



NEUROPSY OPEN

Neuropsykologian erikoistumiskoulutuksen julkaisuja
Publications by the Specialisation Programme in Neuropsychology

Helsingin yliopisto, University of Helsinki, 1/2025

Koulussa toteutettavan liikuntaintervention vaikutus oppimiseen: systemaattinen kirjallisuuskatsaus

Emmi Rantanen

TIIVISTELMÄ

Liikunnallisella aktiivisuudella on monien terveyshyötyjen lisäksi tärkeä rooli myös lasten aivojen kehityksen kannalta. Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli selvittää, miten vii-meaikaisissa tutkimuksissa on kuvattu liikunnallisen aktiivisuuden ja kouluoppimisen yhteyttä. Tutkimuskysymykseksi tarkentui ottaa selvää siitä, mitä vaikutuksia koulussa toteutettavalla liikuntainterventiolla on akateemiseen suoriutumiseen tai kognitiivisiin toimintoihin alakou-luikäisillä lapsilla. Lisäksi haluttiin selvittää, onko olemassa jokin tietty määrä liikuntaa tai tietty liikuntamuoto, josta olisi eniten hyötyä kouluoppimisen kannalta. Kirjallisuushaussa löytyi kah-deksan tutkimusta, joissa oli tutkittu liikuntaintervention vaikutusta joko vain akateemisiin tai-toihin tai vain kognitiivisiin toimintoihin tai molempiin. Akateemisia taitoja arvioitiin joko kerää-mällä tiettyjen oppiaineiden arvosanoja tai pitämällä tietyissä oppiaineissa kansalliset kokeet ennen ja jälkeen intervention. Intervention vaikutusta kognitiivisiin toimintoihin tutkittiin puo-lestaan tarkastelemalla lasten suoriutumista tarkkaavuutta ja eksekutiivisia toimintoja ar-vioivissa tehtävissä ennen ja jälkeen interventiojakson. Tulokset tutkimuksissa olivat vaihtelevia. Kolme neljästä akateemisia taitoja tutkineesta työstä totesi liikuntainterventiolla olleen merkitsevää positiivista vaikutusta, kun taas vain kaksi seitsemästä kognitiivista suoriutumista arvioivasta työstä löysi merkitseviä positiivisia tuloksia. Tämän katsauksen perusteella kou-lussa toteutettavan liikuntaintervention hyöty vaikuttaa siis näkyvän selvemmin alakouluikäis-ten akateemisissa taidoissa kuin yksittäisessä kognitiivisessa tehtäväsuoriutumisessa. Sel-keää kuvaa siitä, millä liikuntamuodolla tai -määrällä paras hyöty kouluoppimisen kannalta saavutetaan, ei näiden tutkimusten tuloksia tarkastellessa muodostunut.

Avainsanat:

Liikuntainterventio, akateeminen suoriutuminen, oppiminen, kognitiiviset toiminnot, lapset

JOHDANTO

Liikunnallisella aktiivisuudella on monenlaisia terveyshyötyjä; liikunnan on todettu vaikuttavan muun muassa sydän- ja hengityselimistön ja lihaksiston kuntoon sekä aineenvaihduntaan ja luuston terveyteen (Chaput ym., 2020). Kansainvälisissä tutkimuksissa on nähty, että lasten ja nuorten liikunnallinen aktiivisuus väheni COVID-19 -pandemian aikana (Neville ym., 2022; Stockwell ym., 2020). Myös suomalaisten lasten ja nuorten liikunnallinen aktiivisuus on vähentynyt vuodesta 2018 vuoteen 2022 (Husu ym., 2024). THL:n liikuntasuosituksen mukaan alakouluikäisten 7-12-vuotiaiden lasten tulisi harrastaa omaan ikään sopivaa monipuolista liikuntaa vähintään 1,5–2 tuntia päivässä (Terveiden ja hyvinvoinnin laitos, 2024). Suosituksen mukaan liikunnan tulisi sisältää useita vähintään kymmenen minuutin kestoisia jaksoja, jolloin sydämen syke sekä hengitys kiihtyvät. Vuonna 2023 THL:n kouluterveyskyselyssä alle puolet (43,0 %) perusopetuksen 4. ja 5.luokkalaisista raportoi liikkuvansa vähintään tunnin päivässä (Terveiden ja hyvinvoinnin laitos, 2023). Suositusten mukaiset määrät eivät siis näytä toteutuvan, ja uusia keinoja lasten liikunnallisen aktiivisuuden lisäämiseksi on tarve löytää. Samanlaisesti myös oppimistulokset PISA-tutkimuksissa ovat Suomessa heikentyneet (Opetus ja kulttuuriministeriö, 2022). Koska liikunnasta tiedetään terveyshyötyjen lisäksi olevan vaikutusta myös kognitiivisiin toimintoihin (Zhang, Jia, Yang, Zhang & Wang, 2023), herää mielenkiinto kouluoppimista ja koulussa toteutettavia liikuntainterventioita kohtaan. Kouluihin liittyvien liikuntainterventioiden on myös todettu voivan vähentää ahdistusta, lisätä resilienssiä, parantaa hyvinvointia ja lisätä positiivista mielenterveyttä lapsilla ja nuorilla (Andermo ym., 2020).

Liikunnan vaikutus kognitiiviseen kehitykseen ja oppimiseen

Liikunnallisen aktiivisuuden on todettu olevan tärkeää lasten kognitiiviselle kehitykselle (Zeng ym., 2017), ja motoristen taitojen on todettu korreloivan lasten tiettyjen kognitiivisten toimintojen sekä akateemisten taitojen kanssa (Fernandes ym., 2016). Zeng ja kumppanit (2017) tekivät systemaattisen katsauksen siitä, miten liikunnallinen aktiivisuus vaikuttaa terveiden 4-6-vuotiaiden lasten motoriseen ja kognitiiviseen kehitykseen. Niistä viidestä tutkimuksesta, joissa liikunnallisuuden vaikutusta kognitiivisiin taitoihin arvioitiin, nähtiin neljässä merkitseviä positiivisia vaikutuksia kielen oppimisessa, akateemisessa suoriutumisessa, tarkkaavuudessa ja työmuistissa. Sanchez-Lopez työryhmineen (2019) puolestaan tutkivat 5-7-vuotiaita, jotka osallistuivat ei-kilpailulliseen liikuntaan tunnin kolmesti viikossa yhden lukuvuoden ajan. Intervention jälkeen interventioryhmässä havaittiin parannuksia kaikilla mitatuilla kognitiivisten toimintojen alueella verrattuna kontrolliryhmiin.

Välittävänä tekijänä lasten motoristen taitojen sekä akateemisen suoriutumisen välillä on havaittu olevan heidän eksekutiiviset taitonsa (Schmidt ym., 2017). Eksekutiivisilla toiminnoilla tarkoitetaan toiminnanohjaustaitoja, eli kykyä toteuttaa tavoitteellista toimintaa. Eksekutiivisten toimintojen ajatellaan koostuvan kolmesta peruskomponentista: inhibitiosta, työmuistin päivittämisestä ja kognitiivisesta joustavuudesta (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki & Howerter, 2000). Lapsuus- ja nuoruusiässä eksekutiivisissa toiminnoissa voi olla hetkellinen ajanjakso, jolloin ne ovat alttiimpia liikunnallisen aktiivisuuden vaikutuksille (Best, 2010). Hyvät eksekutiiviset taidot voivat parantaa lasten kouluvalmiuksia ja myöhempää koulussa suoriutumista (Blair 2016; Roebers ym., 2014). Päiväkotikäisten lasten eksekutiivisten taitojen on havaittu ennustavan heidän akateemista suoriutumistaan koulussa toisella luokalla matematiikassa, lukemisessa ja tiedeaineissa (Morgan, Farkas, Hillemeier, Pun & Maczuga, 2019).

Tutkimusnäyttö liikunnan hyödyistä kognitiivisiin toimintoihin eri liikuntamuotojen ja -lajien kohdalla on ollut vaihtelevaa. Terveillä eri-ikäisillä ihmisillä yleisen kognition kohdalla parhaat tulokset on havaittu tuottavan aerobinen liikunta, eksekutiivisten toimintojen kohdalla aerobisen harjoittelun lisäksi parhaita tuloksia on saatu vastusharjoittelulla, ja muistitoimintoihin puolestaan paras hyöty on saatu kehon ja mielen yhteyttä vahvistavilla harjoituksilla (Zhang ym., 2023). Tutkimuksissa, jotka käsittelivät lapsia, joilla oli autismin kirjon häiriö, on nähty merkitsevästi positiivisia vaikutuksia eksekutiivisiin toimintoihin kamppailulajeihin osallistumisella (Greco & de Ronzi, 2020; Phung & Goldberg, 2019) sekä vesiliikunnalla (Zhao ym., 2024). Pöytätennikseen keskittyvästä interventtiosta on nähty hyötyä puolestaan sellaisten lasten kognitiivisten toimintojen kohdalla, joilla on kehityksellinen koordinaatiohäiriö (Tsai, 2009) sekä lapsilla, joilla on aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriö (Pan ym., 2016).

