisessä aktiivisuudessa vähän liikkuvilla nuorilla. Tämän perusteella voidaan olettaa, että endoteelifunktion paraneminen vaatii suhteellisen suuren kasvun vapaa-ajan fyysisessä aktiivisuudessa. Toisaalta tutkimuksessa saatiin selville, että aktiivinen elämäntyyli vähentää aortan IMT:n etenemistä, ja tämä hyödyllinen vaikutus nähdään jo kohtuullisella vapaa-ajan fyysisen aktiivisuuden lisäämisellä vähän liikkuvilla nuorilla. (Pahkala et al., 2011).

Fyysisen aktiivisuuden on todettu liittyvän poikkileikkaustutkimuksessa myös pienten valtimoiden komplianssiin eli kimmoisuuteen 8–11-vuotiailla lapsilla (Nettlefold et al., 2012). Suurten valtimoiden komplianssilla ja fyysisellä aktiivisuudella ei todettu yhteyttä. Fyysisen aktiivisuuden hyödylliset vaikutukset voivat välittyä esimerkiksi seuraavaa reittiä. Liikunta aiheuttaa kasvun verenvirtauksessa, mikä lisää suonten jännitystä. Tämä lisää typpioksidin tuotantoa ja saatavuutta, mikä puolestaan aikaansaa muutoksia valtimon rakenteessa.

Liikunnan vaikutusta valtimoiden toimintaan lapsilla on tutkittu myös leikkiin ja peleihin perustuvalla liikuntainterventiolla. Tässä italialaisessa interventiotutkimuksessa (Meucci et al., 2013) 8–12-vuotiaat lapset jaettiin kolmeen ryhmään; ensimmäisen ryhmän lapset saivat

neljän viikon liikuntaintervention, toisen ryhmän lapset kahdeksan viikon intervention ja kolmas ryhmä toimi kontrollina. Valtimoiden jäykkyyttä arvioitiin aortan augmentaatioindeksillä ja pulssiaallon etenemisnopeudella, joka mitattiin rintalastan ja ranteen sekä rintalastan ja nilkan välillä. Liikuntainterventio koostui leikki- ja pelipainotteisesta liikunnasta, jota annettiin ohjatusti 4 t/vrk viitenä päivänä viikossa. Tutkimuksessa havaittiin, että normalisoitu augmentaatioindeksi (75 lyöntiä/min) laski tilastollisesti merkitsevästi sekä neljän että kahdeksan viikon liikuntainterventioyryhmissä. Pulssiaallon etenemisnopeus sen sijaan ei muuttunut missään ryhmässä tutkimusaikana. (Meucci et al., 2013). Tutkimuksen heikkoutena oli pieni, vain 24 lapsen otos.

Augmentaatioindeksi kuvaa pääasiassa pienten suonien supistumista. Pienemmät suonet todennäköisesti sopeutuvat muutoksiin nopeammin kuin esimerkiksi aortta. Tämän vuoksi on ymmärrettävää, että tutkimuksessa havaittiin muutos augmentaatioindeksissä, mutta ei pulssiaallon etenemisnopeudessa, joka kuvaa pääasiassa aortan toimintaa. Pulssiaallon etenemisnopeuden hidasta muuttumista fyysisen aktiivisuuden seurauksena tukee myös poikkileikkaustutkimus, jossa lapset pitivät askelmittaria seitsemän päivän ajan (Sakuragi et al., 2009). Tutkimuksessa todettiin, että pulssiaallon etenemisnopeus korreloi käänteisesti askeleiden lukumäärän kanssa. Pulssiaallon etenemisnopeus määritettiin applanaationometrisesti kaula- ja reisivaltimon väliltä. Toisessa poikkileikkaustutkimuksessa havaittiin raskaan liikunnan olevan kääntäen verrannollinen pulssiaallon etenemisnopeuteen (Heil et al., 2020). Tässä tutkimuksessa lasten liikkumisen intensiteettitasoja mitattiin seitsemän päivän ajan kiihtyvyyssmittarilla, ja pulssiaallon etenemisnopeus mitattiin oskillometrisesti. Näiden tutkimusten perusteella lasten pidempiaikainen fyysinen aktiivisuus saa aikaan muutoksia pulssiaallon etenemisnopeudessa (Heil et al., 2020; Sakuragi et al., 2009).

Pulssiaallon etenemisnopeus lisääntyy luonnollisesti ikääntyessä, kun valtimot alkavat jäykistyä. Eräessä ranskalaisessa poikkileikkaustutkimuksessa verrattiin prepubertaalisia uimaripoikia, samanikäisiä kohtalaisesti liikkuvia poikia sekä vähintään 8 vuotta uintia harjoitelleita miehiä ja miehiä, jotka eivät erityisesti harjoitelleet mitään liikuntaa (Vinet et al., 2005). Pulssiaallon etenemisnopeus mitattiin dopplerin aallon ja fotopletysmografian avulla vasemmasta yläraajasta. Venyvyysindeksille laskettiin paineella korjattu arvo. Tutkimuksessa saatiin yllättäviä tuloksia, sillä poikauimareiden pulssiaallon etenemisnopeus oli merkitsevästi korkeampi ja venyvyysindeksi merkitsevästi pienempi kuin samanikäisillä kohtalaisesti liikkuvilla pojilla. Uimaripoikien pulssiaallon etenemisnopeus ja venyvyysindeksi olivat samalla tasolla aikuisten kanssa. Kohtalaisesti

liikkuvilla pojilla oli tilastollisesti merkitsevästi matalampi pulssiaallon etenemisnopeus ja korkeampi venyvyysindeksi kuin kolmella muulla ryhmällä. (Vinet et al., 2005). Tutkimuksen otos oli suhteellisen pieni. Tutkimukseen osallistui 23 poikaa ja 16 miestä. Tutkimuksen pieni otoskoko ja yllättävä tulos antavat aiheita tutkia asiaa lisää.

## 2.8. Yhteenveto kirjallisuuskatsauksesta

Lasten ja nuorten valtimoterveydestä on tehty vain vähän aikuisuuteen ulottuvia pitkäaikais tutkimuksia, joissa valtimoterveyttä on mitattu ja seurattu lapsuudesta lähtien (Baumgartner et al., 2020). Tässä luvussa käsiteltyjen tutkimusten perusteella voidaan todeta, että nuoren fyysinen aktiivisuus on yhteydessä aikuisena mitattuun kaulavaltimon jäykkyyteen (Pälve et al., 2014) ja yhteys näkyy jo ennen aikuisikää (Ried-Larsen et al., 2013). Fyysisen aktiivisuuden ja FMD:n yhteys on havaittu lapsilla (Abbott et al., 2002) ja nuorilla pojilla (Pahkala et al., 2008). Fyysinen aktiivisuus on myös yhteydessä nuorten endoteelifunktioon (Pahkala et al., 2011) ja lasten pienten valtimoiden kimmoisuuteen (Nettlefold et al., 2012). Liikuntainterventiolla on mahdollista saada lasten augmentaatioindeksi laskemaan (Meucci et al., 2013). Liikunta-aktiivisuuden on myös havaittu olevan yhteydessä pulssiaallon etenemisnopeuteen lapsilla ja nuorilla siten, että nopeus on suurempi paljon liikkuvilla (Sakuragi et al., 2009; Heil et al., 2020; Vinet et al., 2005).

Vielä ei ole tutkimuksia siitä, onko lasten ja nuorten liikunnan sekä vatsa-aortan joustavuuden tai kaulavaltimoiden joustavuuden välillä yhteyttä. Tähän tutkimuskysymykseen perehdytään opinnäytetyön empiirisessä osassa.

### 3. Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksen aineisto on osa SepelvaltimoTaudin Riskitekijöiden InterventioProjektia eli STRIP-tutkimusta (Simell et al., 2009). STRIP-tutkimus on maailmassa ainutlaatuinen prospektiivinen satunnaistettu interventiotutkimus, joka tähtää sydänterveyden edistämiseen jo lapsuudesta lähtien. Tutkimus alkoi vuonna 1990, jolloin tutkimukseen otettiin mukaan noin tuhat kuuden kuukauden ikäistä lasta perheineen. Lapset jaettiin interventio- ja kontrolliryhmään. Interventio-ryhmä sai ravitsemus- ja muuta elämäntapaneuvontaa kahdesti vuodessa 20 vuoden ajan. Tähän tutkimukseen valittiin mukaan kaikki ne STRIP-tutkimuksen osallistujat, joilta oli tieto liikunta-aktiivisuudesta (metabolinen ekvivalentti; MET) sekä joilta oli mitattu vatsa-aortan ja kaulavaltimon joustavuus (*abdominal aortic compliance, AIC*; *carotid artery compliance, CAC*) ikäpisteissä 13 vuotta (n = 557), 15 vuotta (n = 485), 17 vuotta (n = 499), 19 vuotta (n = 398) ja 26 vuotta (n = 514).

Tutkittavien vapaa-ajan liikuntaa selvitettiin itsetäytettävällä kyselylomakkeella edellä mainituissa ikäpisteissä. Lomakkeessa kysyttiin vapaa-ajan liikunnan frekvenssiä, kestoa ja intensiteettiä monivalintakysymyksillä (Pahkala et al., 2006). Lomakkeen avulla kullekin tutkittavalle laskettiin vapaa-ajan liikunta-aktiivisuuden volyyymi, MET-indeksi, kertomalla vapaa-ajan liikunnan frekvenssi, keskimääräinen kesto ja keskimääräinen intensiteetti keskenään (MET t/vk) (O. T. Raitakari et al., 2007). Vapaa-ajan liikunta-aktiivisuuden perusteella tutkittavat jaettiin kolmeen ryhmään kvartaalien avulla: inaktiivit (0- <5 MET t/vk), liikkuvat (5- <30 MET t/vk) ja paljon liikkuvat ( $\geq 30$  MET t/vk).

