

MOTORISTEN PERUSTAITOJEN YHTEYDET MATEMAATTISIIN TAITOIHIN KOLMASLUOKKALAISILLA

Tanja Mäntylä, LitK, Jyväskylän yliopisto / Liikuntatieteellinen tiedekunta. Kauppakatu 11 B B 902, 40100 Jyväskylä. P. 040 182 3211. Sähköposti: tarmantyla@gmail.com (yhteyshenkilö). **Tuija H. Tammelin**, FT, johtava tutkija, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Likes. **Piritta Asunta**, LitT, tutkija, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Likes. **Kasper Salin**, LitT, dosentti, yliopistonlehtori, Jyväskylän yliopisto / Liikuntatieteellinen tiedekunta. **Sirpa Sneck**, KM, väitöskirjatutkija, Likes, Oulun yliopisto. **Sanna Palomäki***, LitT, yliopistonlehtori, Jyväskylän yliopisto / Liikuntatieteellinen tiedekunta. **Heidi J. Syväoja***, FT, LitM, tutkija, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Likes. (* jakavat viimeisen tekijän paikan)

TIIVISTELMÄ

Mäntylä, T., Tammelin, T. H., Asunta, P., Salin, K., Sneck, S., Palomäki*, S. & Syväoja*, H. J. 2022. Motoristen perustaitojen yhteydet matemaattisiin taitoihin kolmasluokkalaisilla. *Liikunta ja Tiede* 59 (2), 75-82. (*jakavat viimeisen tekijän paikan)

Fyysinen aktiivisuus ja kestävyyskunto ovat tutkimusten mukaan positiivisesti yhteydessä koulumenestykseen, mutta motoristen perustaitojen yhteyttä on tutkittu vähemmän. Tässä tutkimuksessa selvitettiin ovatko motoriset perustaidot ja sen osa-alueista erityisesti liikkumis-, välineenkäsittely- ja tasapainotaidot yhteydessä matemaattisiin taitoihin perusopetuksen kolmasluokkalaisilla. Tutkimus on osa laajempaa Likes-tutkimuskeskuksen Liikkuvaa matikkaa -tutkimusta.

Tutkimusaineisto kerättiin syksyllä 2019 kolmestatoista keskisuomalaisesta koulusta, joista tutkimukseen osallistui 384 oppilasta (tyttöjä 50 %, ikä keskimäärin 8,8 vuotta, keskihajonta 0,5). Motorisia perustaitoja mitattiin kahdeksan eri testin avulla. Mukana oli testejä Körperkoordinationstest für Kinder (KTK), Movement Assessment Battery for Children 2 (MABC-2) ja Eurofit-testistöistä. Lisäksi matemaattisia taitoja mitattiin Functional Numeracy Assessment (FUNA) testistöistä valikoiduilla testeillä. Motoristen perustaitojen ja matemaattisten taitojen välisiä yhteyksiä tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokertoimen ja lineaarisen regressioanalyysin avulla. Oppilaan sukupuoli, sukupuolen ja motoristen perustaitojen tai sen osa-alueen yhdysvaikutus, kestävyyskunto, kehon rasvaprosentti ja äidin koulutus otettiin huomioon taustamuuttujina.

Motoriset perustaidot sekä sen osa-alueista liikkumis- ja välineenkäsittelytaidot olivat positiivisesti yhteydessä matemaattisiin taitoihin. Motoriset perustaidot selittivät 8,2 prosenttia, liikkumistaidot 12,2 prosenttia ja välineenkäsittelytaidot 7,3 prosenttia matemaattisten taitojen vaihtelusta. Tasapainotaidot eivät selittäneet vaihtelua. Tutkimustulosten mukaan hyvät motoriset perustaidot voivat tukea oppilaan matemaattista osaamista. Tutkimus antaa viitteitä siitä, että monipuolisella liikkumisella ja motoristen perustaitojen osaamisella näyttäisi olevan merkitystä myös lasten matemaattisille taidoille.

Avainsanat: liikkumistaidot, välineenkäsittelytaidot, tasapainotaidot, matemaattiset taidot, oppiminen, koululaiset

ABSTRACT

Mäntylä, T., Tammelin, T. H., Asunta, P., Salin, K., Sneck, S., Palomäki*, S. & Syväoja*, H. J. 2022. Associations of fundamental movement skills with mathematical skills in third graders. *Liikunta ja Tiede* 59 (2), 75-82. (*last position is shared)

According to previous studies, physical activity and aerobic fitness are positively associated with academic achievement. However, the association between fundamental movement skills and academic achievement are far less studied. The present study investigates whether fundamental movement skills are associated with mathematical skills in 3rd graders. More specifically the study examined locomotor, manipulative and balance skills and their connections to mathematical skills. This study is part of a research project called Moving Maths by Research Centre for Physical Activity and Health.