Liikunnan hyötyjä selvittäneissä tutkimuksissa toteutetun liikunnan määrät ovat olleet vaihtelevia. Zhangin ja kollegoiden katsauksessa (2023) terveillä eri-ikäisillä ihmisillä tehdyissä interventioissa yleisen kognition kohdalla saavutettiin parhaat tulokset liikunnallisesta aktiivisuudesta, jota harjoitettiin 3-4 kertaa viikossa noin 45-60 minuuttia 3-6 kuukauden ajan. Parhaat tulokset eksekutiivisten toimintojen kehityksen kannalta saatiin puolestaan sellaisella harjoittelulla, jota toistettiin 1-2 kertaa viikossa 3-6 kuukauden kestävän intervention ajan. Muistitoimintoihin paras hyöty saatiin 45-60 minuuttia viikossa tehtävillä harjoituksilla, 3-6 kuukautta kestävässä interventiossa. Huomioitavaa tässä katsauksessa tosin on se, että aineistossa oli lasten lisäksi myös aikuisia. Nuorilla ja nuorilla aikuisilla on myös nähty sekä yksittäisellä liikuntasuorituksella että toistuvalla harjoitusohjelmalla positiivisia vaikutuksia kognitiivisiin toimintoihin ja kieleen (Haverkamp ym., 2020). Välittömästi yksittäisen liikuntaintervention jälkeen positiivisia vaikutuksia havaittiin liittyen tarkkaavuuteen, prosessointinopeuteen ja inhibitioon. Pidempään kestäväällä ja säännöllisesti toistuvalla liikunnalla puolestaan oli positiivinen vaikutus prosessointinopeuteen, tarkkaavuuteen, kognitiiviseen joustavuuteen, työmuistiin ja kieleen. Suurin vaikutus nähtiin työmuistiin (Haverkamp ym., 2020). Lapsilla hyviä tuloksia on saatu yhdistämällä säännöllisenä toistuvaa liikuntaa ja sellaista liikuntaa, jota suoritetaan yksittäisen kerran ennen kognitiivista ponnistelua vaativaa tehtävää (Ferrer-Uris, Ramos, Busquets & Angulo-Barroso, 2022).

Liikunnan vaikutuksesta aivojen rakenteisiin ja aivotoimintoihin

Liikunnallisen aktiivisuuden ja kognitiivisten toimintojen yhteyksiä välittävinä tekijöinä on tutkittu muun muassa muutoksia aivojen rakenteissa ja toiminnassa (Ferrer-Uris ym., 2022; Meijer ym., 2020). Eläimillä tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, että fyysinen aktiivisuus aiheuttaa rakenteellisia muutoksia ja toiminnallisuuden lisääntymistä tietyillä aivoalueilla, kuten hippokampuksessa, ja voi näin parantaa tiettyjä kognitiivisia toimintoja, esimerkiksi eksekutiivisia toimintoja ja muistia (Ferrer-Uris ym., 2022). Meijerin ja kollegoiden (2020) systemaattisessa katsauksessa ja meta-analyysissä tarkasteltiin fyysisen aktiivisuuden vaikutusta aivojen rakenteisiin sekä neurofysiologiseen toimintaan lapsilla. Katsauksessa löydettiin näyttöä sille, että pitkäaikaisella liikunnallisella aktiivisuudella on merkitsevästi ($p < 0.001$) hyötyä neurofysiologisiin toimintoihin lapsilla. Myös lyhytkestoisella liikunnallisella aktiivisuudella voi olla vaikutusta, mutta tästä näyttö ei ollut yhtä vahvaa ($p = 0.044$). Sen sijaan positiivisista vaikutuksista aivojen rakenteisiin ei löytynyt meta-analyysissä näyttöä. Parempikuntoisilla 9-10-vuotiailla lapsilla on kuitenkin havaittu bilateraalisesti suurempaa hippokampuksen tilavuutta (Chaddock ym., 2010a) ja basaalganglioissa suurempaa volyymia (Chaddock ym., 2010b) kuin huonompikuntoisilla lapsilla. Pitkäkestoisen aerobisen liikunnan, jonka intensiteetti on

keskitasoisesta korkeaan, on puolestaan havaittu kasvattavan merkitsevästi aivoperäisen hermokasvutekijän BDNF määrää nuorilla (Jeon & Ha, 2017). BDNF määrän on havaittu merkitsevästi kasvavan myös autismikirjon lapsilla, jotka osallistuivat liikunnalliseen interventioon (Zhao, 2024).

Liikunnan vaikutusta aivotoimintoihin on tutkittu runsaasti erityisesti eksekutiivisten toimintojen kohdalla. Chaddock-Heyman kollegoineen (2013) havaitsivat liikuntaintervention osallistuneilla 8-9-vuotiailla lapsilla parempaa suoriutumista eksekutiivisia toimintoja vaativassa tehtävässä ja fMRI:ssä aivojen aktivaation vähentyneen oikealla anteriorisella prefrontaalilla aivo-kuorella interventiota edeltäneen ja sen jälkeen tehtyjen mittausten välillä. Sen sijaan kontrolliryhmällä tätä aktivaation muutosta ei näissä aivojen etuosissa havaittu. Intervention jälkeen interventioryhmän tulokset sekä aivotoiminnan osalta että tehtäväsuoriutumisessa muistuttivat nuorten aikuisten vastaavia tuloksia toisin kuin kontrolliryhmässä. Tutkijat pohtivatkin, viittaavatko tulokset siihen, että liikunnallinen aktiivisuus lapsuudessa voisi johtaa tiettyjen aivoalueiden aikuismaisempaan osallistumiseen tavoitteellisesta kognitiivista kontrollia vaativassa toiminnassa. Myös Hillman kollegoineen (2014) havaitsivat liikuntaintervention jälkeen aivotoiminnassa havaittujen muutosten tarkkaavuuteen ja prosessointinopeuteen liittyvillä alueilla inhibitiotehtävässä sekä suoriutumisen joustavuustehtävässä korreloivan interventioon osallistumisen kanssa.

Jäger, Schmidt, Conzelman ja Roebbers (2014) puolestaan selvittivät lapsiryhmissä, mitä välittömästi kognitiivisesti haastavan liikuntasuorituksen jälkeen tapahtuu. He havaitsivat, että välittömästi liikuntasuorituksen jälkeen interventioryhmän lapset suoriutuivat kontrolliryhmää paremmin inhibitiotehtävässä. Interventioryhmän lapsilla kortisolitaso oli myös välittömästi liikunnan jälkeen korkeammalla kuin kontrolliryhmässä, joten tutkimuksessa pohdittiin, voisiko kortisolin tason nousu heti liikuntasuorituksen jälkeen olla osasy parempaan inhibitiokykyyn.

Tutkimuksen tarkoitus

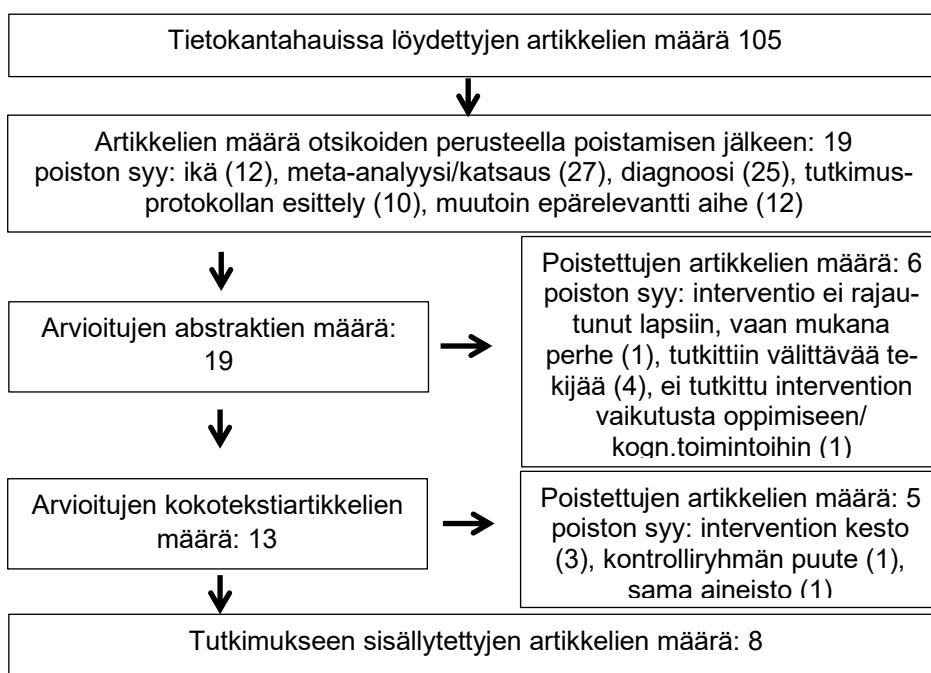
Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli selvittää, miten viimeaikaisissa tutkimuksissa on kuvattu liikunnallisen aktiivisuuden ja kouluoppimisen yhteyttä. Tutkimuskysymykseksi tarkentui ottaa selvää siitä, mitä vaikutuksia koulussa toteutettavalla liikuntainterventiolla on akateemiseen suoriutumiseen tai kognitiivisiin toimintoihin alakouluikäisillä lapsilla. Lisäksi haluttiin kartoittaa, onko olemassa jokin tietty määrä liikuntaa tai tietty liikuntamuoto, josta olisi eniten hyötyä kouluoppimisen kannalta. Liikunnan vaikutusta akateemisiin tai kognitiivisiin toimintoihin voidaan tutkia joko tarkastelemalla välittömästi yksittäisen liikuntasuorituksen jälkeistä suoriutumista tai järjestämällä pidempikestoinen interventio, jossa liikuntaa harrastetaan useampia kertoja, ja tutkimalla akateemista tai kognitiivista suoriutumista interventiojakson jälkeen. Tähän katsaukseen haluttiin tutkimuksia, joissa tutkimusasetelma oli näistä jälkimmäinen.