Vatsa-aortan ja kaulavaltimon joustavuus määritettiin ultraäänen avulla (Acuson Sequoia 512 mainframe; Acuson, Mountain View, CA). Valtimon venymä arvioitiin ultraäänen M-asetuksen kuvista samalla, kun verenpaine mitattiin olkavaltimosta. Kaulavaltimon ja vatsa-aortan halkaisija mitattiin kahdesti diastolen ja kahdesti systolen lopussa. Valtimoiden joustavuuden laskemiseen käytettiin loppudiasstolen ja loppusystolen halkaisijoiden keskiarvoa sekä verenpainetta. Joustavuuden laskemiseen käytettiin kaavaa  $[(D_s - D_d)/D_d]/[(SystBP - DiastBP) \times 1000]$ , jossa  $D_s$  on valtimon loppusystolinen halkaisija ja  $D_d$  loppudiasstolinen halkaisija. SystBP on olkavaltimon systolinen verenpaine ja DiastBP on olkavaltimon diastolinen verenpaine. (Mikola et al., 2015).

Kun olkavaltimon verenpainetta käytetään kaulavaltimon ja vatsa-aortan verenpaineiden korvikkeena, saatetaan keskuslaskimoiden pulssipaine yliarvioida pulssipaineen vahvistumisen vuoksi (McEniery et al., 2008). Koska tässä tutkimuksessa ei mitattu suoraan keskusaortan verenpainetta, 17- ja 19-vuotiaiden keskuspulssipainetta arvioitiin perifeerisen ja sentraalisen pulssipaineen suhdekaavalla, joka on esitetty Anglo-Cardiff Collaborative Trial -tutkimuksessa (McEniery et al., 2005).

Tutkittavien perustiedot annetaan keskiarvoina ja keskihajontana. Lineaarisia sekamalleja käyttäen tutkittiin, miten liikunta-aktiivisuus (jatkuvana ja luokiteltuna) on yhteydessä vastemuuttujiin tytöillä ja pojilla ikävakiointuna. Tulokset annetaan piste-estimaatteina ja 95 % luottamusväleinä tytöille ja pojille erikseen, koska havaitsimme sukupuoli-interaktion. Tilastolliset analyysit tehtiin SAS 9.4 tilasto-ohjelmalla.

#### 4. Tulokset

Tutkittavien taustatiedot lähtötilanteessa (13-vuotiaana) tytöille ja pojille erikseen on esitetty Taulukossa 1. Tyttöjen keskimääräinen painoindeksi (*body mass index*, BMI) oli 19,5 kg/m<sup>2</sup> (keskihajonta (kh) 3,2) ja vyötärön ympärys 69,8 cm (kh 8,6). Pojilla keskimääräinen BMI oli 19,1 kg/m<sup>2</sup> (kh 3,1) ja vyötärön ympärys 70,5 cm (kh 8,6). Tyttöjen keskimääräinen aortan joustavuus (AIC) oli 4,9 %/10 mmHg (kh 1,6) ja kaulavaltimon joustavuus (CAC) 4,4 %/10 mmHg (kh 1,2). Pojilla vastaavat luvut olivat AIC = 4,6 %/10 mmHg (kh 1,5) ja CAC = 4,0 %/10 mmHg (kh 1,0). Tyttöjen keskimääräinen vapaa-ajan liikunta oli 23,6 MET t/vk (kh 20,5) ja poikien 30,7 MET t/vk (kh 23,0) (Taulukko 1). Tytöistä inaktiiveja (0-5 MET t/vk) oli 34 %, liikkuvia (5-30 MET t/vk) 19 % ja paljon liikkuvia (>30 MET t/vk) 47 %. Vastaavasti pojista 22 % oli inaktiiveja, 19 % liikkuvia ja 59 % paljon liikkuvia.

*Taulukko 1 Tutkittavien perusmittaukset lähtötilanteessa eli 13-vuotiaana tytöille ja pojille erikseen*

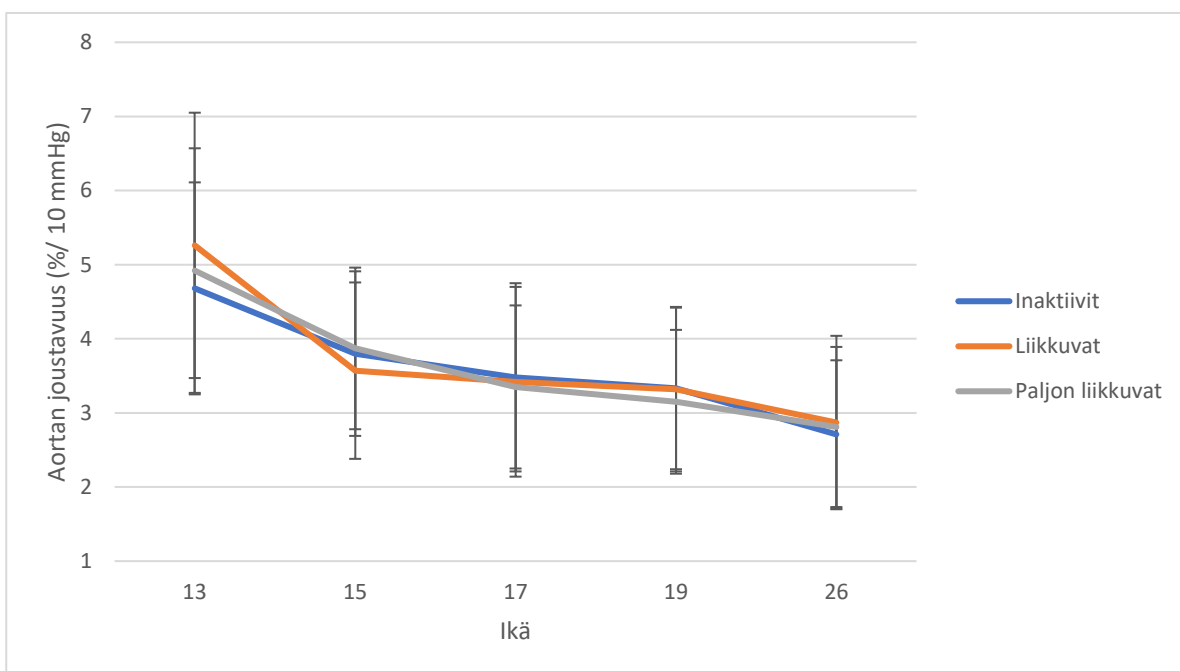
	Tytöt			Pojat		
	N	ka	kh	N	ka	kh
Pituus (cm)	261	160,6	6,7	293	159,7	8,3
Paino (kg)	261	50,5	10,1	293	49,1	10,7
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	261	19,5	3,2	293	19,1	3,1
Vyötärön ympärys (cm)	257	69,8	8,6	288	70,5	8,6
Systolinen verenpaine (mmHg)	261	109,0	9,9	293	109,9	10,0
Diastolinen verenpaine (mmHg)	261	60,2	6,7	293	60,2	6,6
Kokonaiskolesteroli (mmol/l)	260	4,3	0,7	293	4,2	0,7
HDL-kolesteroli (mmol/l)	260	1,2	0,2	293	1,2	0,2
LDL-kolesteroli (mmol/l)	260	2,7	0,7	293	2,6	0,6
Triglyseridit (mmol/l)	260	0,8	0,4	293	0,8	0,4
AIC (%/10 mmHg)	230	4,9	1,6	251	4,6	1,5
CAC (%/10 mmHg)	235	4,4	1,2	254	4,0	1,0
Vapaa-ajan liikunta-aktiivisuus (MET t/vk)	264	23,6	20,5	293	30,7	23,0

ka = keskiarvo, kh = keskihajonta, BMI = painoindeksi, HDL = high density lipoprotein, LDL = low density lipoprotein, AIC = vatsa-aortan joustavuus, CAC = kaulavaltimon joustavuus

