

KESTÄVYYSKUNNON YHTEYS OPPIMISEEN LAPSILLA JA NUORILLA

Jenna Niskanen

Liikuntapedagogiikan kandidaatintutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2023

TIIVISTELMÄ

Niskanen, J. 2023. Kestävyyskunnan yhteys oppimiseen lapsilla ja nuorilla. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Liikuntapedagogiikan kandidaatintutkielma, 31 s.

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli selvittää kestävyyskunnan yhteyttä oppimiseen peruskouluikäisillä lapsilla ja nuorilla. Viime vuosina peruskoululaisten kestävyyskunto on laskenut, fyysisen aktiivisuuden määrä on vähentynyt sekä oppimistulokset ovat heikentyneet. Kaikilla keinoilla, joilla näihin voidaan vaikuttaa, on mahdollisuus parantaa lasten ja nuorten hyvinvointia ja terveyttä. Kognitiivisista toiminnoista oppiminen on yksi keskeinen tekijä peruskouluikäisten kasvun ja kehityksen sekä heidän tulevaisuutensa kannalta.

Tutkielma on kirjallisuuskatsaus, johon olen hakenut tietoa eri tietokannoista. Olen hyödyntänyt aiheesta tehtyjä katsauksia ja yksittäisiä tutkimuksia sekä muutamia vertaisarvioituja meta-analyysejä. Lähteinä hyödynsin myös muutamaa neurotieteen kirjaa, joissa tietoa oli kattavasti. Tutkimuksia oli tehty sekä Suomessa että ulkomailla. Keskeisiä tutkielman käsitteitä olivat kestävyyskunto, oppiminen ja kognitio.

Tutkimustulokset aiheesta ovat osittain ristiriitaisia keskenään. Yhteistä kaikille tuloksille on kuitenkin se, että liikunnasta ei näyttäisi olevan haittaa oppimisella ja koulumenestykselle. Paremmalla kestävyyskunnolla on monia terveydelle edullisia fysiologisia ja anatomisia vaikutuksia, jotka ulottuvat koko kehon lisäksi aivoihin asti. Myös kestävyyskunnan psykososiaaliset yhteydet oppimiseen ovat keskeisiä. Tulos tukee yleisesti tärkeänä pidettyä näkemystä lasten ja nuorten liikunnan vaikutuksista terveyteen, sekä lasten ja nuorten liikunnan ja siihen kannustamisen tärkeyttä arkeen kuuluvissa toimintaympäristöissä.

Asiasanat: kestävyyskunto, lapsi, nuori, kognitio, koulumenestys

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 KESTÄVYYSKUNTO	3
2.1 Kestävyyskunnan mittaaminen	3
2.2 Lasten ja nuorten kestävyyskunnan nykytila	4
2.3 Kestävyyskuntoon keskeisesti yhteydessä olevia tekijöitä.....	5
3 OPPIMINEN KOGNITIIVISENA TOIMINTONA	7
3.1 Oppiminen	8
3.2 Muisti ja oppiminen.....	9
3.3 Toiminnanohjaus ja oppiminen	10
3.4 Oppimisen tutkiminen	11
4 KESTÄVYYSKUNNON JA OPPIMISEN YHTEYTTÄ VÄLITTÄVIÄ TEKIJÖITÄ12	
4.1 Kestävyyskunnan fysiologiset vaikutukset	13
4.1.1 Aivojen toiminta.....	14
4.1.2 Aivojen rakenne.....	14
4.1.3 Aivojen aineenvaihdunta	15
4.2 Kestävyyskunnan psykososiaaliset yhteydet oppimiseen	16
4.3 Sukupuoli ja oppiaine yhteyttä välittävinä tekijöinä	18
5 POHDINTA.....	19
LÄHTEET	24

1 JOHDANTO

Peruskouluikäisistä lapsista ja nuorista yhä pienenevä osa liikkuu terveytensä kannalta riittävästi (Haapala 2014, 22; Martin ym. 2023, 18; Opetus- ja kulttuuriministeriö 2021, 7). Viimeisien tutkimustulosten mukaan lasten ja nuorten kestävyyskunto (Huhtiniemi 2021, 14) ja oppimistulokset ovat heikentyneet (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2019, 122). Samaan aikaan ylipaino ja istuva elämäntapa ovat yleistyneet, jonka myötä lasten ja nuorten terveys on heikentynyt maailmanlaajuisesti (Tremblay ym. 2011), tällä voi olla epäsuotuisia vaikutuksia kognitiivisiin toimintoihin, oppimiseen ja aivoterveuteen (Chaddock ym. 2011, 1; Haapala 2014, 22). Liikunnalla on positiivisia vaikutuksia fyysisestä terveydestä ja aivojen terveydestä aina parempaan koulumenestykseen saakka. Elämänlaadun edistämiseksi nämä kolme asiaa ovat merkittävässä roolissa. (Chaddock ym. 2011) Nämä myönteiset vaikutukset kokonaisvaltaiseen terveyteen ovat tärkeitä lapsen terveen kasvun ja kehityksen kannalta (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2020). Liikunnan ja erityisesti kestävyystyyppisen liikunnan vaikutukset sairauksien ehkäisyssä ja terveyden edistämiseksi ovat kiistattomat ja yleisesti hyvin tiedostetut (UKK-instituutti 2022). Kuitenkaan kestävyystyyppisen liikunnan yhteydet oppimiseen eivät ole yhtä tutkittuja kuin terveysvaikutukset, vaikka ne ovat keskeisiä tekijöitä kasvun ja kehityksen kannalta (Haapala ym. 2017). Näin ollen lasten ja nuorten riittävän ja monipuolisen liikkumisen tärkeyttä ei turhaan korosteta.

Kestävyyskunnan ja oppimisen välisen yhteyden tutkiminen on haastavaa (Nokia ym. 2017, 13) psykososiaalisten tekijöiden sekä fyysisen aktiivisuuden ja motoristen taitojen merkityksen takia (Haapala 2013; Jaakkola ym. 2021; Kantomaa ym. 2013). Tutkimuksissa hyvällä kestävyyskunnolla on löydetty oppimisen kannalta edullisia vaikutuksia aivoihin ja kognitiivisiin toimintoihin (esim. Álvarez-Bueno ym. 2020; Chaddock ym. 2011; Chaddock-Heyman 2015; Haapala 2014; Jaakkola ym. 2021; Skog ym. 2020; Syväoja 2019). Kognitiivisista toiminnoista oppiminen on monimutkainen prosessi, johon esimerkiksi muisti ja toiminnanohjaus liittyvät läheisesti. Oppimisessa aivot muotoutuvat jatkuvasti (Kujala ym. 2012, 9,64), mikä on erityisen tärkeää kognitiiviselle kehitykselle, mielialalle, muistille ja keskittymiskyvylle (Bass ym.2013, 832). Peruskouluikäisillä lapsilla ja nuorilla aivojen kehitys on nopeaa ja sitä voidaan sekä edistää että vaikeuttaa monin tavoin (Kujala ym. 2012, 22) esimerkiksi omalla elämäntyyllillä (Chaddock-Heyman ym. 2014, 26). Tässä työssä kognitiivisista toiminnoista tarkasteluun valikoitui oppiminen, sillä aihetta oli tarkoituksenmukaista rajata kognitiivisten toimintojen käsitteen laajuuden takia.

Koska kestävyyskunnolla on monia myönteisiä vaikutuksia lapsen ja nuoren kokonaisvaltaiseen terveyteen ja hyvinvointiin sekä oppimiseen, on se tärkeää lasten ja nuorten kasvun ja kehityksen kannalta. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa liikunnan tehtävä oppiaineena on vaikuttaa oppilaiden hyvinvointiin tukemalla fyysistä, sosiaalista ja psyykkistä toimintakykyä sekä kasvattaa oppilaat liikkumaan liikunnan avulla (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, 148, 273). Koulumaailmassa tulisi tunnistaa ja hyödyntää enemmän tätä liikunnan ja oppimisen välistä yhteyttä. Tulevana opettajana eroavaisuudet oppimisprosessissa sekä liikunnan vaikutus oppimisprosessiin ovat kiinnostavia. Parempi ymmärrys tästä yhteydestä saattaa tarjota yhden näkökulman lasten ja nuorten kehityksen tukemiselle.

Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on tarkastella kestävyyskunnan yhteyttä oppimiseen lapsilla ja nuorilla. Erityisesti tarkastellaan kestävyyskunnan ja oppimisen yhteyttä välittäviä fysiologisia ja psykososiaalisia tekijöitä. Vaikka tässä työssä viitataan usein liikuntaan ja fyysiseen aktiivisuuteen, tarkastelussa on kuitenkin pääpaino kestävyyskunnossa ja sen yhteyksissä oppimiseen. Kirjallisuuskatsauksessa perehdytään tarkemmin kestävyyskunnan nykytilaan lapsilla ja nuorilla sekä oppimiseen kognitiivisena toimintona. Lisäksi tarkastellaan mitä näillä tarkoitetaan, miten niitä mitataan ja mitkä tekijät välittävät niiden välisiä yhteyksiä sekä tutustutaan aiempiin tutkimustuloksiin kestävyyskunnan ja oppimisen välisistä yhteyksistä lapsilla ja nuorilla.

2 KESTÄVYYSKUNTO

Kestävyyskunto, josta käytetään myös nimitystä aerobinen kunto, on yksi tutkituimmista fyysisen kunnan osa-alueista. Se on moniulotteinen eri ominaisuuksista muodostuva kokonaisuus, jonka tutkimisessa, mittaamisessa ja harjoittamisessa lasten ja nuorten osalta on edelleen haasteita. (Lintu ym. 2018, 36) Kestävyyskunnan voidaan määrittellä tarkoittavan hengitys- ja verenkiertoelimistön kykyä kuljettaa energiaa ja happea sekä lihasten kykyä hyödyntää niitä erityisesti pitkäkestoisen liikuntasuorituksen aikana. (Haapala 2014, 28; Hillman ym. 2008, 62; Syväoja ym. 2012, 38). Sen voidaan katsoa muodostavan terveyskunnan perustan (UKK-instituutti 2020).

Liikkumisesta suurin osa tulisi olla kestävyystyyppistä eli aerobista liikkumista, joka edistää kestävyyskuntoa. Tällöin liikunnan vaikutuksesta sydämen syke nousee ja hengitys kiihtyy. (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2021,14) Liikkumissuosituksissa käytetään termejä ”reipas” ja ”rasittava” liikkuminen, jotka molemmat luetaan tässä työssä kestävyystyyppiseksi liikunnaksi. Hyviä kestävyyskuntoa edistäviä liikuntamuotoja ovat reipas kävely, hiihto, pyöräily, uinti, maastojuoksu, tehokas kelaaminen pyörätuolilla sekä tehokkaat pallopelit kuten jalkapallo. (Baquet ym.2003, 20; Opetus- ja kulttuuriministeriö 2021, 14; UKK-instituutti 2020)

Tutkimusten mukaan perimällä ja harjoittelulla on vaikutuksia kestävyyskuntoon. Perimä voi selittää aikuisilla yksilöiden välisestä maksimaalisen hapenottokyvyn (VO_{2max}) vaihtelusta jopa yli 50 prosenttia (Lintu ym. 2018, 38). Kaksoissisarustutkimus ja meta-analyysit ovatkin yhdessä osoittaneet, että geneettiset tekijät määräävät yli puolet yksilöllisistä eroista VO_{2max} :ssa lapsuudesta varhaiseen aikuisuuteen, joten perimä vaikuttaa kestävyyskunnan kehittymiseen (Lintu ym. 2018, 38; Schutte ym. 2016, 210). Schutten ym. (2016) tutkimuksessa todetaan harjoittelun saattavan kasvattaa entisestään yksilöllisiä eroja VO_{2max} :ssa, sillä sen vaste harjoitteluun vaihtelee suuresti. Harjoittelulla VO_{2max} : a on pystytty parantamaan noin 8–10 prosenttia (Baquet ym. 2003, 3).

2.1 Kestävyyskunnan mittaaminen

Kestävyyskuntoa on mitattu monin eri tavoin ja VO_{2max} :n ajatellaan olevan paras kestävyyskunnan mittari (Lintu ym. 2018, 36; Schutte ym. 2016, 210). Se kuvaa suurinta mahdollista hapenkulutuksen tasoa maksimaalisessa kuormituksessa eli verenkierto- ja

hengityselimistön kykyä kuljettaa happea työskenteleville luustolihaksille sekä näiden kapasiteettia hyödyntää happea kuormituksen aikana (Armstrong & Welsman 1994, 432). VO_{2max} ei kuitenkaan kuvaa kestävyyskunnan kaikkia osa-alueita (Lintu ym. 2018, 36). Lasten ja nuorten osalta hapenottokyvystä puhuttaessa käytetään usein termiä huippuhapenkulutus (VO_{2peak}), joka kuvaa lasten suorituskykyä paremmin (Armstrong & Welsman 1994).

