

JYX



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.

Author(s): Haapala, Eero; Kantomaa, Marko; Kujala, Tiina; Jaakkola, Timo; Tammelin, Tuija

Title: Liikunnan ja oppimisen vuorovaikutusta kartoittamassa

Year: 2017

Version: Published version

Copyright: © Kirjoittajat & Liikuntatieteellinen Seura ry, 2017.

Rights: In Copyright

Rights url: <http://rightsstatements.org/page/InC/1.0/?language=en>

Please cite the original version:

Haapala, E., Kantomaa, M., Kujala, T., Jaakkola, T., & Tammelin, T. (2017). Liikunnan ja oppimisen vuorovaikutusta kartoittamassa. *Liikunta ja tiede*, 54(4), 4-9. https://fl-cdn.scdn1.secure.raxcdn.com/files/sites/4708/l-t-4-17_4-9_lowres-eedd7dad-f621-42c5-8308-c1e1ba31ea87.pdf



Liikunnan ja oppimisen vuorovaikutusta kartoittamassa



Teksti: EERO A. HAAPALA, MARKO KANTOMAA,
TIINA KUJALA, TIMO JAAKKOLA, TUIJA TAMMELIN

Oppiminen on laaja kokonaisuus ja liikunta tärkeä kasvuympäristön tarjoama oppimisväylä. Liikuntatutkimus on avannut uusia näkymiä liikunnan ja oppimisen yhteyksiin.

Liikunnan myönteiset vaikutukset kouluarvosanoihin on havaittu erityisesti matemaattisissa aineissa. Liikunta voi myös vahvistaa lasten muistia ja toiminnan-ohjausta. Motoristen taitojen hallitseminen puolestaan vaikuttaa myös aivojen kehittymiseen.

Liikunta ja hyvä fyysinen kunto ovat olleet välttämättömiä ihmisten selviytymisen kannalta tuhansien vuosien ajan. Viimeisen 100 vuoden aikana tarve päivittäiseen liikkumiseen on kuitenkin vähentynyt. Tämä elinympäristön muutos ollut vaikuttamassa esimerkiksi lasten ja nuorten ylipainon lisääntymiseen ja kestävyyskunnan laskuun.

Fyysisesti passiivinen elämäntapa voi heikentää sydänterveyttä ja hyvinvointia monin tavoin. Lisäksi viimeaikaiset tutkimustulokset ovat vahvistaneet käsitystä siitä, että liikunnan puute voi haitata jopa aivojen kehitystä ja oppimista. Vaikka tutkimusnäyttö lapsilla ja nuorilla on vielä vähäisempää, olemassa oleva tutkimustieto yhdessä ikääntyneillä ja eläimäillä tehtyjen tutkimusten kanssa tukee käsitystä liikkumattomuuden negatiivisista vaikutuksista aivoterveeseen.

Myös päättäjät ovat huomanneet lasten vähäisen liikunnan olevan keskeinen yhteiskunnallinen ongelma. Hallituksen kärkihankkeen Liikkuva koulu -ohjelman tavoitteena on taata jokaiselle lapselle ja nuorelle vähintään tunti liikuntaa päivässä. Lisäksi uusi opetussuunnitelma mahdollistaa entistä aktiivisemmän koulupäivän. Ajatus liikunnan ja oppimisen välisestä yhteydestä ei ole Suomessakaan aivan uusi; vuonna 2012 julkaistiin Liikunta ja oppiminen -tilannekatsaus (Syväoja ym. 2012) ja aihetta sivuvia väitöskirjoja on julkaistu jo neljä (Kantomaa

Kuva: GORILLA/MASKOT

2010; Syväoja 2014; Haapala 2015; Ruotsalainen 2017).

Aihe on keskeinen ja ajankohtainen. Se koskettaa paitsi lapsia ja nuoria itseään myös koko yhteiskuntaa ja on merkittävä myös kansantaloudellisesti. Liikkuvista lapsista kasvaa liikkuvia ja terveitä aikuisia, joilla on kyky elinikäiseen oppimiseen. Tässä artikkelissa kuvaamme miten liikunta liittyy oppimiseen tutkimuksessa ja yhteiskunnassa sekä millaisia jatkotutkimustarpeita näemme.

Mitä oppiminen on?