The study was executed in Central Finland in autumn 2019 including 13 schools and 384 students (50 % girls, mean age 8.8 years, SD 0.5). Fundamental movement skills were measured with tests from Körperkoordinationstest für Kinder (KTK), Movement Assessment Battery for Children 2 (MABC-2) and Eurofit test batteries and mathematical skills were measured with four tests from Functional Numeracy Assessment (FUNA). Data was analyzed by Pearson's correlation coefficient and linear regression. Students' sex, interaction of sex and motor skill, aerobic fitness, body fat percentage and mother's education were considered as confounding factors.

Fundamental movement skills and more specifically locomotor skills and manipulative skills were positively associated with mathematical skills. Fundamental movement skills explained 8.2 percent, locomotor skills 12.2 percent and manipulative skills 7.3 percent of the variation of the mathematical skills. Balance skills did not explain the variation. According to the present results, good fundamental movement skills can support students' mathematical skills. Therefore, it seems that versatile physical activity and fundamental movement skills are meaningful for students' mathematical skills.

Keywords: locomotor skills, balance skills, manipulative skills, mathematics, learning, pupils

JOHDANTO

Motoristen perustaitojen oppiminen on tärkeä osa lapsen kokonaisvaltaista kasvua ja kehitystä (Lubans ym. 2010). Varhaislapsuudessa motoriikan kehittyminen lisää lapsen liikkumista, kun taas monipuolinen liikkuminen tukee motoristen taitojen kehitystä (Stodden ym. 2008; Han ym. 2018). Lisäksi hyvien motoristen taitojen hallinta lapsuudessa ennustaa runsaampaa fyysistä aktiivisuutta ja hyvää fyysistä kuntoa myöhemmin nuoruusiässä (Kantomaa ym. 2011; Stodden ym. 2008). Tämän vuoksi on tärkeää, että kaiken liikkumisen perustana olevat motoriset perustaidot hallittaisiin jo ennen kouluikää (Goodway ym. 2021). Motoristen perustaitojen osaamista pyritään alakoulussa tukemaan mahdollisimman paljon ja siksi niitä harjoitellaan koko alakoulun ajan (POPS 2014, 148–150, 273–276). Tavoitteena onkin, että motorisissa taidoissa saavutettaisiin ihannemallin vaihe, jolloin liikkeet ovat hallittuja ja hyvin koordinoituja (Donnelly ym. 2017, 39–40; Goodway ym. 2021, 51–53).

Motoriset perustaidot ja tiedolliset toiminnot näyttäisivät kehittyvän rinnakkain. Yhteiset keskushermoston mekanismit ja aivoalueet, joita ovat muun muassa etuotsalohko ja pikkuaivot, vastaavat sekä motoristen taitojen että tiedollisten taitojen ohjauksesta (Davis ym. 2011; Diamond 2000). Motoriikan kehittyessä ja liikkumisen lisääntyessä lapset kohtaavat uusia tilanteita ja pulmia, jotka haastavat heidän tiedollista kapasiteettiaan ja ongelmanratkaisukykyään. Tämä positiivinen kehä vahvistaa lasten motorisia taitoja ja tiedollista toimintaa yhtä aikaa. (Davis & Cooper 2011; Diamond 2000.) Positiivista yhteyttä voidaan hyödyntää myös koulussa erilaisten oppilaiden oppimisen tukemiseen ja osaamisen tehostamiseen. Perusopetuksen opetus suunnitelmassa (POPS 2014, 31–32) kannustetaan kouluja integroimaan eri oppiaineiden opetusta ja toteuttamaan monialaisia oppimiskokonaisuuksia, joissa tarkoituksena on auttaa oppilaita ymmärtämään opiskeltavien asioiden välisiä suhteita. Liikkumisen integroiminen osaksi luokkahuoneopetusta tai matematiikan opiskeleminen liikuntatunneilla voi olla monelle oppilaalle mielekästä vaihtelua, ja lisäksi se voi parantaa myös oppimistuloksia (Singh ym. 2019; Sneek ym. 2019).

Liikkumista on integroitu erityisesti matematiikan opetukseen (Sneck ym. 2019). Matemaattiset taidot pohjautuvat neurokognitiiviseen numeeriseen kapasiteettiin, jonka avulla ihmiset oppivat ymmärtämään numeroita ja laskemaan (Reigosa-Crespo ym. 2020). Matemaattisten taitojen oppiminen on hierarkkista eli perustaitojen hallinta luo pohjan monimutkaisemmille taidoille. Alakoulun opetus suunnitelma perustuu matematiikan osaamisen perusteisiin. Kolmannella luokalla tavoitteena on kehittää matemaattista ajattelua ja monipuolistaa ratkaisuja sekä kehittää sujuva laskutaito. (POPS 2014, 128, 234–235.) Matematiikan oppimista ja kehitystä voidaan selittää erilaisilla kognitiivisilla tekijöillä. Spesifejä matematiikkaan liittyviä valmiuksia ovat esimerkiksi lukujonotaidot ja lukumäärien vertailuun liittyvät taidot. Näistä lukujonotaidot ovat tärkein ennustava tekijä matematiikan taidoille. Yleisempiä valmiuksia oppimiseen ovat prosessointinopeus, työmuisti ja tarkkaavaisuus, jotka ovat opiskeltavasta oppiaineesta riippumattomia tekijöitä. (Aunola & Nurmi 2018.) Reippaan liikkumisen ja hyvän fyysisen kunnon, erityisesti kestävyyskunnon, on todettu vaikuttavan myönteisesti lasten tiedolliseen toimintaan, muun muassa tarkkaavaisuuteen ja toiminnanohjaukseen, kuten myös työmuistiin ja akateemiseen osaamiseen, erityisesti matematiikan osaamiseen (Bull ym. 2020; Donnelly ym. 2016; Singh ym. 2019; Sneek ym. 2019).