MENETELMÄT

Artikkelihaku toteutettiin 25.3.2024 OvidMedine-tietokannasta Terkko Navigatorin ja Helsingin Yliopiston tunnusten kautta. Haussa käytettiin asiasanoja physical activity intervention OR exercise intervention AND academic OR cognitive AND children, aikarajaus tehtiin ajanjaksolle 2014-2024. Tiedonhaku on kuvattu vuokaaviossa (kuvio 1). Ensimmäisessä vaiheessa artikkeleita löytyi 105 kappaletta. Otsikon avulla rajattiin pois artikkelit, jotka eivät käsitelleet liikuntaintervention vaikutusta oppimiseen tai kognitiivisiin toimintoihin. Kohderyhmäksi tarkentui

alakouluikäiset lapset. Lisäksi rajattiin pois tutkimukset, joissa oli tarkasteltu tiettyjä diagnoosiryhmiä, kuten tarkkaavuushäiriö, autismi, kehitysvammaisuus tai ylipaino. Myös meta-analyysit, katsaukset ja tutkimusprotokollien esittelyt rajattiin tässä vaiheessa pois. Tarkempaan artikkelitason tarkasteluun valikoitui 19 tutkimusta, jotka arvioitiin vielä sen mukaan, oliko nimenaan tutkittu intervention vaikutusta oppimistuloksiin tai kognitiivisiin toimintoihin.

Tähän katsaukseen valittujen tutkimusten tuli täyttää seuraavat kriteerit: 1) tutkimus käsitteli liikuntaintervention vaikutusta oppimistuloksiin tai kognitiivisiin toimintoihin 2) intervention kohteena olivat alakouluikäiset 7-12-vuotiaat lapset 3) tutkimuksen kohteeksi ei ollut rajautunut mikään tietty diagnoosiryhmä 4) tutkimuksessa oli käytetty koe- ja kontrolliryhmää ja intervention kesto oli tarkkaan määritetty (viikkoihin tai kuukausiin) 5) systemaattiset kirjallisuuskatsaukset ja meta-analyysit jätettiin pois 6) tutkimus on julkaistu vuosina 2014-2024.



Kuvio 1. Aineiston hakuprosessi

TULOKSET

Tutkimusten kuvaus

Suoritetussa systemaattisessa haussa artikkeleita löytyi kahdeksan. Taulukossa 1 raportoidaan tutkimusten keskeiset tiedot. Aineisto koostui neljästä klusteri-satunnaistetusta kontrollitutkimuksesta (Gall ym., 2018; Resaland ym., 2016; Takehara ym., 2021; van den Berg, Saliassi, de Groot, Chinapaw & Singh, 2019), kahdesta satunnaistetusta kontrolloidusta tutkimuksesta (Garcia-Hermoso ym., 2020; Marsigliante, Gomez-Lopez & Muscella, 2023) sekä kahdesta kvasikokeellisesta interventiotutkimuksesta (Kolovelonis, Pesce & Goudas, 2022; Konijnenberg & Fredriksen, 2018). Tutkimuksista kolmessa (Gall ym., 2018; Garcia-Hermoso ym., 2020; Takehara ym., 2021) tutkittiin liikuntaintervention vaikutusta sekä akateemisiin että kognitiivisiin taitoihin, yhdessä (Resaland ym., 2016) vain akateemisiin taitoihin ja neljässä (Kolovelonis ym., 2022; Konijnenberg & Fredriksen, 2018; Marsigliante ym., 2023; van den Berg ym., 2019) vain kognitiivisiin taitoihin. Tutkimuksiin osallistuneiden lasten ikä vaihteli vä-

lillä 7-12 vuotta. Otokoot tutkimuksissa vaihtelivat 99 osallistujasta 2101 osallistujaan. Interventioiden kesto vaihteli neljästä viikosta kahdeksaan kuukauteen. Maat, joissa tutkimukset oli tehty olivat Etelä-Afrikka, Chile, Kreikka, Norja (n=2), Italia, Mongolia sekä Alankomaat.

Interventiot toteutettiin kaikissa tutkimuksissa koulujen yhteydessä. Liikunnallista aktiivisuutta toteutettiin interventioryhmissä seuraavin tavoin: liikunnallisesti aktiivisin oppitunnein (Resaland ym., 2016), aktiivisin tauoin oppitunneilla (Gall ym., 2018; Marsigliante ym., 2023; Resaland ym., 2016; van den Berg ym., 2019), liikunnallisin välitunnein (Marsigliante ym., 2023), liikunnallisin kotitehtävin (Resaland ym., 2016), korkean intensiteetin liikunnalla (Takehara ym., 2021), keskitason - korkean intensiteetin liikunnalla (Konijnenberg & Fredriksen, 2018), kognitiivisesti haastavalla liikunnalla (Kolovelonis ym., 2022), kooperatiivisin pelein (Garcia-Hermoso ym., 2020), musiikkiliikunnalla (Gall ym., 2018) sekä tekemällä muutoksia koulun infrastruktuuriin liikunnallisuutta mahdollistavaksi (Gall ym., 2018). Kontrolliryhmät puolestaan jatkoivat tavallisin viikoittaisin liikuntatunnein, lisäksi yhdessä tutkimuksessa (van den Berg ym., 2019) kontrolliryhmä sai kerran viikossa 10-15 minuutin edukatiivisen opetushetken urheiluun, harjoitteluun ja kehoon liittyen.

Aktiivisuustauot sisälsivät muun muassa kävelyä, luokkahuoneessa toteutettavia pelejä, tavallisia haarahyppyjä sekä haarahyppyjä, joiden aikana tavattiin sanoja (Marsigliante ym., 2023) sekä tanssia (van den Berg ym., 2019). Kahdessa artikkelissa (Gall ym., 2018; Resaland ym., 2016) aktiivisuustaukojen sisältöä ei kuvattu.

Liikuntaintervention toteuttamisvastuussa olivat joko koulun omat opettajat (Konijnenberg & Fredriksen, 2018; Marsigliante ym., 2023; Resaland ym., 2016; van den Berg ym., 2019), opettaja yhdessä avustavien yliopisto-opiskelijoiden kanssa (Gall ym., 2018) tai varta vasten tutkimusta varten hankitut koulun ulkopuoliset henkilöt (Garcia-Hermoso ym., 2020; Kolovelonis ym., 2022; Takehara ym., 2021).

Akateemisia taitoja arvioitiin joko keräämällä tiettyjen oppiaineiden arvosanoja lukuvuoden lopussa (Gall ym., 2018) tai toisen ja kolmannen lukuvuosikolmanneksen jälkeen (Garcia-Hermoso ym., 2020) tai pitämällä tietyissä oppiaineissa kansalliset kokeet ennen ja jälkeen intervention (Resaland ym., 2016; Takehara ym., 2021). Arvioitavia oppiaineita oli kaikissa neljässä matematiikka sekä kieli (joko äidinkieli, vieras kieli tai lukeminen), lisäksi yhdessä tutkimuksessa (Gall ym., 2018) arvioitiin elämäntaitojen oppiainetta.

Intervention vaikutusta kognitiivisiin toimintoihin tutkittiin tarkastelemalla tarkkaavuutta (Gall ym., 2018; Garcia-Hermoso ym., 2020; Marsigliante ym., 2023), eksekutiivisia toimintoja (Kolovelonis ym., 2022; Konijnenberg & Fredriksen, 2018; Takehara ym., 2021) tai molempia (van den Berg ym., 2019). Näiden taitojen testaukset tehtiin ennen ja jälkeen intervention.

Taulukko 1. Tutkimusten perustiedot

Tutkimus	Osallistujat		Interventio			Arviointimenetelmät	
	n	ikä	intervention toteutustapa	kontrolli-ryhmä	kesto	akateemiset taidot	kognitiiviset toiminnot
Gall ym., 2018	663 IG:265 CG:398	8-13	1) tavalliset liikuntatunnit 2x45 min/vko 2) 45 min/vko musiikkiliikuntaa 3) oppitunneilla toteutettavat aktiivisuustuotot 4) koulun infrastruktuuriin tehdyt muutokset liikunnallista aktiivisuutta tukeviksi	tavalliset liikuntatunnit 2x45 min/vko	20 vkoa	matematiikka, kotikieli, vieras kieli, elämäntaidot	tarkkaavuus: d2-testi
Garcia-Hermoso ym., 2020	170 IG:100 CG:70	8-10	1) tavalliset liikuntatunnit 2h/vko 2) 5x30 min /vko kooperatiivisia fyysisiä pelejä sekä muuta liikuntaa (keskitasoisesta korkeaan intensiteettiin) ennen koulun alkamista	tavalliset liikuntatunnit 2h/vko	8 vkoa	matematiikka ja kieli	tarkkaavuus: d2-testi
Kolovelonis ym., 2022	99 IG:61 CG:38	keski-ikä 9.37	2x45 min /vko liikuntatunnit sisältäen 4-6 kognitiivisesti haastavaa peliä	koulun tavalliset liikuntatunnit: 3x45 min /vko 4.lk:lla, 2x45 min /vko 5.lk:lla	4 vkoa		eksekutiiviset toiminnot: The design fluency test, Stroop, Flanker
Konijnenberg & Fredriksen, 2018	1173 IG:793 CG:380	7-12	tavalliset liikuntatunnit 90 min/vko + 45 min/päivä liikunnallista aktiiviteettia (keskitasoisesta korkeaan intensiteettiin)	tavalliset liikuntatunnit 90 min /viikko	6-8 kk		eksekutiivinen kontrolli: modifioitu Eriksen flanker tehtävä 2.-3. luokkalaisten ja Stroop 4.-6. luokkalaisten
Marsigliante ym., 2023	310 IG:157 CG:153	8-10	liikunnallisesti aktiiviset tauot 2x5 min/päivä oppituntien aikana sekä 10min liikunnallista aktiiviteettia välitunnilla	ei interventiota	6 kk		tarkkaavuus: d2-testi
Resaland ym., 2016	1129 IG:596 CG:533	10	1) 90 min/vko liikunnallisesti aktiivisia oppitunteja 2) 5 min/pv liikunnallisesti aktiivisia taukoja oppituntien aikana 3) 10 min/pv liikunnallisesti aktiivisia kotitehtäviä 4) tavalliset liikuntatunnit 135 min/vko	tavalliset liikuntatunnit 135 min/vko	7 kk	laskutaidot, lukeminen, englanti	
Takehara ym., 2021	2101 IG:1069 CG:1032	keski-ikä: 9,7	vaihe1: 2x20 min /vko liikkeiden harjoittelua vaihe2: 2x10 min /vko harjoitus: 3 min korkean intensiteetin intervalliharjoittelua +venyttelyä, loppaika tavallista liikuntatunnin ohjelmaa	tavalliset liikuntatunnit	10 vkoa: vaihe 1: 6 vkoa vaihe 2: 4 vkoa	matematiikka ja mongolian kieli	eksekutiiviset toiminnot/ inhibitiokontrolli: Flanker-testi