Oppiminen on ihmisen kasvun ja kehittymisen ydinprosessi. Oppimisen seurauksena käyttäytyminen ja siihen vaikuttavat tiedot, taidot ja tunnereaktiot muuttuvat. Oppimalla voimme paitsi sopeutua ympäristön muutoksiin myös aktiivisesti vaikuttaa ympäristöömme ja toimintaamme siinä. Oppiminen on aina aktiivinen valikointi- ja tulkintaprosessi. Taitava oppija tarkkailee, arvioi ja säätelee ajatteluaan, motivaatiotaan, tunteitaan ja käyttäytymistään. Oppiminen on myös vuorovaikutusta, joka tapahtuu kulttuurisessa ja sosiaalisessa ympäristössä, joten sosiaalisuus ja konteksti ovat oppimisessa vahvasti läsnä. Kasvu ympäristöstä saatavat kokemukset sekä aiheuttavat että säätelevät oppimista.

Miten liikunta liittyy oppimiseen?

Liikunta on tärkeä kasvu ympäristön tarjoama oppimisväylä. Liikunnan avulla opitaan liikkumaan, opitaan itsestä liikkujana sekä opitaan itse liikunnasta. Poikittaistutkimusten mukaan vapaa-ajan liikunta, runsas fyysisen kokonaisaktiivisuuden määrä sekä hyvä kestävyyskunto ovat yhteydessä hyvään koulumenestykseen. Liikunnan positiivinen yhteys kouluarvosanoihin ja standardoituun testituloksiin on havaittu erityisesti matemaattisissa aineissa. Liikunta voi myös vahvistaa lasten tiedollista toimintaa, erityisesti muistia ja toiminnanohjausta. Lisäksi liikunnalla on havaittu olevan myönteinen vaikutus luokkahuonekäyttäytymiseen, tehtäviin keskittymiseen ja osallistumiseen oppitunneilla (Donnelly ym. 2016; Syväoja ym. 2012).

Viime vuosina uutta tietoa on julkaistu myös koulupäivän aikaisen liikunnan, kuten istumisen tauottamisen ja oppitunneilla tapahtuvan liikunnan, opetuksen integroidun liikunnan, liikuntatuntien, -kerhojen, koulumatkojen ja välituntien yhteydestä oppimiseen. Näiden tutkimusten mukaan koulupäivän aikainen liikunta on positiivisesti yhteydessä koulumenestykseen. Lisäksi koulupäivän aikainen

liikunta näyttää vaikuttavan myönteisesti lasten tiedolliseen toimintaan, kuten käyttäytymisen ja reaktioiden säätelyyn ja erityisesti epäolellisen käyttäytymisen ehkäisyyn eli inhibitioon, työmuistiin ja kognitiiviseen joustavuuteen. Koulupäivän aikaisella liikunnalla on edullisia vaikutuksia myös tarkkaavaisuuteen ja oppimisen mahdollistaviin tekijöihin, kuten tehtäviin keskittymiseen, käyttäytymiseen ja sosiaaliseen toimintaan koulu ympäristössä. Nämä vaikutukset voivat osaltaan selittää liikunnan myönteisiä vaikutuksia oppimistuloksiin (Kantomaa ym. julkaisematon).

Liikunnan anatomiset ja fysiologiset vaikutukset ulottuvat aivojen rakenteeseen ja toimintaan, ja sitä kautta oppimiseen. Liikunta lisää aivojen verenkiertoa, parantaa hapensaantia, lisää välittäjäaineiden määrää sekä lisää hermosolujen toimintaa tukevien kemikaalien, kuten aivoperäisen hermokasvutekijän, tuotantoa (Davenport ym. 2012; Lubans et al. 2016). Liikunnan on myös havaittu lisäävän aivojen hiusverisuonistoa ja synnyttävän uusia hermosoluja erityisesti hippokampukseen, joka on oppimisen ja muistin keskus (van Praag ym. 1999; van Praag 2009; Vaynman ym. 2004).

Millaista liikuntaa?