Liikunta voi vaikuttaa oppimiseen myös monen muun tekijän, kuten sosiaalisten suhteiden tai unen määrän ja laadun kautta (Moneil ym. 2015; Lang ym. 2013; Kantomaa ym. 2010).

Motoristen perustaitojen ja koulumenestyksen välistä suhdetta on tutkittu vähemmän kuin fyysisen aktiivisuuden ja kunnan yhteyttä koulumenestykseen (Syväoja ym. 2019). Muutamissa aikaisemmissa tutkimuksissa on löydetty positiivisia yhteyksiä motoristen perustaitojen ja koulumenestyksen väliltä: Tutkimustulokset osoittavat, että motoristen perustaitojen opettamisen lisääminen liikuntatunneille on yhteydessä parempiin kouluarvosanoihin (Ericsson & Karlsson 2014), oppilaiden paremmat motoriset perustaidot ennustavat parempaa akateemista osaamista (Jaakkola ym. 2015; Syväoja ym. 2019), motoriset perustaidot voivat selittää jopa 16 prosenttia lasten matemaattisten oppimistulosten vaihtelusta (Elofsson ym. 2018), heikot motoriset perustaidot ovat yhteydessä heikompiin laskutaitoihin (Haapala ym. 2014; Lopes ym. 2013) ja lisäksi näiden heikkojen motoristen perustaitojen kehittäminen parantaa matemaattisia taitoja 1.–3.-luokilla (Ericsson 2013). Kaikissa tutkimuksissa tällaista yhteyttä ei ole kuitenkaan havaittu tai sitä ei ole havaittu kaikilta tutkittavilta (Beck ym. 2016; Pagani ym. 2010). Esimerkiksi tanskalaisessa tutkimuksessa karkeamotoristen taitojen harjoittelu matematiikan oppitunneilla hyödytti enemmän oppilaita, joilla oli jo hyvät matemaattiset taidot kuin oppilaita, joiden matemaattiset taidot olivat heikkoja (Beck ym. 2016).

Monessa tutkimuksessa motorisia perustaitoja on tutkittu kokonaisuutena (Elofsson ym. 2018; Ericsson 2013; Ericsson & Karlsson 2014; Jaakkola ym. 2015; Syväoja ym. 2019) ja vain harvoin motorisia perustaitoja on tarkasteltu eri osa-alueiden avulla (Haapala ym. 2014; Jaakkola ym. 2015). Osittain ristiriitaisten tulosten selkeyttämiseksi aiheesta tarvitaan lisää tutkimusta, erityisesti motoristen perustaitojen toiminnallisten osa-alueiden osalta. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, ovatko motoriset perustaidot ja sen eri osa-alueet yhteydessä matemaattisiin taitoihin.

TUTKIMUSMENETELMÄT JA -AINEISTO

Tutkimuksen aineisto on kerätty syksyllä 2019 osana Likes-tutkimuskeskuksen laajempaa Liikkuvaa matikkaa -tutkimushanketta. Tutkimushanke on rekisteröity ISRCTN-rekisteriin (ISRCTN71844310: Moving Maths — the effects of physically active math lessons) ja Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta on antanut puoltavan lausunnon tutkimushankkeen toteuttamiselle. Tutkimuksessa otettiin yhteyttä 65:teen keski-suomalaiseen kouluun, joista 13 lähti mukaan tutkimukseen. Poisjääntien syynä olivat eri matematiikan oppikirjat (n=17), kieltäytyminen tutkimukseen osallistumisesta (n=22) ja kolmeatoista koulua ei tavoitettu ollenkaan. Näiden koulujen tutkimukseen kutsutuista 24:stä opettajasta 22 (92 %) ja 449:stä oppilaasta 401 (89 %) suostui mukaan tutkimukseen. Opettajat, oppilaat ja heidän huoltajansa antoivat kirjallisen suostumuksensa tutkimukseen osallistumisesta. Tämän artikkelin aineisto on poikkileikkaus oppilaiden motorisista perustaidoista sekä heidän matematiikan oppimistuloksistaan. Tyttöjä ja poikia oli tämän tutkimuksen aineistossa saman verran (n=192, 50 %) ja oppilaat olivat keskimäärin 8,8-vuotiaita (keskihuojonta 0,5).