Kestävyyskuntoa voidaan mitata laboratorio- ja kenttäolosuhteissa (Ruotsalainen ym. 2019, 122) riippuen testattavien saavutettavuudesta ja määrästä sekä testin muodosta. Laboratoriossa olosuhteet ovat vakioidut ja testi voidaan usein toistaa samanlaisena jatkossakin. Tällöin on myös usein mahdollista saada tarkempia tuloksia esimerkiksi VO_{2max} :sta ja sykkeestä. (Baquet ym. 2003, 12) Yleisimpiä tällaisia kestävyyskuntoa mittaavia testejä ovat polkupyöraergometri (Haapala 2014; Skog ym. 2020) ja suoran hapenkulutuksen testi eli tavallisimmin mattotesti juoksumatolla (Baquet ym. 2003, 11–12). Nämä testit ovat usein tarkoituksenmukaisia, kun testattavia on vähän. Kenttäolosuhteilla tarkoitetaan ulkona tai liikuntasalissa suoritettavia testejä, jolloin testattavien joukko voi olla laajempi ja heidät voidaan testata yhtäaikaaisesti. Kenttäolosuhteissa yleisimmin toteutettuja testejä ovat Cooperin testi, UKK kävelytesti tai 20 metrin viivajuoksumatolla, joka on yleisin lapsilla ja nuorilla käytetty testi kestävyyskunnan mittaamiseen. (Lintu ym. 2018, 36; Ruotsalainen ym. 2019, 122; Syväoja ym. 2021, 9; UKK-instituutti 2020). Testi kuuluu fyysistä toimintakykyä mittaavaan Move! -seurantajärjestelmään (Lintu ym. 2018, 36), jota vuonna 2016 käyttöön otettu valtakunnallinen perusopetuksen opetussuunnitelma (2014) sitoi opetuksen järjestäjät toteuttamaan. Testi toteutetaan peruskoulun viidennellä ja kahdeksannella luokalla (Perusopetuksen opetussuunnitelman valtakunnalliset perusteet 2014, 274, 435; Sääkslahti 2020, 14).

2.2 Lasten ja nuorten kestävyyskunnan nykytila

Kansallisen liikkumissuosituksen mukaan 7–17-vuotiaille lapsille ja nuorille suositellaan ”monipuolista, reipasta ja rasittavaa liikkumista vähintään 60 minuuttia päivässä yksilölle sopivalla tavalla, ikä huomioiden” (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2021). Päivittäisestä liikkumisesta suurimman osan tulisi olla kestävyystyypistä liikuntaa, jonka lisäksi viikossa tulisi olla kolme kertaa rasittavaa liikkumista sekä luustoa ja lihasvoimaa vahvistavaa liikkumista (Martin ym. 2023, 16). Liikkumissuosituksen toteutumista tutkitaan Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa (LIITU) -tutkimuksella. Uusimman LIITU -tutkimuksen tulokset julkaistiin maaliskuussa 2023.

Vuonna 2022 liikkumissuositus toteutui reilulla kolmasosalla lapsista ja nuorista (Martin ym. 2023, 16). LIITU 2022 -tutkimuksen (Kokko & Martin 2023) tulokset vahvistavat aikaisempia havaintoja lasten ja nuorten liikkumisesta, sillä liikkumissuosituksen saavutti 38 prosenttia vuonna 2018 ja 31 prosenttia vuonna 2016 (Kokko ym. 2019; Kokko ym. 2016). Pojat saavuttivat liikkumissuosituksen tyttöjä yleisemmin. Liikunta-aktiivisuus laskee lapsilla ja nuorilla tasaisesti 7-vuotiaista alkaen 15-vuotiaisiin saakka (Martin ym. 2023, 26, 17) eli juuri peruskouluikäisillä lapsilla ja nuorilla. Kestävyyskunnan kannalta merkittävää on, että erityisesti reippaan ja rasittavan liikunnan määrä laskee iän myötä. Lapsilla ja nuorilla suurin osa liikkumisesta tapahtuu siis teholtaan kevyesti. (Husu ym. 2023, 44)

Lapset ja nuoret viettävät suuren osan valvellaoloajastaan paikallaan. Tämän passiivisen ajan määrä näyttäisi hieman lisääntyneen verrattaessa vuoteen 2016. (Husu ym. 2023, 44, 42) LIITU 2022 -tutkimuksen mukaan lasten ja nuorten liikkumisesta suurin osa kertyy 5–10 minuutin jaksoista ja kestävyyskuntoa kehittävää liikkumista eli reipasta liikkumista lapsille ja nuorille kertyi keskimäärin noin puolitoista tuntia päivässä (Husu ym. 2023, 36). Tämä on merkittävä havainto, kun pohditaan keinoja lasten ja nuorten kestävyyskuntoa kehittävän liikunnan lisäämiseen.

Myös vuosien 2020 ja 2021 Move! -mittausten tulokset tukevat LIITU 2022 -tutkimuksen tuloksia lasten ja nuorten liikkumisen vähentymisestä ja paikallaanolon lisääntymisestä (Kokko & Martin 2023). Lasten ja nuorten kestävyyskunnan heikentymistä on ollut havaittavissa jo pidemmän aikaa (Huotari ym. 2010). Osaltaan tätä selittänee arjen fyysisten vaatimusten väheneminen ja huomionarvoista viime vuosien aikana voi olla myös koronapandemian vaikutukset (Huhtiniemi 2021, 14). Myös syksyn 2021 Move! -tulokset osoittavat, että kestävyyskunto on heikentynyt kahdeksaluokkalaisilla kahden edellisen vuoden aikana, mutta aiemman vuoden tuloksista poiketen viidesluokkalaisilla heikentyminen näyttäisi pysähtyneen (Huhtiniemi 2022, 20).

2.3 Kestävyyskuntoon keskeisesti yhteydessä olevia tekijöitä

Tarkastellessa kestävyyskuntoa on syytä huomioida myös siihen keskeisesti vaikuttavia tekijöitä oppimisen ja kognitiivisten toimintojen kannalta. Stodden ym. (2008) mukaan lasten liikunta, kestävyyskunto, motoriset taidot ja ylipaino ovat yhteydessä toisiinsa. Myös Jaakkolan

ym. (2022) tutkimuksessa todetaan kestävyyskunnan olevan keskeinen tekijä ennustamaan fyysistä aktiivisuutta. Näin ollen voidaan ajatella, että parempaan kestävyyskuntoon on liitettävissä suurempi fyysisen aktiivisuuden määrä (Jaakkola ym. 2022) ja paremmat motoriset taidot sekä motoriset perustaidot (Ruotsalainen ym. 2019, 123). Motoriset taidot määritellään taidoiksi, jotka vaativat tahdonalaista kehon ja/tai raajojen liikettä tavoitteen saavuttamiseksi (Jaakkola ym. 2017, 648). Ne ovat harjoittelemalla opittavia taitoja sekä edellytyksenä motorisille perustaidoille, jotka ovat useamman kehonosan yhdessä tuottamia liikkeitä (Jaakkola 2016, 9). Motoriset perustaidot ovat taitoja, joilla selvittää arkipäivän liikkumistarpeista (Syväoja ym. 2012, 39). Hyvät motoriset taidot ovat yhteydessä lasten ja nuorten suurempaan liikunta-aktiivisuuteen (Ruotsalainen ym. 2019, 123; Stodden ym. 2008, 290). Myös suurempi liikunta-aktiivisuus on yhdistettävissä parempaan fyysiseen kuntoon sekä osaltaan myös parempaan kestävyyskuntoon (Nokia ym. 2017, 15).

Fyysisen aktiivisuuden voidaan määritellä kattavan kaiken lihasten tahdonalaisen energiankulutusta lisäävän toiminnan (Hillman ym. 2008; Syväoja ym. 2012, 38). Fyysisen aktiivisuuden ja aerobisen kunnan välillä näyttäisi olevan annosvastesuhde intensiteetin, määrän ja laadun osalta (Ruotsalainen ym. 2019, 123). Fyysinen aktiivisuus kuten kestävyyskuntokin ovat yhteydessä kehonkoostumukseen. Kestävyyskunnan ja lihavuuden väliltä on löydetty yhteys, jonka mukaan hyvä kestävyyskunto on yhteydessä terveyden kannalta edullisempaan kehonkoostumukseen (Nokia ym. 2017, 15).

3 OPPIMINEN KOGNITIIVISENA TOIMINTONA

Oppiminen, muistaminen ja unohtaminen ovat aivoissa olemassaolon kannalta keskeisiä biologisia prosesseja (Squire ym. 1999, Kujalan ym. 2012, 9 mukaan). Ne lukeutuvat kognitiivisiin toimintoihin, joita ovat tiedolliset, älylliset ja psyykkiset toiminnot. Nämä toiminnot liittyvät tiedon vastaanottoon, käsittelyyn, säilyttämiseen ja käyttöön. Kognitiivisiin toimintoihin kuuluvat lisäksi tarkkaavaisuuden säätely, havaintojen käsittely, ongelman ratkaisukyky sekä puheen tuottaminen ja ymmärtäminen. (Hänninen & Hallikainen 2022; Kujala ym. 2012, 41). Todellisuudessa kognitiivisia toimintoja ei voida erottaa tiedonkäsittelyssä kokonaan omiksi ja toisistaan täysin erillisiksi vaiheiksi tai yksiköiksi (Paavilainen 2020, 31). Kognitiivisia toimintoja tarkastellaankin usein erillään prosesseista, jotka liittyvät tunteiden ja motivaation säätelyyn (Hänninen & Hallikainen 2022). Molemmat ovat merkityksellisiä tarkoituksenmukaisen toiminnan kannalta ja aina niitä ei voi välttämättä erottaa toisistaan (Nummenmaa 2006, 301). Käytännössä emotionaaliset tekijät ja emotio vaikuttavat usealla eri tavalla kognitiiviseen prosessiin (Hänninen & Hallikainen 2022; Nummenmaa 2006, 304). Kognitiivinen psykologia tutkii näitä ihmisen tiedonkäsittelyn prosesseja.

Balota ja Marshin (2004, 1) mukaan kognitiivinen tulee latinasta sanasta *cognare*, joka tarkoittaa tietämistä. Vuonna 1967 Neisser on määritellyt kognitiivisen psykologian olevan tutkimusta prosesseista, joissa aistein saatavia ärsykeitä muunnetaan, vähennetään, tarkennetaan, säilytetään, palautetaan mieleen ja käytetään (Balota & Marsh 2004, 1). Mieleen ja sen toimintoihin funktionalistisena tiedonkäsittelyjärjestelmänä on viitattu alun alkaen termillä *kognitio*, jonka takia ihmismieli voidaan nähdä tietokoneohjelman kaltaisena oliona tietyn filosofisen näkemyksen mukaan (Revonsuo 2006, 16). Kognitiivinen psykologia pyrkii kuvaamaan ja selittämään kognitiivisia toimintoja ja tiedonkäsittelyprosesseja. Lisäksi se olettaa tiedonkäsittelyn toimivan modulaarisesti, jolloin erityyppinen tieto käsitellään erilaisissa, erikoistuneissa moduuleissa. (Revonsuo 2006, 16). Näin ollen kognition voidaan siis ajatella olevan psyykkistä toimintaa, joka tapahtuu aivoissa, mutta jolla on erittäin suuri merkitys fyysisen ja sosiaalisen toiminnan kannalta.