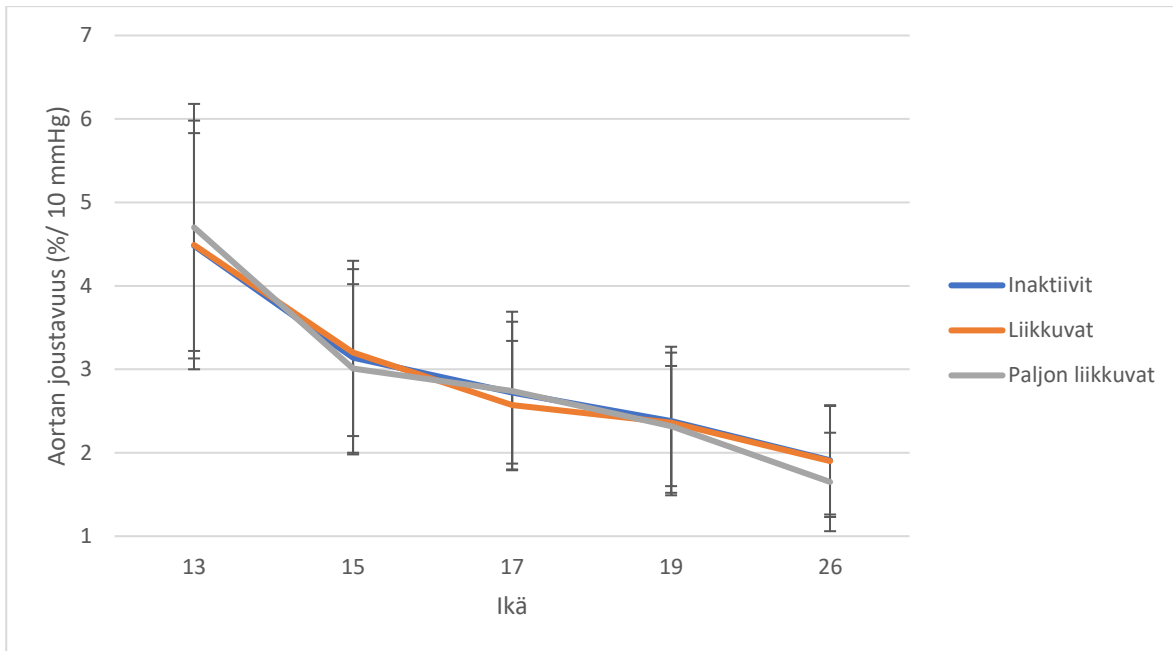


Tutkimuksessa ei havaittu yhteyttä jatkuvan MET-muuttujan ja AIC-arvon, eikä jatkuvan MET-muuttujan ja CAC-arvon välillä tytöillä eikä pojilla. Jatkuvalle MET-muuttujalle yhden MET-yksikön lisäys pienensi tyttöjen AIC-arvoa  $-0,00246$  %/10 mmHg (95 % luottamusväli (LV)  $-0,00604$ ;  $0,001112$ ,  $p = 0,18$ ) ja suurensi poikien AIC-arvoa  $0,000163$  %/10 mmHg (95 % LV  $-0,00289$ ;  $0,003218$ ,  $p = 0,92$ ). Jatkuvalle MET-muuttujalle analysoituna yhden MET-yksikön lisäys suurensi tyttöjen CAC-arvoa  $0,000971$  %/10 mmHg (95 % LV  $-0,00168$ ;  $0,00362$ ,  $p = 0,47$ ) ja pienensi poikien CAC-arvoa  $-0,00214$  %/10 mmHg (95 % LV  $-0,0044$ ;  $0,000124$ ,  $p = 0,06$ ). Pojilla liikunta-aktiivisuuden ja CAC:n yhteys oli siis lähes tilastollisesti merkitsevä siten, että yhden MET t/vk lisäys liikunta-aktiivisuudessa pienensi kaulavaltimon joustavuutta. Jos malleissa otettiin huomioon BMI, tulokset pysyivät samana.

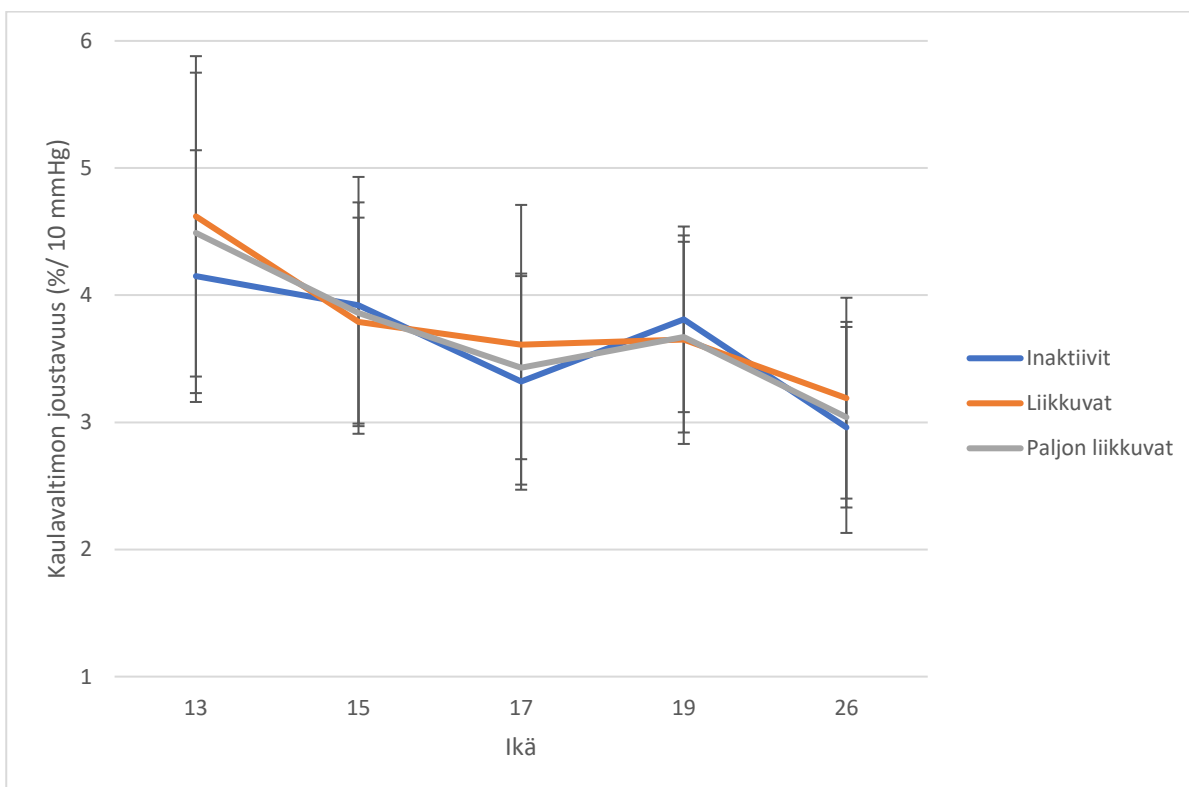
Tytöillä keskimääräiset AIC-arvot seurannan yli olivat inaktiiveilla  $3,6$  %/10 mmHg (kh  $1,4$ ), liikkuvilla  $3,5$  %/10 mmHg (kh  $1,5$ ) ja paljon liikkuvilla  $3,6$  %/10 mmHg (kh  $1,4$ ). Pojilla vastaavat AIC-arvot olivat inaktiiveilla  $2,9$  %/10 mmHg (kh  $1,3$ ), liikkuvilla  $2,9$  %/10 mmHg (kh  $1,3$ ) ja paljon liikkuvilla  $3,0$  %/10 mmHg (kh  $1,5$ ). Tytöillä keskimääräiset CAC-arvot seurannan yli olivat inaktiiveilla  $3,7$  %/10 mmHg (kh  $1,0$ ), liikkuvilla  $3,7$  %/10 mmHg (kh  $1,0$ ) ja paljon liikkuvilla  $3,7$  %/10 mmHg (kh  $1,0$ ). Pojilla vastaavat CAC-arvot olivat inaktiiveilla  $3,3$  %/10 mmHg (kh  $1,0$ ), liikkuvilla  $3,2$  %/10 mmHg (kh  $1,0$ ) ja paljon liikkuvilla  $3,2$  %/10 mmHg (kh  $0,9$ ). Havaitut AIC- ja CAC-arvot keskihajontoineen eri liikunta-aktiivisuusryhmille eri ikäpisteissä tytöille ja pojille erikseen on esitetty kuvissa 4–7.



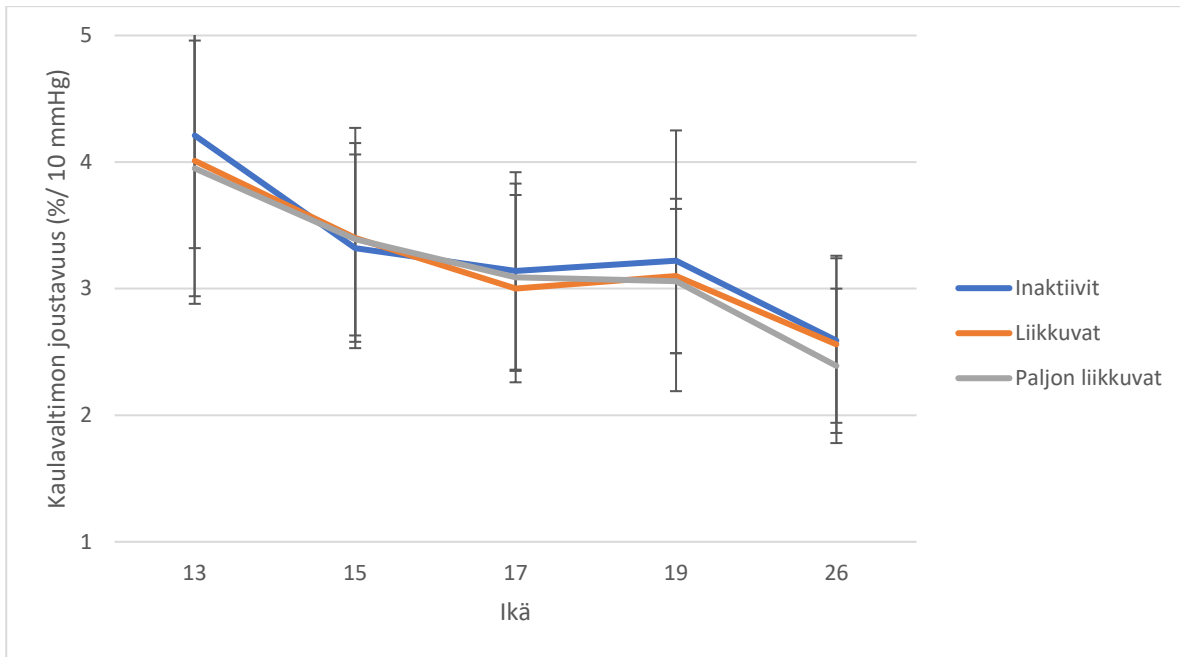
Kuva 4 Tyttöjen havaitut AIC-arvot (%/ 10 mmHg) eri liikuntaryhmille eri ikäpisteissä