Motoriset perustaidot. Motorisia perustaitoja mitattiin Körperkoordinationstest für Kinder (KTK), Movement Assessment Battery for Children 2 (MABC-2) ja Eurofit-testistöistä valituilla mittauksilla (taulukko 1). KTK-testistöstä tutkimukseen mukaan valittiin tasapainoilu takaperin, sivuttaishyppely ja si-

vuttaissiirtyminen (Kiphard & Schilling 2007). MABC-2-testistä valittiin pallonheitto, hernepussin heitto ja yhden jalan seisonta (Henderson ym. 2007). Eurofit-testistä valittiin vauhditon pituushyppy, joka mittaa alaraajojen voimaa (Tomkinson ym. 2018), mutta myös liikkumistaitoja, sillä testiin sisältyy ponnistaminen ja hyppääminen (Goodway ym. 2021, 220).

Iivosen ym. (2016) systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa nousi esiin, että KTK-testistön sisäinen yhdenmukaisuus on korkea ja rinnakkaisvaliditeetti muiden motoristen taitojen mittareiden kanssa kohtalainen. Reliabiliteetti on hyvä ja luotettavuus on parhaimmillaan 5–14-vuotiailla, joille testi on suunniteltu. (Iivonen ym. 2016.) MABC-2-testistö mittaa motorisia perustaitoja monipuolisesti ja testistön rakenteellinen validiteetti on korkea (Griffiths ym. 2018). Eurofit-testistön vauhdittoman pituuden reliabiliteetti, validiteetti sekä käytettävyys ovat erinomaisia (Artero ym. 2011; Vancampfort ym. 2019). Artero ym. (2011) listaavat vauhdittoman pituuden yhdeksi luotetuimmista lasten ja nuorten lihaksistoon liittyvistä kenttätesteistä systemaattisessa katsauksessaan.

Matemaattiset taidot. Tutkimuksessa oppilaiden matemaattisten peruslaskutaitojen sujuvuutta mitattiin Functional Numeracy Assessment (FUNA) testistöllä, joka on kehitetty 3.–9.-luokkalaisten toiminnallisten laskutaitojen arviointiin (Räsänen ym. 2021). FUNA-testistö sisältää seitsemän erilais-

ta tehtävää, joista neljää käytettiin tässä tutkimuksessa. Taulukossa 2 on luettavissa neljän mukaan valitun FUNA-testin tarkemmat tehtävät ja sisällöt.

Testin validiteettia ja reliabiliteettia on tutkittu pilottihankkeessa, johon osallistui 4118 oppilasta 3.–9.-luokilta. Tutkimuksessa todettiin, että FUNA-testistön validiteetti ja reliabiliteetti ovat erinomaisia ja testi toimii koko mittausmatkalla 3.–9.-luokkalaissilla (Räsänen ym. 2021). Tässä tutkimuksessa käytetyt matemaattisten taitojen muuttujat ovat standardoituja muuttujia, jotka pohjautuvat Räsänen ym. (2021) tutkimuksen kolmannen luokan (n=530) normiaineiston z-pisteisiin.

Taustamuuttujat. Matemaattisten taitojen ja motoristen perustaitojen yhteyteen mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä pyrittiin huomioimaan analyyseissa. Taustamuuttujiksi valittiin muuttujia, jotka ovat aiempien tutkimusten perusteella yhteydessä matemaattisiin taitoihin tai motorisiin perustaitoihin (Haapala ym. 2014; Kantomaa ym. 2010; Lopes ym. 2013; Syväoja ym. 2019; Syväoja ym. 2021). Taustamuuttujia olivat oppilaan sukupuoli, sukupuolen ja motoristen perustaitojen yhdysvaikutus, kestävyyskunto, kehon rasvaprosentti ja äidin koulutus.

Sukupuolen ja motoristen perustaitojen yhdysvaikutus kuvaa sukupuolen vaikutusta motoristen perustaitojen ja matemaattisten taitojen väliseen yhteyteen. Yhdysvaikutus on tilastollisesti merkitsevä, jos yhden yksikön muutos motoristen

Taulukko 1. Tutkimuksessa käytettyjen testien kuvaukset.