Liikunnan muodoista on eniten tutkittu kestävyysliikunnan yhteyksiä aivojen toimintaan ja rakenteisiin ja näiden yhteyksien on havaittu olevan pääasiassa myönteisiä (Donnelly ym. 2016). Myös liikunnan kuormittavuudella voi olla merkitystä liikunnan vaikutuksissa oppimiseen. Harvassa tutkimuksessa on erikseen selvitetty liikunnan kuormittavuuden vaikutusta oppimiseen. Haapala ym. (2017) kuitenkin havaitsivat reippaan liikunnan olevan yhteydessä lukutaitoon 6–8-vuotiailla lapsilla. Ardoy ym. (2014) osoittivat rasittavamman liikunnan parantavan kognitiota ja koulumenestystä enemmän kuin matalatehoisemman liikunnan. Toisaalta korkeatehoisen intervalliharjoittelun vaikutuksen toiminnanohjaukseen on havaittu olevan pientä (Costigan ym. 2016) vaikka korkeatehoisen intervalliharjoittelun on havaittu aiheuttavan suurempaa aivoperäisen hermokasvutekijän lisääntymistä verenkierrossa kuin kohtuukuormitteen liikunnan (Marquez ym. 2015).

Motorinen oppiminen heijastuu muuhun oppimiseen?

Myös motorinen kehitys ja motoristen taitojen oppiminen saattavat välittää liikunnan myönteisiä vai-

Oppimisen prosesseista tarvitaan lisää tietoa. Intensiteetin lisäksi myös liikunnan toteutustapa voi vaikuttaa siihen, miten liikunta vaikuttaa oppimiseen.

Motoristen taitojen hallitseminen vaikuttaa aivojen kehittymiseen. Samat keskushermoston mekanismit vastaavat rinnakkain sekä motoristen että tiedollisten taitojen ohjauksesta. Monipuolinen liikunta tukee tätä kokonaisuutta.

kuksia oppimiseen. Motorisella oppimisella tarkoitetaan harjoittelun aikaansaamaa kehon sisäistä tapahtumasarjaa, joka johtaa pysyviin muutoksiin mahdollisuuksissa tuottaa liikkeitä (Jaakkola, 2000). Tutkimusten mukaan motoriset ja tiedolliset taidot kehittyvät rinnakkain (Davis et al., 2007, 2011; Hillman, Erickson, & Kramer, 2008; Smith, Thelen, Titzer, & McLin, 1999). Motoristen taitojen hallitseminen vaikuttaa aivojen kehittymiseen, sillä samat keskushermoston mekanismit vastaavat rinnakkain sekä motoristen että tiedollisten taitojen ohjauksesta. Monipuolinen liikunta tukee tätä kokonaisuutta edistämällä neuromotorista kehitystä ja motoristen taitojen oppimista (Stodden et al., 2008). Viime-aikaisten tutkimusten mukaan motorisesti haastavalla liikunnalla voi olla jopa voimakkaampi yhteys toiminnanohjaukseen kuin motorisesti yksinkertaisemmalla liikunnalla (Schmidt ym. 2015; van der Niet ym. 2016; Kountsandreu ym. 2016).

Parhaimmillaan liikunta tarjoaa mahdollisuuksia sosiaaliseen vuorovaikutukseen, joka voi myös selittää yhteyksiä oppimiseen. Liikunta voi kehittää lapsen ja nuoren kykyä kuunnella ja noudattaa ohjeita, odottaa vuoroaan ja valita tilanteeseen soveltuvat toimintatavat (Kantoma ym. 2010). Liikunta voi tarjota mahdollisuuksia tunteiden purkamiseen ja niiden käsittelyyn, jotka ovat keskeisiä sosiaalisen vuorovaikutuksen edellytyksiä. Uudet tutkimustulokset tukevat myös unen ja ravinnon merkitystä liikunnan ja oppimisen välisiä yhteyksiä selittävinä tekijöinä: Liikunta vaikuttaa myönteisesti ravitsemuksen säätelyyn, ja ravinto ja liikunta yhdessä vaikuttavat tiedolliseen toimintaan (Martins ym. 2008; van Praag ym. 2007; Wu ym. 2008). Liikunta tukee myös riittävää ja säännöllistä unta (Lang ym. 2013; McNeil ym. 2015; Stone ym. 2013), millä on positiivisia vaikutuksia tarkkaavaisuuteen, käyttäytymiseen, oppimiseen ja muistiin (Paruthi ym. 2016).