Kuva 5 Poikien havaitut AIC-arvot (%/ 10 mmHg) eri liikuntaryhmille eri ikäpisteissä



Kuva 6 Tyttöjen havaitut CAC-arvot (%/ 10 mmHg) eri liikuntaryhmille eri ikäpisteissä



*Kuva 7 Poikien havaitut CAC-arvot (%/ 10 mmHg) eri liikuntaryhmille eri ikäpisteissä*

Liikkuvien ja paljon liikkuvien AIC- ja CAC-arvoja tytöillä ja pojilla verrattiin inaktiivisten arvoihin (Taulukko 2 ja 3). Pääosin erot liikunta-aktiivisuusryhmien välillä vatsa-aortan joustavuudessa olivat pieniä, eivätkä saavuttaneet tilastollista merkitsevyyttä. Tytöillä CAC-keskiarvojen ero oli liikkuvilla 0,17 %/10 mmHg (95 % LV 0,05; 0,30;  $p = 0,0073$ ) ja paljon liikkuvilla 0,09 %/10 mmHg (95 % LV -0,031; 0,22;  $p = 0,14$ ) verrattuna inaktiiveihin (Taulukko 2). Pojilla CAC-keskiarvojen ero oli liikkuvilla -0,068 %/10 mmHg (95 % LV -0,21; 0,073;  $p = 0,35$ ) ja paljon liikkuvilla -0,13 %/10 mmHg (95 % LV -0,26; -0,00029;  $p = 0,0495$ ) verrattuna inaktiiveihin (Taulukko 3). Tyttöjen kaulavaltimon venyvyys oli siis liikkuvilla suurempi verrattuna inaktiiveihin, kun taas pojilla paljon liikkuvien kaulavaltimon joustavuus oli pienempi verrattuna inaktiiveihin. Jos mallissa otettiin huomioon BMI, tulokset pysyivät samana.

Taulukko 2 Tyttöjen vatsa-aortan ja kaulavaltimon joustavuuden erot eri liikuntaluokkien välillä verrattuna inaktiiveihin.

Tytöt	AIC (%/10 mmHg)			CAC (%/10 mmHg)		
	Erotus	LV	p-arvo	Erotus	LV	p-arvo
Inaktiivit	Ref			Ref		
Liikkuvat	0,12	-0,06; -0,29	0,18	<b>0,17</b>	<b>0,05;</b> <b>0,30</b>	<b>0,007</b>
Paljon liikkuvat	0,03	-0,14; 0,20	0,73	0,09	-0,031; 0,22	0,14

Taulukko 3 Poikien vatsa-aortan ja kaulavaltimon joustavuuden erot eri liikuntaluokkien välillä verrattuna inaktiiveihin.

Pojat	AIC (%/10 mmHg)			CAC (%/10 mmHg)		
	Erotus	LV	p-arvo	Erotus	LV	p-arvo
Inaktiivit	Ref			Ref		
Liikkuvat	0,014	-0,18; 0,21	0,89	-0,068	-0,21; 0,073	0,35
Paljon liikkuvat	0,09	-0,031; 0,22	0,14	<b>-0,13</b>	<b>-0,26;</b> <b>-0,00029</b>	<b>0,0495</b>

AIC = vatsa-aortan joustavuus, CAC = kaulavaltimon joustavuus, LV = luottamusväli

## 5. Pohdinta

Vapaa-ajan liikunta-aktiivisuudella ei havaittu olevan yhteyttä vatsa-aortan eikä kaulavaltimon joustavuuteen, mutta pojilla kaulavaltimon suhteen yhteys lähestyi merkitsevyyttä siten, että yhden MET t/vk lisäys pienensi joustavuutta. Liikunta-aktiivisuusryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja vatsa-aortan joustavuudessa tytöillä eikä pojilla. Tyttöjen kaulavaltimon joustavuus oli suurempi liikkuvilla inaktiiveihin verrattuna, kun taas pojilla paljon liikkuvien kaulavaltimon joustavuus oli pienempi verrattuna inaktiiveihin. Liikunnan yhteys kaulavaltimon joustavuuteen oli siis eri suuntainen tytöillä ja pojilla. Aiempien tutkimuksien perusteella on havaittu, että nuoren fyysinen aktiivisuus on suotuisassa yhteydessä aikuisena mitattuun kaulavaltimon

jäykkyyteen (Pälve et al., 2014), ja että tämä yhteys näkyy jo ennen aikuisikää (Ried-Larsen et al., 2013).

Ero tyttöjen ja poikien välillä liikunnan yhteydessä kaulavaltimon joustavuuteen voi johtua tyttöjen ja poikien erilaisesta fysiologiasta. Keho voi reagoida liikuntaan eri tavoin eri sukupuolten välillä. Toinen mahdollinen syy on se, että liikunnan laatu ja määrä vaihtelevat sukupuolten välillä. Eräessä tutkimuksessa on havaittu, että pojilla oli enemmän kohtalaisesta raskaaseen fyysistä aktiivisuutta kuin tytöillä, ja lisäksi pojilla oli enemmän jatkuvia fyysisen aktiivisuuden ajanjaksoja kuin tytöillä (Santos et al., 2003). Aiemmissä tutkimuksissa on havaittu liikunnan olevan yhteydessä suurempaan kaulavaltimon elastisuuteen pojilla, mutta tytöillä yhteyttä ei havaittu (Pälve et al., 2014).

Tutkimuksessamme havaittiin, että paljon liikkuvien poikien kaulavaltimoiden joustavuus oli vähäisempää verrattuna inaktiiveihin. Tämä tulos on poikkeava, koska liikunnan on aiemmin havaittu vaikuttavan myönteisesti poikien kaulavaltimoiden jäykkyyteen (Ried-Larsen et al., 2013). Ried-Larsen et al. (2013) tutkimuksessa saatiin selville, että vähiten liikkuvaan neljännekseen kuuluvilla pojilla oli selvästi jäykemmät kaulavaltimot kuin eniten liikkuvaan neljännekseen kuuluvilla pojilla. Myös maksimi FMD:n että totaali-FMD-vasteen on havaittu olevan suoraan yhteydessä poikien vapaa-ajan fyysisen aktiivisuuden indeksiin vakioituna olkavaltimon halkaisijalla (Pahkala et al., 2008).

Nämä tuloksemme ovat siis osittain ristiriitaisia verrattuna aiempiin tutkimustuloksiin (Pahkala et al., 2008; Pälve et al., 2014; Ried-Larsen et al., 2013). Ristiriitaisia tuloksia voivat selittää esimerkiksi erilaiset menetöt joustavuuden ja liikunnan mittaamisessa, mittausvirheet, erilaiset valtimoiden toimintaa määrittävät parametrit sekä perimä. Valtimoiden joustavuuden laskemisen kaavassa käytettiin verenpainetta, joka voi olla virheellisesti korkea esimerkiksi jännittävässä tilanteessa. Mittausvirhettä voi syntyä esimerkiksi, jos mittauksia tekevät useat eri henkilöt.

Tutkimuksessamme havaittiin yhteys liikunnan ja kaulavaltimon joustavuuden välillä, mutta yhteyttä ei löydetty liikunnan ja vatsa-aortan joustavuuden välillä. Tämä voi johtua siitä, että pienemmät valtimot todennäköisesti sopeutuvat muutokseen nopeammin kuin suuret valtimot. Tätä tukee myös tutkimus, jossa havaittiin liikuntaintervention jälkeen muutos augmentaatioindeksissä, mutta ei pulssiaallon etenemisnopeudessa (Meucci et al., 2013). Augmentaatioindeksi kuvaa pääasiassa pienten suonten supistumista, kun taas pulssiaallon etenemisnopeus kuvaa pääasiassa aortan toimintaa. Toisaalta myös pulssiaallon

etenemisnopeuden on havaittu olevan yhteydessä liikunta-aktiivisuuteen lapsilla ja nuorilla siten, että etenemisnopeus on korkeampi paljon liikkuvilla (Sakuragi et al., 2009; Heil et al., 2020; Vinet et al., 2005).