Osio	Mittari	Ohjeet
Tasapainotaidot		
Tasapainoilu takaperin	KTK	Tarkoituksena on kävellä takaperin kolme kertaa jokaista puomia pitkin, jotka ovat viisi senttimetriä korkeita ja kolme metriä pitkiä. Puomit ovat leveydeltään 3, 4,5 ja 6 senttimetriä. Yksi askel on yhden pisteen arvoinen ja kahdeksan pistettä per puomi on maksimi. Tulos saadaan yhdeksän suorituskerran summapistemääränä (maksimitulos: 3 yritystä x 3 puomia x 8 pistettä = 72).
Staatinen tasapaino	MABC-2	Mitattavan tulee pyrkiä seisomaan tasapainolaudan päällä 30 sekuntia yhdellä jalalla. Molemmilla jaloilla tehdään kaksi suoritusta, joista parempi merkitään. Jos testattava pysyy ensimmäisellä yrityksellä täydet 30 sekuntia ei uutta yritystä tarvita.
Liikkumistaidot		
Sivuttaishyppy	KTK	Tarkoituksena on hyppiä tasajalkaa ohuen puisen kepin (60x4x2cm) yli 2x15 sekunnin ajan. Suoritusten välissä pidetään tauko. Tulokseksi merkitään hyppäjien summa.
Sivuttaissiirtyminen	KTK	Tarkoituksena on liikkua kahden puisen neliön (25x25x2 cm) päällä mahdollisimman nopeasti. Neliötä siirretään molemmilla käsillä kehon toiselle sivulle, jonka jälkeen siirrytään laudan päälle seisomaan ja jatketaan siirtelyä niin kauan kuin ehtii. Kolmen kerran aikana liikutaan kerran molempiin suuntiin ja viimeisellä kerralla testattava saa itse päättää liikkumissuuntansa. Palautusta kertojen välillä tulee olla vähintään 10 sekuntia. Pisteitä saa sekä onnistuneesta laatan siirrosta että siirtymisestä sen päälle. Tutkimukseen valittiin mukaan testattavan paras tulos kolmesta yrityksestä.
Vauhditon pituus	Eurofit	Suoritus tehdään tasajalkaa hyppäämällä niin pitkälle kuin mahdollista ja testattavan tulisi pysyä pystyssä. Mittaus suoritetaan lähemmästä kantapäästä. Testattavalla on kaksi yritystä, joista parempi merkitään senttimetreinä.
Välineenkäsittelytaidot		
Hernepussin heitto	MABC-2	Hernepussia heitetään 1,8 metrin päästä standardoidun tarkkuusmaton reunasta. Yritys on onnistunut silloin, kun hernepussin jokin osa osuu tarkkuusmaton ympyrään, joka on halkaisijaltaan 30 senttimetriä. Testattavalla on kymmenen yritystä, joista onnistuneet lasketaan.
Pallonheitto	MABC-2	Pallo heitetään seinään kahden metrin päästä viivan takaa ja se tulee saada kiinni kaksin käsin suoraan ilmasta. Kiinnitettäessä saa ylittää kahden metrin viivan. Testattavalla on kymmenen yritystä, joista onnistuneet lasketaan.

Taulukko 2. FUNA-testistön tehtävät ja sisällöt (Räsänen ym. 2021).

Tehtävä	Sisältö
Lukujonon täydentäminen	Ruudulle ilmestyy neljä lukua ja tyhjä ruutu. Tutkittavan tehtävänä on päätellä luvuista, miten lukusarja jatkuu ja kirjoittaa vastaus vastausruutuun. Tutkittavalla on neljä minuuttia aikaa vastata mahdollisimman moneen tehtävään.
Yhteenlaskut	Ruudulle ilmestyy yksinumeroisia yhteenlaskuja yksi kerrallaan. Tutkittavalla on kaksi minuuttia aikaa vastata mahdollisimman moneen tehtävään.
Vähennyslaskut	Ruudulle ilmestyy vähennyslaskuja yksi kerrallaan lukualueella 0-20. Tutkittavalla on kaksi minuuttia aikaa vastata mahdollisimman moneen tehtävään.
Useampi numeroiset yhteen- ja vähennyslaskut	Ruudulle ilmestyy useampi numeroisia yhteen- ja vähennyslaskuja yksi kerrallaan. Tutkittavan tehtävänä on päässälkuna ratkaista mahdollisimman monta tehtävää kolmen minuutin aikana.

Taulukko 3. Summamuuttujien Cronbachin Alpha-kertoimet.

Summamuuttuja	Alpha-kerroin
Motoriset perustaidot ¹	0,751
Liikkumistaidot ²	0,746
Välineenkäsittelytaidot ³	0,438
Tasapainotaidot ⁴	0,656
Matemaattiset taidot ⁵	0,864

¹ Kaikki motoristen perustaitojen testit

² Vauhditon pituushyppy, sivuttaissiirtyminen ja sivuttaishyppely

³ Pallonheitto ja hernepussin heitto

⁴ Tasapainoilu takaperin ja staattinen tasapainoilu vasemmalla ja oikealla jalalla

⁵ Lukujonon täydentäminen, yksinumeroiset yhteen- ja vähennyslaskut sekä useampi numeroiset yhteen- ja vähennyslaskut

Taulukko 4. Matemaattisten taitojen, motoristen perustaitojen osa-alueiden ja taustamuuttujien keskiarvojen ja -hajontojen sukupuolivertailu t-testillä.