3.1 Oppiminen

Oppiminen on laaja sekä monimutkainen kokonaisuus (Haapala 2022, 36). Tutkimuksissa se on määritelty ihmisen kasvun ja kehityksen ydinprosessiksi (Haapala ym. 2017, 6; Kantomaa ym. 2013; Kujala ym. 2012, 9). Se on aktiivinen valikointi- ja tulkintaprosessi, johon vaikuttavat samanaikaisesti monet eri tekijät, jotka tekevät oppimisesta moniulotteisen tapahtumarakennelman (Halinen ym. 2016, Luku 3; Kantomaa ym. 2013, 13; Kujala ym. 2012, 9). Oppimista tapahtuu koko elämän ajan ja se on jatkuva prosessi, jossa aivot muotoutuvat koko ajan (Kujala ym. 2012, 9, 64). Kujalan ym. (2012, 64) mukaan oppiminen on lisäksi hyvin henkilökohtainen tapahtuma. Kaikki oppimiseen ja muistamiseen liittyvä tapahtuu aivojen hermosoluissa ja niiden välisissä kytkennöissä. Aivojen alueista kuitenkin hippokampus on oppimisen ja muistamisen kannalta välttämätön. (Kujala ym. 2012, 9–10)

Oppiminen on vuorovaikutusta (Kujala ym. 2012, 8), joka on sidoksissa tilanteeseen. Sitä tapahtuu kulttuurisessa ja sosiaalisessa ympäristössä. Tällöin sosiaalisuus ja konteksti ovat oppimisessa vahvasti läsnä. (Kantomaa ym. 2013, 6) Oppimisprosessin vuorovaikutteisuutta kuvaa se, että siihen vaikuttavat oppilaaseen, opettajaan, tietoon, tehtävään, ympäristöön ja tavoiteltavaan osaamiseen liittyvät elementit (Halinen ym. 2016, Luku 3). Vuorovaikutukseen perustuvan oppimisen keskeisiksi mekanismeiksi voidaan luetella esimerkiksi kyky yhteisölliseen työskentelyyn, kyky ottaa vastuuta omasta toiminnasta, aloitteellisuus ja aktiivisuus sekä itsearviointin taito (Scardamalia & Bereiter 2003). Vuorovaikutuksen kautta avautuvat myös oppimisen ympäristöjen merkitykset (Kujala ym. 2012, 16).

Oppimisen perusta on aivoissa, mutta se on aina sidoksissa ympäristöönsä (Jaakkola ym. 2017, 649). Ympäristöön sopeutumisen kannalta erittäin tärkeää on kyky muuttaa toimintaa kokemusten perusteella eli oppia (Paavilainen 2020, 172). Oppiminen mahdollistaa ympäristön muutoksiin sopeutumisen sekä lisäksi aktiivisen vaikuttamisen ympäristöön ja omaan toimintaamme siellä (Kantomaa ym. 2013, 13). Kasvu ympäristön tarjoamat kokemukset aiheuttavat ja säätelevät oppimista (Haapala ym. 2017, 6; Kantomaa ym. 2013, 13). Lapsilla ja nuorilla keskeisimmäksi oppimisen ympäristöksi katsotaan usein koulu (Kujala ym. 2012, 5), mutta myös liikunta on tärkeä kasvu ympäristön tarjoama oppimisväylä (Haapala ym. 2017, 6).

Oppiminen voidaan määritellä myös kokemuksen aiheuttamaksi melko pysyväksi toiminnan muutokseksi (Syväoja ym. 2012, 38). Se on keskeinen ihmisen toiminnan muutoksen

mahdollistaja ja sen seurauksena ihmisen käyttäytyminen, siihen vaikuttavat tiedot, taidot ja tunnereaktiot muuttuvat suhteellisen pysyvästi (Kantomaa ym. 2013, 13; Syväoja ym. 2012, 9, 11). Näiden lisäksi oppimiseen liittyy myös keskeisesti yksilön motivaatio (Syväoja ym. 2012, 9, 11), joka mahdollistaa tehokkaan oppimisen. Tälle hyvän pohjan luovat hyvät oppimisen edellytykset (Kujala ym. 2012, 5), joita ovat kognitiiviset taidot ja toimintakyky sekä ajattelun taidot. Oppimista voidaan pitää ajatteluna, joten kun opimme ajattelemaan, opimme oppimaan. (Halinen ym. 2016). Oppiminen voidaankin tiivistää seuraavasti, se on: ”Aivojen kuorikerroksen hermoverkon toiminnassa tapahtuvia muutoksia, jotka voi itse havaita omien tulkintojen muutoksina.” (Jaakkola ym. 2017). Tämä kuvaa oppimista aivojen tasolla ja siten ottaa myös huomioon mahdolliset tulkinnat ja käytöksen muutoksen sekä näiden vaikutuksen oppimisprosessiin.

3.2 Muisti ja oppiminen

Oppimisen yhtenä edellytyksenä on kyky tallentaa tietoa muistiin, joten kaikki oppimamme asiat ovat edustettuna muistissa (Koivisto 2006, 195; Paavilainen 2020, 172). Oppimista ja muistia tarkastellaankin usein yhden kokonaisuuden muodostavana kognitiivisena toimintona (Suuntama 2022). Ilmiöinä ne ovatkin kytkeytyneet läheisesti toisiinsa (Paavilainen 2020, 172). Muistijälkiä ja siten myös oppimista tapahtuu aivojen saadessa ympäristöstään ärsykeitä eli viestejä eri aistien välityksellä (Korhonen 2006, 200). Nämä ärsykekokemukset vaativat tiedonkäsittelyä (Kujala 2012, 9), minkä seurauksena aivojen hermoverkon synapsien toimintaominaisuudet muuttuvat (Korhonen 2006, 207). Näitä muutoksia voidaan kutsua muistijäljiksi. (Kujala 2012, 9). Kujalan (2012, 9) mukaan nämä muutokset eivät kuitenkaan näy aivojen rakenteessa eikä muistia voida sijoittaa mihinkään yksittäiseen kohtaan aivoissa, sillä se on valtava monimutkainen sekä päällekkäinen ja hajautettu prosessi.

Kaikki oppimiseen ja muistamiseen liittyvät toiminnot tapahtuvat hermosoluissa ja niiden välisissä kytkennöissä (Kujala 2012, 9). Ne perustuvat yksittäisen hermosolun sisäisiin muutoksiin, mutta toisaalta myös hermoyhteyksien muodostaman hermoverkon ominaisuuksiin (Korhonen 2006, 200). Oppiminen perustuu pääasiassa jo muodostuneihin synaptisiin yhteyksiin ja niiden käyttöönottoon, kun muisti on taas oppimisen tuloksena tallentunut muutos (Korhonen 2006, 200). Oppimisen voidaan ajatella aiheuttavan pysyviä muutoksia hermoston toiminnassa (Kujala 2012, 64). Kognitiivisessa neurotieteessä muistilla viitataan hermoston toiminnassa tapahtuneisiin muutoksiin, kun taas oppimisessa korostuvat enemmän

tapahtumasarjat, joiden kautta kyseiset muutokset syntyvät. (Paavilainen 2020, 172) Oppiminen ja muisti kuvaavatkin saman prosessin eri vaiheita eli oppiminen on prosessi ja muisti on tämän prosessin lopputulos (Korhonen 2006, 201).

Oppiminen ei ole suoraan verrannollinen muistiin, vaikka se on välillä määritelty muistin yhdeksi osa-alueeksi. Tällöin oppimisessa korostuu muistiin painaminen ja tiedon tallentaminen, mitä pidetään yhtenä oppimisen edellytyksenä. (Suuntama 2022, 172) Suuntaman (2022) mukaan oppimisella on kuitenkin muitakin puolia esimerkiksi muistettavan aineksen ymmärtäminen, liittäminen aiempaan tietoon ja kokemuksiin. Muistin ja oppimisen läheistä yhteyttä kuvaa hyvin tämä: ”mitään ei voi oppia ilman muistamista, mutta monitahoisia asioita ei myöskään voi kunnolla muista ilman ymmärtävää oppimista.” (Suuntama 2022, 172).

3.3 Toiminnanohjaus ja oppiminen

Oppimisen kannalta on keskeistä tarkastella kognitiivista prosessia, jota kutsutaan eksekutiiviseksi toiminnanohjaukseksi (Närhi & Korhonen 2006, 261; Syväoja ym. 2012, 14). Eksekutiivinen toiminnanohjaus on sateenvarjotermi tavoitteellisille kognitiivisen toiminnan prosesseille, jotka mahdollistavat toiminnan suunnittelun, säätelyn ja seurannan (Haapala 2013, 55; Hillman ym. 2008, 62; Närhi & Korhonen 2006, 261; Syväoja ym. 2012, 14). Toiminnanohjauksella tarkoitetaan kykyä asettaa tavoitteita, suunnitella toimintatapoja, valita tavoitteen saavuttamisen mahdollistavia toimintoja ja ehkäistä tehtävän kannalta häiritseviä impulsseja. Lisäksi toiminnanohjaukseen kuuluu oman toiminnan tahdonalainen kontrolli, toiminnan arviointi ja joustavuus. Toiminnanohjauksen avulla ohjataan ja säädellään ajattelua ja muita tiedollisia toimintoja, kuten oppimista (Närhi & Korhonen 2006, 261; Syväoja ym. 2012, 14).

Toiminnanohjaukseen kuuluvat taidot mahdollistavat oppimisen ja niiden kehittyminen on osittain riippuvainen oppimisesta (Närhi & Korhonen 2006, 261). Aivojen alueista otsalohko vastaa pääosin toiminnanohjauksesta, mutta se on riippuvainen myös aivojen muiden osien kehityksestä. Etuotsalohkon toiminnanohjauksesta ja ajatteluprosessin säätelämisestä vastaavat aivoalueet kypsyvät viimeisimpinä sillä aivojen kypsyminen noudattaa järjestystä: alhaalta ylös ja takaa eteenpäin. (Närhi & Korhonen 2006, 261; Kujala ym. 2012, 64)

3.4 Oppimisen tutkiminen

Oppimista tarkastellaan usein arvosanojen, tiedollisten toimintojen, käyttäytymisen ja koulunkäynnin näkökulmasta. Liikunnan ja oppimisen välistä yhteyttä tarkastellessa, oppimista mitataan usein oppimistulosten, kuten kouluarvosanojen ja standardoitujen testien kautta (Haapala ym. 2017, 8; Kantomaa ym. 2013, 50). Tutkimuksissa oppimista mitataan hyvin eri menetelmin ja mittarein, mikä osaltaan saattaa vaikeuttaa tulosten tulkintaa ja vertailua (Syväoja ym. 2012, 11). Sama pätee myös oppimiseen keskeisesti liittyviin kognitiivisiin toimintoihin, kuten muistiin ja toiminnanohjaukseen. Usein näitä kognitiivisia toimintoja mitataan kuitenkin objektiivisesti, mutta joissain tutkimuksissa on myös käytetty subjektiivisia mittareita eli esimerkiksi kyselylomakkeita. Fyysisen aktiivisuuden on havaittu kuitenkin parantavan oppimistuloksia, kun oppimista on mitattu oppimistaitojen edistymistä kuvaavilla mittareilla, kuten lukusujuvuutta mittaavalla testillä. Yhteyttä taas ei ole havaittu tutkimuksissa, joissa koulumenestyksen arviointiin on käytetty itsearviota tai standardoituja testejä (Haapala 2022, 37–38). Haapalan (2022) mukaan oppimistaitojen edistämistä kuvaavat mittarit voivat olla herkempiä pienillekin muutoksille kuin esimerkiksi standardoidut testit tai kouluarvosanat.

Yleisimmin tutkimuksissa oppimisen tai kognition mittaamiseen käytetään Flanker -testiä ja Grade point averages (GPA) eli kouluarvosanojen keskiarvoa. Näitä testejä käytettäessä puhutaan akateemisesta osaamisesta, joka sisältää standardoidun testin pisteet lukemisesta, matematiikasta ja kielistä (Rasberry ym. 2011, S12). Standardoituja testejä, joita on tutkimuksissa käytetty ovat esimerkiksi matemaattisia taitoja mittaava Functional Numeracy Assessment (FUNA) -testistö (Mäntylä ym. 2022) ja lukemista mittaava ala-asteen lukutesti (ALLU-testi) (Haapala ym. 2014; Haapala ym. 2017). Tutkimuksissa on myös käytetty erilaisia muistia ja reagointia mittaavia testejä sekä testipatteristoja (Skog ym. 2020). Yleisesti käytettyjä ovat esimerkiksi Ravenin matriisitesti ja stroop- testi. Aivojen toimintoja tarkastellessa on käytetty myös toiminnallista magneettikuvausta (fMRI) sekä event-related brain potentials (ERP) -kuvausta, joka kuvaa neurosähköisiä muutoksia aivoissa aikaan sidotusti. (Chaddock ym. 2011, 6; Hillman ym. 2008, 62)

4 KESTÄVYYSKUNNON JA OPPIMISEN YHTEYTTÄ VÄLITTÄVIÄ TEKIJÖITÄ

Oppimiseen liittyviä tekijöitä on monia ja niiden yhteydet liikuntaan eivät ole yksiselitteisiä (Syväoja ym. 2012, 19–20). On todennäköistä, että liikunta vaikuttaa monen eri tekijän kautta oppimiseen. Näin ollen liikunta ei välttämättä vaikuta suoraan oppimistuloksiin, vaan vaikutus välittyy muiden tekijöiden kautta. (Syväoja ym. 2012, 19–20). Kantomaan ym. (2013) mukaan pelkästään suoran yhteyden tutkiminen liikunnan ja oppimisen välillä ei anna kattavaa kuvaa niin moniulotteisesta ilmiöstä. Liikunnan ja oppimisen välistä yhteyttä tulisikin tarkastella kokonaisvaltaisena, vuorovaikutuksellisena prosessina, jossa biologiset, psyykkiset, sosiaaliset ja tilannetekijät pohjustavat ja vaikuttavat yhdessä siihen (Kantomaa ym. 2013, 15).