Tutkimuksemme vahvuuksiin kuuluvat melko suuri otoskoko ja useat seurantamittaukset. Samoja tutkittavia on seurattu lapsuudesta lähtien, minkä vuoksi aineisto on ainutlaatuinen maailmassa. Tutkimuksessa käytettiin fyysisen aktiivisuuden määrittämiseen itsetäytettävää kyselylomaketta, joka on subjektiivinen menetelmä ja altis raportointiharhalle. Metodisena heikkoutena voidaan todeta myös se, ettei verenpainetta mitattu keskusvaltimoista, vaan olkavaltimoista määritettäessä vatsa-aortan ja kaulavaltimon joustavuutta. Lisäksi tutkimuksessa ei otettu huomioon tyttöjen kuukautiskierron vaihetta, jonka on todettu vaikuttavan valtimoiden komplianssiin (Williams et al., 2001). Myöskään sileästä lihaksesta riippuvaista valtimon vasodilataatiota ei kyetty ottamaan huomioon tutkimuksessa. Aineiston suuri koko mahdollistaa tutkimuksen yleistettävyyden länsimaisiin lapsiin ja nuoriin.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että vapaa-ajan liikunnan ja toiminnallisen valtimoterveydenvälinen yhteys nuorilla tytöillä ja pojilla on heikko ja mahdollisesti eri suuntainen. Poikien vähäisempi kaulavaltimon joustavuus paljon liikkuvilla verrattuna inaktiiveihin on edellisistä tutkimuksista poikkeava löydös, joka antaa aihetta lisätutkimuksille.

## 6. Viitteet

- Abbott, R. A., Harkness, M. A., & Davies, P. S. W. (2002). Correlation of habitual physical activity levels with flow-mediated dilation of the brachial artery in 5-10 year old children. *Atherosclerosis*, *160*(1), 233–239. [https://doi.org/10.1016/S0021-9150\(01\)00566-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9150(01)00566-4)
- Ainsworth, B., Cahalin, L., Buman, M., & Ross, R. (2015). The Current State of Physical Activity Assessment Tools. *Progress in Cardiovascular Diseases*, *57*(4), 387–395. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2014.10.005>
- Anderson, E. A., & Mark, A. L. (1989). Flow-mediated and reflex changes in large peripheral artery tone in humans. *Circulation*, *79*(1), 93–100. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.79.1.93>
- Baumgartner, L., Weberruß, H., Oberhoffer-Fritz, R., & Schulz, T. (2020). Vascular Structure and Function in Children and Adolescents: What Impact Do Physical Activity, Health-Related Physical Fitness, and Exercise Have? In *Frontiers in Pediatrics* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fped.2020.00103>
- Bitar, A., Vermorel, M., Fellmann, N., Bedu, M., Chamoux, A., & Coudert, J. (1996). Heart rate recording method validated by whole body indirect calorimetry in 10-yr-old children. *Journal of Applied Physiology*, *81*(3), 1169–1173. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.81.3.1169>
- Björkegren, J. L. M., & Lusis, A. J. (2022). Atherosclerosis: Recent developments. In *Cell* (Vol. 185, Issue 10, pp. 1630–1645). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.04.004>
- Bruyndonckx, L., Hoymans, V. Y., van Craenenbroeck, A. H., Vissers, D. K., Vrints, C. J., Ramet, J., & Conraads, V. M. (2013). Assessment of endothelial dysfunction in childhood obesity and clinical use. In *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* (Vol. 2013). Oxid Med Cell Longev. <https://doi.org/10.1155/2013/174782>
- BUTTE, N. F., EKELUND, U., & WESTERTERP, K. R. (2012). Assessing Physical Activity Using Wearable Monitors. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *44*(1S), S5–S12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182399c0e>
- Cardiovascular diseases (CVDs)*. (n.d.). Retrieved September 13, 2022, from [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- Chen, K. Y., Janz, K. F., Zhu, W., & Brychta, R. J. (2012). Redefining the roles of sensors in objective physical activity monitoring. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *44*(SUPPL. 1). <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182399bc8>
- Crouter, S. E., Schneider, P. L., Karabulut, M., & Bassett, D. R. (2003). Validity of 10 electronic pedometers for measuring steps, distance, and energy cost. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *35*(8), 1455–1460. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000078932.61440.A2>
- Deanfield, J., Donald, A., Ferri, C., Giannattasio, C., Halcox, J., Halligan, S., Lerman, A., Mancia, G., Oliver, J. J., Pessina, A. C., Rizzoni, D., Rossi, G. P., Salvetti, A., Schiffrin, E. L., Taddei, S., & Webb, D. J. (2005). Endothelial function and dysfunction. Part I: Methodological issues for assessment in the different vascular beds: A statement by the working group on endothelin and endothelial factors of the European society of hypertension. In *Journal of Hypertension* (Vol. 23, Issue 1, pp. 7–17). Lippincott Williams and Wilkins. <https://doi.org/10.1097/00004872-200501000-00004>
- Dimmeler, S., Fleming, I., Fisslthaler, B., Hermann, C., Busse, R., & Zeiher, A. M. (1999). Activation of nitric oxide synthase in endothelial cells by Akt-dependent phosphorylation. *Nature*, *399*(6736), 601–605. <https://doi.org/10.1038/21224>

- Eston, R. G., Rowlands, A. v., & Ingledew, D. K. (1998). Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *Journal of Applied Physiology*, *84*(1), 362–371. <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.84.1.362>
- Falaszchetti, E., Hingorani, A. D., Jones, A., Charakida, M., Finer, N., Whincup, P., Lawlor, D. A., Davey Smith, G., Sattar, N., & Deanfield, J. E. (2010). Adiposity and cardiovascular risk factors in a large contemporary population of pre-pubertal children. *European Heart Journal*, *31*(24), 3063–3072. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehq355>
- Flammer, A. J., & Lüscher, T. F. (2010). Human endothelial dysfunction: EDRFs. In *Pflugers Archiv European Journal of Physiology* (Vol. 459, Issue 6, pp. 1005–1013). Pflugers Arch. <https://doi.org/10.1007/s00424-010-0822-4>
- Green, D. J., Jones, H., Thijssen, D., Cable, N. T., & Atkinson, G. (2011). Flow-mediated dilation and cardiovascular event prediction: Does nitric oxide matter? *Hypertension*, *57*(3), 363–369. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.167015>
- Green, D. J., Maiorana, A., O'Driscoll, G., & Taylor, R. (2004). Effect of exercise training on endothelium-derived nitric oxide function in humans. In *Journal of Physiology* (Vol. 561, Issue 1, pp. 1–25). J Physiol. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2004.068197>
- Green, D. J., & Smith, K. J. (2018). Effects of exercise on vascular function, structure, and health in humans. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, *8*(4), a029819. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029819>
- Hambrecht, R., Adams, V., Erbs, S., Linke, A., Kränkel, N., Shu, Y., Baither, Y., Gielen, S., Thiele, H., Gummert, J. F., Mohr, F. W., & Schuler, G. (2003). Regular physical activity improves endothelial function in patients with coronary artery disease by increasing phosphorylation of endothelial nitric oxide synthase. *Circulation*, *107*(25), 3152–3158. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000074229.93804.5C>
- Heil, L., Oberhoffer, R., & Böhm, B. (2020). Association between physical activity intensity levels and arterial stiffness in healthy children. *Journal of Physical Activity and Health*, *17*(10), 933–939. <https://doi.org/10.1123/jpah.2019-0594>
- Ihmisen verenkiertoelimistö | Verisuonitalo | Terveyskylä.fi.* (n.d.). Retrieved August 19, 2023, from <https://www.terveyskyla.fi/verisuonitalo/tietoa-verisuonista/ihmisen-verenkiertoelimist%C3%B6>
- Järvisalo, M. J., Raitakari, M., Toikka, J. O., Putto-Laurila, A., Rontu, R., Laine, S., Lehtimäki, T., Rönkä, T., Viikari, J., & Raitakari, O. T. (2004a). Endothelial Dysfunction and Increased Arterial Intima-Media Thickness in Children with Type 1 Diabetes. *Circulation*, *109*(14), 1750–1755. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000124725.46165.2C>
- Järvisalo, M. J., Raitakari, M., Toikka, J. O., Putto-Laurila, A., Rontu, R., Laine, S., Lehtimäki, T., Rönkä, T., Viikari, J., & Raitakari, O. T. (2004b). Endothelial Dysfunction and Increased Arterial Intima-Media Thickness in Children with Type 1 Diabetes. *Circulation*, *109*(14), 1750–1755. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000124725.46165.2C>
- Jousilahti, P., Laatikainen, T., Peltonen, M., Borodulin, K., Männistö, S., Jula, A., Salomaa, V., Harald, K., Puska, P., & Vartiainen, E. (2016). Primary prevention and risk factor reduction in coronary heart disease mortality among working aged men and women in eastern Finland over 40 years: Population based observational study. *BMJ (Online)*, *352*. <https://doi.org/10.1136/bmj.i721>



