

**VOIDAANKO LIKUNNAN AVULLA EDISTÄÄ PERUSKOULUIKÄISTEN
TOIMINNANOHJAUSTA?**

Anniina Tall

Liikuntapedagogiikan kandidaatintutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2023

TIIVISTELMÄ

Tall, A. 2023. Voidaanko liikunnan avulla edistää peruskouluikäisten toiminnanohjausta? Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Liikuntapedagogiikan kandidaatintutkielma, 29 s.

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli selvittää, voidaanko peruskouluikäisten toiminnanohjausta edistää liikunnan avulla, sekä millaista liikuntaa ja liikunnan määrää se vaatisi. Koululaisten keskittymis-, käyttäytymis- ja oppimishaasteet ovat tavallisia. Kaikenlaisilla keinoilla, joilla näihin haasteisiin voidaan vaikuttaa, on mahdollisuus parantaa lasten ja nuorten hyvinvointia. Toiminnanohjaus on yksi näiden haasteiden taustalla vaikuttava tekijä. Liikunta voisi tarjota keinon vaikuttaa sen kehittämiseen ja toimintaan.

Kirjallisuuskatsaus osoitti, että tutkimustulokset aiheesta ovat osin keskenään ristiriitaisia. Yhteistä kaikille tuloksille on se, että liikunnasta ei ainakaan ole haittaa toiminnanohjaukselle. Tämän lisäksi interventiotutkimuksissa on havaittu monien eri liikuntamuotojen edistävän peruskouluikäisten toiminnanohjausta. Suurempi liikunnan määrä ja parempi fyysinen kunto ennustavat parempaa toiminnanohjausta ja lyhyidenkin liikuntainterventioiden jälkeen toiminnanohjauksen on havaittu ainakin hetkellisesti parantuvan. Inhibitioita, joka on koulumaailmassa erityisen tärkeää, näyttäisi olevan mahdollista edistää ainakin akuuteilla interventioilla.

Peruskouluikäisten toiminnanohjausta on siis mahdollista edistää sekä liikunnasta saatavien kroonisten, että akuuttien vasteiden avulla. Tämä tulos tukee yleisesti tiedettyä ja tärkeänä pidettyä näkemystä siitä, että lasten ja nuorten liikkumaan oppiminen, liikuntaa innostaminen ja liikkuminen tulisi olla yhtenä tavoitteena lasten arkeen kuuluvissa toimintaympäristöissä.

Asiasanat: koululaiset, liikunta, toiminnanohjaus, inhibitio

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	1
2 TOIMINNANOHJAUS KOGNITIIVISENA TOIMINTONA.....	3
2.1 Toiminnanohjaus ja inhibitio	3
2.2 Toiminnanohjauksen ja inhibition tutkiminen.....	5
3 LIIKUNNAN JA TOIMINNANOHJAUKSEN YHTEYKSIÄ.....	8
3.1 Yhteyttä välittäviä tekijöitä	9
3.2 Peruskouluikäisten inhibition edistäminen liikunnalla.....	10
4 LIIKUNNAN MÄÄRÄN JA LAADUN MERKITYS	12
4.1 Akuutit vasteet toiminnanohjaukseen.....	12
4.2 Krooniset vasteet toiminnanohjaukseen	14
5 POHDINTA.....	17
LÄHTEET	22

1 JOHDANTO

Peruskouluikäisillä lapsilla ja nuorilla aivojen kehitys on erityisen nopeaa. Tätä kehitystä voi sekä edistää että vaikeuttaa monin tavoin. Ihmisaivojen kehitys jatkuu jopa 25-vuotiaaksi (Duodecim 2020, 15). Aivot ovat erityisen herkistyneet kehitystä vaarantaville ja suojaaville tekijöille niin kauan kuin niiden kehittyminen on kesken (Hermanson & Sajaniemi 2018). Lapsen aivojen hermoverkot ovat herkkiä muovautumaan, ja mitä paremman pohjan lapsuudessa saa aivojen toiminnalle luotua, sitä parempaa niiden toiminta on läpi elämän. Nuoruudessa aivojen kehitystä voi vielä ohjelmoida uudelleen ja opettaa aivoja toimimaan, sillä sellaiset hermosolujen väliset yhteydet, joita käytetään, vahvistuvat (Hermanson & Sajaniemi 2018).

Fyysinen aktiivisuus ja sen seurauksena saavutettava hyvä fyysinen kunto ja hyvät motoriset taidot ovat yksi aivoterveysteen ja kognitiiviseen kehitykseen yhteydessä olevista tekijöistä (Chaddock ym. 2011; Haapala 2013). Lasten ja nuorten liikkumisen tärkeyttä ei turhaan korosteta, sillä riittävän ja monipuolisen liikunnan positiiviset vaikutukset ulottuvat hyvästä fyysisestä terveydestä ja aivojen terveydestä aina parempaan akateemiseen menestykseen asti. Nämä kaikki kolme asiaa ovat merkittäviä osia paremman elämänlaadun edistämisessä. (Chaddock ym. 2011)

Koska liikunnalla on paljon myönteisiä vaikutuksia ihmisen kokonaisvaltaiselle terveydelle ja se on tärkeää lapsen terveen kasvun ja kehityksen kannalta (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2020), opetussuunnitelmassakin liikunta-oppiaineessa korostetaan, että tavoitteena on kasvattaa oppilaat liikkumaan ja liikunnan avulla (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, 148, 433). Liikuntatuntien lisäksi koulumaailmassa olisi kuitenkin mahdollista vielä enemmän tunnistaa, ymmärtää ja hyödyntää niitä vasteita, joita liikkuminen saa aikaan. Tulevana opettajana lasten ja nuorten kognitiiviset toiminnot, niiden kehitys ja kehittymättömyys, sekä erot yksilöiden kognitiivisessa toiminnassa kiinnostavat minua hyvin paljon. Parempi ymmärrys fyysisen aktiivisuuden määrän, laadun ja ajoituksen yhteydestä kognitiiviselle toimintakyvylle saattaa tarjota yhden näkökulman oppilaiden kehityksen tukemiselle ja yksilöiden erojen ymmärtämiselle. Kognitiiviset toiminnot ovat niin laaja käsite, että syvempään tarkasteluun pyrittäessä on ollut tarpeellista rajata aihetta tarkemmin.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa tarkasteluun valikoitui toiminnanohjaus ja siitä vielä erityisesti inhibointi. Ne olivat eniten kirjoittajan mielenkiinnon kohteena, sillä fyysistä aktiivisuutta on

eniten liitetty kognitiivisista toiminnoista juuri toiminnanohjaukseen (Syväoja ym. 2014). On myös esitetty, että peruskouluikäisten keskittymisvaikeuksien taustalla olisi tietyt toiminnanohjauksen alueet, erityisesti inhibointi (de Greeff ym. 2018).

Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on tarkastella, voidaanko liikunnan avulla edistää peruskouluikäisten toiminnanohjausta, erityisesti inhiboinnin kautta tarkastellen. Tarkemmin perehdytään siihen, millaisella liikunnan määrällä, laadulla ja ajoituksella on yhteyksiä toiminnanohjaukseen. Seuraavissa kappaleissa tullaan tarkastelemaan mitä liikunnalla, toiminnanohjauksella ja inhiboinnilla tarkoitetaan, sekä millaisia yhteyksiä niillä on ja millaiset mekanismit näitä yhteyksiä tuottavat. Sen jälkeen tutustutaan siihen, miten näitä asioita on tutkittu ja millaisia tuloksia tutkimuksilla on löydetty, eli millaista tietoa liikunnan ja toiminnanohjauksen välisistä yhteyksistä peruskouluikäisillä lapsilla on saatavilla.

2 TOIMINNANOHJAUS KOGNITIIVISENA TOIMINTONA

Sana kognitiivinen on peräisin latinankielisestä sanasta *cognare*, joka tarkoittaa tietämistä. Neisser on vuonna 1967 määrittellyt kognitiivisen psykologian tarkoittavan kaikkien sellaisten prosessien tutkimista, jossa aistein saatavia ärsykeitä muunnetaan, vähennetään, tarkennetaan, säilytetään, palautetaan mieleen ja käytetään. (Balota & Marsh 2004, 1) Kognitiivisilla toiminnoilla tarkoitetaan kaikkea tiedonkäsittelyyn liittyvää prosessointia. Tiedonkäsittely lähtee havaitsemisesta ja sen jälkeen tarvitaan ajattelua ja muistamista. (Vuoksimaa 2019) Kognition voidaan siis ajatella olevan psyykkistä toimintaa, joka tapahtuu aivoissa, mutta jolla on erittäin suuri merkitys fyysisen ja sosiaalisen toiminnan kannalta.

Kognitiiviset toiminnot ovat toisistaan riippuvaisia ja kokonaisvaltaisesti vaikuttava järjestelmä. Sen vuoksi siitä voidaan puhua ja tietyissä asiayhteyksissä usein puhutaankin kokonaisuutena sen tarkemmin yksityiskohtia erittelemättä. Kognitiiviset toiminnot voidaan kuitenkin erikseen nimetä ja jakaa erilaisiin alakategorioihin. Mikäli halutaan tarkastella esimerkiksi liikunnan yhteyksiä kognitiiviseen toimintaan, on mielekästä yleisen tarkastelun lisäksi tarkentaa näkökulmaa tiettyyn yksittäiseen toimintoon. Vaikka kognitiiviset toiminnot ovatkin kokonaisuus, yksittäiset toiminnot toimivat myös itsenäisesti ja kaikille toiminnoille on osoitettavissa omat toiminnasta pääosin vastaavat aivoalueet. (Baars & Gage 2010, 33–61)

Kognitiivisia toimintoja ovat tarkkaavaisuus, havaitseminen, oppiminen, muisti, metakognitiivinen ajattelu, tiedonkäsittely, toiminnanohjaus, ongelmanratkaisu ja kielelliset toiminnot (Hämäläinen & Ahonen 2006, 81–86). Kognitiivisten toimintojen kehitys on yksilöllistä, minkä vuoksi saman ikäisillä lapsilla niiden toiminta voi olla hyvin vaihtelevaa. Toimintojen kehitys ja toiminta voi helpottua tai vaikeutua erilaisten vaikutteiden vuoksi. On myös mahdollista, että jonkin toiminnon käytössä on haasteita. Esimerkiksi kun toiminnosta vastaava aivojen osa on vaurioitunut, joko jo raskauden aikana tai myöhemmin elämässä, tai siitä vastaavat aivojen osat toimivat muulla tavoin epänormaalisti. (Baars & Gage 2010, 479–506)

2.1 Toiminnanohjaus ja inhibitio

Toiminnanohjauksella tarkoitetaan sellaisia kognitiivisia prosesseja, jotka vastaavat tavoitteellisen toiminnan suunnittelusta ja toteutuksesta (Banich 2009). Lezak ym. (1995, 611) ovat jaotelleet toiminnanohjauksen vaiheet neljään. Ensin muodostetaan jokin tavoite ja sen jälkeen suunnitellaan, millä keinoilla tavoitteeseen päästään. Kolmantena vaiheena on näiden suunniteltujen keinojen ja toimintastrategioiden toteutus. Lopulta viimeisenä arvioidaan, kuinka tavoitteeseen päästiin.