Kestävyyskunto sekä runsas fyysinen aktiivisuus ovat olleet yhteydessä hyviin kouluarvosanoihin ja standardoituihin oppiainekohtaisiin tuloksiin (esimerkiksi Álvarez-Bueno ym. 2020; Chaddock-Heymann ym. 2015; Haapala 2013; Haapala 2014; Haapala ym. 2017, 6; Haapala 2022; Hillman 2008; Kantomaa ym. 2013, 15) sekä oppimisen kannalta edulliseen aivojen rakenteeseen (Chaddock ym. 2010; Chaddock ym. 2011; Chaddock-Heyman ym. 2015,7; Erickson ym. 2015, 30; Erickson ym. 2019, 5; Ruotsalainen ym. 2019). Kestävyyskunnolla on luultavasti voimakkaampi yhteys kognitiivisiin prosesseihin, joissa vaaditaan nopeaa tietoista prosessointia, tarkkaavaisuuden suuntaamista sekä inhibitiota, mutta ei päättelykykyä (Haapala 2014, 28). Liikunnan vaikutukset kognitiivisen toiminnan eri ulottuvuuksiin selittävät osaltaan liikunnan ja koulumenestyksen yhteyttä (Syväoja ym. 2012, 14).

Aiemmalla kestävyyskunnolla ja suorituskyvyllä voi olla vaikutuksia kognitiiviseen suorituskykyyn. Ishiharan (2021, 267) mukaan kognitiivista testiä edeltävä fyysinen suorituskyky vaikutti akuutin harjoituksen tuottamiin vasteisiin kognitiivisessa suorituskyvyssä. Tämä tukee Haapalan (2022) havaintoa siitä, että liikunnan tuomat hyödyt ovat suurimpia juuri vähän liikkuvilla. Myös testaustapa voi vaikuttaa yhteyden havaitsemiseen, sillä kestävyyskunnan yhteys kognitioon on löydetty vain, kun mittaamisessa on käytetty juoksumattotestiä tai juosten tehtyjä kenttätestejä (Haapala 2014, 27). Haapalan (2014) mukaan polkupyöräergometritestillä mitattu kestävyyskunto ei ollut yhteydessä kognitioon tai oppimistuloksiin. Polkupyöräergometrillä tehdyssä testissä motoriset taidot tai lihavuus eivät vaikuta merkittävästi suoritukseen toisin kuin juosten tehtävässä testissä, mikä osaltaan kyseenalaistaa pelkän kestävyyskunnan vaikutuksen oppimiseen.

Liikunnallisen elämäntavan merkitystä ei voida korostaa riittävästi, sillä sen omaksuminen lapsuudessa edistää kokonaisvaltaista fyysistä, psyykkistä ja sosiaalista terveyttä sillä hetkellä ja myöhemmin elämässä (Syväoja ym. 2012, 24, 26). Monipuolinen lapsen ikä- ja kehitystasolle sopiva liikunta tukee lapsen kehitystä sekä edistää terveyttä ja hyvinvointia, jotka ovat oppimisen edellytyksiä (Syväoja ym. 2012, 6). Liikunta on elämäntapatekijä, joka voi vaikuttaa fyysiseen ja henkiseen terveyteen läpi koko elämän (Hillman ym. 2008, 59). Liikunnan välittömistä vaikutuksista kognitiiviseen toimintaan on kuitenkin vähän tietoa ja se on osittain ristiriitaista (Syväoja ym. 2012, 5). Luvussa käytetään myös termiä liikunta, sillä itse kestävyyskunnan vaikutuksia oppimiseen on tutkittu vähän ja suurempi liikunnan määrä on yhdistettävissä hyvään kestävyyskuntoon (Lee 2007).

4.1 Kestävyyskunnan fysiologiset vaikutukset

Kestävyyskunto ja liikunta aikaansaavat kehossa monia terveyden kannalta myönteisiä fysiologisia vaikutuksia esimerkiksi verenkierto ja hengityselimistöissä (Syväoja ym. 2012, 23). Nämä anatomiset ja fysiologiset vaikutukset ulottuvat koko kehon lisäksi aivojen aineenvaihduntaan, rakenteisiin ja toimintaan (Kantomaa ym. 2013, 14; Syväoja ym. 2012, 5, 20, 29), mikä saattaa selittää liikunnan ja oppimisen välistä yhteyttä (Syväoja ym. 2012, 20). Erityisesti kestävyyskunnan parantaminen saattaa vaikuttaa oppimisen kannalta myönteisesti aivojen anatomiaan (Chaddock ym. 2010; Chaddock ym. 2011). Kestävyyskunto ja fyysinen aktiivisuus liittyvät aivojen terveyteen (Ruotsalainen ym. 2019, 122). Lopes ym. (2013) korostavat aivojen rakastavan liikuntaa. Liikunta aiheuttaakin aivoissa useita fysiologisia ja kemiallisia muutoksia, jotka ovat erittäin tärkeitä oppimisprosessin kannalta sekä vaikuttavat siihen positiivisesti (Lopes ym. 2013).

Liikunnan vaikutus aivojen rakenteeseen ja toimintaa välittyy motorisiin taitoihin sekä vuorovaikutukseen ja sosiaalisiin taitoihin liittyvien tekijöiden kautta (Kantomaa ym. 2013, 14–15). Kestävyyskunto aiheuttaa sekä pitkä- että lyhytaikaisia muutoksia kognitiivisessa suorituskyvyssä, jotka tapahtuvat oppimisesta ja muistista vastaavilla aivoalueilla (de Bruijn ym. 2019, 201). Myös VO_{2peak} ja työmuistin välillä on positiivinen yhteys sekä VO_{2max} :lla on vahva yhteys visuaaliseen oppimiseen, joten voidaan olettaa, että kestävyyskunnolla pätevät nämä samat yhteydet (Skog ym. 2020, 6). Oppimisen kannalta keskeisimmät fysiologiset vaikutukset ilmenevät kuitenkin aivoissa.

4.1.1 Aivojen toiminta

Liikunnan on havaittu suurentavan aivojen tilavuutta sekä lisäävän aivokuoren aktiivisuutta sen eri osissa. Nämä muutokset näyttäisivät tapahtuvan aivojen rakenteessa ja toiminnassa erityisesti niillä aivoalueilla, joissa kognitiivinen toiminta tapahtuu. Nämä muutokset ovat yhteydessä parempaan kognitiiviseen suoriutumiseen. (Syväoja ym. 2012, 5) Hyvän kestävyyskunnan omaavilla lapsilla on neurosähköisellä tasolla parempi kognitiivinen prosessointi kuin heikomman kestävyyskunnan omaavilla (Chaddock ym. 2010; Haapala 2013, 65).

Liikunnan harrastaminen kehittää motorisia taitoja, jotka kehittyvät yhdessä kognitiivisten taitojen kanssa, sillä niistä vastaavat samat aivoalueet (Syväoja ym. 2012, 5). Motoristen taitojen hallitseminen siis vaikuttaa aivojen kehittymiseen (Haapala ym. 2017, 7), mikä saattaa osaltaan selittää liikunnan vaikutuksia oppimiseen (Syväoja ym. 2012, 5). Myös aerobinen harjoittelu vaikuttaa eri aivotoiminnan osa-alueisiin. Erityisesti sillä on myönteinen vaikutus useisiin aivotoiminnan ja kognition osa-alueisiin. (Hillman ym. 2008, 59, 64) Hyvän kestävyyskunnan ja reippaan liikunnan on havaittu olevan positiivisessa yhteydessä muistiin ja toiminnanohjaukseen (Syväoja ym. 2012, 5, 14). Fyysisen aktiivisuuden on todettu edistävän kognitiivisia toimintoja lapsilla, kuten muistia, tarkkaavaisuutta sekä tiedonkäsittely- ja ongelmanratkaisutaitoja (Syväoja ym. 2012, 5).

4.1.2 Aivojen rakenne

Aerobinen kunto edesauttaa aivojen rakenteellisen ja toiminnallisen kunnan ylläpitämistä ja mahdollistaa siten tehokkaan kognitiivisen toiminnan läpi elämän (Nokia ym. 2017, 3). Nokian ym. (2017, 3) mukaan aerobinen kunto välittää luultavasti fyysisen aktiivisuuden ja kognitiivisen suorituskyvyn yhteyttä esimerkiksi oppimisen ja muistin kannalta keskeisiin aivorakenteisiin. Osa liikunnan ja tiedollisten toimintojen yhteydestä perustuu muutoksiin aivojen rakenteissa (Syväoja ym. 2012, 20).

Nuorten aerobisella kunnolla on yhteys aivotilavuuteen, mikä voi selittyä geneettisten tekijöiden roolilla (Ruotsalainen ym. 2019, 126). Geneettiset tekijät ja aerobinen kunto vaikuttavat negatiivisesti vasemman yläetuaivokuoren tilavuuteen (Ruotsalainen ym. 2019,

126, 125). Aerobinen kunto vaikuttaa kuitenkin positiivisesti tyviganglioiden (basal ganglia) tilavuuteen (Chaddock ym. 2010, 254; Haapala 2013, 55), jotka osallistuvat motorisen toiminnan säätelyyn (Chaddock ym. 2010; Ruotsalainen ym. 2019, 125–126) ja ne ovat tärkeitä aivoalueita toiminnanohjauksen ja oppimisen kannalta (Chaddock ym. 2010; Syväoja & Jaakkola 2017, 235). Lasten hyvä kestävyyskunto on myös yhteydessä suurempaan hippokampukseen (Chaddock ym. 2010; Syväoja & Jaakkola 2017, 235), mikä puolestaan merkitsee parempaa tiedollista suoriutumista (Chaddock ym. 2010).

Säännöllinen liikunta saattaa vaikuttaa lasten aivojen rakenteisiin ja toimintaan vahvistamalla erityisesti hermoverkkoja niiden aivoalueiden välillä, joissa toiminnanohjaus ja muistitoiminnot tapahtuvat. Tätä kautta liikunta voi vaikuttaa edistää lasten tiedollista kehitystä ja oppimista (Chaddock ym. 2010). Säännöllinen liikunta kasvattaa aivoissa olevien hiussuonten määrää (Syväoja ym. 2012, 20). Lisäksi se synnyttää uusia hermosoluja erityisesti hippokampukseen, joka on muistin ja oppimisen keskus (Syväoja ym. 2012, 20; Syväoja & Jaakkola, 2017, 235). Suurempi hippokampuksen ja tyvitumakkeiden etuosien tilavuus viittaisi siihen, että säännöllinen liikunta lisää toiminnanohjaukseen liittyvien aivoalueiden tilavuutta (Chaddock ym. 2010; Syväoja ym. 2012, 20).

Parempi fyysinen kunto osoitti pienentynyttä harmaan aineen määrää aivoissa (Chaddock-Heyman ym. 2015, 7). Parempi kestävyyskunto voidaan yhdistää aivojen parantuneeseen synaptiseen plastisuuteen ja harmaan aineen kehitykseen sekä valkoisen aineen eheyteen lapsilla ja nuorilla (Hillman & Biggan 2017, 170; Skog ym. 2020, 6). Suurempi valkean aineen määrä on lapsilla yhteydessä parempaan aivojen toimintaan (Chaddock-Heyman ym. 2018). Myös aivokuoren harmaalla aineella on todettu olevan yhteydessä kestävyyskuntoon nuorilla (Chaddock-Heyman ym. 2015). Nämä aivotason rakenteelliset ja toiminnalliset muutokset voivat selittää kestävyyskunnan ja kognition välistä yhteyttä (Skog ym. 2020, 6).