Liikunnan ja oppimisen vuorovaikutus huomioitu koulun kehittämisessä

Opetussuunnitelma (OPS) on vahva koulutuspoliittinen väline, jolla koulun toimintaa ohjataan. Kansallinen OPS viestii yhteiskunnallista ja poliittista tahtotilaa ja eri intressiryhmien odotuksia koulua kohtaan (Mäkinen & Kujala, julkaisematon). Taito- ja taideaineilla on nähty (esim. Räsänen 2009, 29) olevan tietynlainen erityisasema koulun oppiainei-

den joukossa muun muassa koulussa viihtymisen, mielenterveyden edistämisen, sosiaalisen kasvun sekä yksilönä ja yhteisön jäsenenä hyväksytyksi tulemisen näkökulmasta. Taito- ja taideaineita on myös luonnehtinut tiedonkäsitys, jossa ajattelua ei eroteta toiminnasta. Sekä yhteiskunnallinen ja poliittinen tahtotila että taito- ja taideaineiden erityisyys toiminnan, ajattelun sekä hyvän elämän taitojen edistäjänä ovat lyöneet leimansa kansallisiin OPS-teksteihin vuosikymmenestä toiseen (Hakala & Kujala 2015; 2017).

Vuonna 2016 voimaan astuneesta Perusopetuksen OPS:n (POPS) perusteet asiakirjasta (Opetushallitus 2014) voi hiukan kärjistäen todeta, että se, mikä aikaisemmin on liitetty erityisesti koskemaan taito- ja taideaineita, ulotetaan jatkossa koskemaan koko koulua, ei pelkästään sen oppiaineita vaan koulun toimintaa kokonaisuudessaan.

OPS:n arvoperusta ja oppimiskäsitys jalkautuvat koulun käytänteisiin sen toimintakulttuurissa. Huomattavaa on, että toimintakulttuuri vaikuttaa sen piirissä toimiviin riippumatta siitä, tunnustetaanko sen merkitys vai ei, minkä vuoksi toimintakulttuurin periaatteiden tietoinen rakentaminen on erityisesti koulun muutoksen näkökulmasta keskeistä.

Oppimiskäsitys POPS 2014 -asiakirjassa perustuu käsitykseen oppilaasta aktiivisena toimijana. Kieli, kehollisuus ja eri aistien käyttö nähdään ajattelun ja oppimisen kannalta olennaisina. Oppija tunnustetaan kehollisena olentona, jolloin eletty keho, kehollinen maailmasuhde (esim. Siljamäki ym. 2016) ja koettu opetussuunnitelma (Rokka 2011, 40) luovat oppimisen ja sen arvioinnin viitekehystä.

Fyysisesti aktiivisemmän koulupäivän edistäminen on jatkossa yksi koulun toimintakulttuurin kehittämistä ohjaava periaate. Lähtökohtana ei ole pelkästään havainto luonnollisen arkiliikunnan radikaalista vähentymisestä yhteiskunnassa vaan ennen kaikkea ymmärrys fyysisen aktiivisuuden merkityksestä oppimiselle. Tämä tarkoittaa myös istuvasta työskentelytavasta irrottautumisen edistämistä osana koulun toimintakulttuuria.

Paitsi fyysisen aktiivisuuden, myös tunnetaitojen yhteys oppimiseen on huomioitu opetussuunnitelmateksteissä. Liikkuminen ja mielen hyvinvointia edistävät yhteiset toiminnot pyritään saamaan luontevaksi osaksi jokaista koulupäivää luomalla tilaa toiminnallisuudelle, luovalle työskentelylle, liikkumiselle, leikille ja elämyksille, tämä ottaen huomioon kulttuurinen ja inhimillinen moninaisuus ilman

sukupuoleen sidottuja roolimalleja. Näin työtapojen valinnassa korostuvat kokemukselliset ja toiminnalliset työtavat, eri aistien käyttö ja liikkuminen, mikä lisää oppimisen elämyksellisyyttä ja vahvistaa positiivista suhtautumista opiskeltaviin asioihin.

Kuinka paljon ja minkälaista liikuntaa?

Tällä hetkellä ei vielä tarkkaan tiedetä minkä tyyppinen liikunta vaikuttaa oppimiseen ja minkälaiseen oppimiseen. Liikunnan intensiteetin lisäksi myös liikunnan toteutustapa voi vaikuttaa siihen, miten liikunta vaikuttaa oppimiseen.