Aivoissa toiminnanohjaukselle erityisen tärkeitä alueita sijaitsee aivokuorella ja aivokuoren alaisilla alueilla. Aivokuoren alueista etuotsalohko on erityisen tärkeä toiminnanohjauksen kannalta ja sen vaurioituessa esimerkiksi inhibointikyky usein heikkenee (Baars & Gage 2010, 399–402; Banich & Compton 2018, 350). Toiminnanohjaukselle tärkeitä aivokuoren alaisia rakenteita ovat talamus, pikkuaivot (cerebellum) ja tyvitumakkeista häntätumake (caudate nucleus) ja aivokuorukka (putamen) (Bidzan-Bluma & Lipowska 2018).

Toiminnanohjauksen kaksi keskeisintä perustekijää ovat inhibitio ja työmuisti (Diamond 2013; Närhi & Korhonen 2006, 263). Ilman näitä kahta tavoiteltua toimintaa ei saada aikaiseksi. Inhibitio tarkoittaa kykyä kontrolloida käyttäytymistä, tarkkaavaisuutta, tunteita ja ajatuksia. Sen avulla ihminen pystyy estämään itselleen tyypillisen ja houkuttelevan reaktion ja sen sijaan toteuttamaan itselleen epätavanomaisen toimintatavan. (Broomell & Ann Bell 2018; Diamond 2013) Inhibitio on erittäin kriittinen tavoitteellisen toiminnan kannalta (Banich & Compton 2018, 350), sillä sen avulla aistiärsykeitä vähennetään ja tarkennetaan (Lezak ym. 1995, 611). Näin pystytään suunnittelemaan ja toteuttamaan aiottua toimintaa (Lezak ym. 1995, 611). Inhibition kehittymistä voidaan tukea ja edistää monin tavoin (Diamond & Ling 2016; Röthlisberger ym. 2011; Volckaert & Noel 2015), aivan kuten muitakin kognitiivisia toimintoja. Tässä kirjallisuuskatsauksessa tarkoituksenmukaiseen laajuuteen mahtumisen vuoksi tarkastelu on rajattu nimenomaan inhibition osalta toiminnanohjauskyvyn kehittämiseen. Sen vuoksi työmuistia ei työssä tämän enempää käsitelty. Kirjallisuutta toiminnanohjauksen ja liikunnan yhteyksistä on tutkittu inhibition osalta aina, mikäli se on ollut mahdollista.

Inhibition on osoitettu olevan yhteydessä moniin tärkeisiin elämänalueisiin (Diamond 2013; Honore ym. 2020), kuten esimerkiksi yleiseen turvallisuuteen rikollisuutta vähentämällä (Fosco ym. 2019), elämänlaatuun (Brown & Landgraf 2010) ja fyysiseen terveyteen (Crescioni ym. 2011). Sen on osoitettu olevan yhteydessä myös koulumenestykseen (Borella ym. 2010), joka on tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoituksen kannalta olennainen alue. Koulun arjessa lapsen

inhibointikyky näkyy muun muassa taitona odottaa omaa vuoroa, olla häiriintymättä luokassa olevista ärsykkeistä ja keskittyä sinnikkäästi annetun tehtävän tekemiseen (Baars & Gage 2010, 496; Diamond 2013). Kahdesta jo mainitusta toiminnanohjauksen perustekijästä (inhibitio ja työmuisti), varsinkin peruskouluikäisillä, päivittäin näkyviä ja sekä yksilöön, koko opetusryhmään, että opettajaan vaikuttavia haasteita osoittaa siis inhiboinnin heikkous tai kehittymätön toiminta.

ICD-10-tautiluokituksessa esimerkiksi aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriön (ADHD) yhtenä kriteerinä on ulkopuolisista ärsykkeistä helposti ärsyntyminen (Käypä hoito- suositus 2019). Se viittaa siihen, että muun muassa toiminnanohjaus on jotenkin häiriintynyt tai se ei toimi normaalisti. Toiminnanohjauksessa voi kuitenkin olla haasteita ilman tuon kaltaisia synnynnäisiä tai jonkin trauman seurauksena vaurioituneita tai epänormaalisti toimivia aivorakenteita. Nämä tällaiset niin sanotut terveiden aivojen toiminnanohjauskyvyt ovat tämän kirjallisuuskatsauksen aiheena.

2.2 Toiminnanohjauksen ja inhibition tutkiminen

Toiminnanohjausta ja inhibitiota tutkitaan kognitiivisessa psykologiassa sekä kognitiivisessa neurotieteessä. Kognitiivisen neurotieteen rooli toiminnanohjauksen tutkimisessa ei välttämättä ole niin ilmeinen kuin perinteisen kognitiivisen psykologian. Niin kauan, kun kaikki aivoissa toimii kuten pitää, eivät ne tarvitse erityistä huomiota. Kuitenkin esimerkiksi siinä vaiheessa, kun oppilaalla on kognitiivisten toimintojen osalta vaikeuksia tai haasteita selviytyä koulussa, on kognitiivisen neurotieteen tarjoama tieto erityisen hyödyllistä ja kiinnostavaa. (Banich & Compton 2018, 527). Kognitiivinen psykologia tuottaa tarkkojen aivojen toimintojen kuvaamisen sijaan tietoa siitä, miten toiminnanohjaus ja inhibitio näkyy ja vaikuttaa ihmisen toiminnassa.

Kognitiivisten toimintojen tutkiminen voidaan toteuttaa monella tavalla. Jotta toiminnanohjauksen ja inhibition toiminnasta voisi saada täyden kuvan, täytyy ymmärtää sekä niiden neuraalista, että käyttäytymistieteellistä perustaa (Houghton & Tipper 1996, 20). Siksi koehenkilölle voidaan teettää erilaisia testejä, joiden suorittamista havainnoidaan. Mikäli tavoitteena on saada oikein tarkkaa tietoa aivojen toiminnasta, on myös mahdollista käyttää aivokuvantamismenetelmiä.

Toiminnanohjauksen ja samalla myös inhibition neuraalista perustaa on selvitetty esimerkiksi toiminnallisella magneettiresonanssikuvauksella (fMRI) ja elektroenkefalografialla (EEG) (Närhi & Korhonen 2006, 263). EEG on vanhempi ja yleisemmin käytetty menetelmä, joka mittaa aivojen sähköistä toimintaa (Degerman ym. 2006, 105). Tutkittavalle epämiellyttävämpi fMRI on kuvantamismenetelmä, joka rekisteröi aivoalueiden verenvirtausmuutoksia paljastaen mitkä aivoalueet aktivoituvat (Rinne ym. 2006, 125–126).

Kolmas, kustannusten vuoksi huomattavasti harvinaisempi menetelmä on magneettienkefalografia (MEG). Kuten EEG, myös MEG mittaa aivojen sähköistä toimintaa. MEG mittaa aivoissa tapahtuvaa aktivaation etenemistä aivomagneettikäyrillä ja tätä varten tarvitaan erikseen magneettisesti suojattu huone ja tutkimuksen ajan koehenkilön on oltava liikkumatta testauslaitteessa. (Hari 2006, 111–112) Näiden edellä mainittujen aivokuvantamismenetelmien lisäksi on paljon muitakin menetelmiä. Hinnan ja toteutuksen haastavuuden vuoksi käytännön menetelmät ovat kuitenkin enemmän käytettyjä.