4.1.3 Aivojen aineenvaihdunta

Säännöllinen kestävyystyyppinen liikunta edistää hiusverisuonten syntymistä ja siten aivojen aineenvaihduntaa (Syväoja & Jaakkola 2017, 234), mikä osaltaan parantaa aivojen verenkiertoa ja hapensaantia sekä lisää välittäjäaineiden ja kasvutekijöiden tasoja sekä neurotrofiinien tuotantoa (Kantomaa ym. 2013, 14; Syväoja ym. 2012; Syväoja & Jaakkola 2017, 234). Neurotrofiinit ovat hermosolujen toimintaa tukevia kemikaali (Kantomaa ym. 2013, 14:

Syväoja ym. 2012; Syväoja & Jaakkola 2017, 234) ja vahvistaa hermosolujen välisiä yhteyksiä (Syväoja ym. 2012, 5). Lihakset tuottavat työskennellessään verenkiertoon useita molekyylejä, myokiinejä (Febbraio & Pedersen 2005, Nokian ym. 2017, 15 mukaan). Osa näistä kykenee läpäisemään aivo-veriesteen ja vaikuttamaan suoraan keskushermoston soluihin (Nokia ym. 2017, 15). Tätä mekanismia kutsutaan lihas-aivoakseliksi (Nokia ym. 2017, 15). Myokiinit vaikuttavat keskushermoston ja hippokampuksen plastisuuteen verenkierron kautta (Cooper ym. 2017, Nokian ym. 2017, 15 mukaan).

Aivoperäinen neurotrofinen tekijä (BDNF) on välttämätön muistille ja oppimiselle (Haapala 2022, 37). Sen lisääntyminen fyysisen aktiivisuuden ja aerobisen kunnon seurauksena helpottaa oppimista ja ylläpitää kognitiivisia toimintoja (Hillman ym. 2008). Hillmanin ym. (2008) mukaan BDNF vaikuttaa positiivisesti synaptiseen plastisuuteen toimimalla hermostoa suojaavana aineena, lisäämällä aivoverenkiertoa ja parantamalla neurosähköistä toimintaa. Harjoittelemalla hankittu ja synnynnäinen aerobinen kapasiteetti (Nokia ym. 2017, 15) sekä BDNF- tasot erilaisten vaikutusten kautta näyttävät edistävän hippokampuksen pykäläpoimun neurogeneesiä (Hillman ym. 2008). Tämä voisi olla yksi mekanismi, joka välittää aerobisen kunnon positiivista vaikutusta kognitiiviseen toimintaan, kuten työmuistiin ja oppimiseen (Chaddock ym. 2011, 5).

4.2 Kestävyyskunnan psykososiaaliset yhteydet oppimiseen

Oppimisen ja liikunnan välistä yhteyttä voivat myös selittää muut välittävät tekijät, jotka eivät vaikuta oppimistuloksiin suoraan. Tällöin kyseessä ovat psykososiaaliset tekijät, kuten esimerkiksi oppilaan minäkäsitys tai sosioekonominen asema (Syväoja ym. 2012, 9, 18). Tyypillisesti liikunta aiheuttaa ihmisissä positiivisia tunteita sekä lisää virikkeiden ja sosiaalisten suhteiden määrää. Nämä kaikki edistävät tai ainakin suojelevat yksinään aerobisen kunnon kehittymisen ohella kognitiivisia kykyjä (Nokia ym. 2017, 15). Lisäksi liikunnan myönteisistä vaikutuksista oma merkityksensä oppimiseen on vuorovaikutuksella, itsetunnolla ja kouluviihtyvyydellä. Nämä saattavat selittää osaltaan liikunnallisesti aktiivisten lasten hyviä oppimistuloksia. (Syväoja ym. 2012, 5) Keskeinen liikunnan ja oppimisen välistä vuorovaikutusta selittävä tekijä on sosiaalinen vuorovaikutus, jonka kautta liikunnan hyödyt siirtyvät oppimiseen (Syväoja ym. 2012, 21). Aiemmin oppimista käsittelevässä luvussa todettiin, että oppimisessa keskeistä on vuorovaikutus. Vuorovaikutukseen perustuvan oppimisen keskeisiä mekanismeja ovatkin kyky yhteisölliseen työskentelyyn, vastuun

ottamiseen, aloitteellisuuteen ja itsearviointiin (Scardamalia & Bereiter 2003) sekä oman itseohjautuvuuden kehittämiseen ja erilaisten ihmisten kohtaamiseen (Kantomaa 2013, 14; Syväoja ym. 2012, 5). Liikunnan harrastaminen tarjoaa mahdollisuuksia sosiaaliseen vuorovaikutukseen, mikä osaltaan selittää tätä yhteyttä (Syväoja ym.2012, 21).

Lapsilla ja nuorilla, joiden sosioekonominen asema on korkeampi voi olla paremmat mahdollisuudet osallistua organisoituun liikuntaan (Jaakkola ym. 2021, 5; Kantomaa ym. 2013, 13), mikä taas vaikuttaa osaltaan sosiaalisen vuorovaikutuksen mahdollisuuksiin. Jaakkolan ym. (2021, 5) mukaan lasten ja nuorten sosioekonomisella asemalla voi olla vaikutusta liikuntataitojen ja matemaattisten perustaitojen oppimisen väliseen yhteyteen. Sosioekonomisella asemalla on myös havaittu vaikutuksia terveystottumuksiin (Ikävalko ym. 2018, 1), jotka taas vaikuttavat lasten koulumenestykseen (Syväoja ym. 2012, 22). Lapset omaksuvat terveystottumukset yleensä huoltajiltaan, joten huoltajien ja heidän lastensa terveyskäyttäytyminen korreloi vahvasti lasten psykologisen hyvinvoinnin kanssa (Ikävalko ym. 2018, 7–8). Ikävalkon ja kollegoiden (2018) tutkimuksessa heikomman psykologisen hyvinvoinnin omaavilla tytöillä oli matalampi kestävyyskunto kuin normaalin psykologisen hyvinvoinnin omaavilla tytöillä. Tutkimuksissa on tarkasteltu liikunnan vaikutusta lasten psyykkiseen terveyteen, esimerkiksi ahdistuneisuuteen, masennukseen, itsetuntoon ja minäkäsitykseen. Liikunnan on todettu tukevan minäkäsitystä ja itsetuntoa lapsilla (Syväoja ym. 2012, 5, 9) sekä lievittävän ahdistuneisuuden ja masennuksen oireita (Strong ym. 2005). Liikunta parantaa tunnetusti mielialaa, mutta vaikutusmekanismia ei kuitenkaan tunneta kovin hyvin (Nokia ym. 2017, 15).

Liikunta sekä kestävyyskunto vaikuttavat luokkahuonekäyttäytymiseen positiivisesti auttamalla lapsia suuntaamaan huomionsa akateemisiin tehtäviin (Quka & Selenica 2022, 6) ja tarjoamalla mahdollisuuden käsitellä tunteita (Kantomaa ym. 2013, 14; Syväoja ym. 2012, 22). Liikunta aiheuttaa aivoissa muutoksia, jotka kehittävät positiivisia selviytymismenetelmiä, jotka edistävät myönteisesti oppimiseen liittyvien tunteiden syntymistä (Syväoja ym. 2012, 22). Nämä tunteet ovat keskeisessä roolissa koulussa viihtymisessä, mikä näkyy poissaoloissa. Hyväkuntoisilla oppilailla on vähemmän poissaoloja verrattuna huonokuntoisempiin (Syväoja ym. 2012, 5). Lihavuus voi aiheuttaa koulukiusaamista ja on myös yhdistettävissä heikompaan koulumenestykseen (Datar ym. 2012), joten se voi osaltaan selittää liikunnan ja oppimisen välistä yhteyttä. Tämä on huolestuttavaa, koska lasten ja nuorten lihavuus on yleistynyt

kehittyneissä maissa (Datar ym. 2012; Hillman ym. 2008, 58) ja vastaavasti samaan aikaan kestävyyskunto on heikentynyt (Huotari ym. 2010; Huhtiniemi 2021, 14).

4.3 Sukupuoli ja oppiaine yhteyttä välittävinä tekijöinä

Liikunnan sekä kestävyyskunnan yhteyksistä eri oppiaineissa suoriutumiseen sekä sukupuolen vaikutuksesta yhteyteen on tutkimuksissa saatu ristiriitaista tietoa. Suurimmassa osassa tutkimuksista (esimerkiksi Álvarez -Bueno ym. 2020; Bass ym. 2013; de Bruijn ym. 2019; Donnelly ym. 2016; Haapala 2013; Syväoja ym. 2019) on havaittu yhteys liikunnan ja koulumenestyksen välillä. Osassa tutkimuksista (Chaddock-Heyman ym. 2015; Haapala ym. 2017; Jaakkola ym. 2021; Singh ym. 2019) on havaittu yhteys erityisesti matemaattiseen osaamiseen, kun taas on tutkimuksia (Haapala ym. 2016) joissa on havaittu ainoastaan yhteys kielelliseen osaamiseen. Reed kollegoineen (2010) löysi positiivisen yhteyden myös humanistisiin ja yhteiskunnallisiin oppiaineisiin, mutta ei merkittävää yhteyttä matemaattiseen ja kielelliseen osaamiseen. On myös tutkimuksia, joissa liikunnan tai kestävyyskunnan yhteyttä oppimiseen ei havaittu ollenkaan (Haapala ym. 2014; Syväoja ym. 2021).

Singh kollegoineen (2019) tarkasteli järjestelmällisessä kirjallisuuskatsauksessa liikuntainterventioiden vaikutusta oppimistuloksiin. Katsauksessa mukana olleista tutkimuksista raportoiduista vaikutuksista 60 prosenttia oli positiivisia. Eri oppiaineittain tarkasteltuna fyysinen aktiivisuus oli vahvemmin yhteydessä matemaattisiin oppimismuuttujiin kuin kielelliseen oppimiseen liittyviin muuttujiin. (Singh ym. 2019) Yhteydet ovat ristiriitaisia myös, kun asiaa tarkastellaan sukupuolen näkökulmasta. Eveland-Sayersin ym. (2009) löysivät yhteyden tyttöjen osalta, mutta eivät pojilla. Kwak ym. (2009) havaitsivat yhteyden puolestaan poikien hyvän kestävyyskunnan ja koulumenestyksen välillä, mutta tytöillä samaa yhteyttä ei havaittu. Nämä toisistaan eroavat tutkimustulokset, niin sukupuolen kuin oppiaineidenkin välillä, vahvistavat ilmiön moniulotteisuutta.

5 POHDINTA

Tässä kirjallisuuskatsauksessa päätarkoituksena oli selvittää vaikuttaako kestävyyskunto peruskouluikäisten lasten ja nuorten oppimiseen. Näkökulma rajautui kognitiivisista toiminnoista oppimisen kautta tarkasteluun aina, kun tämä oli mahdollista sekä tarkoituksenmukaista tehdä. Myös kestävyyskuntoa tarkasteltiin mahdollisuuksien mukaan erillään fyysisestä aktiivisuudesta ja liikunnasta. Päätuloksena oli, että kestävyyskunnolla on myönteinen vaikutus lasten ja nuorten oppimiseen. Vaikka tuloksissa oli ristiriitaisuutta, voidaan todeta, että parempi kestävyyskunto (esim. Álvarez-Bueno ym. 2020; Haapala 2013, 6; Hillman ym. 2008, 63; Hillman & Biggan 2017; Jaakkola ym. 2021; Kantomaa ym. 2013, 13) ja suurempi fyysisen aktiivisuuden määrä (Donnelly ym. 2016; Erickson ym. 2019; Haapala 2013, 65; Haapala ym. 2016; Hillman & Biggan 2017; Kantomaa ym. 2013, 15) ennustivat oppimiselle suotuisampaa aivojen rakennetta ja toimintaa (Chaddock ym. 2010; Chaddock ym. 2011; Chaddock-Heyman ym. 2015, 7; Erickson ym. 2015, 30; Ruotsalainen ym. 2019) sekä parempia oppimistuloksia.