- Karabulut, M., Crouter, S. E., & Bassett, D. R. (2005). Comparison of two waist-mounted and two ankle-mounted electronic pedometers. *European Journal of Applied Physiology*, *95*(4), 335–343. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-0018-3>
- Kozey-Keadle, S., Libertine, A., Lyden, K., Staudenmayer, J., & Freedson, P. S. (2011). Validation of wearable monitors for assessing sedentary behavior. In *Medicine and Science in Sports and Exercise* (Vol. 43, Issue 8, pp. 1561–1567). Med Sci Sports Exerc. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31820ce174>
- Lee, I. M., Sesso, H. D., & Paffenbarger, R. S. (2000). Physical activity and coronary heart disease risk in men: Does the duration of exercise episodes predict risk? *Circulation*, *102*(9), 981–986. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.102.9.981>
- Lee, P. H., Macfarlane, D. J., Lam, T. H., & Stewart, S. M. (2011). Validity of the international physical activity questionnaire short form (IPAQ-SF): A systematic review. In *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* (Vol. 8). Int J Behav Nutr Phys Act. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-115>
- Leskinen, T., Usenius, J.-P., Alen, M., Kainulainen, H., Kaprio, J., & Kujala, U. M. (2011). Leisure-time physical activity and artery lumen diameters: A monozygotic co-twin control study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *21*(6), e208–e214. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01250.x>
- Manson, J. E., Hu, F. B., Rich-Edwards, J. W., Colditz, G. A., Stampfer, M. J., Willett, W. C., Speizer, F. E., & Hennekens, C. H. (1999). A Prospective Study of Walking as Compared with Vigorous Exercise in the Prevention of Coronary Heart Disease in Women. *New England Journal of Medicine*, *341*(9), 650–658. <https://doi.org/10.1056/nejm199908263410904>
- McEniery, C. M., Yasmin, Hall, I. R., Qasem, A., Wilkinson, I. B., Cockcroft, J. R., & Investigators, A. (2005). Normal Vascular Aging: Differential Effects on Wave Reflection and Aortic Pulse Wave Velocity: The Anglo-Cardiff Collaborative Trial (ACCT). *Journal of the American College of Cardiology*. <https://doi.org/10.1016/J.JACC.2005.07.037>
- McEniery, C. M., Yasmin, McDonnell, B., Munnery, M., Wallace, S. M., Rowe, C. v., Cockcroft, J. R., & Wilkinson, I. B. (2008). Central pressure: Variability and impact of cardiovascular risk factors the anglo-cardiff collaborative trial II. *Hypertension*, *51*(6), 1476–1482. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.107.105445>
- Meucci, M., Curry, C. D., Baldari, C., Guidetti, L., Cook, C., & Collier, S. R. (2013). Effect of play-based summer break exercise on cardiovascular function in adolescents. *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics*, *102*(1). <https://doi.org/10.1111/apa.12055>
- Mikola, H., Pahkala, K., Ronnema, T., Viikari, J. S. A., Niinikoski, H., Jokinen, E., Salo, P., Simell, O., Juonala, M., & Raitakari, O. T. (2015). Distensibility of the aorta and carotid artery and left ventricular mass from childhood to early adulthood. *Hypertension*, *65*(1), 146–152. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.114.03316>
- Mitä maailma sairastaa?* (n.d.). Retrieved September 13, 2022, from <https://www.duodecimlehti.fi/duo12280>
- Myers, J., Prakash, M., Froelicher, V., Do, D., Partington, S., & Atwood, J. E. (2002). Exercise Capacity and Mortality among Men Referred for Exercise Testing. *New England Journal of Medicine*, *346*(11), 793–801. <https://doi.org/10.1056/nejmoa011858>
- Naidu, M. U. R., Reddy, B. M., Yashmaina, S., Patnaik, A. N., & Rani, P. U. (2005). Validity and reproducibility of arterial pulse wave velocity measurement using new device with oscillometric technique: A pilot study. *BioMedical Engineering Online*, *4*. <https://doi.org/10.1186/1475-925X-4-49>

- Naylor, L. H., Davis, E. A., Kalic, R. J., Paramalingam, N., Abraham, M. B., Jones, T. W., & Green, D. J. (2016). Exercise training improves vascular function in adolescents with type 2 diabetes. *Physiological Reports*, 4(4). <https://doi.org/10.14814/phy2.12713>
- Nettlefold, L., McKay, H. A., Naylor, P.-J., Bredin, S. S. D., & Warburton, D. E. R. (2012). The Relationship Between Objectively Measured Physical Activity, Sedentary Time, and Vascular Health in Children. *American Journal of Hypertension*, 25(8), 914–919. <https://doi.org/10.1038/ajh.2012.68>
- Noninvasive diagnostic assessment of peripheral vascular disease - PubMed*. (n.d.). Retrieved July 12, 2022, from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov.ezproxy.utu.fi/1899367/>
- oskillometria - Terveyskirjasto*. (n.d.). Retrieved September 13, 2022, from <https://www.terveyskirjasto.fi/ltt04381/oskillometria>
- Paffenbarger, R. S., Hyde, R., Wing, A. L., & Hsieh, C. (1986). Physical Activity, All-Cause Mortality, and Longevity of College Alumni. *New England Journal of Medicine*, 314(10), 605–613. <https://doi.org/10.1056/nejm198603063141003>
- Pahkala, K., Heinonen, O. J., Lagström, H., Hakala, P., Sillanmäki, L., & Simell, O. (2006). Leisure-time physical activity of 13-year-old adolescents. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 0(0), 061120070736019-??? <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00581.x>
- Pahkala, K., Heinonen, O. J., Lagström, H., Hakala, P., Simell, O., Viikari, J. S. A., Rönnemaa, T., Hernelahti, M., Sillanmäki, L., & Raitakari, O. T. (2008). Vascular endothelial function and leisure-time physical activity in adolescents. *Circulation*, 118(23), 2353–2359. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.791988>
- Pahkala, K., Heinonen, O. J., Simell, O., Viikari, J. S. A., Rönnemaa, T., Niinikoski, H., & Raitakari, O. T. (2011). Association of physical activity with vascular endothelial function and intima-media thickness. *Circulation*, 124(18), 1956–1963. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.043851>
- Pälve, K. S., Pahkala, K., Magnussen, C. G., Koivisto, T., Juonala, M., Kähönen, M., Lehtimäki, T., Rönnemaa, T., Viikari, J. S. A., & Raitakari, O. T. (2014). Association of physical activity in childhood and early adulthood with carotid artery elasticity 21 years later: the cardiovascular risk in Young Finns Study. *Journal of the American Heart Association*, 3(2). <https://doi.org/10.1161/JAHA.113.000594>
- Penha, J. T. da, Gazolla, F. M., Carvalho, C. N. de M., Madeira, I. R., Rodrigues-Júnior, F., Machado, E. de A., Sicuro, F. L., Farinatti, P., Bouskela, E., & Collett-Solberg, P. F. (2019). Physical fitness and activity, metabolic profile, adipokines and endothelial function in children. *Jornal de Pediatria*, 95(5), 531–537. <https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2018.04.010>
- Pohl, U., Holtz, J., Busse, R., & Bassenge, E. (1986). Crucial role of endothelium in the vasodilator response to increased flow in vivo. *Hypertension*, 8(1), 37–44. <https://doi.org/10.1161/01.HYP.8.1.37>
- Pulse Wave Velocity (PWV)*. (n.d.). Retrieved September 13, 2022, from [https://www.datasci.com/solutions/cardiovascular/pulse-wave-velocity-\(pwv\)](https://www.datasci.com/solutions/cardiovascular/pulse-wave-velocity-(pwv))
- Raitakari, O., Pahkala, K., & Magnussen, C. G. (2022). Prevention of atherosclerosis from childhood. In *Nature Reviews Cardiology* (Vol. 19, Issue 8, pp. 543–554). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41569-021-00647-9>
- Raitakari, O. T., & Celermajer, D. S. (2000). Flow-mediated dilatation. In *British Journal of Clinical Pharmacology* (Vol. 50, Issue 5, pp. 397–404). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2125.2000.00277.x>

- Raitakari, O. T., Taimela, S., Porkka, K. V. K., Leino, M., Telama, R., Dahl, M., & Viikari, J. S. A. (2007). Patterns of intense physical activity among 15- to 30-year-old Finns. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 6(1), 36–39. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1996.tb00068.x>
- Ried-Larsen, M., Grøntved, A., Froberg, K., Ekelund, U., & Andersen, L. B. (2013). Physical activity intensity and subclinical atherosclerosis in Danish adolescents: The European Youth Heart Study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(3). <https://doi.org/10.1111/sms.12046>
- Roach, J. K., & Thiele, R. H. (2019). Perioperative blood pressure monitoring. In *Best Practice and Research: Clinical Anaesthesiology* (Vol. 33, Issue 2, pp. 127–138). Bailliere Tindall Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2019.05.001>
- Rubanyi, G. M., Romero, J. C., & Vanhoutte, P. M. (1986). Flow-induced release of endothelium-derived relaxing factor. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, 250(6 (19/6)). <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1986.250.6.h1145>
- Sakuragi, S., Abhayaratna, K., Gravenmaker, K. J., O'reilly, C., Sri Kusalanukul, W., Budge, M. M., Telford, R. D., & Abhayaratna, W. P. (2009). Influence of adiposity and physical activity on arterial stiffness in healthy children the lifestyle of our kids study. *Hypertension*, 53(4), 611–616. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.108.123364>
- Sallis, J. F., Buono, M. J., Roby, J. J., Carlson, D., & Nelson, J. A. (1990). The Caltrac accelerometer as a physical activity monitor for school-age children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(5), 698–703. <https://doi.org/10.1249/00005768-199010000-00023>
- Santos, P., Guerra, S., Ribeiro, J. C., Duarte, J. A., & Mota, J. (2003). Age and gender-related physical activity: A descriptive study in children using accelerometry. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43(1), 85–89.
- Schoeller, D. A., Ravussin, E., Schutz, Y., Acheson, K. J., Baertschi, P., & Jéquier, E. (1986). Energy expenditure by doubly labeled water: Validation in humans and proposed calculation. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 250(5 (19/5)). <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1986.250.5.r823>
- Sesso, H. D., Paffenbarger, R. S., & Lee, I. M. (2000). Physical activity and coronary heart disease in men: The Harvard Alumni Health Study. *Circulation*, 102(9), 975–980. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.102.9.975>
- Simell, O., Niinikoski, H., Rönnemaa, T., Raitakari, O. T., Lagström, H., Laurinen, M., Aromaa, M., Hakala, P., Jula, A., Jokinen, E., Välimäki, I., & Viikari, J. (2009). Cohort profile: The STRIP study (Special Turku coronary risk factor intervention project), an infancy-onset dietary and life-style intervention trial. *International Journal of Epidemiology*, 38(3), 650–655. <https://doi.org/10.1093/ije/dyn072>
- Sinoway, L. I., Hendrickson, C., Davidson, W. R., Prophet, S., & Zelis, R. (1989). Characteristics of flow-mediated brachial artery vasodilation in human subjects. *Circulation Research*, 64(1), 32–42. <https://doi.org/10.1161/01.RES.64.1.32>
- Sinoway, L. I., Musch, T. I., Minotti, J. R., & Zelis, R. (1986). Enhanced maximal metabolic vasodilatation in the dominant forearms of tennis players. *Journal of Applied Physiology*, 61(2), 673–678. <https://doi.org/10.1152/jappl.1986.61.2.673>
- Sinoway, L. I., Shenberger, J., Wilson, J., McLaughlin, D., Musch, T., & Zelis, R. (1987). A 30-day forearm work protocol increases maximal forearm blood flow. *Journal of Applied Physiology*, 62(3), 1063–1067. <https://doi.org/10.1152/jappl.1987.62.3.1063>