van den Berg ym., 2019	512 IG:263 CG:249	9-12	1) 10 min/pv aktiivinen tauko tanssia 2) tavalliset liikuntatunnit	1) kerran vkossa 10-15min edukatiivinen opetus-hetki urheiluun, harjoitteluun ja kehoon liittyen 2) tavalliset liikuntatunnit	9 vkoa		valikoiva tarkkaavuus, inhibi-tio, muistista haku: the Attention Network Test (ANT), Stroop, d2 ja flu-enssitesti
------------------------	-------------------------	------	---	--	--------	--	--

Liikuntaintervention vaikutus akateemiseen suoriutumiseen

Intervention vaikutusta akateemiseen suoriutumiseen arvioitiin neljässä tutkimuksessa (Taulukko 2). Kolmessa niistä (Gall ym., 2018; Garcia-Hermoso ym., 2020; Takehara ym., 2021) nähtiin merkitseviä muutoksia interventioryhmässä akateemisessa suoriutumisessa intervention jälkeen verrattaessa kontrolliryhmään. Näissä tutkimuksissa intervention kesto vaihteli kahdeksasta viikosta 20 viikkoon. Yhdessä tutkimuksessa neljästä (Resaland ym., 2016) ei nähty interventiolla olleen vaikutusta akateemiseen suoriutumiseen missään arvioidussa oppiaineessa, mutta alaryhmiä tarkastellessa interventiolla oli suosiollinen vaikutus niille, jotka olivat suoriutuneet heikoiten lähtötilanteessa laskutaidoissa verrattuna kontrolliryhmään.

Tutkimuksen kohteena olleilla oppiaineilla tai sillä, miten akateemisten taitojen kehitystä seurattiin ei ollut yhteyttä siihen, oliko interventiosta merkitsevästi hyötyä.

Niissä kolmessa tutkimuksessa, jossa interventiolla nähtiin olevan merkitsevä positiivinen vaikutus akateemiseen suoriutumiseen, ei mitattujen kognitiivisten toimintojen osalta merkitsevää vaikutusta suoriutumiseen tullut esiin (Taulukko 2).

Liikuntaintervention vaikutus kognitiivisiin toimintoihin

Intervention vaikutusta kognitiiviseen suoriutumiseen arvioitiin seitsemässä tutkimuksessa (Taulukko 2). Näistä kahdessa (Kolovelonis ym., 2022; Marsigliante ym., 2023) raportoitiin positiivisia merkitseviä vaikutuksia. Kolovelonisin ja kollegoiden (2022) tutkimuksessa lisäämällä neljän viikon ajan liikuntatunneille kognitiivisesti haastavia pelejä interventioryhmä suoriutui kontrolliryhmää merkitsevästi paremmin intervention jälkeen kaikissa Design fluency -testin osioissa. Lisäksi interventioryhmä suoriutui kontrolliryhmää paremmin tarkkuutta vaativissa testiosioissa Stroop- sekä Flanker-testissä. Marsiglianten ja kollegoiden (2023) tutkimuksessa lisäämällä kuuden kuukauden ajan liikunnallisesti aktiivisia taukoja oppitunneilla ja liikunnallista aktiviteettia välitunneilla päivittäin interventioryhmä suoriutui merkitsevästi kontrolliryhmää paremmin d2-testissä vastausten määrässä ja suoriutumisessa keskittymistä mitaavissa tuloksissa.

Lopuissa viidessä tutkimuksessa (Gall ym., 2018; Garcia-Hermoso ym., 2020; Konijnenberg & Fredriksen, 2018; Takehara ym., 2021; van den Berg ym., 2019) interventiolla ei ollut merkitsevää vaikutusta suoriutumiseen. Näiden interventioiden kesto vaihteli kahdeksasta viikosta kahdeksaan kuukauteen. Van den Berg kollegoineen (2019) totesivat tosin, ettei interventiolla ollut myöskään heikentävää vaikutusta kognitiivisiin toimintoihin.

Liikunnan määrän ja liikuntamuodon vaikutus

Tutkimusten tuloksia keskenään vertailtaessa liikunnan kokonaismäärä viikossa ei ollut yhteydessä siihen, miten vaikuttavia tuloksia interventiolla oli akateemisiin taitoihin tai kognitiivisiin

toimintoihin. Akateemisten taitojen osalta kahdessa positiivisia tuloksia aikaan saaneissa interventioissa (Gall ym., 2018; Garcia-Hermoso ym., 2020) liikunnan kokonaismäärää kouluviikossa oli lisätty, ja yhdessä (Takehara ym., 2021) opetussuunnitelmaan kuuluvan liikuntatunnin sisältöä oli muutettu liikunnan kokonaismäärää lisäämättä. Kognitiivisia toimintoja tarkastelleissa tutkimuksissa, joissa interventiolla oli merkitsevä vaikutus, oli puolestaan toisessa (Marsigliante ym., 2023) lisätty viikoittaista liikuntamäärää ja toisessa (Kolovelonis ym., 2022) muutettu liikuntatuntien sisältöä.

Akateemisten taitojen kohdalla siinä tämän katsauksen ainoassa tutkimuksessa, jossa interventiolla ei ollut merkitseviä vaikutuksia akateemisiin taitoihin (Resaland ym., 2016), oli liikunnan määrää lisätty kouluviikkoon eniten. Kognitiivisia toimintoja arvioineissa tutkimuksissa ei ylimääräisen liikunnan määrällä tai sillä, kuinka monta kertaa viikossa liikuntaa harrastettiin, ollut yhteyttä intervention vaikuttavuuteen.

Akateemisten taitojen osalta interventioissa, joiden kesto oli alle puoli vuotta, nähtiin positiivisia tuloksia. Kognitiivisia toimintoja tarkastelleissa tutkimuksissa puolestaan tarkkaavuutta mittaavissa tehtävissä nähtiin merkitseviä vaikutuksia kuusi kuukautta kestäneellä interventiolla, mutta ei tätä lyhyempikestoisemmilla. Sen sijaan eksekutiivisia toimintoja arvioineissa tutkimuksissa intervention vaikuttavuus tuli esiin neljä viikkoa kestäneellä interventiolla, mutta ei tätä pidempikestoisemmissa.

Liikuntamuodolla ei ollut yhteyttä intervention vaikuttavuuteen. Positiivisia merkitseviä tuloksia akateemisissa taidoissa nähtiin liikuntainterventioilla, jotka sisälsivät musiikkiliikuntaa tai tanssia, kooperatiivisia fyysisiä pelejä ja aktiivisuustaukoja (Gall ym., 2018; Garcia-Hermoso ym., 2020; Takehara ym., 2021); näistä kahdessa tutkimuksessa kolmesta liikunta arvioitiin keskitasolta korkeaan intensiteettiin. Positiivisia merkitseviä tuloksia kognitiivisiin toimintoihin puolestaan nähtiin interventiolla, joka sisälsi kognitiivisesti haastavia pelejä (Kolovelonis ym., 2022) sekä interventiolla, joka koostui välituntiliikunnasta ja aktiivisuustauoista, joihin sisältyi myös kognitiivisesti haastavia liikuntatehtäviä (Marsigliante ym., 2023). Sen sijaan esimerkiksi keskitason tai korkean intensiteetin harjoittelulla ei merkitseviä vaikutuksia kognitiivisiin toimintoihin havaittu (Konijnenberg & Fredriksen, 2018; Takehara ym., 2021).