	pojat			tytöt			Cohenin d	p-arvo
	n	ka	kh	n	ka	kh		
Matemaattiset taidot								
Lukujono ¹	182	-0,43	0,86	184	-0,53	0,69	0,13	0,205
Yhteenlaskut	190	0,12	0,74	191	0,06	0,64	0,08	0,440
Vähennyslaskut	187	0,17	0,79	189	0,03	0,71	0,18	0,076
Laskut ²	186	0,15	0,81	182	-0,10	0,81	0,33	<0,01
Tasapainotaidot								
Tasapaino oikea (s) ³	184	24	9	184	27	7	-0,41	<0,001
Tasapaino vasen (s) ⁴	184	22	9	180	26	8	-0,041	<0,001
Tasapainoilu (3-72) ⁵	185	38	12	184	45	13	-0,55	<0,001
Liikkumistaidot								
Vauhditon pituus (cm)	185	142	19	185	135	20	0,35	<0,001
Sivuttaissiirtymä (krt)	184	22	4	184	22	4	-0,01	0,896
Sivuttaishyppely (krt)	184	59	12	183	58	11	0,06	0,593
Välineenkäsittelytaidot (0-10)								
Hernepussin heitto	185	7	2	185	6,5	2	0,29	0,008
Pallonheitto	185	7	3	184	5	3	0,49	<0,001
Taustamuuttujat								
Rasvaprocentti	179	16,0	7,8	182	19,6	8,9	-0,43	<0,001
Äidin koulutus	173	1,7	0,5	170	1,7	0,5	0,03	0,819
Viivajuoksu (lkm)	178	25	14	182	25	14	0,01	0,939

¹ Lukujonon täydentäminen

² Useampi numeroiset yhteen- ja vähennyslaskut

³ Staattinen tasapainoilu oikealla

⁴ Staattinen tasapainoilu vasemmalla

⁵ Tasapainoilu takaperin

perustaitojen summamuuttujassa ei vaikuta samalla tavalla molemmilla sukupuolilla matemaattisten taitojen summamuuttujaan. Kestävyyskuntoa arvioitiin Move!-mittauksiin sisältyvällä 20 metrin viivajuoksutestillä, jossa oppilaan tehtävänä on juosta 20 metrin matkaa edestakaisin ääninauhan ohjeiden mukaisesti niin pitkään kuin jaksaa (Joensuu ym. 2018). Mittauksessa juoksuvauhti kiihtyy noin minuutin välein. Tulokseksi oppilaalle merkitään viivojen lukumäärä eli montako kertaa oppilas on pystynyt juoksemaan matkan viivalta toiselle pysyen samalla äänimerkkien tahdissa. Kehon koostumusta mitattiin bioimpedanssimittauksella, jossa käytettiin InBody 720-mittalaitetta (InBody, Seoul, South Korea). InBody-mittalaitte perustuu kehon eri kudosten erilaiseen sähkönjohtavuuteen. Sen avulla tarkasteltiin oppilaiden eri kudosten tilavuutta ja saatiin selville myös rasvaprosentti. Äidin korkeinta koulutusta kysyttiin huoltajille tarkoitettussa kyselyssä. Muuttujassa arvo 1 tarkoittaa peruskoulun tai toisen asteen koulutuksen käyneitä ja arvo 2 tarkoittaa ylemmän tai alemman korkeakoulun käyneitä äitejä.

Aineiston analysointi. Aineisto analysoitiin IBM SPSS Statistics ohjelmalla (versio 27). Matemaattisten taitojen ja motoristen perustaitojen tuloksia vertailtiin sukupuolten kesken riippumattomien otosten t-testillä. Motoristen perustaitojen ja matemaattisten taitojen mittaukset muutettiin standardoiduiksi, että ne ovat yhteismitallisia ja niistä voitiin luoda summamuuttujat (taulukko 3). Matemaattisten taitojen tulokset standardoitiin käyttäen kansallista viiteaineistoa (n=530) (Räsänen ym. 2021).

Motoristen perustaitojen ja matemaattisten taitojen summamuuttujien yhteyksiä tarkasteltiin Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokertoimen avulla. Sen jälkeen motoristen perustaitojen yhteyttä matemaattisiin taitoihin tarkasteltiin lineaarisella regressioanalyysillä luomalla neljä erilaista mallia. Mallit luotiin motorisille perustaidoille ja sen osa-alueille, liikkumis-, välineenkäsittely- ja tasapainotaidoille jokaiselle erikseen. Kaikissa malleissa taustamuuttujia olivat lapsen sukupuoli, sukupuolen ja motoristen perustaitojen yhdysvaikutus, rasvaprosentti, kestävyyskunto ja äidin koulutus.

TULOKSET

Kuvailevat tiedot. Matemaattisten taitojen, motoristen perustaitojen ja taustamuuttujien keskiarvot ja -hajonnat on kuvattu taulukossa 4. Matemaattisten taitojen testiosioissa pojat olivat tyttöjä parempia useampi numeroisissa yhteen- ja vähennyslaskuissa ($p < 0,010$). Motorisissa perustaidoissa pojat olivat tyttöjä parempia pallonheitossa ($p < 0,001$) ja hernepussin heitossa ($p < 0,010$) sekä vauhdittomassa pituudessa ($p < 0,001$). Tytöt

olivat puolestaan poikia parempia kaikissa tasapaino- ja mittavissa testeissä ($p < 0,001$). Myös summamuuttujien keskiarvoja vertaillen tytöt olivat parempia tasapainotaidoissa ($p < 0,001$) ja pojat välineenkäsittelytaidoissa ($p < 0,001$).