- Sirard, J. R., & Pate, R. R. (2001). Physical activity assessment in children and adolescents. In *Sports Medicine* (Vol. 31, Issue 6, pp. 439–454). Adis International Ltd. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131060-00004>
- Sitia, S., Tomasoni, L., Atzeni, F., Ambrosio, G., Cordiano, C., Catapano, A., Tramontana, S., Perticone, F., Naccarato, P., Camici, P., Picano, E., Cortigiani, L., Bevilacqua, M., Milazzo, L., Cusi, D., Barlassina, C., Sarzi-Puttini, P., & Turiel, M. (2010). From endothelial dysfunction to atherosclerosis. In *Autoimmunity Reviews* (Vol. 9, Issue 12, pp. 830–834). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2010.07.016>
- Sydän- ja verisuonitaudit - THL. (n.d.). Retrieved September 13, 2022, from <https://thl.fi/fi/web/kansantaudit/sydan-ja-verisuonitaudit>
- Sydän- ja verisuonitautien yleisyys - THL. (n.d.). Retrieved September 13, 2022, from <https://thl.fi/fi/web/kansantaudit/sydan-ja-verisuonitaudit/sydan-ja-verisuonitautien-yleisyys>
- Thijssen, D. H. J., Maiorana, A. J., O'Driscoll, G., Cable, N. T., Hopman, M. T. E., & Green, D. J. (2010). Impact of inactivity and exercise on the vasculature in humans. In *European Journal of Applied Physiology* (Vol. 108, Issue 5, pp. 845–875). Eur J Appl Physiol. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1260-x>
- Valenzuela, P. L., Ruilope, L. M., Santos-Lozano, A., Wilhelm, M., Kränkel, N., Fiuza-Luces, C., & Lucia, A. (2023). Exercise benefits in cardiovascular diseases: from mechanisms to clinical implementation. In *European Heart Journal* (Vol. 44, Issue 21, pp. 1874–1889). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad170>
- Valtimoiden kuvantaminen. (n.d.). Retrieved September 13, 2022, from <https://www.duodecimlehti.fi/duo70454>
- Verisuonilaboratorio. (n.d.). Retrieved September 13, 2022, from <https://www.duodecimlehti.fi/duo70453>
- Villella, M., & Villella, A. (2014). Exercise and Cardiovascular Diseases. *Kidney and Blood Pressure Research*, 39(2–3), 147–153. <https://doi.org/10.1159/000355790>
- Vinet, A., Nottin, S., Beck, L., Pérez-Martin, A., Dautzat, M., & Obert, P. (2005). Effect of maturational status and training on upper limb pulse wave velocity. *European Journal of Pediatrics*, 164(4), 197–201. <https://doi.org/10.1007/s00431-004-1585-8>
- Viridis, A., Ghiadoni, L., & Taddei, S. (2010). Human endothelial dysfunction: EDCFs. In *Pflugers Archiv European Journal of Physiology* (Vol. 459, Issue 6, pp. 1015–1023). Pflugers Arch. <https://doi.org/10.1007/s00424-009-0783-7>
- Wilding, J. P. H., & Jacob, S. (2021). Cardiovascular outcome trials in obesity: A review. *Obesity Reviews*, 22(1), e13112. <https://doi.org/10.1111/obr.13112>
- Williams, M. R. I., Westerman, R. A., Kingwell, B. A., Paige, J., Blombery, P. A., Sudhir, K., & Komesaroff, P. A. (2001). Variations in Endothelial Function and Arterial Compliance during the Menstrual Cycle. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 86(11), 5389–5395. <https://doi.org/10.1210/jcem.86.11.8013>
- Yasue, H., Matsuyama, K., Matsuyama, K., Okumura, K., Morikami, Y., & Ogawa, H. (1990). Responses of angiographically normal human coronary arteries to intracoronary injection of acetylcholine by age and segment: Possible role of early coronary atherosclerosis. *Circulation*, 81(2), 482–490. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.81.2.482>

## 7. Liitteet

Artikkelihaku liikunnan yhteydestä lasten ja nuorten toiminnalliseen valtimoterveyteen