Taulukko 2. Tutkimusten tulokset

Tutkimus	Tulokset		
	akateemiset taidot	kognitiiviset toiminnot	muuta huomioita
Gall ym., 2018	positiivinen vaikutus ($p=0.032$) akateemiseen suoriutumiseen (neljän oppiaineen keskiarvo) interventioryhmässä verrattuna kontrolliryhmään	ei vaikutusta valikoivaan tarkkaavuuteen interventioryhmässä verrattuna kontrolliryhmään (keskittymissuoriutuminen $p=0.469$, virheprosentti $p=0.237$)	akateeminen suoriutuminen pysyi samalla tasolla interventioryhmässä intervention jälkeen kuin mitä se oli ennen interventiota, mutta laski kontrolliryhmässä
Garcia-Hermoso ym., 2020	merkittävät muutokset ($p<0.001$) suoriutumisessa interventioryhmässä kielessä (efektikoko 0.83) ja matematiikassa (efektikoko 0.60) intervention jälkeen	ei merkittävää eroa valikoivassa tarkkaavuudessa ja keskittymisessä intervention jälkeen	
Kolovelonis ym., 2022		interventioryhmä suoriutui merkittävästi paremmin intervention jälkeen kaikissa Design fluency testin osioissa ($p<0.001$) ja Stroop-testissä tarkkuudessa ($p=0.002$), interventioryhmä suoriutui kontrolliryhmää paremmin ($p=0.056$) tarkkuudessa Flanker-testissä intervention jälkeen	positiiviset vaikutukset vähenivät kuukausi intervention päättymisen jälkeen, mutta pysyivät merkittävästi korkeammalla kuin mitä tilanne ennen interventiota oli
Konijnenberg ja Fredriksen, 2018		interventiolla ei ollut merkittävää vaikutusta suoriutumiseen (Flanker $p=0.85$, Stroop $p>0.05$)	
Marsigliante ym., 2023		merkittävä ero ryhmien välillä intervention jälkeen vastausten määrässä ($p<0.001$) sekä suoriutumisessa keskittymistä mittaavissa tuloksissa ($p<0.01$)	
Resaland ym., 2016	ei merkittävää vaikutusta akateemiseen suoriutumiseen missään arvioidussa oppiaineessa		alaryhmiä analysoidessa suosiollinen efekti ($p=0.005$) niille, jotka suoriutuivat heikoiten lähtötilanteessa laskutaidoissa verrattuna kontroleihin
Takehara ym., 2021	merkittävät muutokset suoriutumisessa ($p<0.001$) interventioryhmissä verrattaessa kontrolliryhmiin (sekä matematiikassa että mongolian kielessä)	ei merkittävää eroa ryhmien välillä	
van den Berg ym., 2019		ei merkittävää vaikutusta suoriutumiseen	interventiolla ei ollut myöskään heikentävää vaikutusta kognitiivisiin toimintoihin

POHDINTA

Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli selvittää, miten viimeaikaisissa tutkimuksissa on kuvattu liikunnallisen aktiivisuuden ja kouluoppimisen yhteyttä. Erityisesti haluttiin ottaa selvää siitä, mitä vaikutuksia koulussa toteutettavalla liikuntainterventiolla on akateemiseen suoriutumiseen tai kognitiivisiin toimintoihin alakouluikäisillä lapsilla, ja onko olemassa jokin tietty määrä liikuntaa tai tietty liikuntamuoto, josta olisi eniten hyötyä koulusuoriutumisen kannalta. Kirjallisuushaussa löytyi kahdeksan tutkimusta, joissa oli tutkittu liikuntaintervention vaikutusta sekä akateemisiin taitoihin että kognitiivisiin toimintoihin, tai vain toiseen näistä. Tulokset tutkimuksissa olivat vaihtelevia. Kolmessa neljästä akateemisia taitoja tarkastelevassa tutkimuksessa todettiin liikunnalla saavutetun positiivista vaikutusta. Sen sijaan vain kahdessa seitsemästä kognitiivista suoriutumista tarkastelevassa tutkimuksessa todettiin interventiolla olleen positiivisia tuloksia. Selkeää kuvaa siitä, millä liikuntamuodolla tai -määrällä paras hyöty kouluoppimisen kannalta saavutetaan, ei näiden tutkimusten tuloksia tarkastellessa muodostunut.

Liikunta ja akateeminen suoriutuminen

Tähän systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen valikoituneiden tutkimusten tulokset olivat akateemisen suoriutumisen osalta vaihtelevia ja yhdensuuntaisia aikaisempien katsausten kanssa. Kuten tässäkin katsauksessa, ovat myös aiemmissa katsauksissa liikuntaintervention vaikutukset olleet pääasiassa positiivisia tai niillä ei ole havaittu olevan vaikutusta akateemiseen suoriutumiseen (James, Pringle, Mourton & Roscoe, 2023; Rasberry ym., 2011). Rasberryn ja kollegoiden (2011) katsauksessa päädyttiin siihen tulokseen, että koulupäivään lisätty aika, joka käytettiin liikuntakasvatukseen, ei heikentänyt akateemista suoriutumista. Myöskään välitunnille kohdennettu liikunta tai luokkahuoneessa taukoina toteutettu liikunta eivät heikentäneet koulusuoriutumista. Yli puolessa Rasberryn ja kollegoiden (2021) katsauksen tutkimuksista, joissa oli tarkasteltu kouluun liittyvän ylimääräisen liikunnan vaikutusta akateemiseen suoriutumiseen, tulos oli positiivinen. Myös Jamesin ja kollegoiden (2023) katsauksessa todettiin, että liikunnallinen aktiivisuus ei heikennä lasten akateemista suoriutumista, vaan mahdollisesti parantaa sitä.

Nyt tehdyn kirjallisuuskatsauksen tutkimuksissa interventiosta saatuihin tuloksiin ei vaikuttanut se, minkä oppiaineen tuloksia arvioitiin. Arvioitavia oppiaineita oli kaikissa neljässä akateemisia taitoja tarkastelleissa tutkimuksissa matematiikka sekä kieli. Kirjallisuudessa vahvinta näyttöä liikunnallisen aktiivisuuden hyödyistä akateemiseen suoriutumiseen on nähty matematiikan kohdalla (Li, Wang, Zou ym., 2023; Sign ym., 2019). Saman suuntaista näyttöä tuli esiin myös Owenin ja kumppaneiden (2022) katsauksessa, jonka mukaan urheiluun osallistumisesta oli enemmän hyötyä matematiikan ja tiedeaineiden arvosanoihin kuin kielten arvosanoihin. Katsauksessa pohdittiin, voisiko tämä johtua siitä, että urheilussa opitut taidot, kuten ongelmanratkaisu, ovat siirrettävissä matematiikkaan ja luonnontieteisiin, joissa ongelmanratkaisua usein tarvitaan.

Liikunta ja kognitiiviset toiminnot

Myös kognitiivisten toimintojen kohdalla aikaisemmissa tutkimuksissa tulokset ovat olleet samansuuntaisia kuin tämän kirjallisuuskatsauksen artikkeleissa. Nyt tehdyssä kirjallisuuskatsauksessa tutkittiin eksekutiivisia toimintoja sekä tarkkaavuutta, joissa ei nähty suurimmassa osassa tutkimuksia intervention jälkeen merkitseviä vaikutuksia. Saman havaitsivat myös Zhang ja kollegat (2023), jotka tutkivat katsauksessaan liikunnallisen intervention vaikutusta kognitiivisiin toimintoihin terveillä eri-ikäisillä ihmisillä. Katsaukseen sisältyi tutkimuksia, joissa oli ollut mukana lapsia, joskin pääosa tutkimuksista koski aikuisia. Katsaukseen valikoituneiden 54 RCT-tutkimuksen perusteella voitiin todeta, että liikuntainterventioilla oli pääasiassa positiivisia ja tilastollisesti merkitseviä vaikutuksia yleistä kognitiota tarkastellessa. Sen sijaan eksekutiivisten toimintojen ja muistin kohdalla nähtiin vain jossain määrin merkitseviä ja positiivisia vaikutuksia, ja tarkkaavuuden sekä informaation prosessoinnin kohdalla nähtiin positiivisia hyötyjä, mutta ilman tilastollista merkitsevyyttä.

Mielenkiintoista oli se, että niissä kolmessa tutkimuksessa (Gall ym., 2018; Garcia-Hermoso ym., 2020; Takehara ym., 2021), jossa interventiolla nähtiin olevan merkitsevä positiivinen vaikutus akateemiseen suoriutumiseen, ei mitattujen kognitiivisten toimintojen osalta merkitsevää vaikutusta suoriutumiseen tullut esiin. Kognitiivisista toiminnoista erityisesti eksekutiivisten taitojen on havaittu toimivan välittävänä tekijänä lasten motoristen taitojen sekä akateemisen suoriutumisen välillä (Schmidt ym., 2017), joten mietityttämään jää, miten akateemisessa suoriutumisessa voidaan nähdä vahvistumista, kun kognitiivisissa taidoissa tämä ei tule esiin. Yksi mahdollinen selittävä tekijä on se, mitä kognitiivista toimintoa näissä tutkimuksissa

on arvioitu sekä mitä tutkimuksissa käytetyt kognitiivisia toimintoja mittaavat testimenetelmät ovat olleet. Kahdessa merkitseviä positiivisia tuloksia akateemisten taitojen, mutta ei merkitseviä tuloksia kognitiivisten toimintojen osalta havainneista tutkimuksista (Gall ym., 2018; Garcia-Hermoso ym., 2020) oli mitattu tarkkaavuuteen liittyvää suoriutumista d2-testillä. Kolmannessa vastaavia tuloksia löytäneessä tutkimuksessa (Takehara ym., 2021) puolestaan oli mitattu inhibitiokontrollia Flanker-testillä. Eksekutiivisten toimintojen ja koulusuoriutumisen välisiä yhteyksiä tarkastelleessa meta-analyysissä vahvin yhteys matematiikkaan, lukemiseen ja suullisiin kielellisiin taitoihin löytyi kuitenkin työmuistin osalta (Spiegel, Goodrich, Morris, Osborne & Lonigan, 2021), jota näissä kolmessa tutkimuksessa ei ollut arvioitu.