Liikunnan vaikutusta kognitiivisiin toimintoihin ja oppimiseen on tutkittu paljon varsinkin ikääntyneellä väestöllä, mutta lapsilla ja nuorilla kestävyyskunnan vaikutusta oppimiseen tai oppimistuloksiin on tutkittu vasta vähän. Yhteyttä välittävistä biologisista mekanismeista oleva tutkimusnäyttö on vähäistä (Hillman & Biggan 2017). Tutkimuksissa oppimista ja kestävyyskuntoa on mitattu erilaisin menetelmin, mikä saattaa osaltaan selittää tutkimustuloksien ristiriitaisuuden. Tieteellisessä tutkimuksessa lähtökohtana on se, ettei tutkimukseen osallistumisesta aiheudu tutkittavalle merkittäviä haittoja tai riskejä (Tutkimuseettinen lautakunta 2019, 7), joten oppimisen mittaaminen muulla tavoin kuin oppimistuloksia tarkastellen on haastavaa (Haapala 2022, 37). Tämä tekee kestävyyskunnan ja oppimisen välisen suoran yhteyden haastavaksi tutkia. Suuressa osassa tutkimuksista ja katsauksista on kuitenkin löydetty positiivisia yhteyksiä kestävyyskunnan ja oppimisen välille (esim. Álvarez-Bueno ym. 2020; Haapala 2013, 65; Haapala ym. 2017, 6; Hillman ym. 2008, 63; Hillman & Biggan 2017; Jaakkola ym. 2021; Kantomaa ym. 2013, 13; Skog ym. 2020, 5), mutta on myös niitä tutkimuksia, joissa tätä yhteyttä ei ole havaittu (esim. Haapala ym. 2014; Haapala ym. 2019; Syväoja ym. 2021). On myös tutkimuksia, joissa yhteys on löytynyt oppiaineesta (esim. Chaddock-Heyman ym. 2015; Jaakkola ym. 2021; Singh ym. 2019; Haapala 2016; Reed 2010) tai sukupuolesta (Eveland-Savers ym. 2009; Kwak ym. 2009) riippuen. Kuitenkin ne tutkimukset, joissa kestävyyskunnolla tai fyysisellä aktiivisuudella olisi

ollut negatiivinen yhteys kognitiivisiin toimintoihin ja oppimiseen, loistavat poissaolollaan. Tästä voisikin vetää johtopäätöksen, että hyvästä kestävyyskunnosta ei ole ainakaan haittaa oppimiselle.

Tämän kirjallisuuskatsauksen mukaan liikunnalla on myönteisiä vaikutuksia lasten ja nuorten oppimiselle. Álvarez-Bueno ym. (2020) tekivät kestävyyskunnan vaikutuksista koulumenestykseen laajan systemaattisen katsauksen sekä meta-analyysin. He tulivat tulokseen, että kestävyyskunto on positiivisesti yhteydessä koulumenestykseen ja että yhteydet riippuvat väestötasontekijöistä (ikä, sukupuoli, sosioekonominen asema) sekä yksilöllisistä kestävyyskunto-ominaisuuksista (Álvarez-Bueno ym. 2020). Kestävyyskuntoon liittyvät ominaisuudet ovat kuitenkin hyvin vahvasti periytyviä (Lintu ym. 2018, 38; Schutte ym. 2016, 210, 217–218) ja niiden irrallista vaikutusta oppimiseen on haastavaa tarkastella. Kestävyyskunnan rinnalla tutkimuksissa on nostettu esille paljon motoristen taitojen merkitystä oppimiseen ja tiedolliseen toimintaan (de Bruijn ym. 2019; Haapala 2013; Haapala ym. 2014; Haapala ym. 2017, 6–7; Haapala ym. 2019; Jaakkola ym. 2021; Kantomaa ym. 2013, 14; Lopes ym. 2013; Mäntylä ym. 2022; Syväoja ym. 2019). Sekä kestävyyskunnolla että motorisilla taidoilla on siis löydetty myönteisiä vaikutuksia oppimiseen ja kognitiiviseen toimintaan, joten niiden vaikutukset luultavasti ilmenevät hieman eri tavoin.

Omasta kestävyyskunnosta olisi hyvä pitää huolta läpi elämän, koska sillä on monia myönteisiä terveysvaikutuksia koko kehoon ja aivoihin koko elämän ajan (Nokia ym. 2017, 15; Syväoja ym. 2012, 23; Tremblay ym. 2011). Tähän keskeisenä tekijänä on liikunnallisen elämäntavan omaksuminen lapsuudessa, joka yleensä säilyy aikuisuuteen asti (Kaseva ym. 2016). Liikunnallisen elämäntavan omaksuminen on myös yksi liikunnanopetuksen tavoitteista opetussuunnitelman perusteissa (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, 434). Olisikin tärkeää, että lasten ja nuorten elämässä mukana olevat aikuiset tiedostaisivat ja tunnistaisivat tämän mahdollisuuden tukea liikunnallisen elämäntavan syntymistä ja sen vaikutuksia terveyteen nyt ja myöhemmällä iällä. Eräs keino tukea liikunnallisen elämäntavan syntymistä on huolehtia liikuntapaikoista ja -mahdollisuuksista. Yleisimmin lasten ja nuorten liikunta on omaehtoista ja se tapahtuu kevyenliikenteenväylillä (Martin ym. 2023, 29). Elinympäristömme fyysiset vaatimukset ovat kuitenkin vähentyneet, mikä on johtanut kestävyyskunnan laskuun lapsilla ja nuorilla (Haapala ym. 2017, 5; Huotari ym. 2010). Useimmissa tutkimuksissa kestävyyskunnolla on kuitenkin merkittävät vaikutukset lasten ja nuorten terveyteen, kasvuun ja kehitykseen (Haapala ym. 2017, 6; Kantomaa ym. 2013, 13),

sekä oppimiseen (esim. Álvarez -Bueno ym. 2020; Chaddock-Heyman ym. 2015; de Bruijn ym. 2019; Donnelly ym. 2016; Haapala 2013; Haapala ym. 2016; Haapala ym. 2017; Jaakkola ym, 2021; Singh ym. 2019; Syväoja ym. 2019). Olisikin tärkeää kannustaa ja innostaa nuoria kestävyysliikunnan pariin sekä tarjota siitä positiivisia kokemuksia. Monille lapsille on tänä päivänä vierasta se, että he hengästyvät, hikoilevat tai tuntevat väsymystä liikunnan aikana. Nämä epämieluisat tunteukset johtavat usein liikuntasuorituksen lopettamiseen. Koululiikunnassa olisikin tärkeää tuoda näitä piirteitä esille ja myös altistaa lapset ja nuoret epämieluisille tuntemuksille, jolloin ne eivät olisi enää heille vieraita tai pelottavia.

Opetussuunnitelmassa lasten ja nuorten kasvun ja kehityksen tukeminen on huomioitu monin tavoin. Perusopetuksen tarkoituksena on luoda hyvät edellytykset oppilaiden kasvulle, kehitykselle ja oppimiselle (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, 9). Opetussuunnitelman perusteissa oppimiskäsityksen mukaan oppilas on aktiivinen toimija ja oppiminen on erottamaton osa yksilön kasvua ja yhteisön kannalta hyvän elämän rakentamista. Opetussuunnitelmassa oppiaineena liikunnan tehtävä on vaikuttaa oppilaiden hyvinvointiin tukemalla fyysistä, sosiaalista ja psyykkistä toimintakykyä. (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014) Voidaan siis ajatella, että koulussa toteutettava liikunta voi parhaimmillaan tukea perusopetukselle asetettuja tavoitteita ja liikuntaoppiaineen tehtävää samanaikaisesti sekä samaan aikaan tukea ja edistää oppilaiden kasvua, kehitystä ja toimintakykyä.

Vapaa-ajalla, urheiluseurassa ja koulussa toteutetulla fyysisellä aktiivisuudella saattaa olla toisistaan eroavia vaikutuksia oppimiseen. On tärkeää huomioida kestävyyskunnan ja oppimisen välisestä yhteydestä se puoli, että tavoitteelliseen urheilutoimintaan osallistuvilla lapsilla ja nuorilla motivaatio sekä liikuntaan että oppimiseen voi erota muista. (Haapala 2022, 37) Esimerkiksi hyvin ammattimainen urheiluharrastus voi viedä aikaa opiskelulta (Haapala 2022, 37; Jaakkola ym. 2021, 2507), jolloin fyysisen aktiivisuuden tuoma potentiaali oppia jää täysipainoisesti hyödyntämättä. Jaakkola ym. (2021, 2507) tutkimuksessa tämä ilmeni siten, että eniten ja vähiten liikkuvien nuorten välillä ei löydetty eroa matemaattisia taitoja mittaavissa testeissä. Yhteys havaittiin ainoastaan liikunnallisesti tähän väliin jäävällä ryhmällä (Jaakkola ym. 2021, 2507). Kouluaikana toteutettu liikunta voisikin edistää oppimistuloksia enemmän kuin vapaa-ajalla toteutettu harrasteliikunta (Haapala 2022, 37; Rasberry ym. 2011). Tämä korostaa entisestään koulun roolia lasten liikuntakasvatuksessa ja liikunnan mahdollisuuksien tarjoamisessa. Ratkaisuna koulupäivän liikunnallistamisessa voisi toimia liikunnan

integroiminen luokkahuoneopetukseen sekä toisinpäin. On myös tärkeää sisällyttää koulupäivään riittävät tauot, joiden aikana oppilailla on mahdollisuus liikkua. Tällöin oppilailla on mahdollisuus purkaa energiaa ja oppitunneilla keskittyminen on helpompaa (Haapala 2022, 38; Kantomaa ym. 2013, 14). Kouluissa olisi hyvä tunnistaa mahdollisuudet tukea lasten ja nuorten oppimista liikunnan avulla, sillä samalla tuetaan heidän kasvamistaan toimintakykyisiksi yhteiskunnan jäseniksi.

Tämän kirjallisuuskatsauksen vahvuutena on laaja perehtyminen olemassa olevaan lähdekirjallisuuteen, sekä monipuolisten lähteiden käyttäminen. Työssä käytetyt lähteet ovat sekä kansainvälisiä että kotimaisia ja niiden kautta on mahdollista hahmottaa tämän aihepiirin keskeiset tutkijat sekä kotimaassa että ulkomailla. Lisäksi työssä käytetyt tutkimusartikkelit ovat vertaisarvioituja ja suurin osa niistä on hyvin tuoreita julkaisuja. Vahvuutena tässä työssä on aiheen tarkastelu monipuolisista näkökulmista. Työn sisältö ja käsitteistö ovat sekä liikuntatieteiden että psykologian aihepiireistä ja työssä sivutaan myös neurotieteiden aiheita. Työssä on esitelty kognitiivisiin toimintoihin, muistiin ja toiminnanohjaukseen liittyvää perustietoa neurotieteiden ja käyttäytymisen osalta, jotta lukijalla olisi riittävä tietopohja oppimisprosessia käsiteltäessä.

Työn aiheen ja monialaisen lähdekirjallisuuden laajuus on myös toisaalta osittainen heikkous. Aihetta olisi voinut yrittää rajata vielä tarkemmin esimerkiksi lasten ja nuorten iän suhteen tai keskittyä tarkastelemaan pelkästään kestävyyskunnan fysiologisia tai psykososiaalisia yhteyksiä oppimiseen. Vaikka työtä oli rajattu jo koskemaan peruskouluikäisiä lapsia ja nuoria, oli ikä yhtenä sekoittavana tekijänä ja tutkimuksissa oli yleensä keskitytty joko peruskoulun alaluokkiin tai vastaavasti yläluokkiin ja lukiolaisiin. Myös kestävyyskunnan fysiologisten ja psykososiaalisten yhteyksien tarkastelu oppimiseen toi oman haasteensa yhtenäisen lopputuloksen muodostamiselle, sillä aiheeseen liittyy tällöin paljon sekoittavia ja välillisiä tekijöitä. Mikäli aihetta olisi rajattu tarkemmin, olisi yksittäisiä tutkimuksia ollut mahdollista avata tarkemmin ja niiden pohjalta olisi saanut esiin vielä paremman kuvan siitä, mitä kautta kestävyyskunto on yhteydessä oppimiseen minkäkin ikäisillä.

Heikkoutena tässä työssä on myös osittainen käsitteiden vaihtelevuus työn aikana. Vaikka valittujen käsitteiden käyttöä on perusteltu ja selitetty katsauksen eri vaiheissa, voi etenkin aiheeseen perehtymättömällä lukijalla olla vaikeuksia pysyä mukana ja linkittää asioita yhteen. Ilman ymmärrystä aiheesta, voi käsitteiden vaihtelu rikkoa työn loogisuutta paljonkin.