Inhibitiota voidaan mitata monenlaisilla käytännön testeillä. Paljon käytettyjä ovat esimerkiksi Go/ No-go-testi, stop-signal-testi ja stroop-testi. Niistä jokainen mittaa inhiboinnin erillistä tyyppiä, jotka ovat motorisen vasteen pysäyttäminen, muiston mieleen palauttamisen pysäyttäminen ja emotionaalisen reaktion pysäyttäminen. (Banich & Compton 2018, 350–351; Diamond 2013) Erikseenin flanker- testi on myös yksi käytetyistä testeistä ja sen perusta ja käytännön toteutus on hyvin samanlainen kuin stroop-testissä. Niissä molemmissa koehenkilön tehtävänä on reagoida ja erotella yhteneviä ja yhteen sopimattomia ärsykeitä. (Zhou ym. 2019)

Go/No-go-testissä henkilön tehtävänä on painaa nappia, kun hyväksytty ärsyke (esimerkiksi sininen väri) ilmestyy, ja silloin kun kielletty ärsyke (esimerkiksi violetti väri) ilmestyy, hän ei saa painaa nappia. Stop-signal-testi on edellisestä vähän erilainen versio, jossa henkilön tehtävänä on reagoida ärsykkeeseen (esimerkiksi nuolen suunta) mahdollisimman nopeasti, mutta joillain kerroilla ärsykkeen ilmestymisen jälkeen tulee toinen ärsyke (esimerkiksi piippaus), jolloin henkilö ei saisikaan reagoida ensimmäiseen ärsykkeeseen. Stroop-testissä henkilön tehtävänä on valita kahdesta ärsykkeestä se, jota on pyydetty huomioimaan. Hänelle näytetään esimerkiksi värien nimiä, jotka on kirjoitettu eri väreillä, ja sitten tulisi sanoa se väri, joka näkyy eikä se, joka kirjaimilla on kirjoitettu. (Banich & Compton 2018, 350–351)

Käytännön testit ilman kalliita laitteita ovat halvimpia ja helpoimpia toteuttaa. Niiden avulla on myös mahdollista testata suurempiakin koehenkilöjoukkoja. Useimmissa tähän

kirjallisuuskatsaukseen valituissa tutkimuksissa käytetään juuri tällaisia ilman aivokuvantamista havainnoitavissa olevia testejä, selvittäessä toiminnanohjauksen ja inhibition tilaa juuri kyseisellä hetkellä. Mikäli aivokuvantamismenetelmiä on tutkimuksessa kuitenkin käytetty, lisäävät ne tuloksen luotettavuutta. Näissä tämän kirjallisuuskatsauksen tutkimuksissa on tutkittu terveitä lapsia ja nuoria, jolloin voidaan olettaa, että aivot toiminta on normaalia ja ollaan kiinnostuneita enimmäkseen siitä, miten toiminnanohjaus ja inhibitiio vaihtelevat eri interventioiden tai taustamuuttujien seurauksena.

3 LIKUNNAN JA TOIMINNANOHJAUKSEN YHTEYKSIÄ

Koska inhibitio on osa toiminnanohjausta ja toiminnanohjaus on yksi kognitiivisista toiminnoista, voidaan aloittaa tarkastelemalla liikunnan ja kognitiivisten toimintojen välistä yhteyttä yleisesti. Kuten kappaleessa kaksi jo todettiin, kognitiivisten toimintojen toiminta voi kehittyä paremmaksi tai heikentyä erilaisten vaikutteiden takia (Baars & Gage 2010, 479–506). Liikunta on yksi tämän kaltaisista vaikutteista (Burkhalter & Hillman 2011). Myös esimerkiksi ruokavalio (Burkhalter & Hillman 2011) ja uni (Philip ym. 2012) ovat liikunnan lisäksi kognitiiviseen toimintaan vaikuttavia elämäntyyllitekijöitä. Tässä kappaleessa on tarkoituksena selvittää, miten liikunta liittyy kognitiiviseen toimintaan ja toiminnanohjaukseen.

Liikunnalla on monia terveystaikutuksia ihmisen aivoille, hermostolle, hengitys- ja verenkiertoelimestölle, lihaksille, nivelille ja aineenvaihdunnalle. Näiden vaikutusten seuraukset voivat näkyä muun muassa unen laadussa, fyysisessä ja psyykkisessä suorituskyvyssä ja mielialassa. Liikunta on merkittävässä roolissa myös sairauksien ehkäisyssä. (UKK-instituutti 2022) Liikunta vaikuttaa kognitiivisiin toimintoihin siis sekä suoraan, että välillisesti kaikkien terveyden ja hyvinvointiin vaikuttavien reittien kautta.

Liikunta (physical exercise) on terminä yleisemmin Suomessa arkikielessä käytössä, minkä vuoksi sitä käytetään tässä kirjallisuuskatsauksessa. Näin siitä huolimatta, että tässä kirjallisuuskatsauksessa olen kuitenkin tarkkaan ottaen kiinnostunut fyysisestä aktiivisuudesta (physical activity). Fyysisellä aktiivisuudella tarkoitetaan kaikkea lihasten tahdonalaista toimintaa, joka kuluttaa energiaa ja johtaa jonkinlaiseen liikkeeseen (Liikunta. Käypä hoito 2015). Keskeisin ero termeillä on se, että toisin kuin fyysinen aktiivisuus, liikunta tähtää joihinkin tavoitteisiin ja toimintaan, jotka ovat ennalta mietittyjä (Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisusarja 2021, 13). Käsitteenä nämä kaksi ovat siis hyvin lähellä toisiaan ja niitä voi osittain käyttää samoissa yhteyksissä, sillä kaikenlainen liikunta on myös fyysistä aktiivisuutta.

Osa liikunnan tuottamista hyödyistä näkyy heti, jolloin kyseessä on akuutti vaste. Aivoissa tapahtuvia akuutteja vasteita ovat esimerkiksi verenkierron vilkastuminen ja otsalohkon aktivoituminen. Liikunnan jatkuessa pidempään tai jopa säännöllisenä, liikunnan tuottamat vasteet voivat olla suurempia ja pysyvämpiä. (UKK-instituutti 2022) Näitä pidempiaikaisen liikunnan vaikutuksia on tutkittu niin sanotuilla kroonisilla interventioilla. Liikunnan ajoituksen ja keston lisäksi liikkumista voidaan tarkastella sen intensiteetin mukaan. Yleisesti käytössä

olevaa käsitettä ”reippaasta rasittavaan liikuntaan” (moderate to vigorous physical activity=MVPA) käytetään liikuntasuosituksissakin liikkumisen määritelmässä. Reipas liikunta on sellaista, joka kuormittaa kohtuullisesti, eli syke tihenee ja hengitys kiihtyy ainakin jonkin verran. Rasittavan liikunnan aikana syke ja hengitys puolestaan kiihtyvät huomattavasti. (Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisusarja 2021, 13)

3.1 Yhteyttä välittäviä tekijöitä

Kuten jo aikaisemmin todettua, toiminnanohjaus on yksi kognitiivisista toiminnoista. Se tarkoittaa myös sitä, että fyysinen aktiivisuus vaikuttaa inhibointikykyyn samojen prosessien kautta, kuin kognitiiviseen toimintaan. Davenportin ym. (2012) mukaan yksi tutkimuksissa esiin nousseista löydöksistä fyysisen kunnon ja kognitiivisen toimintakyvyn yhteyden välittävänä tekijänä on aivoverenkierron toiminta. Säännöllinen liikkuminen alentaa verenpainetta ja parantaa hapensaantia ja näiden lisäksi aivojen välittäjäaineiden määrä kasvaa ja aivoperäisen hermokasvutekijän (BDNF) tuotanto lisääntyy. BDNF on hyvin olennainen hermosolujen selviytymisen ja neurogeneesin eli uusien hermosolujen syntymisen kannalta erityisesti hippokampuksen alueella. (Davenport ym. 2012) Hippokampuksen tiedetään olevan muun muassa muistin ja oppimisen keskus ja siten sen toiminta on hyvin tärkeää kognitiivisten toimintojen kannalta. Neurogeneesin lisäksi rakenteellisia muutoksia tapahtuu synapsien lisääntyessä, mikä tarkoittaa, että hermosolujen välille tulee uusia liitoksia. Fyysisen aktiivisuuden aikaansaama parempi verenkierto myös lisää aivohormonien erityistä ja kasvattaa aivojen ravinteiden saantia. (Bidzan-Bluma & Lipowska 2018)

Erilaiset fyysisen aktiivisuuden muodot parantavat toiminnanohjausta hieman eri mekanismien kautta. Aerobinen liikunta, eli kestävyyskuntoa vaativa, hengitys- ja verenkiertoelimistöä kehittävä (Liikunta. Käypä hoito 2015) fyysinen aktiivisuus saa aivojen hermoverkoissa aikaan rakenteellisia ja neurokemiallisia muutoksia, jotka muiden positiivisten vaikutusten lisäksi edistävät toiminnanohjausta (Best 2010). Toinen fyysisen aktiivisuuden muoto, jota tässä yhteydessä on paljon tutkittu, on kognitiivisesti aktivoiva liikunta, kuten yhteistyötä vaativat joukkuepelit, jotka vaativat ongelmanratkaisukykyä ja reagoitua muuttuviin tilanteisiin. Kognitiivisesti aktivoiva liikunta vaatii samoja prosesseja ja aivoalueiden toimintaa kuin toiminnanohjaus (Best 2010). Tämän vuoksi tällaisten liikuntamuotojen vaikutuksien on joissain tutkimuksissa löydetty olevan jopa tehokkaampia, kuin aerobisen liikunnan (Best 2010).

Aiemmissa kappaleissa tarkasteltiin liikunnan ja toiminnanohjauksen (ja samalla inhibition) yhteyksiä. Liikunnalla on havaittu olevan paljon yhteyksiä moniin muihinkin eri asioihin ja toiminnanohjauskyky voi toimia näiden yhteyksien välittävänä tekijänä. Esimerkiksi Visier-Alfonson ja kumppaneiden (2021) systemaattisesta katsauksesta selviää, että tutkittaessa fyysisen aktiivisuuden ja koulumenestyksen välistä yhteyttä, kognitiiviset kyvyt ja erityisesti toiminnanohjaus toimii tätä yhteyttä välittävänä tekijänä. He myös toteavat, että yhteys liikunnan ja toiminnanohjauskyvyn välillä voi syntyä hengitys- ja verenkiertoelimistön kunnan kohentumisen kautta. Tämä tulos on yhteneväinen tässä alaluvussa aiemmin mainittujen tutkimustulosten kanssa. Huomionarvoista on siis se, että harvoin tavoitteena ja päämääränä on nimenomaan parantaa juuri toiminnanohjausta, sillä toiminnanohjausta, kuten muitakin kognitiivisia toimintoja, halutaan edistää jotain käytännön elämässä näkyvää ja hyödyttävää seurausta varten. Tällainen seuraus on esimerkiksi koulumenestys, mikä on toiminut yhtenä lähtökohtana myös tämän kirjallisuuskatsauksen kokoamista varten.