Liikuntamuodon vaikutus

Tähän kirjallisuuskatsaukseen valikoituneissa tutkimuksissa ei löytynyt yhtä tiettyä liikuntamuotoa, josta olisi paras hyöty kouluoppimiselle. Sen sijaan Jamesin ja kollegoiden katsauksessa (2023) lasten akateemista suoriutumista vaikutti parantavan erityisesti sellainen liikuntamuoto, joka oli intensiteetiltään keskitasoisesta raskaaseen. Wang työryhmineen (2023) toteuttivat meta-analyysin keskitasoisien intensiteetin liikuntainterventioiden vaikutuksesta lasten eksekutiivisiin toimintoihin ja havaitsivat efektikooltaan suuria vaikutuksia työmuistitoimintoihin sekä kognitiiviseen joustavuuteen sekä kohtalaisen efektikoon inhibition kohdalla. Nyt tehtyyn kirjallisuuskatsaukseen valikoituneissa tutkimuksissa keskitasoisien tai korkean intensiteetin harjoituksilla ei ollut kuitenkaan merkitsevää vaikutusta mitattuihin kognitiivisiin toimintoihin.

Aktiivisuustaukoja sisältäneiden tutkimusten välillä tulokset olivat nyt tehdyssä kirjallisuuskatsauksessa vaihtelevia, ja koska interventioon sisältyi näissä tutkimuksissa lisäksi muuta liikunnallista aktiviteettia, on taukojen hyötyä mahdotonta erottaa kokonaisuudesta. Kouluympäristössä on tehty kuitenkin myös tutkimuksia, joissa on tarkasteltu vain aktiivisuustaukojen vaikutusta oppimiseen. Müllerin tutkimusryhmä (2021) vertaili sisällöltään erilaisten aktiivisuustaukojen vaikutusta lasten tarkkaavuuteen ja luetun ymmärtämiseen. Tutkimuksessa havaittiin, että päivittäisellä kymmenen minuuttia kestäväällä liikunnallista aktiviteettia sisältävällä tauolla oli kahden viikon intervention jälkeen merkitsevä vaikutus tarkkaavuuteen verrattaessa kontrolliryhmään. Päivittäisellä kymmenen minuutin mindfulness-tauolla oli puolestaan intervention jälkeen merkitsevä positiivinen vaikutus luetunymmärtämiseen interventioryhmässä, kun taas kontrolliryhmässä vastaavaa muutosta ei havaittu.

Myös Egger, Benzing, Conzelmann ja Schmidt (2019) vertailivat laadultaan erilaisia liikunnallisesti aktiivisten taukojen vaikutusta lasten kognitiivisiin toimintoihin 20 viikon mittaisen intervention jälkeen. Lapset jaettiin ryhmiin, joissa pidettiin luokkahuoneessa taukoja, jotka sisälsivät joko korkeaa fyysistä rasitusta ja korkean kognitiivisen vaateen, korkean fyysisen rasituksen ja matalan kognitiivisen vaateen tai matalan fyysisen rasituksen ja korkean kognitiivisen vaateen. Tulokset näyttivät, että se ryhmä, jossa oli sekä korkea fyysinen rasitus että korkea kognitiivinen vaade, hyötyi tauoista eniten. Tässä ryhmässä suoritus intervention jälkeen oli parempaa eksekutiivisten toimintojen osalta vaihtamisessa ja akateemisten taitojen osalta matematiikassa. Matalaa fyysistä rasitusta ja korkeaa kognitiivista vaatimusta sisältäviä taukoja saaneet lapset hyötyivät interventiosta matematiikan osalta. Ryhmä, jolla oli matala kognitiivinen vaade tauoissaan, ei näyttänyt parannusta millään mitatulla alueella. Tulokset siis viittasivat siihen, että liikunnallisten taukojen hyödyllisyyteen vaikuttaa se, että niihin sisältyy myös kognitiivisesti haastavaa sisältöä.

Kaiken kaikkiaan kirjallisuuden perusteella vaikuttaa siltä, että sellaisella liikunnalla, johon liittyy kognitiivisesti haastava osatekijä, on lapsilla vahvempi vaikutus aivoihin (Best, 2010) ja kognitiivisiin toimintoihin (Ferrer-Uris ym., 2022). On mahdollista, että esimerkiksi liikunnalliset pelit ja eksekutiivisia toimintoja mittavat tehtävät vaativat samankaltaista ajattelua ja samantyyppisiä kognitiivisia taitoja, ja onkin pohdittu, että liikunnallisissa peleissä hankitut taidot voisivat siirtyä eksekutiivisia toimintoja mittaaviin tehtäviin (Best, 2010). Tähän viittaavia tuloksia voidaan myös varovaisesti arvioida olevan nyt tehdyn kirjallisuuskatsauksen artikkeleissa, sillä niissä kahdessa kognitiivisia toimintoja arvioineessa tutkimuksessa, joissa nähtiin positiivinen merkitsevä vaikutus (Kolovelonis ym., 2022; Marsigliante ym., 2023), sisälsi interventio kognitiivisesti haastavaa liikunnallista aktiviteettiä. Kolovelonisin tutkimusryhmän (2022) interventio perustui kokonaan siihen, että tavallisten liikuntatuntien sisältöön lisättiin kognitiivisesti haastavia pelejä, ja Marsiglianten tutkimusryhmän (2023) interventio sisälsi aktiivisuustaukoja, jotka koostuivat osin kognitiivisesti haastavista liikuntatehtävistä.

Liikunnan määrän vaikutus

Tämän katsauksen tutkimuksissa liikunnan määrä ja kesto vaihtelivat eri interventioissa. Osassa tutkimuksista liikunnan määrää viikossa oli lisätty, osassa tutkimuksista liikuntahetkien sisältöä puolestaan oli muutettu lisäämättä viikoittaista tuntimäärää. Selkeitä tuloksia toteutetun liikunnan määrän vaikutuksesta ei tämän katsauksen tuloksia tarkastellessa muodostunut. Myös kansainvälisissä katsauksissa hyödyllisin liikunnan määrä kouluoppimisen kannalta on ollut vaihteleva. Jamesin ja kollegoiden katsauksessa (2023) tultiin siihen tulokseen, että liikunnan määrä tuli olla lapsilla viikossa 90 minuuttia tai sen yli, optimaalisin kesto yhdellä kerralla ollen 30-60 minuuttia parhaan hyödyn saamiseksi akateemiseen suoriutumiseen. Owenin ja kollegoiden (2022) katsauksessa urheiluun osallistumisesta saatiin paras hyöty akateemiseen suoriutumiseen, kun sitä harrastettiin kohtuudella, 1-2 tuntia viikossa, verrattessa siihen, että sitä harrastettaisiin paljon, yli kolme tuntia, tai ei lainkaan. Wangin ja työryhmän (2023) meta-analyysissä lapsilla eksekutiivisten toimintojen kannalta parhaat tulokset saavutettiin keskitasaisen intensiteetin liikuntainterventioilla, jotka kestivät 8-12 viikkoa, 3-4 kertaa viikossa, 30 minuuttia kerrallaan.

Liikunnasta voi olla siis hyötyä oppimisen kannalta melko pienilläkin määrin toteutettuna. Edellä mainitut suositukset liikunnallisesta aktiivisuudesta tunnista kahteen tuntiin viikossa vaikuttavat kohtalaisen helpoilta toteutettavaksi koulupäivänkin aikana. Liikunnan sisällyttämistä nimenomaisesti koulupäivään tukee myös se havainto, että urheiluun osallistuminen koulupäivän aikana on hyödyllisempää akateemiselle suoriutumiselle kuin urheiluun osallistuminen koulupäivän ulkopuolella (Owen ym., 2021).

Liikuntaintervention vaikuttavuus

Tähän katsaukseen valikoituneissa artikkeleissa mahdollisiksi syiksi sille, ettei interventiolla ollut merkitseviä tuloksia, esitettiin tutkijoiden taholta erilaisia hypoteeseja. On mahdollista, että liikunnallisella aktiivisuudella ei ollut suosiollista vaikutusta, koska intervention kesto oli niin lyhyt (Gall ym., 2018; Garcia-Hermoso ym., 2020; Resaland ym., 2016), koska mittaukseen käytetyt menetelmät eivät toimineet valideina mittareina (Takehara ym., 2021) tai koska liikunnan määrä tutkimukseen osallistuneilla lapsilla sekä interventio- että kontrolliryhmässä oli muutoin niin suuri, että kattoefekti oli mahdollinen (Konijnenberg ja Fredriksen, 2018; Re-

saland ym., 2016). Lisäksi mietityttämään jää osassa tutkimuksia se, miten säännöllisesti interventioita oli toteutettu, sillä tähän kirjallisuuskatsaukseen valikoituneissa tutkimuksissa opettajat olivat yksin intervention vetovastuussa puolessa interventioista.

Liikuntainterventioista parhaan hyödyn saamiseen on todettu vaikuttavan muun muassa lasten lähtötason kunto (Ferrer-Uris ym., 2022) ja edeltävä kognitiivisen suoriutumisen taso (Ishihara, Drollette, Ludyga, Hillman & Kamijo, 2020). Esimerkiksi lapset, joilla oli lähtötilanteessa korkeampi BMI, hyötyivät enemmän liikuntainterventiosta eksekutiivisten toimintojen kohdalla (Xue, Yang & Huang, 2019). Ishihara kollegoineen (2020) puolestaan havaitsivat, että liikuntaintervention vaikutus kognitiivisiin toimintoihin oli suurempi niillä lapsilla, joilla mitatut kognitiiviset toiminnot olivat heikoimmat alkutilanteessa. Samansuuntainen havainto tehtiin myös yhdessä tähän kirjallisuuskatsaukseen valikoituneista tutkimuksista (Resaland ym., 2016), jossa interventiolla oli suosiollinen vaikutus niille lapsille, jotka suoriutuivat lähtötilanteessa laskutaidoissaan heikoiten verrattuna kontrolliryhmään, vaikka koko interventioryhmän tasolla vastaavaa merkitsevää vaikutusta suoriutumiseen ei havaittukaan.