Tutkimusnäyttö liikunnan ja oppimisen välisten yhteyksien biologisista mekanismeista lapsilla ja nuorilla on edelleen vähäistä (Hillman & Biggan 2017). Keskeisiä kysymyksiä tulevaisuudessa ovat muun muassa kuinka paljon ja millaisella liikunnalla aivojen toimintaan ja rakenteisiin voidaan vaikuttaa ja välittävätkö nämä muutokset liikunnan vaikutuksia oppimiseen. Lisäksi tietoa kaivataan molekulaaristen mekanismien roolista; välittyvätkö liikunnan välittömät ja pitkäaikaiset vaikutukset esimerkiksi aivoperäisen hermokasvutekijän, insuliininkaltaisen kasvutekijä 1 tai verisuonen endoteelin kasvutekijän kautta. Lasten ylipainon ja aineenvaihdunnan säätelyn ongelmien lisääntyessä valtimotautien riskitekijöiden muutosten rooli liikunnan vaikutuksia selittävänä tekijänä vaatii myös lisää tutkimusta. Tähän mennessä yksikään tutkimus ei ole tarkastellut miten perinteiset aivoterveysten yhteydessä olevat geneettiset tekijät, kuten APOE genotyyppi vaikuttavat kognitioon ja oppimiseen ja liikunnan vaikutuksiin.

Aikaisemmat liikunnan ja oppimisen välistä yhteyttä selvittäneet tutkimukset ovat pääosin keskittyneet oppimistuloksiin, kuten kouluarvosanoihin ja standardoituihin testeihin oppimisen mittareina. Oppiminen on kuitenkin tilanteeseen sidoksissa oleva, vuorovaikutteinen ja aktiivinen prosessi (Lehtinen ym. 2007, Hakkarainen ym. 2004, Raustevon Wright ym. 2003, Tynjälä 2004), joka tapahtuu ihmisten välillä sosiaalisesti ja välittyy kulttuurin kautta (Wenger 1998). Oppimista tapahtuu elämän kaikissa vaiheissa ja erilaisissa oppimisympäristöis-

sä. Myös oppimisen taitoja voi kehittää koko elämän ajan. Oppimista voi tapahtua virallisen koulutuksen lisäksi epävirallisen, tavoitteellisen opiskelun tuloksena tai arkitoiminnassa spontaanisti. Lapsen kielen oppiminen sekä tapojen oppiminen ovat esimerkkejä arkioppimisesta.

Suuri osa aikaisemmasta tutkimuksesta on keskittynyt liikunnan ja virallisen oppimisen välisiin yhteyksiin lapsuudessa ja nuoruudessa. Liikunnan yhteyksistä opintopiireissä, kerhoissa ja arkielämässä muun toiminnan ohessa tapahtuvaan oppimiseen, sekä myöhemmällä iällä tapahtuvaan oppimiseen on vähän tutkimustietoa (Kantomaa ym. 2013).

Liikunnan ja oppimisen välisten yhteyksien tutkiminen vaatii monialaista yhteistyötä. Tällä hetkellä Suomessa käynnissä olevien tutkimushankkeiden puitteissa pystytään vastaamaan osaan edellä esitettyistä kysymyksistä, mutta edelleen tarvitaan laajojen kontrolloitujen tutkimusten tekemistä spesifien tutkimuskysymysten äärellä.

EERO A. HAAPALA, FT

Tutkija

Biolääketieteen yksikkö,

Itä-Suomen yliopisto

Sähköposti: eero.haapala@uef.fi

MARKO KANTOMAA, FT

Erikoistutkija

LIKES-tutkimuskeskus

Sähköposti: marko.kantomaa@likes.fi

TIINA KUJALA, FT

Yliopistonlehtori (liikuntakasvatus)

Kasvatustieteiden tiedekunta, Tampereen yliopisto

Sähköposti: Tiina.H.Kujala@uta.fi

TIMO JAAKKOLA, LitT

Lehtori

Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto

Sähköposti: timo.jaakkola@juu.fi

TUIJA TAMMELIN, FT

Tutkimusjohtaja

LIKES-tutkimuskeskus

Sähköposti: tuija.tammelin@likes.fi

Tutkimustieto liikunnan merkityksestä vaikuttaa valintoihin. Esimerkiksi uusi opetussuunnitelma mahdollistaa entistä aktiivisemmän koulupäivän. Lähtökohtana ei ole pelkästään havainto arkiliikunnan vähentymisestä vaan ennen kaikkea ymmärrys fyysisen aktiivisuuden merkityksestä oppimiselle.