3.2 Peruskouluikäisten inhibition edistäminen liikunnalla

Paremmasta fyysisestä kunnosta on hyötyä psyykkiselle toimintakyvylle (Chaddock ym. 2012, 427; Donnelly ym. 2016). Koululaisten kognitiivista toimintaa, toiminnanohjaus mukaan luettuna, on mahdollista edistää sitä enemmän, mitä suurempi määrä fyysistä aktiivisuutta on tai mitä parempilaatuista se on (Donnelly ym. 2016). Fyysisen kunnan osa-alueita ovat nopeus, kestävyys, voima, liikkuvuus ja motoriset taidot (Ortega ym. 2018). Muntaner-Masin ym. (2022) kahden vuoden pitkittäistutkimuksessa havaittiin, että näistä osa-alueista nuoren parempi kestävyyskunto, motoriikka ja lihaskunto ennustivat parempaa suoriutumista toiminnanohjausta mittaavista testeistä loppumittauksissa. Lihavoima oli kuitenkin noista kolmesta vahvimmin yhteydessä inhibitioon ja työmuistiin.

Tutkimuksissa on selkeitä eroja siinä, onko niissä tutkittu toiminnanohjausta yleisesti, vai onko toiminnanohjauksen eri osia (inhibitio ja työmuisti) tarkasteltu erikseen. Esimerkiksi Berrios-Aguayon ym. (2022, 85) systemaattisessa katsauksessa liikunnan on havaittu edistävän toiminnanohjausta. Tässä katsauksessa on siis tarkasteltu kaikkia toiminnanohjauksen osia niitä erittelemättä. Tällöin voidaan todeta, että liikunta edistää inhibitiota, mutta toteamus ei ole täysin aukoton. Mikäli tutkimuksessa on erikseen tarkasteltu inhibitiota ja työmuistia, voidaan varmuudella todeta, että liikunnalla on juuri inhibition kannalta ollut merkitystä.

Haverkampin ym. (2020) ja de Greeffin ym. (2018) melko tuoreiden meta-analyysien tuloksena on, että akuuteilla liikuntainterventioilla on merkittävä positiivinen vaikutus peruskouluikäisten inhibitioon. De Greeffin ym. (2018) analyysissä todetaan, että koko toiminnanohjausta ajatellen akuuteilla interventioilla ei ollut vaikutusta, mutta kroonisilla oli. Haverkampin ym. (2020) analyysin tarkemmasta tarkastelusta taas selviää, että vaikka krooniset ja akuutit interventiot vaikuttivat toiminnanohjaukseen positiivisesti, juuri inhibitioon merkittävää vaikutusta oli vain akuuteilla interventioilla. Tätä tulosta tukee Amatriain- Fernandezin ym. (2021) meta-analyysi, jossa todetaan, että kroonisilla liikuntainterventioilla on vain hyvin vähäisiä hyötyjä inhibitiolle.

Myös Paschen ym. (2019, 279) lähes yhtä tuore systemaattinen katsaus toteaa, että mikäli tarkastellaan kaikenlaisia akuutteja interventioita (siis sekä kognitiivisesti aktivoivia että ei aktivoivia), on niiden ja inhibition välillä selkeä positiivinen yhteys. Toisaalta Paschen ym. (2019, 267) toteavat, että inhibition suhteen akuuttien interventioiden vasteista on saatu ristiriitaista tietoa. Tämän selittää kuitenkin se, että tässä katsauksessa tarkoituksena oli tutkia, millaisia vaikutuksia akuuteilla interventioilla on saatu aikaan, eli tarvitaanko siihen kognitiivisesti aktivoivaa liikuntaa vai ei. Palaamme seuraavassa luvussa tämän kaltaisten tulosten taustalla olevien muuttujien huomiointiin.

Tämän kirjallisuuskatsauksen viimeisimpinä useampia tutkimuksia kokoavina katsauksina tarkastellaan Hsiehin ym. (2021) ja Reyes-Amigon ym. (2022) katsauksia. Toisin kuin Haverkampin ym. (2020), de Greeffin ym. (2018) ja Amatriain-Fernandezin ym. (2021) analyysit, Hsieh ym. (2021) ovat katsauksessaan löytäneet yhteyden sekä akuuttien, että kroonisten liikuntainterventioiden ja inhibition välillä. Tarkemmin sanottuna heidän analyysinsä interventiot olivat sisältäneet kovatehoista intervallitreeniä (high intensity interval training, HIIT), josta voidaankin päätellä, että liikuntamuodoista ainakin HIIT-treenillä näyttäisi olevan yhteys inhibitioon. Reyes-Amigo ym. (2022, 84) katsauksessa on kuitenkin saatu osin päinvastaista tietoa, sillä vaikka HIIT-treenillä voitiin parantaa toiminnanohjausta, he totesivat, että interventiolla oli suurempi merkitys työmuistin, kuin inhibition kannalta.

4 LIKUNNAN MÄÄRÄN JA LAADUN MERKITYS

Koska tutkimuksia on tehty niin monilla eri tavoilla ja ne eroavat sekä kohderyhmien että erityisesti liikunnan määrän, laadun ja ajoituksen suhteen, tarkastelussa on seuraavaksi joitain yksittäisiä interventioita. Yksittäisten interventioiden toteutustapoja tutkiessa on mahdollista paremmin havaita, miksi kyseinen interventio mahdollisesti tuotti tulosta tai miksi joku toinen ei tuottanut tulosta. Systemaattisten katsausten ja meta-analyysien osin ristiriitaisia tuloksia on myös helpompi ymmärtää, kun interventioita tarkastelemalla huomaa, miten monilla muuttujilla on merkitystä lopputulokseen.

Interventiot eroavat toisistaan enimmäkseen siinä, minkälaista fyysistä aktiivisuutta on testattu ja kuinka pitkän aikaa. Suurin osa seuraavaksi esiteltävistä interventioista on testattu peruskouluikäisillä lapsilla ja nuorilla. Koululaiset ovat siitä helppo kohderyhmä, että heidän toimintaansa koulupäivän ja erityisesti oppituntien aikana on helppo vaikuttaa ja muuttaa. Vapaa-ajalla toimimista on huomattavasti haastavampaa kontrolloida ja valvoa. Tutkimuksia varten täytyy tietää, että se toteutetaan suunnitellulla tavalla. Laboratorio-olosuhteet eivät ole lapselle luontainen ympäristö toimia. Lisäksi koulussa tehtyjen tutkimusten tulokset ovat olleet johdonmukaisimpia (Donnelly ym. 2016).

4.1 Akuutit vasteet toiminnanohjaukseen

Lambrick ym. (2016) tutkivat liikunnan akuuttien vasteiden näkymistä lasten toiminnanohjauksessa juoksumatolla ja Stroopin testillä. Koehenkilöt juoksivat kaksi viidentoista minuutin testiä, toisen tasaisella kohtalaisella kuormituksella ja toisen vaihtelevalla kuormituksella. Tutkimuksen tuloksena oli, että molemmat tavat paransivat toiminnanohjaustestin tulosta ja inhibitiota mittaavan Stroopin testin tulosta, joka mitattiin alkutestin lisäksi sekä minuutin, että puolen tunnin kuluttua testistä. Vaihtelevan kuormituksen jälkeiset tulokset olivat kaikista parhaimpia, minkä perusteella voidaankin todeta, että lasten välituntiliikkuminen on erityisen hyödyllistä. Välituntiliikkuminen on hyvin verrattavissa tämän tutkimuksen vaihtelevan kuormituksen testiin. (Lambrick ym. 2016)

Akuutteja vasteita toiminnanohjaukselle ei puolestaan havaittu paikoillaan istumisen ja kuntopyörällä polkemisen välillä Ruiterin ym. (2019) tutkimuksen mukaan. Tässä tutkimuksessa inhibitiota oli mitattu Eriksenin flanker testillä, joka oli mitattu silloin kun lapsi

istui paikoillaan ja silloin kun hän polki omaan tahtiin kuntopyörää. Inhibitio testissä tulokset eivät eronneet mittausten välillä, eikä muissakaan toiminnanohjauksista mittaavissa testeissä havaittu eroja. Tästä tutkijat kuitenkin tekivät johtopäätöksen, että fyysisen aktiivisuuden määrää voi hyvin lisätä kouluissa esimerkiksi pulpettikuntopyörillä, sillä niillä polkeminen ei aiheuta haittaa toiminnanohjaukselle. (Ruiter ym. 2019)

Näiden aerobisella liikunnalla testattujen interventioiden jälkeen tarkastellaan interventioita, joissa on tehty pelkästään tai aerobisen liikunnan lisäksi kognitiivisesti aktivoivaa liikuntaa. Kingstonin ym. (2020) tutkimuksessa vertailtiin kognitiivisesti aktivoivaa liikuntaa sisältävän liikuntatunnin, ja vähemmän kognitiivisesti aktivoivan ohjatun pelailuvälitunnin ja ohjaamattoman pelailuvälitunnin akuutteja vaikutuksia toiminnanohjaukselle. Inhibitiota testattiin Stroopin testillä jokaisen liikuntatunnin (kesto puoli tuntia) tai välitunnin (kesto 20 minuuttia) ennen ja jälkeen. Tuloksena oli, että lapset, jotka olivat kognitiivisesti eniten aktivoivan liikuntatunnin ryhmässä, saivat toiminnanohjauksesta, inhibition testit mukaan lukien, eniten parannusta verrattuna alkutesteihin. Kaikissa ryhmissä tulokset olivat kuitenkin aina tuokion jälkeen parempia, mikä osoittaa, että kaikenlainen fyysinen aktiivisuus edistää toiminnanohjauskykyä. (Kingston ym. 2020)

Hyvin samankaltaisia tuloksia Kingstonin ym. (2020) tutkimuksen kanssa saivat Sriramatr ja Maphong (2022), jotka vertailivat kognitiivisesti ja fyysisesti aktivoivan neljänkymmenen minuutin tuokion ja tavallisen luokkatoiminnan vaikutuksia alakoululaisten toiminnanohjaukseen. Inhibitiota mitattiin Stroopin testillä ennen ja jälkeen tuokioiden, aivan kuten Kingstonin ym. (2020) tutkimuksessakin. Fyysisesti ja kognitiivisesti aktivoivaan tuokioon osallistuneiden testituloksissa oli suurempi parannus kuin niiden testeissä, jotka jatkoivat tavallista luokkahuonetyöskentelyä.