Tutkimuksen rajoitukset

Tähän katsaukseen valikoituneet tutkimukset olivat vaikeasti vertailtavissa keskenään, koska niiden kestot vaihtelivat ja niissä käytettiin eri menetelmiä mittaamaan akateemista suoriutumista ja kognitiivisia toimintoja. Osassa tutkimuksista liikunnan kokonaismäärää lisättiin, osassa liikunnallisen aktiivisuuden määrä pysyi samana, mutta sisältöä varioitiin. Näin ollen haastavaksi muodostuikin se, että todellista kontrolliryhmää, jossa liikuntaa ei harrastettaisi lainkaan, ei tutkimuksissa ollut. Tutkimuskysymystä olisikin voinut alun perin rajata vielä tarkemmin esimerkiksi tarkastelemaan ainoastaan erityyppisten aktiivisuustaukojen vaikutusta oppimiseen. Näin olisi päässyt paremmin vertailemaan taukojen määrän, pituuden ja sisällön vaikutusta.

Tähän katsaukseen rajattiin tarkasteltavaksi ikäryhmäksi alakouluikäiset lapset. Vaikeaksi vertailun tutkimusten välillä kuitenkin teki se, että lapset olivat eri ikäisiä. Eri ikäiset lapset ovat eri kohdissa kehitystään. Onko siis mahdollista, että liikunnallisuudella on toisessa iässä suurempi vaikutus kuin toisessa? Ellemberg ja St-Louis-Deschênes (2010) tutkivat akuutin liikunnallisen aktiivisuuden vaikutusta kognitiiviseen suoriutumiseen tarkastelemalla 7- ja 10-vuotiaiden poikien reaktioaikoja sekä yksinkertaisessa että valintoja vaativassa tehtävässä välittömästi liikunnallisen aktiivisuuden jälkeen. He huomasivat molemmissa ikäryhmissä 30 minuuttia keskitason aerobista liikuntaa sisältävän liikuntaintervention positiivisen vaikutuksen suoriutumiseen kummassakin tehtävätyypissä verrattaessa kontrolliryhmiin, jotka katsoivat saman ajan televisiota. Sen sijaan eri ikäisten välillä ei tässä tutkimuksessa merkitsevää eroa havaittu. Myöskään Xuen, Yangin ja Huangin (2019) katsauksessa lasten iällä ei ollut yhteyttä siihen, miten liikunnallinen aktiivisuus vaikutti eksekutiivisiin toimintoihin. Wangin ja työryhmän (2023) meta-analyysissä kuitenkin nähtiin työmuistitoiminnoissa enemmän paranemista 10-12-vuotiailla lapsilla kuin 6-9-vuotiailla lapsilla ja kognitiivisessa joustavuudessa enemmän koehenemistä 6-9-vuotiailla kuin 10-12-vuotiailla.

Tästä katsauksesta rajattiin pois kaikki tutkimukset, joissa oli tarkasteltu vain tiettyä diagnosi-ryhmää, kuten ADHD tai autismi. Todellisuudessa koulumaailmassa on kuitenkin myös näihin ryhmiin kuuluvia lapsia, joten tutkimusten yleistettävyyks koko populaatioon on epävarma. Tutkimustietoa liikuntaintervention positiivisista vaikutuksista lapsilla, joilla on ADHD tai autismi, on runsaasti (Greco & de Ronzi, 2020; Li, Li, Zang ym., 2023; Pan ym., 2016; Phung &

Goldberg, 2019). Lin, Lin, Zangin ja kollegoiden katsauksessa (2023) liikunnallisella interventiolla todettiin olevan kohtalainen vaikutus tarkkaavuusoireisiin lapsilla, joilla oli ADHD. Jälleen erityisesti, kun liikuntainterventio oli myös kognitiivisesti haastava, helpottivat keskittymisen vaikeudet näillä lapsilla. Myös ylipainoisilla lapsilla (Davis ym., 2011), kehitysvammaisilla lapsilla (Yang, Liang & Sit, 2022) ja lapsilla, joilla on kehityksellinen koordinaatiohäiriö (Tsai, Wang & Tseng, 2012) on nähty liikunnalla positiivinen vaikutus kognitiivisiin toimintoihin.

Johtopäätökset

Samanaikaisesti, kun suomalaisten lasten ja nuorten liikunnallinen aktiivisuus on vähentynyt (Husu ym., 2024), ovat suomalaisoppilaiden oppimistulokset PISA-tutkimuksissa heikentyneet (Opetus ja kulttuuriministeriö, 2022). Vaikka suoraa yhteyttä ei näiden välillä voidakaan vetää, on suuntaus molemmissa huolestuttava. Vaihtelevista tutkimustuloksista huolimatta liikunnasta voidaan todeta olevan mahdollisesti hyötyä kouluoppimiseen; tämän katsauksen perusteella vaikutus näkyy selvemmin akateemisissa taidoissa kuin yksittäisessä kognitiivisessa tehtäväsuorituskykyssä. Lisää tutkimusta tarvitaan siitä, millä liikuntamuodolla ja -määrällä kouluoppimisen kannalta parhaita tuloksia voitaisiin saavuttaa.

Koulu on siitä hyvä taho liikunnan harrastamiselle, että se tavoittaa kaikki lapset ja nuoret. Liikuntaa voi harrastaa koulussa liikuntatuntien lisäksi muun muassa välitunneilla sekä oppituntien aikana aktiivisuustauoilla. Koulupäivään sisältyvän liikunnan hyötyjä olisikin tärkeä pohtia jatkossa Suomessa tarkemmin.

Emmi Rantanen
Helsingin yliopisto

LÄHTEET

- Andermo, S., Hallgren, M., Nguyen, T. T. D., Jonsson, S., Petersen, S., Friberg, M., Romqvist, A., Stubbs, B., & Elinder, L. S. (2020). School-related physical activity interventions and mental health among children: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine – Open*, 6(1), 25. Springer.
- 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.
- Blair, C. (2016). Executive function and early childhood education. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 10, 102–107.
- 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. (2010a). A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain Research*, 1358, 172–183.
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Vanpatter, M., Voss, M. W., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2010b). Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. *Developmental Neuroscience*, 32(3), 249–256.
- Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Voss, M. W., Knecht, A. M., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2013). The effects of physical activity on functional MRI activation associated with cognitive control in children: a randomized controlled intervention. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 72.
- Chaput, J. P., Willumsen, J., Bull, F., Chou, R., Ekelund, U., Firth, J., Jago, R., Ortega, F. B., & Katzmarzyk, P. T. (2020). 2020 WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour for children and adolescents aged 5–17 years: summary of the evidence. In *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17(1), 141. BioMed Central Ltd.
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., Allison, J. D., & Naglieri, J. A. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: A randomized, controlled trial. *Health Psychology*, 30(1), 91–98.
- Egger, F., Benzing, V., Conzelmann, A., & Schmidt, M. (2019). Boost your brain, while having a break! The effects of long-term cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions and academic achievement. *PLOS ONE*, 14(3), e0212482.