- Budde, H. Voelcker-Rehage, C. Pietrabyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P. & Tidow, G.** 2008. Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neuroscience Letters*, 441(2), 219–223.
- Costigan, S. A. Eather, N. Plotnikoff, R. C. Hillman, C. H. & Lubans, D. R.** 2016. High-Intensity Interval Training for Cognitive and Mental Health in Adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48, 1985–1993.
- 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 ?, 153–158.
- Davis, C. L. Tomporowski, P. D. Boyle, C. A. Waller, J. L. Miller, P. H. Naglieri, J. A. & Gregoski, M.** 2007. Effects of Aerobic Exercise on Overweight Children's Cognitive Functioning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 78(5), 510–519.
- Davis, C. L. Tomporowski, P. D. McDowell, J. E. Austin, B. P. Miller, P. H. Yanasak, N. E. ... 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.
- Donnelly, J. E. Hillman, C. H. Castelli, D. Etnier, J. L. Lee, S., Tomporowski, P. ... Szabo-Reed, A. N.** 2016. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(6), 1197–1222.
- Haapala, E. A. Väistö, J. Lintu, N., Westgate, K. Ekelund, U. Poikakeus, A. M. Brage, S. & Lakka, T. A.** Physical activity and sedentary time in relation to academic achievement in children. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20, 583–589.
- Haapala, E. A.** 2015. Physical Activity, Sedentary Behavior, Physical Performance, Adiposity, and Academic Achievement in Primary-School Children. Kuopio, Itä-Suomen yliopisto. Väitöskirja.
- Hakala, L. & Kujala, T.** 2017. Analyzing curricula documents. A model for understanding and cultivating school subjects, and one's subjectivity. *Teoksessa T. Itkonen ja F. Dervin (toim.) Silent partners in multicultural education. Research in multicultural education and international perspectives.* Charlotte, NC: IAP, 29–48.
- Hakala, L. & Kujala, T.** 2015. The Ethos of Sport as a Silent Partner in PE Curricula. *World studies in education* 16 (2), 69–80.
- Hillman, C. H. Erickson, K. I. & Kramer, A. F.** 2008. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews. Neuroscience*, 9(1), 58–65.
- Jaakkola, T.** 2000. Liikuntataitojen oppiminen ja taitoharjoittelu. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Kantomaa, M. Tammelin, T. Ebeling, H., & Taanila, A.** 2010. Liikunnan yhteys nuorten tunne-elämän ja käyttäytymisen häiriöihin, koettuun terveyteen ja koulumenestykseen. *Liikunta & Tiede*, 47(6), 30–37.
- Kantomaa, M.** 2010. The role of physical activity on emotional and behavioural problems, self-rated health and educational attainment among adolescents. Oulu, Oulun yliopisto. Väitöskirja.
- Kountsandreu, F. Wegner, M. Niemann, C. & Budde, H.** 2016. Effects of Motor versus Cardiovascular Exercise Training on Children's Working Memory. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48, 1144–1152.
- Lang, C. Brand, S. Feldmeth, A. K. Holsboer-Trachsler, E. Pühse, U. & Gerber, M.** 2013. Increased self-reported and objectively assessed physical activity predict sleep quality among adolescents. *Physiology & Behavior*, 120, 46–53.
- Lubans, D. Richards, J. Hillman, C. Faulkner, G. Beauchamp, M. Nilsson, M., ... Cerin, E.** 2016. Physical Activity for Cognitive and Mental Health in Youth: A Systematic Review of Mechanisms. *Pediatrics*, 7(9), e44860–e44860.
- Martins, C. Morgan, L. & Truby, H.** 2008. A review of the effects of exercise on appetite regulation: an obesity perspective. *International Journal of Obesity*, 32(9), 1337–1347.