Kirjoittaja	Julkaisu vuosi	Tutkimuksen nimi	Tutkimuspopulaatio	Osallistajat	Tutkimusmuunnitelma	Valtimoiden mittausmenetelmä	Liikunnan mittausmenetelmä	Päätulokset	8. Mitätutkia seuraavaksi?
Kristina S. Pääve et al.	2014	Association of Physical Activity in Childhood and Early Adulthood With Carotid Artery Elasticity 21 Years Later: The Cardiovascular Risk in Young Firms Study	N = 1417 (ikä 9-15 vuotta) ja 999 (ikä 18-24 vuotta)	LASER-kohortti	Prospektiivinen kohorttitutkimus, seuranta 21 vuotta	2007 ultraäänien avulla mitattu kaulavaltimoiden elastisuusindeksi. Kaulavaltimoiden elastisuusindeksiä olivat verenpaine (%/10 mmHg), Youngin kimmokerroin (kPa) ja jäykkyyksindeksi (ei yksikköä).	Kysely vapaa-ajan liikunnasta saatavilla vuodesta 1986 lähtien.	Fyysinen aktiivisuus 18-24 vuoden iässä oli suoraan verrannollinen verenpaineeseen ( $\beta=0,068$ , $P=0,014$ ), kääntäen verrannollinen Youngin kimmokertoimeen ( $\beta=-0,057$ , $P=0,0037$ ) ja epäsuorasti verrannollinen jäykkyyksindeksiin ( $\beta=0,050$ , $P=0,0028$ ) 21 vuoden seurannan jälkeen sekä miehillä että naisilla. Riippuvuudet säilyivät iän, sukupuolen, painoindeksin, tupakoinnin, systolisen verenpaineen, seerumin lipidien ja insuliinin sekä 21 vuoden fyysisen aktiivisuuden muutosten sovitettamisen jälkeen. 9-15 vuotiailla pojilla suotuisa yhteys säilyi sovitusten jälkeen venyytydessä ( $\beta=0,050$ , $P=0,0028$ ), Youngin kimmokertoimessa ( $\beta=0,060$ , $P=0,0028$ ) ja jäykkyyksindeksissä ( $\beta=0,062$ , $P=0,007$ ). Tytöillä tätä yhteyttä ei havaittu.	Mitätutkia seuraavaksi?
Katja Pankkalan et al.	2008	Vascular Endothelial Function and Leisure-Time Physical Activity in Adolescents	N = 483 (ikä 13-15 vuotta)	STRIP-kohortti	Prospektiivinen, satunnaistettu interventio	Ultraäänellä vasemmasta olkavaltimosta (brachial artery). Laskettiin maksimi virtausväliteinen laajentuminen (flow-mediated dilation, FMD) ja kokonais-FMD responsi (AUC 40-180 s hyperemian jälkeen).	Itse täytettävä kyselylomake. Vapaa-ajan fyysinen aktiivisuusindeksi laskettiin kertomalla viikon vapaa-ajan liikunnan keskiarvo intensiteetistä, kestoista ja frekvenssistä.	Pojilla max FMD ja AUC olivat suoraan yhteydessä vapaa-ajan fyysisen aktiivisuuden indeksiin regressioanalyysissä vakioituna olkavaltimon halkaisijalla (max FMD $P=0,020$ ja AUC $P=0,0055$ ). Nämä yhteydet pysyivät merkitsevinä vakioitien jälkeen (BMI HDL, LDL, trigly, hs-CRP, SBP). Sedentaaristen ja aktiivisten poikien välillä oli noin 50 MET h/wk eli 10 h kohtalaisen liikunnan ero, mikä oli yhteydessä noin 1 % eroon max FMD:ssä. Tytöillä yhteyksiä ei nähty.	
Katja Pankkalan et al.	2011	Association of Physical Activity With Vascular Endothelial Function and Intima-Media Thickness	N = 553 (ikä 13-15 vuotta), N = 531 (ikä 17 vuotta)	STRIP-kohortti	Prospektiivinen, satunnaistettu interventio	Ultraäänellä vasemmasta olkavaltimosta (brachial artery). Laskettiin maksimi virtausväliteinen laajentuminen (flow-mediated dilation, FMD) ja kokonais-FMD responsi (AUC 40-180 s hyperemian jälkeen).	Itse täytettävä kyselylomake. Vapaa-ajan fyysinen aktiivisuusindeksi laskettiin kertomalla viikon vapaa-ajan liikunnan keskiarvo intensiteetistä, kestoista ja frekvenssistä.	Vapaa-ajan fyysinen aktiivisuus oli suoraan yhteydessä endoteelifunktion (max FMD $P=0,0021$ ja kokonais-FMD vaste $P=0,0036$ ) ja kääntäen verrannollinen IMT:hen ( $P=0,011$ ), kun ne oli vakioitu iällä, sukupuolella, painoindeksillä, HDL/kokonaiskolesterolilla, systolisella verenpaineella C-reaktiivisella proteiinilla ja olkavaltimon FMD:llä. Sedentarisilla nuorilla, jotka kasvattivat vapaa-ajan fyysistä aktiivisuutta alle viidestä yli viiteen (IMT) tai yli 30 (max FMD) MET/vk ikävuosien 13 ja 17 välillä, oli nousu max FMD ( $P=0,031$ ) ja vähentyivät progressio IMT:ssä ( $P=0,047$ ) verrattuna nuorin, jotka pysyivät sedentarisina. IMT:n	Mitkä fyysisen aktiivisuuden puolet ovat tärkeitä FMD:n kannalta ja niihin liittyvät mekanismit.
Rebecca A. Abbott et al.	2002	Correlation of habitual physical activity levels with flow-mediated dilation of the brachial artery in 5-10 year old children	N = 47 (ikä 5-10 vuotta)	Australialaisia (Brisbanen osavaltion koululaisia ja Queenslandin ylipöistön henkilösten lapsia)	Poikkeileikkaustutkimus	Korkean resolution ultraäänellä olkavaltimosta. Mitattiin valtimon halkaisijan todellista ja suhteellista muutosta. Olkavaltimon halkaisija mitattiin leivossa ja 30-60 s hyperemian jälkeen.	Tavallinen fyysinen aktiivisuustaso (PAL) mitattiin validoidulla stabililla isotsooppiteknikalla. PAL laskettiin kokonaisenergiakulutuksen (TEE) ja lepoainevaihdunnan suhteena. TEE määritettiin kaksoisblindatun veden tekniikalla.	Tavallinen fyysinen aktiivisuustaso korreloi merkitsevästi FMD:n kanssa ( $r=0,39$ ; $P=0,007$ ). Se oli myös eniten vaikuttava muuttuja suonten laajenemiseen monimuuttuja-analysissä.	
Marco Meucci et al.	2013	Effect of play-based summer break exercise on cardiovascular function in adolescents	N = 24 (ikä 8-12 vuotta)	Paikallisia lapsia	Prospektiivinen, satunnaistettu interventio	Valtimoiden jäykkyyttä arvioitiin aortan augmentaatioindeksillä ja puissaallo nopeudella. Puissaalto sekä kaula- ja jalanselän valtimon välillä. Puussin kulkevat matkat olivat rintalasta - ranne ja rintalasta - nilkka. Puussin siirtymäaika havaittiin samankaltaisesti ECG:llä ja radiaalisella tai distaalaisella puissaallo mittaustekniikalla.	Ensimmäisellä ryhmällä oli 4 viikon interventio, jossa oli viitteen päivässä 4 tuntia ohjattua leikkipainotteista liikuntaa per päivä. Toisella ryhmällä oli muuten sama interventio, mutta se kesti 8 viikkoa. Kolmas ryhmä oli kontrolliryhmä, jolle ei annettu ohjattua liikuntainterventiotä, vaan heidän pyydettiin noudattaa normaaleja liikuntatottumuksiaan.	Normalisoitu augmentaatioindeksi (75 lyöntiä/min) laski merkitsevästi 4 ja 8 viikon jälkeen interventoryhmissä ( $P=0,04$ ). Puissaallon nopeus ei muuttunut merkitsevästi missään ryhmässä.	

Kirjoittaja	Julkaisu vuosi	Tutkimuksen nimi	Tutkimuspopulaatio	Osaillistujat	Tutkimussuunnitelma	Valtimoiden mittausmenetelmä	Likunnan mittausmenetelmä	Päätulokset	Mitä tutkia seuraavaksi?
M. Ried-Larsen et al.	2013	Physical activity intensity and subclinical atherosclerosis in Danish adolescents: The European Youth Heart Study (EYHS)	N = 336 (keski-ikä 15,6 vuotta ( SD 0,4))	Tanskalaisia, EYHS-kohortti	Poikkeileikkaustu- kimus	Poikkeileikkaustu- kimus	Tutkittavat pitivät viikon aktiivisuusmittareita, jonka sai ottaa pois vain suihkun, uimisen ja yönunen ajaksi. Fyysisen aktiivisuuden intensiteetti määritettiin eri intensiteettialueilla vietyinä minuutteina/päivä.	Vähiten liikkuvaan kvartiiliin kuuluvilla pojilla oli selvästi äykeemmät kaulavaltimot kuin entien liikkuvaan kvartiiliin kuuluvilla pojilla.	Tarviltaan lisää havaintotutkimuksia ja satunnaistettuja kontrolloituja kokeita siitä, miten suurempi määrä raskasta liikuntaa vaikuttaa nuorten subkliiniseen ateroskleroosiin.
Agnes Vinet et al.	2005	Effect of maturational status and training on upper limb pulse wave velocity	N = 23 (ikä 11,7 vuotta (SD 0,9)) ja N = 16 (ikä 23,1 vuotta (SD 4,3))		Poikkeileikkaustu- kimus	Poikkeileikkaustu- kimus	Ensimmäiseen ryhmään valittiin poikia, jotka olivat harjoitelleet vähintään 4 vuotta 8-10 tyyk. Toiseen ryhmään valittiin samanikäisiä kohtalaisesti liikkuvia poikia. Kolmanteen ryhmään valittiin miehiä, jotka olivat uinneet vähintään 8 vuotta 6-20 tyyk. Neljanteen ryhmään valittiin samanikäisiä miehiä, jotka eivät olleet harjoitelleet.	Yläraajan pulssiaallon nopeus (PWVUL) oli merkittävästi korkeampi ja venyvyyksiindeksi (Cp) merkittävästi matalampi poikaumarella verrattuna samanikäisiin kohtalaisesti liikkuviin poikiin jopa silloin, kun keskimääräinen valtimopaine oli vakioitu. PWVUL ja Cp olivat poikaumarella samanlaisia kuin aikuisilla. Pojilla, jotka eivät olleet harjoitelleet, oli merkittävästi matalampi PWVUL ja korkeampi Cp kuin kolmella muulla ryhmällä.	Korkeampi PWVUimareilla kuin ei-harjoitelleilla lapsilla oli välttävä tulos, jolla on tukittava lisää.
Lisa Heil et al.	2020	Association Between Physical Activity Intensity Levels and Arterial Stiffness in Healthy Children	N = 80 (ikä 8-11 vuotta)		Prospektiivinen poikkeileikkaustu- kimus	Poikkeileikkaustu- kimus	Liikkumisen intensiteettitasoja mitattiin kiihtyvyyksimittarilla seitsemän päivän ajan. Mittaukset olivat sedentaarinen sekä kevyt, kohtalainen ja raskas liikunta.	Kohtalainen fyysinen aktiivisuus oli negatiivisesti yhteydessä cSBP:hen ( $\beta=-0,266$ ; $P=0,017$ ). Raskas liikunta oli käänteisesti verrannollinen pulssiaallon nopeuteen ( $\beta=-0,225$ ; $P=0,045$ ) ja cSBP:hen ( $\beta=-0,286$ ; $P=0,010$ ).	
Satoru Sakuragi et al.	2009	Influence of Adiposity and Physical Activity on Arterial Stiffness in Healthy Children	N = 573 (ikä 9-10 vuotta)	Lifestyle of Our Kids -tutkimuksen kohortti, Australialaisia alakoululaisia	Poikkeileikkaustu- kimus	Poikkeileikkaustu- kimus	Lapsat pitivät askelmittaria 7 päivän ajan.	Pulssiaallon nopeus korreloi negatiivisesti askelmittarin lukeman kanssa ( $r = -0,08$ ; $P = 0,046$ ).	Vähentääkö kansanterveys toimintaa liikunnan lisäämiseksi ja painon puolettamiseksi lasten valtimoiden jäykkyyttä, subkliinisen ateroskleroosiin.
Lindsay Nettelfold et al.	2012	The Relationship Between Objectively Measured Physical Activity, Sedentary Time, and Vascular Health in Children	N = 102 (ikä 8-11 vuotta)	Action Schools! -tutkimuksen kohortti	Poikkeileikkaustu- kimus	Poikkeileikkaustu- kimus	Olkeaan käteen synnytetään radiaaliset valtimot aallomuodot applanaatio-tonometrisesti. Aallonmuodot kalibroitiin oskilometrisesti mansettilla vasemmasta kädestä.	Objektiivisesti mitattu PA on yhteydessä pienten, mutta ei suurten valtimoiden komplanssiin 8-11 -vuotiailla lapsilla.	Interventio fyysisen aktiivisuuden vaikutuksesta valtimon komplanssiin lapsilla.