Viimeisimpänä akuutteja vasteita tutkineista interventioista on tarkastelussa Lindin ym. (2019) jalkapallon pienpelien ja Eriksenin flanker-testin avulla tehty tutkimus. Alakoululaiset jaettiin kolmeen ryhmään, jotka suorittivat jalkapallon pienpelin juosten tai kävellen tai istuivat ja katsoivat jalkapalloa. Pelien kesto oli kaksi kertaa kymmenen minuuttia. Tavalliset pienpelit vaativat hyvää kestävyyskuntoa, sillä ne ovat kohtuullisesti tai paljon rasittavia. Jalkapallo pelinä on lisäksi hyvin kognitiivisesti aktivoivaa. Kävelypelin intensiteetti oli vain matalaa tai kohtuukuormitteista. Inhibitio parani eniten tavallisesti suoritettuun pienpeliin osallistuneilla ja sen hyödyt kantoivat niin kauan, että voitiin päätellä, että koulumaailmassa tämän kaltaisesta välituntiliikkumisesta olisi hyötyä seuraavalla oppitunnilla.

4.2 Krooniset vasteet toiminnanohjaukseen

Kroonisilla vasteilla tarkoitetaan pidempiaikaisen liikunnan tuottamia vasteita. Niitä tutkineet tutkimukset ovat voineet olla interventioita, eli sellaisia, joissa koehenkilöt ovat osallistuneet määrättyyn toimintaan pidemmän aikaa. Kroonisia vasteita on voitu selvittää myös ilman interventioita, sillä lasten ja nuorten tavallisesta liikkumisesta syntyy kroonisia vasteita. Näin ollen mittaamalla lapsen fyysisiä ominaisuuksia ja motorisia taitoja tai selvittämällä heidän liikuntataustansa ja yhdistämällä ne toiminnanohjaustestien tuloksiin, voidaan erotella erilaisten liikuntaprofiilien merkitystä toiminnanohjauksen kehitykselle.

Chaddock ym. (2012, 421) selvittivät, että paremman kestävyyskunnan omaavilla lapsilla oli huonokuntoisempia vertaisiaan huomattavasti parempi toiminnanohjaus. Kestävyyskunto testattiin tarkan ja luotettavan tuloksen antavalla maksimaalisen hapenottokyvyn (VO₂max) juoksumattotestillä. Inhibitiota he olivat mitanneet Eriksenin flanker-testillä. Tämän lisäksi koehenkilöt olivat käyneet aivojen magneettikuvissa, ja näiden kuvien perusteella voitiin todeta, että paremman kestävyyskunnan omaavilla lapsilla oli suurempi aivokuorukka. Se on yksi toiminnanohjaukselle tärkeistä rakenteista. (Chaddock ym. 2012, 421–423)

Kuten aiemmin esiteltä Lindin ym. (2019) tutkimus, myös Alesi ym. (2016) olivat kiinnostuneita jalkapallon merkityksestä eri toimintojen kehitykselle alakouluikäisillä. Heidän tutkimuksessaan verrattiin vähän liikkuvien ryhmän ja kahdesti viikossa 75 minuutin jalkapalloharjoituksiin osallistuvan ryhmän toiminnanohjauksen kehittymistä kuuden kuukauden aikana. Inhibitiota mitattiin Tower of London-testillä ja jalkapalloryhmän tulokset lopputestissä, niin inhibition kuin muidenkin toiminnanohjaukseen liittyvien tekijöiden osalta, olivat huomattavasti enemmän parantuneet verrattuna vähän liikkuvaan kontrolliryhmään.

Jalkapallon lisäksi liikuntalajeista tanssi, jossa syke nousee ja jonka tavoitteena on oppia ja muistaa liikesarjoja paransi alakoululaisten toiminnanohjausta. Zinelabidinen ym. (2022) tutkimuksessa koeryhmään kuuluvien kahdeksan viikon liikuntatuntien sisältönä oli aerobista tanssia kahdesti viikossa, kun kontrolliryhmä jatkoi tavallista kouluarkeaan ilman liikuntatunteja. Tutkimuksessa lapsilta testattiin inhibitiota Stroopin testillä. Tämän ja muidenkin toiminnanohjaustestien osalta koeryhmän lasten testitulokset paranivat, mutta kontrolliryhmän tulokset eivät. (Zinelabidine ym. 2022)

Jalkapallo ja tanssi ovat molemmat esimerkkejä aerobisesti ja kognitiivisesti aktivoivista lajeista. Aerobisen ja kognitiivisesti aktivoivan liikunnan vaikutuksia toiminnanohjaukselle tutkittiin myös van der Nietin ym. (2016, 66) 22 viikon interventiossa, jossa kontrolliryhmä jatkoi tavallista kouluarkeaan ja koeryhmälle lisättiin kaksi puolentunnin liikuntatuokiota. Inhibitiota mitattiin Stroopin testillä. Koeryhmän toiminnanohjaus, inhibitio mukaan lukien, parani huomattavasti enemmän koeryhmässä olleilla lapsilla (van der Niet 2016, 64).

Tutkijat ovat kuitenkin olleet kiinnostuneita myös siitä, kumpi liikuntamuodoista (aerobinen vai kognitiivisesti aktivoiva) on toiminnanohjausta enemmän kehittävää. Meijer ym. (2021) jakoivat alakoululaiset koehenkilöt 14 viikon ajaksi kolmeen ryhmään, joista yksi toimi kontrolliryhmänä (tavallista koululiikuntaa kaksi kertaa viikossa), ja kaksi ryhmää toimivat aerobisena ja kognitiivisesti aktivoivan liikunnan ryhminä (määrättyä liikuntaa neljä kertaa viikossa). Inhibitiota mitattiin Stop signal-testillä. Tuloksena oli, että ryhmien välillä ei ollut toiminnanohjauksessa eroja. Sen lisäksi, että fyysisen aktiivisuuden muodolla ei ollut merkitystä, Meijerin ym. (2021, 9) tutkimuksessa ei myöskään siis havaittu, että fyysisellä aktiivisuudella olisi hyödyllisiä vaikutuksia toiminnanohjaukselle. Tämä on täysin päinvastainen tulos esimerkiksi Bestin (2010) tutkimuksen kanssa, jossa tuloksena oli, että kaikenlainen liikunta parantaa toiminnanohjausta ja kognitiivisesti aktivoivalla on suurempi vaikutus. Meijer ym. (2021, 11) esittivät tutkimuksessaan kuitenkin yhteyden MVPA:n ajan ja toiminnanohjauksen välillä. Tämä tarkoittaa, että kohtalaisella tai hyvin rasittavalla tasolla liikkumisen määrällä olisi merkitystä toiminnanohjauksen kehitykselle. Myös Booth ym. (2013) totesivat että mitä suurempi nuoren MVPA:n määrä arjessa oli, sitä paremmin hän suoriutui toiminnanohjausta mittaavista testeistä.

Aerobisen ja kognitiivisesti aktivoivan liikunnan sijaan Haverkamp ym. (2021) ovat asettaneet vertailuun sellaiset liikuntamuodot, joissa tavoitellaan terveyden, eli hengitys- ja verenkiertoelimistön kunnon ja lihasvoiman kautta määriteltävää hyvää fyysistä kuntoa tai ketteryys- ja nopeustaitojen kautta määriteltävää hyvää fyysistä osaamista. Heidän tutkimuksensa tuloksena oli, että ketterämmät ja nopeammat nuoret suoriutuivat paremmin toiminnanohjaustesteistä. Terveyden kautta määriteltävään parempaan kuntoon ei voitu yhdistää parempaa toiminnanohjausta. (Haverkamp ym. 2021) Myös Solis-Urra ym. (2020) vertailivat täysin samoja liikuntamuotoja. Heillä oli käytössä hyvin samanlaisia testejä kuin Haverkampilla ym. (2021). Toiminnanohjauksesta Solis-Urra ym. (2020, 1355) olivat testanneet inhibitiota stop-signaali testillä. Heidän tutkimustuloksensa oli kuitenkin täysin

päinvastainen kuin Haverkampin ym. (2021), sillä nuorten hengitys- ja verenkiertoelimistön kunnolla ja lihasvoimalla oli selkeä yhteys toiminnanohjaukseen. Paremmat ketteryyss- ja nopeustaidot eivät ennustaneet mitään muita kuin parempaa inhibitiota (Solis-Urra ym. 2020, 1352).

5 POHDINTA

Tässä kirjallisuuskatsauksessa päätarkoituksena oli selvittää, onko liikunnan avulla mahdollista edistää peruskouluikäisten toiminnanohjausta. Päätuloksena oli, että liikunnan avulla on mahdollista edistää lasten ja nuorten toiminnanohjausta. Vaikka tuloksissa onkin paljon ristiriitaisuutta, voidaan todeta, että parempi fyysinen kunto (Berrios-Aguayo ym. 2022, 85; Chaddock ym. 2022; Muntaner-Mas ym. 2022; Solis-Urra ym. 2020) ja suurempi liikunnan määrä (Berrios-Aguayo ym. 2022, 85; Best 2010; Booth ym. 2013; Donnelly ym. 2016; Meijer ym. 2021; van der Niet ym. 2016, 64) ennustavat parempaa toiminnanohjausta ja lyhyilläkin liikuntahetkillä (Haverkamp ym. 2020; Kingston ym. 2019; Lambrick ym. 2016; Sriramatr & Maphong 2022) voidaan ainakin hetkellisesti parantaa toiminnanohjausta.