- Marquez, C. M. S., Vanaudenaerde, B., Troosters, T. & Wenderoth, N.** 2015. High-intensity interval training evokes larger serum BDNF levels compared with intense continuous exercise. *Journal of Applied Physiology*, 119, 1363–1373.
- Mcneil, J. Tremblay, M. S. Leduc, G. Boyer, C. Bélanger, P. Leblanc, A. G. ... Chaput, J.-P.** 2015. Objectively-measured sleep and its association with adiposity and physical activity in a sample of Canadian children. *Journal of Sleep Research*, 24(2), 131–9.
- Opetushallitus.** Perusopetuksen opetuksen perusteet 2014. Helsinki: Opetushallitus.
- Paruthi, S. Brooks, L. J. Ambrosio, C. D. Hall, W. A. Kotagal, S. Lloyd, R. M., ... Troester, M. M.** 2016. Recommended Amount of Sleep for Pediatric Populations: A Consensus Statement of the American Academy of Sleep Medicine. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 12(6), 785–786.
- Rokka, P.** 2011. Peruskoulun ja perusopetuksen vuosien 1985, 1994 ja 2014 opetusuunnitelmat poliittisen opetusuunnitelman teksteinä. *Acta Universitatis Tamperensis* 1615. Tampereen yliopisto.
- Ruotsalainen, P.** 2017. Interventiotutkimus oppilaiden motoristen taitojen ja lukutaidon kehittämisestä sekä niiden välisistä yhteyksistä ensimmäisen kouluvuoden aikana. Joensuu, Itä-Suomen yliopisto. Väitöskirja.
- Smidt, M. Jäger, K. Egger, F. Roebbers, C. M., & Conzelmann, A.** 2015. Cognitively Engaging Chronic Physical Activity, But Not Aerobic Exercise, Affects Executive Functions in Primary School Children: A Group-Randomized Controlled Trial. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 37, 575–591.
- Smith, L. B. Thelen, E. Titzer, R., & McLin, D.** 1999. Knowing in the context of acting: the task dynamics of the A-not-B error. *Psychological Review*, 106(2), 235–60.
- Stodden, D. F. Goodway, J. D. Langendorfer, S. J. Robertson, M. A. Rudisill, M. E., Garcia, C., & Garcia, L. E.** 2008. A Developmental Perspective on the Role of Motor Skill Competence in Physical Activity: An Emergent Relationship. *Quest*, 60, 290–306.
- Stone, M. R. Stevens, D. & Faulkner, G. E. J.** 2013. Maintaining recommended sleep throughout the week is associated with increased physical activity in children. *Preventive Medicine*, 56(2), 112–7.
- Syväoja, H. Kantomaa, M. Laine, K. Jaakkola, T. Pyhäntö, K., & Tammelin, T.** 2012. Liikunta ja oppiminen (Muistiot 2). Helsinki: Opetushallitus.
- Syväoja, H.** 2014. Physical activity and sedentary behaviour in association with academic performance and cognitive functions in school-aged children. Jyväskylä, LIKES-tutkimuskeskus. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 292. Väitöskirja.
- van der Niet, A. G. Smith, J. Oosterlaan, J. Scherder, E. J. Hartman, E. & Visscher, C.** 2015. Effects of a cognitively demanding aerobic intervention during recess on children's physical fitness and executive functioning. *Pediatric Exercise Science*, 28, 64–70.
- van Praag, H.** 2009. Exercise and the brain: something to chew on. *Trends in Neurosciences*, 32(5), 283–290.
- van Praag, H. Christie, B. R. Sejnowski, T. J. & Gage, F. H.** 1999. Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96(23), 13427–31.
- van Praag, H. Lucero, M. J. Yeo, G. W. Stecker, K. Heivand, N. Zhao, C. ... Gage, F. H.** 2007. Plant-Derived Flavanol (-)Epicatechin Enhances Angiogenesis and Retention of Spatial Memory in Mice. *Journal of Neuroscience*, 27(22), 5869–5878.
- Vaynman, S. Ying, Z. & Gomez-Pinilla, F.** 2004. Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition. *European Journal of Neuroscience*, 20(10), 2580–2590.
- Wu, A. Ying, Z. & Gomez-Pinilla, F.** 2008. DHA dietary supplementation enhances the effects of exercise on synaptic plasticity and cognition. *Neuroscience*, 155(3), 751–759.