Käsitteisiin liittyen, työn otsikossa on kestävyyskunto ja oppiminen, mutta tarkasti ottaen kestävyyskunnan yhteydet oppimiseen ovat hyvin samansuuntaiset tämänhetkisen tutkimustiedon valossa kuin liikunnan ja fyysisen aktiivisuuden. Myös oppiminen on haastava käsite, sillä monet siihen liittyvät vaikutusmekanismit ovat enemmän kognitiivisissa toiminnoissa ja erityisesti toiminnanohjauksessa ja muistissa. Nämä ovat kuitenkin itsestäänkin jo niin laajoja toimintoja, että niiden syvempään tarkasteluun ei olisi tämän työn laajuus riittänyt, eikä se olisi ollut tarkoituksenmukaista työn aiheen kannalta. Osittain siis tämä otsikon rajaus on toimiva ratkaisu, sillä se jättää myös mahdollisuuksia tarkastella kestävyyskunnan ja oppimisen yhteyttä muidenkin tekijöiden näkökulmasta, kuin vain kognitiivisten toimintojen. Täyden kuvan saamiseksi yhteyksistä kestävyyskunnan ja oppimisen välillä, olisi siis täytynyt tutkia myös kestävyyskunnan yhteyksiä toiminnanohjaukseen ja muistiin. Tätä puutteellista kuvaa olen kuitenkin yrittänyt täydentää selittämällä näiden keskeisimmät yhteydet oppimiseen ja myöhemmin työssä tarkentanut onko kyse muistista, kognitiivista toiminnoista vai toiminnanohjauksesta.

Jatkotutkimuksena tästä aiheesta olisi myös mielenkiintoista selvittää tarkemmin millainen taso kestävyyskunnolla täytyy olla, jotta kyseiset vasteet vaikuttavat myönteisesti oppimiseen ja näkyvät oppimistuloksissa. Olisi myös mielenkiintoista selvittää tarkemmin motoristen taitojen ja kestävyyskunnan yhteyttä sekä oppimiseen että niiden välisiin selittäviin tekijöihin. Vaikuttavatko motoriset taidot ja kestävyyskunto yksinään oppimiseen vai tarvitsevatko ne toisensa positiivisten vaikutusten aikaansaamiseksi? Olisi myös mielenkiintoista selvittää mikä muiden fyysisen kunnon osa-alueiden yhteys oppimiseen on, jolloin voitaisiin kehittää koulujen liikuntakulttuuria oppimista tukevaan suuntaan. Tällöin kuitenkin tulisi selvittää realistiset mahdollisuudet toteuttaa tämän suuntaista liikuntaa kouluissa ja opettajakunnan ja oppilaiden kiinnostus ja innostus toimintaan. Toisena jatkotutkimusaiheena olisi mielenkiintoista varsinkin opettajan työn kannalta selvittää, mitkä yhteyttä selittävien ja sekoittavien tekijöiden roolit ovat yksinään. Onko hyvä kestävyyskunto yksinään vain mahdollistaja erilaisille oppimiseen positiivisesti vaikuttaville psykososiaalisille ja muille tekijöille vai onko sen aikaansaamat fysiologiset muutokset eniten yhteyttä selittävä tekijä. Koulun toimintakulttuurin kannalta nämä olisivat keskeisiä keinoja vaikuttaa myönteisesti lasten ja nuorten oppimiseen ja sitä kautta kokonaisvaltaiseen hyvinvointiin. Kaikki keinot, joilla voidaan tukea lasten ja nuorten hyvinvointia, ovat äärettömän tärkeitä.

LÄHTEET

- Álvarez-Bueno, C., Hillman, C. H., Cavero-Redondo, I., Sánchez-López, M., Pozuelo-Carrascosa, D. P. & Martínez-Vizcaíno, V. (2020). Aerobic fitness and academic achievement: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sports sciences* 38(5), 582-589. DOI: 10.1080/02640414.2020.1720496.
- Armstrong, N. & Welsman, J. (1994). Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exercise and sport science reviews* 22, 435–476. DOI: 10.1249/00003677-199401000-00016.
- Balota, D. A. & Marsh, E. J. (2004). *Cognitive psychology: An overview*. Teoksessa D.A. Balota & E.J. Marsh (toim.) *Cognitive psychology*. New York: Psychology Press, 1-19.
- Baquet, G., van Praagh, E. & Berthoin, S. (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Medicine* 33(15),1127-43. DOI: 10.2165/00007256-200333150-00004.
- Bass, R. W., Brown, D. D., Laurson, K. R. & Coleman, M. M. (2013). Physical fitness and academic performance in middle school students. *Acta Paediatrica* 102, 832-837. DOI:10.1111/apa.12278.
- Chaddock- Heyman, L., Erickson, K. I., Kienzler, C., King, M., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Hillman, C. H. & Kramer, A. F. (2015). The role of aerobic fitness in cortical thickness and mathematics achievement in preadolescent children. *PLoS One* 10(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134115>
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Kim, J. S., Voss, M. W., Vanpatter, M., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Konkel, A., Hillman, C. H., Cohen, N. J. & Kramer, A. F. (2010). A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain research*, 1358, 172–183. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.08.049>.
- Chaddock, L., Pontifex, M. B., Hillman, C. H. & Kramer, A. F. (2011). A Review of the Relation of Aerobic Fitness and Physical Activity to Brain Structure and Function in Children. *Journal of the Neuropsychological Society* (17), 1-11. doi:10.1017/S1355617711000567.
- Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Kienzler, C., Drollette, E. S., Raine, L. B., Kao, S. C., Bensken, J., Weissshappel, R., Castelli, D. M., Hillman, C. H. & Kramer, A. F. (2018). Physical Activity Increases White Matter Microstructure in Children. *Frontiers in neuroscience*, 12, 950. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00950>.

- Chaddock-Heyman, L., Hillman, C.H., Cohen, N.J. & Kramer, A.F. (2014). The importance of physical activity and aerobic fitness for cognitive control and memory in children. *Monographs of the Society for Research in Child Development* 79 (4), 25-50.
- Datar, A., Sturm, R. & Magnabosco, J. L. (2012). Childhood overweight and academic performance: National study of kindergartners and first-graders. *Obesity research*. 12(1), 58-68. <https://doi.org/10.1038/oby.2004.9>.
- de Bruijn, A. G. M., Konstons, D. D. N. M., van der Fels, I.M.J., Visscher, C., Oosterlaan, J., Hartman, E. & Bosker, R. J. (2019). Importance of aerobic fitness and fundamental motor skills for academic achievement. *Psychology of Sport & Exercise* 43, 200-209. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.02.011>.
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K. & Szabo-Reed, A. N. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 48(6), 1223-1224. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000966.
- Erickson, K. I., Hillman, C., Stillman, C. M., Ballard, R. M., Bloodgood, B., Conroy, D. E., Macko, R., Marquez, D. X., Petruzzello, S. J. & Powell, K. E. (2019). Physical activity, cognition, and brain outcomes: a review of the 2018 physical activity guidelines. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 51(6), 1242-1251. DOI:10.1249/MSS.0000000000001936.
- Erickson, K. I., Hillman, C.H. & Kramer, A. F. (2015). Physical activity, brain, and cognition. *Current opinion in behavioral Sciences* 4, 27-32. DOI: 10.1016/j.cobeha.2015.01.005
- Eveland-Sayers, B. M., Farley, R. S., Fuller, D. K., Morgan, D. W. & Caputo, J. L. (2009). Physical fitness and academic achievement in elementary school children. *Journal of physical activity & health* 6(1), 99–104. <https://doi.org/10.1123/jpah.6.1.99>.
- Haapala, E. (2013). Cardiorespiratory Fitness and Motor Skills in Relation to Cognition and Academic Performance in children – A Review. *Journal of Human Kinetics* (36), 55–68. DOI: 10.2478/hukin-2013-0006.
- Haapala, E. A. (2014). Fyysinen aktiivisuus voi tukea oppimista ja koulumenestystä. *NMI-bulletin. Niilo Mäki -säätio* 24(4), 22–33.
- Haapala, E. A. (2022). Liikunta- ihmelääke oppimiseen? *Liikunta & Tiede* 59(5), 36–38.
- Haapala, E. A., Poikkeus, A-M., Tompuri, T., Kukkonen-Harjula, K., Leppänen P.H.T., Lindi. V. & Lakka, T. A. (2014). Association of motor and cardiovascular performance with academic skills in children. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 46(5), 1016-1024. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000186.

- Haapala, E. A., Väistö, J., Lintu, N., Westgate, K., Ekelund, U., Poikkeus, A-M., Brage, S. & Lakka, T. A. (2016). Physical activity and sedentary time in relation to academic achievement in children. *Journal of science and medicine in sport* 20, 583-589. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2016.11.003>
- Haapala, E., Kantomaa, M., Kujala, T., Jaakkola, T. & Tammelin, T. (2017). Liikunnan ja oppimisen vuorovaikutusta kartoittamassa. *Liikunta & Tiede* 54(4), 4–9.
- Halinen, I., Hotulainen, R., Kauppinen, E., Nilivaara, P., Raami, A. & Vainikainen, M-P. (2016). *Ajattelun taidot ja oppiminen*. E- kirja. Jyväskylä. PS-kustannus. Viitattu 25.4.2023.
- Hillman, C. H. & Biggan, J. R. (2017). A Review of Childhood physical activity, brain, and cognition: perspectives on the future. *Pediatric Exercise Science* 29(2), 170-176. DOI: 10.1123/pes.2016-0125.
- Hillman, C. H., Erickson, K. I. & Kramer, A. F. (2008). Be Smart, Exercise Your heart: Exercise Effects on Brain and Cognition. *Nature Reviews Neuroscience* (9), 58–65 DOI:10.1038/nrn2298
- Huhtiniemi, M. (2021). Syksyn 2020 Move! -mittaukset: istuva elämäntapa näkyy tuloksissa. *Liikunta & Tiede* 58(1), 13–16.
- Huhtiniemi, M. (2022). Syksyn 2021 Move! -mittaukset: fyysinen toimintakyky heikko kahdella viidesosalla koululaisista. *Liikunta & Tiede* 59(1), 19–23.
- Huotari, P., Nupponen, H., Laakso, L. & Kujala, U. M. (2010). Secular trend in aerobic fitness performance in 13-18 -year-old adolescents from 1976 to 2001. *BR J Sports Med*, 44(13): 968–72. doi: 10.1136/bjism.2008.055913.
- Husu, P., Tokola, K., Vähä-Ypyä, H. & Vasankari, T. (2023). Liikemittarilla mitatun liikkumisen, paikallaanolon ja unen määrä. Teoksessa S. Kokko & L. Martin, (toim.) *Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa. LIITU-tutkimuksen tuloksia 2022. Valtion liikuntaneuvoston julkaisuja 2023:1*. Viitattu 25.4.2023.
- Hänninen, T. & Hallikainen, I. (2022). *Kognitiiviset toiminnot. Gerontologia 2022 -oppikirja. Duodecim oppiportti*. Viitattu 25.4.2023.
- Ikävalko, T., Lehto, S., Lintu, N., Väistö, J., Eloranta, A.-M., Haapala, E., Vierola, A., Myllykangas, R., Tuomilehto, H., Brage, S., Pahkala, R., Närhi, M. & Lakka, T. A. (2018). Health-related correlates of psychological well-being among girls and boys 6-8 years of age: The Physical Activity and nutrition in Children study. *Journal of Paediatrics and Child Health* 54(5), 506-509. <https://doi.org/10.1111/jpc.13891>.