Liikunnan vaikutusta kognitiivisiin kykyihin on tutkittu paljon. Tutkimuksia on toteutettu monilla eri tavoilla, minkä vuoksi tutkimustuloksiakin on hyvin erilaisia. Suuressa osassa tutkimuksia on löydetty positiivisia yhteyksiä (Burkhalter & Hillman 2011; Chaddock ym. 2011; Donnelly ym. 2016; Haapala 2013 ; Solis-Urra ym. 2021), mutta toisaalta on myös niitä tutkimuksia, joissa liikunnan ja kognitiivisten toimintojen välille ei ole löytynyt yhteyttä (Haverkamp ym. 2021; Ruitter ym. 2019). Tutkimuksia, joissa liikunnalla olisi todettu negatiivisia vaikutuksia kognitiivisille kyvyille ei kuitenkaan ole. Tämän vuoksi voisi sanoa, että liikkumisesta ei ainakaan ole haittaa. Toisaalta koska tieteellisen tutkimuksen hyvään eettisiin periaatteisiin kuuluu se, ettei tutkittavalle aiheudu merkittäviä haittoja (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2019, 7), on tutkimuksia lähtökohtaisestikin yritetty suunnitella positiivisten yhteyksien esiin saamiseksi.

Kognitiivisesta toimintakyvystä on hyvä pitää huolta läpi elämän. Koska lasten aivot ovat vielä kehitysvaiheessa, niiden läpi elämän ulottuvan toiminnan muotoutumiseen voi vielä vaikuttaa. Olisi tärkeää, että lasten elämässä mukana olevat aikuiset tunnistaisivat tämän tärkeän mahdollisuuden tukea lapsen aivojen kehitystä. Lasten huoltajien lisäksi tämä koskettaa suuresti myös aikuisia, jotka ovat mukana koulujärjestelmän organisaatioissa, kuten lapsia lähimpänä työskenteleviä opettajia. Lapset viettävät koulussa ajallisesti hyvin suuren osan arjestaan. Kognitiivista toimintakykyä voi toki vielä aikuisuudessakin jollain tapaa kehittää, ja vanhuudessa kognitiivisen toimintakyvyn ylläpitäminen ja heikentymisen hidastaminen nousevat tärkeiksi asioiksi.

Kansallisissa opetussuunnitelmissa lasten ja nuorten yleisen kasvun ja kehityksen tukeminen on huomioitu monin tavoin. Perusopetuksen on tarkoituksena luoda pohja oppilaiden yleissivistykselle (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, 14) ja tähän tavoitteeseen päästään perusopetukselle asetettujen monien eri tehtävien kautta. Yksi näistä on opetus- ja kasvatustehtävä (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, 18). Perusopetuksen ainoa tehtävä ei siis ole opettaa tietoja ja sisältöjä, vaan myös kehittää oppilasta tiedonkäsittelijänä ja kasvattaa hänet yhteiskunnan jäseneksi. Toiminnanohjauskyky liittyy hyvin olennaisesti kaikkiin näihin perusopetuksen tavoitteisiin.

Lasten ja nuorten aivojen toiminnalle kasautuu melko paljon odotuksia koulunkäynnin viedessä suuren osan ajasta. Sitä varten tarvitaan hyvin toimivia ja normaalisti kehittyviä aivoja. Toisaalta juuri koulunkäynnin on ajateltu kehittävän ja muokkaavan aivoja parhaalla mahdollisella tavalla. Voisi sanoa, että aivojen toiminnan kehittyminen ja koulunkäynti tukevat toinen toisiaan. Koulussa moni asia vaatii toiminnanohjausta ja sen vielä kehittymättömästä toiminnasta on usein negatiivisia seurauksia oppilaalle itselleen. Oma oppiminen tai ymmärtäminen saattaa kärsiä, muiden luokassa opiskelevien työrauha voi heikentyä ja samalla myös opettajan työrauha häiriintyy. Näiden kaikkien syiden vuoksi oppilas saa hyvin helposti negatiivista palautetta, usein vielä kaikkien kuullen siitä, että ei esimerkiksi pystynyt keskittymään tehtävään. Toiminnanohjauksesta erityisesti inhibitio, eli kyky kontrolloida omaa käyttäytymistä, tunteita, tarkkaavaisuutta ja ajatuksia, ja estää itselle houkutteleva reaktio ja vähentää ärsykeitä (Broomell & Ann Bell 2018; Diamond 2013) liittyy juuri tämän kaltaiseen arkiseen tilanteeseen luokassa. Tämän kirjallisuuskatsauksen meta-analyysien ja systemaattisten katsausten yhtenevä näkemys on, että ainakin akuuteilla interventioilla voisi vaikuttaa inhibitioon (de Greeff ym. 2018; Haverkamp ym. 2020; Hsieh ym. 2021; Paschen ym. 2019, 279). Toisaalta myös kroonisten vasteiden tutkimuksissa on saatu positiivisia tuloksia inhibitioon, kuten esimerkiksi koululaisille hyvin mieluisiin, mahdollisiin ja yleisiin lajeihin, tanssiin (Zinelabidine ym. 2022) ja jalkapalloon (Alesi ym. 2016) keskittyneissä interventioissa.

Koulussa on mahdollista hyödyntää sekä liikunnan akuuttien, että kroonisten vasteiden hyötyjä. Kuten tämä kirjallisuuskatsaus osoittaa, esimerkiksi välitunnin aikana liikkumisella voi saada aikaan toiminnanohjauskyvyn parempaa toimintaa seuraavan oppitunnin ajaksi (Lambrick ym. 2016). Mikäli koulussa puuttuvat oppilaita innostavat pelailumahdollisuudet, tai välituntiliikkumiseen ei ylipäätään ole koulussa kannustava ilmapiiri, jätetään akuuttien vasteiden tavoittelu ja hyödyt käyttämättä. Kroonisten vasteiden hyötyjen näkymistä voi

puolestaan edesauttaa parhaiten liikuntatuntien avulla. Tähän katsaukseen koottujen tutkimusten mukaan monet lapsen fyysisen kunnon hyvät ominaisuudet ennustivat parempaa toiminnanohjausta (Berrios-Aguayo ym. 2022, 85; Chaddock ym. 2022; Muntaner-Mas ym. 2022; Solis-Urra ym. 2020). Mikäli liikuntatunneilla aktiivista toiminta-aikaa on suurin osa ajasta, kuten pitäisi, erityisesti vähän liikkuville viikotasolla se on jo merkittävä liikunnan määrän lisääntyminen ja mahdollisesti fyysisen kunnon parantuminen. Liikuntatuntien sisältöjen toteutus ja didaktiset ratkaisut, sosiaalinen ja erityisesti psyykinen turvallisuus huomioiden, ovat opettajan käsissä. Muun muassa näillä kaikilla edellä mainituilla tekijöillä on suuri merkitys sille, saadaanko lapsia innostettua liikkumaan ja kasvamaan liikuntaan. Kaikenlaisten rutiinien, myös liikuntarutiinien muodostumiseen on peruskouluikäisillä helpompaa vaikuttaa, kuin myöhemmin aikuisuudessa.

Tutkimustuloksissa oli paikoin ristiriitaisuuksia. Yhtenä selittävänä tekijänä voi olla eri maiden liikuntakulttuurit ja eroavaisuudet liikunnanopetuksessa. Tässä kirjallisuuskatsauksessa tutkimuksia oli Suomen lisäksi muualta Euroopasta sekä muun muassa Yhdysvalloista ja Kiinasta. Suomessa liikunnanopetusta on muutamia tunteja viikossa vuosiluokasta riippuen, mutta esimerkiksi Yhdysvalloissa oppilaiden tavallinen liikuntatunti saattaa tarkoittaa alle puolen tunnin liikuntatuokiota tai ulk välituntia ruuan jälkeen. Mikäli tutkimuksessa on siis esimerkiksi kerrottu, että kontrolliryhmä jatkoi tavallista arkeaan, on toisessa tutkimuksessa se saattanut olla hyvinkin lähellä koeryhmän liikuntamäärää, kun taas toisessa hyvin kaukana siitä. Muun muassa tämän vuoksi toisissa maissa tehtyjä tutkimustuloksia ei varauksetta voi yleistää Suomeen. Tutkimustulosten ristiriitojen toisena selittävänä tekijänä saattaa olla se, että kaikissa tutkimuksissa koehenkilöiden liikuntaprofiileja, eli heidän tavallisen liikkumisensa määrää tai laatua ei ollut selvitetty, tai se oli tehty epäluotettavasti. Akuuttien interventioiden kohdalla tuloksissa on varmasti hyvin paljon eroa sellaisten lasten kohdalla, jotka jo valmiiksi liikkuvat paljon verrattuna sellaisiin, jotka eivät oikeasti liiku juuri lainkaan. Tutkimusten muuttujien kontrollointi oli siis tutkimusten kesken osittain hyvin vaihtelevaa. Sen vuoksi vertailu ja johtopäätösten tekeminen ei ole täysin mahdollista.

Tämän kirjallisuuskatsauksen vahvuutena on hyvin laaja olemassa olevaan lähdekirjallisuuteen perehtyminen. Lähteitä on monipuolisesti sekä kotimaasta, että ulkomailta ja niiden sisältä on mahdollista hahmottaa tämän aihepiirin keskeiset tutkijat. Tämän lisäksi tässä työssä käytetyt tutkimusartikkelit ovat vertaisarvioituja ja suurin osa niistä on hyvin tuoreita julkaisuja. Vahvuutena tässä työssä on myös hyvien monipuolisten näkökulmien kautta viitekehyksen luominen. Käsitteistöä ja sisältöä on sekä liikuntatieteiden, että psykologian aihepiireistä.

Työssä on selvitetty toiminnanohjaukseen liittyvää perustietoa niin neurotieteiden, käyttäytymisen, kuin tutkimisenkin osalta. Näillä pyrittiin siihen, että varsinaisia tutkimuksia ja interventioita käsitellessä lukijalla olisi riittävä tietopohja ymmärtää tuloksia.