- Ellemborg, D., & St-Louis-Deschênes, M. (2010). The effect of acute physical exercise on cognitive function during development. *Psychology of Sport and Exercise*, 11(2), 122–126.
- Fernandes, V. R., Ribeiro, M. L. S., Melo, T., de Tarso Maciel-Pinheiro, P., Guimarães, T. T., Araújo, N. B., Ribeiro, S., & Deslandes, A. C. (2016). Motor Coordination Correlates with Academic Achievement and Cognitive Function in Children. *Frontiers in Psychology*, 7, 318.
- Ferrer-Uris, B., Ramos, M. A., Busquets, A., & Angulo-Barroso, R. (2022). Can exercise shape your brain? A review of aerobic exercise effects on cognitive function and neuro-physiological underpinning mechanisms. *AIMS Neuroscience*, 9(2), 150–174.
- Gall, S., Adams, L., Joubert, N., Ludyga, S., Müller, I., Nqweniso, S., Pühse, U., du Randt, R., Seelig, H., Smith, D., Steinmann, P., Utzinger, J., Walter, C., & Gerber, M. (2018). Effect of a 20-week physical activity intervention on selective attention and academic performance in children living in disadvantaged neighborhoods: A cluster randomized control trial. *PLOS ONE*, 13(11), e0206908.
- García-Hermoso, A., Hormazábal-Aguayo, I., Fernández-Vergara, O., González-Calderón, N., Russell-Guzmán, J., Vicencio-Rojas, F., Chacana-Cañas, C., & Ramírez-Vélez, R. (2020). A before-school physical activity intervention to improve cognitive parameters in children: The Active-Start study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(1), 108–116.
- Greco, G., & de Ronzi, R. (2020). Effect of karate training on social, emotional, and executive functioning in children with autism spectrum disorder. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(4), 1637–1645.
- 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 Sports Sciences*, 38(23), 2637–2660.
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Khan, N. A., Raine, L. B., Scudder, M. R., Drollette, E. S., Moore, R. D., Wu, C.-T., & Kamijo, K. (2014). Effects of the FITKids Randomized Controlled Trial on Executive Control and Brain Function. *Pediatrics*, 134(4), e1063–e1071.
- Husu, P., Tokola, K., Vähä-Ypyä, H., Sievänen, H., Kokko, S., Villberg, J., & Vasankari, T. (2024). Physical activity has decreased in Finnish children and adolescents from 2016 to 2022. *BMC Public Health*, 24(1), 1343.
- Ishihara, T., Drollette, E. S., Ludyga, S., Hillman, C. H., & Kamijo, K. (2020). Baseline Cognitive Performance Moderates the Effects of Physical Activity on Executive Functions in Children. *Journal of Clinical Medicine*, 9(7), 2071.
- James, J., Pringle, A., Mourtou, S., & Roscoe, C. M. P. (2023). The Effects of Physical Activity on Academic Performance in School-Aged Children: A Systematic Review. *Children*, 10(6), 1019.
- Jeon, Y. K., & Ha, C. H. (2017). The effect of exercise intensity on brain derived neurotrophic factor and memory in adolescents. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 22(1), 27.
- Jäger, K., Schmidt, M., Conzelmann, A., & Roebbers, C. M. (2014). Cognitive and physiological effects of an acute physical activity intervention in elementary school children. *Frontiers in Psychology*, 5, 1473.
- Kolovelonis, A., Pesce, C., & Goudas, M. (2022). The Effects of a Cognitively Challenging Physical Activity Intervention on School Children's Executive Functions and Motivational Regulations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12742.
- Konijnenberg, C., & Fredriksen, P. M. (2018). The effects of a school-based physical activity intervention programme on children's executive control: The Health Oriented Pedagogical Project (HOPP). *Scandinavian Journal of Public Health*, 46(21_suppl), 82–91.
- Li, D., Li, L., Zang, W., Wang, D., Miao, C., Li, C., Zhou, L., & Yan, J. (2023). Effect of physical activity on attention in school-age children with ADHD: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. In *Frontiers in Physiology*, 14, 1189443–1189443. Frontiers Media SA.
- Li, D., Wang, D., Zou, J., Li, C., Qian, H., Yan, J., & He, Y. (2023). Effect of physical activity interventions on children's academic performance: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Pediatrics*, 182(8), 3587–3601.
- Marsigliante, S., Gómez-López, M., & Muscella, A. (2023). Effects on Children's Physical and Mental Well-Being of a Physical-Activity-Based School Intervention Program: A Randomized Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 1927.
- Meijer, A., Königs, M., Vermeulen, G. T., Visscher, C., Bosker, R. J., Hartman, E., & Oosterlaan, J. (2020). The effects of physical activity on brain structure and neurophysiological functioning in children: A systematic review and meta-analysis. In *Developmental Cognitive Neuroscience*, 45, 100828. Elsevier Ltd.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex "Frontal Lobe" Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100.
- Morgan, P. L., Farkas, G., Hillemeier, M. M., Pun, W. H., & Maczuga, S. (2019). Kindergarten Children's Executive Functions Predict Their Second-Grade Academic Achievement and Behavior. *Child Development*, 90(5), 1802–1816.
- Müller, C., Otto, B., Sawitzki, V., Kanagalingam, P., Scherer, J.-S., & Lindberg, S. (2021). Short breaks at school: effects of a physical activity and a mindfulness intervention on children's attention, reading comprehension, and self-esteem. *Trends in Neuroscience and Education*, 25, 100160.

- Neville, R. D., Lakes, K. D., Hopkins, W. G., Tarantino, G., Draper, C. E., Beck, R., & Madigan, S. (2022). Global Changes in Child and Adolescent Physical Activity During the COVID-19 Pandemic. *JAMA Pediatrics*, 176(9), 886–894.
- Opetus- ja kulttuuriministeriö (2022). PISA-tutkimus ja tulokset 2022. Haettu 20.9.2024 osoitteesta <https://okm.fi/pisa-2022>
- Owen, K. B., Foley, B. C., Wilhite, K., Booker, B., Lonsdale, C., & Reece, L. J. (2022). Sport Participation and Academic Performance in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(2), 299–306.
- Pan, C.-Y., Chu, C.-H., Tsai, C.-L., Lo, S.-Y., Cheng, Y.-W., & Liu, Y.-J. (2016). A racket-sport intervention improves behavioral and cognitive performance in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 57, 1–10.
- Phung, J. N., & Goldberg, W. A. (2019). Promoting Executive Functioning in Children with Autism Spectrum Disorder Through Mixed Martial Arts Training. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(9), 3669–3684.
- Rasberry, 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.
- Resaland, G. K., Aadland, E., Moe, V. F., Aadland, K. N., Skrede, T., Stavnsbo, M., Suominen, L., Steene-Johannessen, J., Glosvik, Ø., Andersen, J. R., Kvalheim, O. M., Engelsrud, G., Andersen, L. B., Holme, I. M., Ommundsen, Y., Kriemler, S., van Mechelen, W., McKay, H. A., Ekelund, U., & Anderssen, S. A. (2016). Effects of physical activity on schoolchildren's academic performance: The Active Smarter Kids (ASK) cluster-randomized controlled trial. *Preventive Medicine*, 91, 322–328.
- Roebers, C. M., Röthlisberger, M., Neuenschwander, R., Cimeli, P., Michel, E., & Jäger, K. (2014). The relation between cognitive and motor performance and their relevance for children's transition to school: A latent variable approach. *Human Movement Science*, 33, 284–297.
- Sánchez-López, M., Cavero-Redondo, I., Álvarez-Bueno, C., Ruiz-Hermosa, A., Pozuelo-Carrascosa, D. P., Díez-Fernández, A., Gutiérrez-Díaz del Campo, D., Pardo-Guijarro, M. J., & Martínez-Vizcaino, V. (2019). Impact of a multicomponent physical activity intervention on cognitive performance: The MOVI-KIDS study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(5), 766–775.
- Singh, A. S., Saliasi, 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., Etner, 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.
- Schmidt, M., Egger, F., Benzing, V., Jäger, K., Conzelmann, A., Roebers, C. M., Pesce, C., & Ardigò, L. P. (2017). Disentangling the relationship between children's motor ability, executive function and academic achievement. *PloS One*, 12(8), e0182845–e0182845.
- Spiegel, J. A., Goodrich, J. M., Morris, B. M., Osborne, C. M., & Lonigan, C. J. (2021). Relations between executive functions and academic outcomes in elementary school children: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 147(4), 329–351.
- Stockwell, S., Trott, M., Tully, M., Shin, J., Barnett, Y., Butler, L., McDermott, D., Schuch, F., & Smith, L. (2021). Changes in physical activity and sedentary behaviours from before to during the COVID-19 pandemic lockdown: a systematic review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 7(1), e000960.
- Takehara, K., Togoobaatar, G., Kikuchi, A., Lkhagvasuren, G., Lkhagvasuren, A., Aoki, A., Fukuie, T., Shagdar, B.-E., Suwabe, K., Mikami, M., Mori, R., & Soya, H. (2021). Exercise Intervention for Academic Achievement Among Children: A Randomized Controlled Trial. *Pediatrics*, 148(5).
- Terveiden ja hyvinvoinnin laitos (2023). Kouluterveyskyselyn tulokset 2017–2023. Perusopetus 4. ja 5. lk. oppilaat. Haettu 17.9.2024 osoitteesta <https://thl.fi/tutkimus-ja-kehittaminen/tutkimukset-ja-hankkeet/kouluterveyskysely/kouluterveyskyselyn-tulokset>
- Terveiden ja hyvinvoinnin laitos (2024). Liikuntasuosituksset. Liikuntasuosituksset lapsille ja nuorille. Haettu 17.9.2024 osoitteesta <https://thl.fi/aiheet/elintavat-ja-ravitsemus/liikunta/liikuntasuosituksset>
- Tsai, C.-L. (2009). The effectiveness of exercise intervention on inhibitory control in children with developmental coordination disorder: Using a visuospatial attention paradigm as a model. *Research in Developmental Disabilities*, 30(6), 1268–1280.
- Tsai, C.-L., Wang, C.-H., & Tseng, Y.-T. (2012). Effects of exercise intervention on event-related potential and task performance indices of attention networks in children with developmental coordination disorder. *Brain and Cognition*, 79(1), 12–22.
- van den Berg, V., Saliasi, E., de Groot, R. H. M., Chinapaw, M. J. M., & Singh, A. S. (2019). Improving Cognitive Performance of 9–12 Years Old Children: Just Dance? A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Psychology*, 10, 174.
- Wang, H., Yang, Y., Xu, J., Niu, L., Zhang, Y., Shi, J., & Shen, L. (2023). Meta-analysis on the effects of moderate-intensity exercise intervention on executive functioning in children. *PLOS ONE*, 18(2), e0279846.

- Xue, Y., Yang, Y., & Huang, T. (2019). Effects of chronic exercise interventions on executive function among children and adolescents: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(22), 1397–1404.
- Yang, W., Liang, X., & Sit, C. H.-P. (2022). Physical activity and mental health in children and adolescents with intellectual disabilities: a meta-analysis using the RE-AIM framework. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 19(1), 80.
- Zeng, N., Ayyub, M., Sun, H., Wen, X., Xiang, P., & Gao, Z. (2017). Effects of Physical Activity on Motor Skills and Cognitive Development in Early Childhood: A Systematic Review. *BioMed Research International*, 2017, 1–13.
- Zhang, M., Jia, J., Yang, Y., Zhang, L., & Wang, X. (2023). Effects of exercise interventions on cognitive functions in healthy populations: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 92, 102116.
- Zhao, P., Chen, K., Zhu, G., Li, H., Chen, S., Hu, J., Huang, L., Liu, X., & Guo, L. (2024). Effects of aquatic exercise intervention on executive function and brain-derived neurotrophic factor of children with autism spectrum disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 150, 104759.