- Ishihara, T., Drolette, E. S., Ludyga, S., Hillman, C. H. & Kamijo, K. (2021). The effects of acute aerobic exercise on executive function: A Systematic review and meta-analysis of individual participant data. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* (128), 258-269. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.06.026>.
- Jaakkola, T. (2016). *Juokse, hyppää, heitä, ota kiinni! Perusliikuntataitojen opettaminen lapsille ja nuorille*. E-kirja. Jyväskylä. PS-kustannus.
- Jaakkola, T., Hakkarainen, A., Gråsten, A., Sipinen, E., Vanhala, A., Huhtiniemi, M., Laine, A., Salin, K. & Aunio, P. (2021). Identifying childhood movement profiles and comparing differences in mathematical skills between clusters: A latent profile analysis. *Journal of Sports Sciences* 39(21), 2503-2508, DOI: 10.1080/02640414.2021.1949114.
- Jaakkola, T., Huhtiniemi, M. & Salin, K. (2022). Longitudinal associations among cardiorespiratory fitness and objectively measured moderate- to- vigorous physical activity of Finnish schoolchildren. HEPA Europe Conference. Abstract citation ID: ckac095.042 P03-06
- Jaakkola, T., Liukkonen, J. & Sääkslahti, A.(toim.). (2017). *Liikuntapedagogiikka.2. uudistettu painos*. Jyväskylä. PS-kustannus
- Kantomaa, M., Syväoja, H. & Tammelin, T. (2013). Liikunta – hyödyntämätön voimavara oppimisessa ja opettamisessa? *Liikunta ja Tiede* 50 (4),12–17.
- Kaseva, K., Hintsala, T., Lipsanen, J., Pulkki-Råback, L., Hintsanen, M., Yang, X., Hirvensalo, M., Hutri-Kähönen, N., Raitakari, O., Keltinkangas-Järvinen, L. & Tammelin, T. (2016). Parental physical activity associates with offspring's physical activity until middle age: a 30- year study. *Journal of physical activity and health* 14(7), 520–531. <https://doi.org/10.1123/jpah.2016-0466>.
- Koivisto, M. (2006). Johdatus muistin ja tarkkaavaisuuden käsitteisiin. Teoksessa Hämäläinen, H., Laine, M., Aaltonen, O. & Revonsuo, A. *Mieli ja Aivot. Kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Jyväskylä. PS-kustannus.
- Kokko, S. & Martin L. (2023). Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa. LIITU-tutkimuksen tuloksia 2022. Valtion liikuntaneuvoston julkaisuja 2023:1.
- Kokko, S., Martin, L., Villberg, J., Ng, K. & Mehtälä, A. (2019). Itsearvioitu liikuntaaktiivisuus, ruutu-aika ja sosiaalinen media sekä liikkumisen seurantalaitteet ja -sovellukset. Teoksessa S. Kokko & L. Martin, (toim.). *Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa. LIITU-tutkimuksen tuloksia 2018*. Valtion liikuntaneuvoston julkaisuja 2019:1.

- Kokko, S., Mehtälä, A., Villberg, J., Ng, K. & Hämylä, R. (2016). Itsearvioitu liikunta-aktiivisuus, istuminen ja ruutu-aika sekä liikkumisen seurantalaitteet ja -sovellukset. Teoksessa S. Kokko & A. Mehtälä. (toim.). Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa. LIITU-tutkimuksen tuloksia 2016. Valtion liikuntaneuvoston julkaisuja 2016:4.
- Korhonen, T. (2006). Oppimisen neurobiologiset mekanismit. Teoksessa Hämäläinen, H., Laine, M., Aaltonen, O. & Revonsuo, A. *Mieli ja Aivot. Kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Jyväskylä. PS-kustannus.
- Kujala, T., Krause, C. M., Sajaniemi, N., Silvén, M., Jaakkola, T. & Nyssölä, K. (toim.). (2012). *Aivot, oppimisen valmiudet ja koulunkäynti. Neuro- ja kognitiotieteellinen näkökulma. Opetushallitus, muistiot 2012:1*. Helsinki 2012. ISBN 978-952-13-5039-9 (pdf).
- Kwak, L., Kremers, S. P., Bergman, P., Ruiz, J. R., Rizzo, N. S. & Sjöström, M. (2009). Associations between physical activity, fitness, and academic achievement. *The Journal of pediatrics* 155(6), 914–918. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2009.06.019>.
- Lee, I. (2007). Dose-Response Relation Between Physical Activity and Fitness: Even a Little is good; More is Better. *JAMA*, 297(19), 2137–2139. DOI: 10.1001/jama.297.19.2137.
- Liikkumissuositus 7–17-vuotiaille lapsille ja nuorille. (2021). Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisusarja 2021:19. Viitattu 27.4.2023. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-853-3>.
- Lintu, N., Joensuu, L., Barker, A., Sansum, K., Lakka, T. A., Huotari, P. & Haapala, E. A. (2018). Lasten ja nuorten kestävyyskunto. *Liikunta & Tiede* 55(4), 36–43.
- Lopes, L., Santos, R., Pereira, B. & Lopes, V. P. (2013). Associations between gross motor coordination and academic achievement in elementary school children. *Human movement science*, 32(1), 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2012.05.005>.
- Martin, L., Kokko, S., Villberg, J., Suomi, K. & Ng, Kwok. (2023). Itsearvioitu liikunta-aktiivisuus, liikuntatilanteet, liikkumisympäristöt ja liikkumisen seurantalaitteet. Teoksessa S. Kokko & L. Martin, (toim.). Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa. LIITU-tutkimuksen tuloksia 2022. Valtion liikuntaneuvoston julkaisuja 2023:1.
- Mäntylä, T., Tammelin, T. H., Asunta, P., Salin, K., Sneek, S., Palomäki, S. & Syväoja, H. J. (2022). Motoristen perustaitojen yhteydet matemaattisiin taitoihin kolmasluokkalaisilla. *Liikunta & Tiede*, 59(2), 75–82.
- Nokia, M., Wikgren, J. & Kainulainen, H. (2017). Fyysinen aktiivisuus pitää yllä aivojenkin terveyttä ja toimintakykyä läpi elämän. *Liikunta & Tiede* 54(4), 14–16.

- Nummenmaa, L. (2006). Kognitio ja emotio. Teoksessa Hämäläinen, H., Laine, M., Aaltonen, O. & Revonsuo, A. *Mieli ja Aivot. Kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Jyväskylä. PS-kustannus.
- Närhi, V. & Korhonen, T. (2006). Toiminnanohjauksen kehitys. Teoksessa Hämäläinen, H., Laine, M., Aaltonen, O. & Revonsuo, A. *Mieli ja Aivot. Kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Jyväskylä. PS-kustannus.
- Opetus- ja kulttuuriministeriö. (2019). Pisa 18 ensituloksia. Suomi parhaiden joukossa. *Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2019:40*. Viitattu 26.4.2023.
- Paavilainen, P. (2020). *Toimivat aivot kognitiivisen neurotieteen perusteita*. E-kirja. 2.uudistettu painos. Helsinki. Edita.
- Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. (2014). Opetushallitus. Määräykset ja ohjeet 2014:96. Viitattu 4.4.2023. https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf.
- Quka, N. & Selenica, R. (2022). Physical performance in youth. *European Journal of Medicine and Natural Sciences* 5(1), 1-8.
- Raspberry, C. N., Lee, S. M., Robin, L., Laris, B. A., Russell, L.A., Coyle, K. K. & Nihiser, A.J. (2011). The association between school-based physical activity, including physical education, and academic performance: A systematic review of the literature. *Preventive Medicine* (52), S10-S20. DOI: 10.1016/j.ypmed.2011.01.027.
- Reed, J., Einstein, G., Hahn, E., Hooker, S., Gross, V. & Kravitz, J. (2010). Examining the impact of integrating physical activity on fluid intelligence and academic performance in an elementary school setting: a preliminary investigation. *Journal of Physical Activity & Health* 7 (3), 34.
- Revonsuo, A. (2006). Mitä on kognitiivinen neurotiede? Teoksessa Hämäläinen, H., Laine, M., Aaltonen, O. & Revonsuo, A. *Mieli ja Aivot. Kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Jyväskylä. PS-kustannus.
- Ruotsalainen, I., Renvall, V., Gorbach, T., Syväoja, H. J., Tammelin, T. H., Karvanen, J. & Parviainen, T. (2019). Aerobic fitness, but not physical activity, is associated with grey matter volume in adolescents. *Behavioral Brain Research* (362), 122-130. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2018.12.04>.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2003). Knowledge Building. In *Encyclopedia of Education*. 2. painos. New York: Macmillan Reference, USA.

- Schutte, N., Nederend, I., Hudziak, J., Bartels, M. & de Geus, E. J. C. (2016). Twin-sibling study and meta-analysis on the heritability of maximal oxygen consumption. *Physiol Genomics* 48: 210–219. doi:10.1152/physiolgenomics.00117.2015.
- Singh, A. S., Saliassi, E., van den Berg, V., Uijtdewilligen, L., de Groot, R. H. M., Jolles, J., Andersen, L. B., Bailey, R., Chang, Y. K., Diamond, A., Ericsson, I., Etnier, J. L., Fedewa, A. L., Hillman, C. H., McMorris, T., Pesce, C., Pühse, U., Tomporowski, P. D. & Chinapaw, M. J. M. (2019). Effects of physical activity interventions on cognitive and academic performance in children and adolescents: a novel combination of a systematic review and recommendations from an expert panel. *British journal of sports medicine* 53(10), 640–647. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098136>.
- Skog, H., Lintu, N., Haapala, H. L. & Haapala, E. A. (2020). Associations of cardiorespiratory fitness, adiposity, and arterial stiffness with cognition in youth. *Physiological Reports*, 8(18). <https://doi.org/10.14814/phy2.14586>.
- Stodden, D. F., Goodway, J. D., Langendorfer, S. J., Roberton, M. A., Rudisill, M. E., Garcia, C. & Garcia, L. E. (2008). A Developmental perspective on the role of motor skill competence in physical activity: An emergent relationship 60, 290-306. DOI: 10.1080/00336297.2008.10483582.
- Strong, W. B., Malina, R. M., Blimkie, C.J.R., Daniels, S. R. Dishman, R.K., Gutin, B. hergenroeder, A.C. Must, A., Nixon, P.A., Pivarnik, J.M., Rowland, T., Trost, S. & Trudeau, F. (2005). Evidence based physical activity for school-age youth. *The Journal of Pediatrics* 146 (6), 732-737. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2005.01.055>.
- Suuntama, T. (2022). Muisti ja oppiminen sekä niiden keskinäiset yhteydet. *Gerontologia 2022 -oppikirja*. Duodecim oppiportti.
- Syväoja, H. & Jaakkola, T. (2017). Liikunta, Kognitiivinen toiminta ja koulumenestys. Teoksessa Jaakkola, T., Liukkonen, J. & Sääkslahti, A. (toim.) *Liikuntapedagogiikka*. 2.uudistettu painos. Jyväskylä. PS-kustannus.
- Syväoja, H. J., Kankaanpää, A., Hakonen, H., Inkinen, V., Kulmala, J., Joensuu, L., Räsänen, P., Hillman, C. H. & Tammelin, T. H. (2021). How physical activity, fitness, and motor skills contribute to math performance: Working memory as a mediating factor. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 31(12), 2310-2321. <https://doi.org/10.1111/sms.14049>
- Syväoja, H., Kankaanpää, A., Joensuu, L., Kallio, J., Hakonen, H., Hillman, C. H. & Tammelin, T. H. (2019). The longitudinal associations of fitness and motor skills with academic

- achievement. Official journal of the American college of sports medicine 2050-2057.
DOI: 10.1249/MSS.0000000000002031.
- Syväoja, H., Kantomaa, M., Laine, K., Jaakkola, T., Pyhältö, K. & Tammelin, T. (2012).
Liikunta ja oppiminen. Opetushallitus ja LIKES-tutkimuskeskus. Opetushallitus,
Muistiot 2012:5. Helsinki 2012. ISBN 978-952-13-5293-5 (pdf).
- Sääkslahti, A. (2020). Move! kartuttaa arvokasta trenditietoa. Liikunta ja tiede 57(1), 14–16.
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. (2020). Elintavat ja ravitseminen. Liikunnan terveyshyödyt.
Viitattu 18.4.2023. <https://thl.fi/fi/web/elintavat-ja-ravitseminen/liikunta/liikunnan-terveyshyodyt>
- Tremblay, M. S., LeBlanc, A. G., Kho, M. E., Saunders, T. J., Larouche, R., Colley, R. C.,
Goldfield, G. & Connor Gorber, S. (2011). Systematic review of sedentary behaviour
and health indicators in school-aged children and youth. International Journal of
Behavioral nutrition and Physical Activity 8(1). <https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-98>.
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta. (2019). Ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset
periaatteet. Ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet ja ihmistieteiden
eettinen ennakoarviointi Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 3/2019,
7–13.
https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/Ihmistieteiden_eettisen_ennakoarvioinnin_ohje_2019.pdf.
- UKK-instituutti. (2022). Liikkumisen vaikutukset. Verkkosivu. Viitattu 26.4.2023.
<https://ukkinstituutti.fi/liikkuminen/liikkumisen-vaikutukset/> .
- UKK-instituutti. (2020). Kestävyyskunto. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2023.
<https://ukkinstituutti.fi/fyysinen-kunto/kunnon-osa-alueet/kestavyyskunto/> .