Työn ja lähdekirjallisuuden laajuus on toisaalta myös osittain tämän tutkielman heikkous. Aihetta olisi voinut yrittää rajata vielä tarkemmin, esimerkiksi pelkästään akuutteihin, kroonisiin, aerobisen liikunnan tai kognitiivisesti aktivoivan liikunnan vasteisiin. Vaikka työtä oli jo rajattu koskemaan erityisesti inhibition puolta toiminnanohjauksesta, oli kaikkien erilaisten liikuntamuotojen ja interventioiden vasteista hyvin vaikea muodostaa mitään yhtä lopputulosta. Mikäli joitain niistä olisi rajattu pois, olisi yksittäisiä tutkimuksia ollut mahdollista vielä tätäkin tarkemmin avata. Sen pohjalta olisi saanut esiin vielä paremman kuvan siitä, mistä erot tuloksissa johtuvat.

Heikkoutena tässä työssä on myös käsitteiden osittainen vaihtelevuus työn aikana. Vaikka valittujen käsitteiden käyttö on perusteltu ja selitetty katsauksen edetessä, saattaa varsinkin aiheeseen perehtymättömällä olla vaikeuksia pysyä mukana siinä, miten kaikki käsitteet järjestyvät ja mikä asia liittyy mihinkin. Ilman täyttä ymmärrystä käsiteltävästä aiheesta, tämä käsitteiden vaihtelu voi rikkoa katsauksen loogisuutta paljonkin. Juuri käsitteisiin liittyen, työn otsikkona on toiminnanohjaus, mutta tarkasti ottaen toiminnanohjaus on huomioitu inhibointina. Työmuisti on jätetty täysin tarkastelun ulkopuolelle. Osittain tämä on toimiva ratkaisu, sillä kaikki mikä liittyy inhibointiin, liittyy myös toiminnanohjaukseen, mutta tilanne ei ole täysin sama toiseen suuntaan. Liikunnan avulla toiminnanohjauksen edistämisestä täyden kuvan saamiseksi olisi siis täytynyt tutkia myös työmuistin merkitystä. Tätä puutteellista kuvaa olen läpi työn yrittänyt kuitenkin täydentää sillä, että olen tarkentanut, onko tutkimuksessa erikseen kerrottu jotain inhiboinnista ja työmuistista, vai onko toiminnanohjausta käsitelty yhtenä kokonaisuutena.

Jatkotutkimusaiheena tästä aiheesta olisi varsinkin opettajan työn kannalta mielenkiintoista liikunnan akuuttien vasteiden tarkempi selvitys. Kuten jo aiemmin mainittua, akuutteja vasteita voisi tutkia jaottelemalla koehenkilöitä vähän ja paljon liikkuviin, jotta voitaisiin selvittää, onko hyödyt yhtä suuria liikuntaprofiilista riippumatta. Terveiden kannalta liian vähän liikkuvien lasten ja nuorten määrä on jo nyt huolestuttavan suuri, joten kaikenlaiset keinot, jolla voisi lisätä sekä toiminnanohjausta, että liikunnan määrää ylipäätään, ovat mielestäni merkityksellisiä. Mikäli jonkinlainen yhtenevä johtopäätös akuuteista vasteista sitten saataisiin, olisi hyvin tärkeää tutkia sitä, mitkä asiat estävät näiden toteutumista koulumaailmassa ja miten näitä

liikuntahetkiä saataisiin toteutettua käytännön tasolla. Tutkimuksessa tulisi selvittää realistiset mahdollisuudet sekä opettajakunnan, että lasten kiinnostuksen ja innostuksen osalta.

Toisena hyvänä jatkotutkimusaiheena lasten ja nuorten psyykkistä ja sosiaalista hyvinvointia ajatellen olisi selvittää, ennustaako puutteet toiminnanohjauksessa heikomman fyysisen kunnon lisäksi heikompa kokonaisvaltaista terveyttä. Kuten tässä kirjallisuuskatsauksessa jo todettiin, koulussa lapsi saa hyvin herkästi negatiivista palautetta tilanteista, joissa ei ole pystynyt keskittymään tai kontrolloimaan toimintaansa. Tarvittaisiin siis tutkimusta siitä, mitä mahdollisia seurauksia tästä on lapsen psyykkiselle ja sosiaaliselle terveydelle. Myös keinoja estää tällaisten tilanteiden syntymistä tulisi tutkia lisää. Kaikki keinot, joilla voidaan tukea ja edistää lasten ja nuorten hyvinvointia, ovat yhä enenevässä määrin äärettömän tärkeitä.

LÄHTEET

- Alesi, M., Bianco, A., Luppina, G., Palma, A. & Pepi, A. (2016). Improving children's coordinative skills and executive functions: The effects of a football exercise program. *Perceptual and Motor Skills* 122 (1), 27–46. <https://doi.org/10.1177/0031512515627527>
- Amatriain-Fernandez, S., Garcia-Noblejas, M.E. & Budde, H. (2021). Effects of chronic exercise on the inhibitory control of children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 31 (6), 1196–1208. <https://doi.org/10.1111/sms.13934>
- Baars, B.J. & Gage, N.M. (2010). *Cognition, brain and consciousness: Introduction to Cognitive Neuroscience*. 2. painos. Oxford: Elsevier.
- 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.
- Banich, M.T. (2009). Executive function: The search for an integrated account. *Current Directions in Psychological Science* 18 (2), 89–94. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01615.x>
- Banich, M.T. & Compton, R.J. (2018). *Cognitive Neuroscience*. 4. painos. Cambridge: Cambridge University Press.
- Berrios-Aguayo, B., Latorre-Román, P.A., Salas-Sánchez, J., & Pantoja-Vallejo, A. (2022). Effect of physical activity and fitness on executive functions and academic performance in children of elementary school. A systematic review. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 17 (51), 85–103. <http://dx.doi.org/10.12800/ccd.v17i51.1699>
- Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review* 30 (4), 331–351. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2010.08.001>
- Bidzan-Bluma, I. & Lipowska, M. (2018). Physical activity and cognitive functioning of children: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15 (4), 800. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040800>
- Booth, J.N., Tomporowski, P.D., Boyle, J.M., Ness, A.R., Joinson, C., Leary, S.D. & Reilly, J.J. (2013). Associations between executive attention and objectively measured physical activity in adolescence: Findings from ALSPAC, a UK cohort. *Mental Health and Physical Activity* 6 (3), 212–219. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2013.09.002>

- Borella, E., Carretti, B. & Pelegrina, S. (2010). The specific role of inhibition in reading comprehension in good and poor comprehenders. *Journal of Learning Disabilities* 43 (6), 541–552. DOI: 10.1177/0022219410371676
- Broomell, A., & Ann Bell, M. (2018). Inhibition. Teoksessa M. Bornstein (toim.), *The SAGE encyclopedia of lifespan human development*. SAGE Publications, Inc, 1151–1153. <https://dx.doi.org/10.4135/9781506307633.n434>
- Brown, T.E. & Landgraf, J.M. (2010). Improvements in executive function correlate with enhanced performance and functioning and health-related quality of life: evidence from 2 large, double blind, randomized, placebo-controlled trials in ADHD. *Postgraduate Medicine* 122 (5), 42–51. DOI: 10.3810/pgm.2010.09.2200
- Burkhalter, T.M. & Hillman, C.H. (2011). A Narrative review of physical activity, nutrition, and obesity to cognition and scholastic performance across the human lifespan. *Advances in Nutrition* 2 (2), 201S–206S. doi: 10.3945/an.111.000331
- Chaddock, L., Hillman, C. H., Pontifex, M.B., Johnson, C.R., Raine, L.B. & Kramer, A.F. (2012). Childhood aerobic fitness predicts cognitive performance one year later. *Journal of Sports Sciences* 30 (5), 421–430. <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2011.647706>
- 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 International Neuropsychological Society* 17 (6), 975–985. DOI:10.1017/S1355617711000567
- Crescioni, A.W., Ehrlinger, J., Alquist, J.L., Conlon, K.E., Baumeister, R.F., Schatschneider, C. & Dutton, G.R. (2011). High trait self-control predicts positive health behaviors and success in weight loss. *Journal of Health Psychology* 16 (5), 750–759. doi: 10.1177/1359105310390247
- Davenport, M.H., Hogan, D.B., Eskes, G.A., Longman, R.S. & Poulin, M.J. (2012). Cerebrovascular reserve. The link between fitness and cognitive function? *Exercise and Sport Sciences Reviews* 40 (3), 153–158. doi: 10.1097/JES.0b013e3182553430
- de Greeff, J.W., Bosker, R.J., Oosterlaan, J., Visscher, C. & Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport* 21 (5), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.595>
- Degerman, A., Salmi, J., Alho, K. & Rinne, T. (2006). Elektroenkefalografia (EEG). Teoksessa H. Hämäläinen, M. Laine, O. Aaltonen & A. Revonsuo (toim.) *Mieli ja aivot-kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Turku: Gummerrus, 105–110.

- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology* 64 (1), 135–168. DOI: 10.1146/annurev-psych-113011-143750
- Diamond, A. & Ling, D.S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience* 18, 34–48. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005>
- Donnelly, J.E., Hillman, C.H., Castelli, D., Etnier, J.L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K. & Szabo-Reed, A.N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 48 (6), 1197–1222. doi: 10.1249/MSS.0000000000000901
- Duodecim. (2020). Konsensus 2020 Aivot ja Mieli. Viitattu 18.11.2022. <https://www.duodecim.fi/wp-content/uploads/sites/9/2020/03/Konsensuslausuma-versio-1.6-3.pdf>
- Fosco, W.D., Hawk Jr., L.W., Colder, C.R., Meisel, S.N. & Lengua, L.J. (2019). The development of inhibitory control in adolescence and prospective relations with delinquency. *Journal of Adolescence* 76 (1), 37–47. doi: 10.1016/j.adolescence.2019.08.008
- Haapala, E.A. (2013). Cardiorespiratory fitness and motor skills in relation to cognition and academic performance in children – A review. *Journal of Human Kinetics* 36 (1), 55–68. doi: 10.2478/hukin-2013-0006
- Hari, R. (2006). Magnetoenkefalografia. Teoksessa H. Hämäläinen, M. Laine, O. Aaltonen & A. Revonsuo (toim.) *Mieli ja aivot- kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Turku: Gummerrus, 111–117.
- Haverkamp, B.F., Oosterlaan, J., Königs, M. & Hartman, E. (2021). Physical fitness, cognitive functioning and academic achievement in healthy adolescents. *Psychology of Sport and Exercise* 57, 102060. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2021.102060>
- Haverkamp, B.F., Wiersma, R., Vertessen, K., van Ewijk, H., Oosterlaan, J. & Hartman, E. (2020). Effects of physical activity interventions on cognitive outcomes and academic performance in adolescents and young adults: A meta-analysis. *Journal of Sport Sciences* 38 (23), 2637–2660. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1794763>
- Hermanson, E. & Sajaniemi, N. (2018). Nuoruuden kehitys - mitä tapahtuu pinnan alla? *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 134 (8), 843–849. Viitattu 18.11.2022. <https://www.duodecimlehti.fi/duo14286>

- Honore, N., Houssa, M., Volckaert, A., Noel, M.-P. & Nader-Grosbois, N. (2020). Training inhibition and social cognition in the classrooms. *Frontiers in Psychology* 11, 1974–1974. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01974>
- Houghton, G. & Tipper, S.T. (1996). Inhibitory mechanisms of neural and cognitive control: Applications to selective attention and sequential action. *Brain and Cognition* 30 (1), 20–43. DOI: 10.1006/brcg.1996.0003
- Hsieh, S.-S., Chueh, T.-Y., Huang, C.-J., Kao, S.-C., Hillman, C.H., Chang, Y.-K. & Hung, T.-M. (2021). Systematic review of the acute and chronic effects of high-intensity interval training on executive function across the lifespan. *Journal of Sport Sciences* 39 (1), 10–22. doi: 10.1080/02640414.2020.1803630
- Hämäläinen, P. & Ahonen, H. (2006). Kliininen neuropsykologinen tutkimus. Teoksessa H. Hämäläinen, M. Laine, O. Aaltonen & A. Revonsuo (toim.) *Mieli ja aivot- kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Turku: Gummerrus, 79–88.
- Kingston, U., Adamakis, M. & Costa, J. (2020). Acute effects of physical education, structured play, and unstructured play in children’s executive functions in primary school. *Journal of Physical Education and Sport* 20 (6), 3260–3266. DOI:10.7752/jpes.2020.s6442
- Käypä hoito- suositus. (2019). ADHD (aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriö). Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Lastenneurologisen yhdistys ry:n, Suomen Lastenpsykiatriyhdistyksen ja Suomen Nuorisopsykiatrisen yhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 3.11.2022. <https://www.kaypahoito.fi/hoi50061#K1>
- Liikunta. Käypä hoito. (2015). Liikuntaan liittyviä määritelmiä. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Käypä hoito -johtoryhmän asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 18.11.2022. www.kaypahoito.fi
- Lambrick, D., Stoner, L., Grigg, R. & Faulkner, J. (2016). Effects of continuous and intermittent exercise on executive function in children aged 8–10 years. *Psychophysiology* 53 (9), 1335–1342. DOI: 10.1111/psyp.12688
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Loring, D. W., Hannay, H. J. & Fischer, J.S. (1995). *Neuropsychological Assessment*. 4. painos. Oxford University Press.
- Lind, R.R., Beck, M.M., Wikman, J., Malarski, K., Krustup, P., Lundbye-Jensen, J. & Geertsen, S.S. (2019). Acute high-intensity football games can improve children’s inhibitory control and neurophysiological measures of attention. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 29 (10), 1546–1562. <https://doi.org/10.1111/sms.13485>

- Meijer, A., Königs, M., van der Fels, I.M.J., Visscher, C., Bosker, R.J., Hartman, E. & Oosterlan, J. (2021). The effects of aerobic versus cognitively demanding exercise interventions on executive functioning in school-aged children: A cluster-randomized controlled trial. *Journal of Sport & Exercise Psychology* 43 (1), 1–13. <https://doi.org/10.1123/jsep.2020-0034>
- Muntaner-Mas, A., Mora-Gonzalez, J., Cabanas-Sanchez, V., Pintado L.B., Salmon, J., Hillman, C.H., Castro-Pinero, J., Perales, J.C., Veiga, O.L. & Esteban-Cornejo, I. (2022). Prospective associations between physical fitness and executive function in adolescents: The UP&DOWN study. *Psychology of Sport and Exercise* 61, 102203. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102203>
- Närhi, V. & Korhonen, T. (2006). Toiminnanohjauksen kehitys. Teoksessa H. Hämäläinen, M. Laine, O. Aaltonen & A. Revonsuo (toim.) *Mieli ja aivot- kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Turku: Gummerrus, 261–267.
- Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisusarja 2021. (2021). Liikkumissuositus 7–17-vuotiaille lapsille ja nuorille. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-853-3>
- Ortega, F.B., Cadenas-Sanchez, C., Lee, D.-c., Ruiz, J.R., Blair, S.N. & Sui, X. (2018). Fitness and fatness as health markers through the lifespan: An overview of current knowledge. *Progress in Preventive Medicine* 3 (2). DOI: 10.1097/pp9.0000000000000013
- Paschen, L., Lehmann, T., Kehne, M. & Baumeister, J. (2019). Effects of acute physical exercise with low and high cognitive demands on executive functions in children: A systematic review. *Pediatric Exercise Science* 31 (3), 267–281. <https://doi.org/10.1123/pes.2018-0215>
- Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. (2014). Opetushallitus. Määräykset ja ohjeet 2014:96. Viitattu 18.11.2022. https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf
- Reyes-Amigo, T., Bezerra, A., Gomez-Mazorra, M., Boppre, G., Martins, C., Carrasco-Beltran, H., Cordero-Roldan, E. & Mota, J. (2022). Effects of high-intensity interval training on executive functions in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Physical Activity Review* 10 (2), 77–87. doi: 10.16926/par.2022.10.23
- Rinne, T., Salmi, J., Degerman, A. & Alho, K. (2006). Toiminnallinen magneettiresonanssikuvaus. Teoksessa H. Hämäläinen, M. Laine, O. Aaltonen & A. Revonsuo (toim.) *Mieli ja aivot- kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Turku: Gummerrus, 125–129.

- Ruiter, M., Eielts, C., Loyens, S. & Paas, F. (2019). Comparing cognitive control performance during seated rest and self-paced cycling on a desk bike in preadolescent children. *Journal of Physical Activity and Health* 16 (7), 533–539. <https://doi.org/10.1123/jpah.2017-0437>
- Röthlisberger, M., Neuenschwander, R., Cimeli, P., Michel, E. & Roebbers, C.M. (2011). Improving executive functions in 5- and 6-year-olds: Evaluation of a small group intervention in prekindergarten and kindergarten children. *Infant and Child Development* 21 (4), 411–429. <https://doi.org/10.1002/icd.752>
- Solis-Urra, P., Sanchez-Martinez, J., Olivares-Arancibia, J., Castro Pinero, J., Sadarangani, K.P., Ferrari, G., Rodriguez-Rodriguez, F., Gaya, A., Fochesatto, C.F. & Cristi-Montero, C. (2021). Physical fitness and its association with cognitive performance in Chilean schoolchildren: The cogni-action project. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 31 (6), 1352–1362. DOI: 10.1111/sms.13945
- Sriramatr, S. & Maphong, R. (2022). The acute effects of actively play on the executive functions of Thai children. *Physical Activity Review* 10 (1), 1–9. DOI:10.7752/jpes.2020.s6442
- Syväoja, H. J., Tammelin, T.H., Ahonen, T., Kankaanpää, A. & Kantomaa, M.T. (2014). The associations of objectively measured physical activity and sedentary time with cognitive functions in school-aged children. *PloS one* 9 (7), e103559-e103559. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103559>
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. (2020). Elintavat ja ravitsemus. Liikunnan terveyshyödyt. Viitattu 18.11.2022. <https://thl.fi/fi/web/elintavat-ja-ravitsemus/liikunta/liikunnan-terveyshyodyt>
- 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. Liikkuminen ja paikallaanolo. Viitattu 28.10.2022. <https://ukkinstituutti.fi/liikkuminen/liikkumisen-vaikutukset/>
- van der Niet, A.G., Smith, J., Oosterlaan, J., Scherder, E.J.A., Hartman, E. & Visscher, C. (2016). Effects of a cognitively demanding aerobic intervention during recess on children’s physical fitness and executive functioning. *Pediatric Exercise Science* 28 (1), 64–70. <http://dx.doi.Org/10.1123/pes.2015-0084>

- Visier-Alfonso, M.E., Sanchez-Lopez, M., Alvarez-Bueno, C., Ruiz-Hermosa, A., Nieto-Lopez, M. & Martinez- Vizcaino, V. (2021). Mediators between physical activity and academic achievement: A systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 33 (3), 452–464. doi: 10.1111/sms.14107
- Volckaert, A.M.S. & Noel, M.-P. (2015). Training executive function in preschoolers reduce externalizing behaviors. *Trends in Neuroscience and Education* 4 (1-2), 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2015.02.001>
- Vuoksima, E. (2019). Kognitiivisten toimintojen muutokset – mikä on ikääntymistä, mikä sairautta? *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 135 (11), 1075–1084. Viitattu 30.11.2022. <https://www.duodecimlehti.fi/duo14952>
- Zhou, S., Xiong, S., Cheng, W. & Wang, Y. (2019). Flanker paradigm contains conflict and distraction factors with distinct neural mechanisms: an ERP analysis in a 2-1 mapping task. *Cognitive Neurodynamics* 13 (4), 341–356. doi: 10.1007/s11571-019-09529-w
- Zinelabidine, K., Elghoul, Y., Jouira, G. & Sahli, S. (2022). The effect of an 8-week aerobic dance program on executive function in children. *Perceptual and Motor Skills* 129 (1), 153–175. <https://doi.org/10.1177/00315125211058001>