Motoristen perustaitojen ja matemaattisten taitojen väliset yhteydet. Motoristen perustaitojen summamuuttujien yhteydet matemaattisten taitojen summamuuttujaan on kuvattu taulukossa 5. Motoriset perustaidot olivat positiivisesti yhteydessä matemaattisiin taitoihin ($r = 0,28$, $p < 0,001$). Motoristen perustaitojen osa-alueista korkein korrelaatio havaittiin liikkumistaitojen ja matemaattisten taitojen väliltä ($r = 0,34$, $p < 0,001$). Motoriset perustaidot korreloivat toistensa kanssa, ja erityisesti tasapainotaidot olivat vahvasti yhteydessä välineenkäsittely- ja liikkumistaitoihin.

Kun korrelaatioita tarkasteltiin sukupuolittain, huomattiin, että liikkumistaitojen summamuuttujan korrelaatiot matemaattisten taitojen kanssa olivat sekä poikien ($r = 0,37$, $p < 0,001$) että tyttöjen ($r = 0,30$, $p < 0,001$) osalta korkeampia kuin muiden motoristen perustaitojen osa-alueiden. Tytöillä myös tasapainotaidot olivat positiivisesti yhteydessä matemaattisten taitojen summamuuttujaan ($r = 0,19$, $p < 0,05$), kun taas pojilla tätä yhteyttä ei havaittu ($r = 0,08$, $p = 0,271$). Välineenkäsittelytaitojen summamuuttuja oli pojilla ($r = 0,29$, $p < 0,001$) vahvemmin yhteydessä matemaattisten taitojen summamuuttujaan kuin tytöillä ($r = 0,15$, $p < 0,05$).

Motoriset perustaidot matemaattisten taitojen selittävinä tekijöinä. Motoristen perustaitojen ja matemaattisten taitojen yhteyksiä tutkivat mallit on esitetty taulukossa 6. Hyvät motoriset perustaidot ($\beta = 0,305$, $p < 0,001$) olivat positiivisesti yhteydessä matemaattisiin taitoihin. Motoristen perustaitojen osa-alueista liikkumistaidot ($\beta = 0,352$, $p < 0,001$) ja välineenkäsittelytaidot ($\beta = 0,322$, $p < 0,001$) olivat positiivisesti yhteydessä matemaattisiin taitoihin.

Motoristen perustaitojen malli selitti 8,2 prosenttia matemaattisten taitojen vaihtelusta ($p < 0,001$) (taulukko 6). Mallissa matemaattisten taitojen vaihtelua selittivät motoriset perustaidot ($\beta = 0,305$, $p < 0,001$) ja äidin koulutus ($\beta = 0,122$, $p = 0,041$). Kun motoristen perustaitojen summamuuttujan arvo nousee yhdellä, paranevat matemaattisten taitojen summamuuttujan arvo 0,372 (B). Mitä paremmat motoriset perustaidot oppilaalla oli ja mitä korkeampi oli äidin koulutus, sitä paremmat olivat hänen matemaattiset taitonsa.

Kun tarkasteltiin tarkemmin liikkumis-, välineenkäsittely- ja tasapainotaitojen yhteyttä matemaattisiin taitoihin selvisi, että liikkumistaitojen malli selitti eniten matemaattisten taitojen vaihtelusta korjatun selityksasteen ollessa 0,122 (taulukko 6). Kaikissa malleissa taustamuuttujista äidin koulutus

Taulukko 5. Motoristen perustaitojen ja matemaattisten taitojen summamuuttujien väliset yhteydet Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokertoimella.

	1.	2.	3.	4.	5.
1. Matemaattiset taidot (n=355)	1				
2. Motoriset perustaidot (n=358)	0,281***	1			
3. Tasapainotaidot (n=362)	0,103	0,748***	1		
4. Välineenkäsittelytaidot (n=369)	0,240***	0,173**	0,857***	1	
5. Liikkumistaidot (n=365)	0,339***	0,488***	0,607***	0,392**	1

*** p-arvo < 0,001, ** p-arvo < 0,01, * p-arvo < 0,05

nousi merkitseväksi tekijäksi. Liikkumistaitojen mallissa liikkumistaitojen summamuuttujan arvon parantuessa yhdellä matemaattisten taitojen summamuuttujan arvo parani 0,312 (B). Välineenkäsittelytaitojen malli selitti 7,3 prosenttia matemaattisten taitojen vaihtelusta ja välineenkäsittelyn summamuuttujan arvon parantuessa yhdellä parani matemaattisten taitojen summamuuttujan arvo 0,282 (B) (taulukko 6). Välineenkäsittelytaitojen mallissa merkitseväksi tekijäksi nousi myös yhdysvaikutus ($\beta = -0,162$, $p < 0,05$). Näin ollen pojilla yhden yksikön muutos välineenkäsittelytaitojen summamuuttujassa nosti heidän matemaattisten taitojen summamuuttujan arvoa 0,282, kun taas tytöillä vastaava nousu oli vain 0,077 ja tämä ero oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$). Tasapainotaidot eivät olleet yhteydessä matemaattisiin taitoihin.

POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkimuksessa motoriset perustaidot olivat positiivisesti yhteydessä matemaattisiin taitoihin, ja ne selittivät osan matemaattisten taitojen vaihtelusta. Tutkimuksen tulokset ovat linjassa aiempien tulosten kanssa (Elofsson ym. 2018; Haapala ym. 2014; Jaakkola ym. 2015; Lopes ym. 2013; Sneck ym. 2019). Motoristen perustaitojen selitysaste (8,2 %) oli matalampi kuin Elofssonin ym. (2018) norjalaistutkimuksessa (16 %), mutta heidän korkeampi selitysasteensa voi johtua pienestä otoksesta ($n=53$) tai tutkittavien nuoremmasta iästä.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että liikkumisella on positiivinen vaikutus koulumenestykseen ja erityisesti matematiikkaan (Singh ym. 2019; Sneck ym. 2019). Lisäksi on ehdotettu, että erityisesti motorista koordinaatiota kehittä-

Taulukko 6. Matemaattisten taitojen vaihtelu lineaarisissa regressioanalyysi malleissa motoristen taitojen ja sen eri osa-alueiden osalta (4).

Motoriset perustaidot	B	95 % LV	β	T	p-arvo
Motoriset perustaidot	0,372	0,16-0,58	0,305	3,501	<0,001
Äidin koulutus	0,187	0,01-0,37	0,122	2,055	0,041
Sukupuoli	-0,080	-0,25-0,08	-0,057	-0,962	0,337
Kehon rasvaprosentti	-0,004	-0,09-0,09	-0,005	-0,082	0,935
Viivajuoksu	-0,027	-0,11-0,06	-0,037	-0,633	0,527
Motoriset perustaidot + sukupuoli	-0,078	-0,36-0,20	-0,045	-0,545	0,587
$R^2 = 0,103$, Vakioitu $R^2 = 0,082$, $F(6, 264) = 5,044$, $p < 0,001$					
Liikkumistaidot	B	95 % LV	β	T	p-arvo
Liikkumistaidot	0,312	0,20-0,43	0,352	5,453	<0,001
Äidin koulutus	0,187	0,02-0,36	0,122	2,136	0,034
Sukupuoli	-0,046	-0,21-0,11	-0,033	-0,563	0,574
Kehon rasvaprosentti	0,025	-0,06-0,11	0,034	0,544	0,587
Viivajuoksu	-0,016	-0,10-0,07	-0,022	-0,381	0,703
Liikkumistaidot + sukupuoli	-0,015	-0,16-0,13	-0,012	-0,201	0,841
$R^2 = 0,141$, Vakioitu $R^2 = 0,122$, $F(6, 268) = 7,337$, $p < 0,001$					
Välineenkäsittely	B	95 % LV	β	T	p-arvo
Välineenkäsittely	0,282	0,13-0,43	0,322	3,852	<0,001
Äidin koulutus	0,232	0,06-0,41	0,153	2,618	0,009
Sukupuoli	0,002	-0,16-0,17	0,001	0,018	0,986
Kehon rasvaprosentti	-0,069	-0,15-0,01	-0,096	-1,634	0,103
Viivajuoksu	-0,013	-0,09-0,07	-0,019	-0,320	0,750
Välineenkäsittely + sukupuoli	-0,205	-0,41-0,00	-0,162	-1,963	0,050
$R^2 = 0,093$, Vakioitu $R^2 = 0,073$, $F(6, 272) = 4,636$, $p < 0,001$					
Tasapainotaidot	B	95 % LV	β	T	p-arvo
Tasapaino	0,001	-0,26-0,26	0,001	0,011	0,991
Äidin koulutus	0,205	0,02-0,39	0,134	2,206	0,028
Sukupuoli	-0,336	-0,78-0,11	-0,240	-1,496	0,136
Kehon rasvaprosentti	-0,061	-0,15-0,03	-0,084	-1,286	0,199
Viivajuoksu	-0,020	-0,11-0,06	-0,029	-0,471	0,638
Tasapaino + sukupuoli	0,214	-0,14-0,57	0,220	1,186	0,237
$R^2 = 0,049$, Vakioitu $R^2 = 0,027$, $F(6, 267) = 2,271$, $p = 0,037$					

vä liikkuminen edistäisi lasten toiminnanohjausta (Pesce ym. 2016; Schmidt ym. 2015), ja mahdollisesti vaikuttaisi sitä kautta oppimistuloksiin (Donnelly ym. 2016; Singh ym. 2019), sillä matemaattinen suorituskyky ja oppiminen riippuvat vahvasti toiminnanohjauksesta (Cragg & Gilmore 2014; Friso-van Den Bos ym. 2013). Motoristen perustaitojen merkitystä tukevat myös aikaisemmat tutkimukset, joissa on arvioitu, että motoriset perustaidot olisivat vahvemmassa yhteydessä koulumenestykseen kuin fyysinen kunto (Haapala ym. 2014; Jaakkola ym. 2015; Syväoja ym. 2019). Näyttäisi siltä, että fyysisen kunnan yhteys koulumenestykseen voi olla suurempi motoristen perustaitojen kautta kuin sen itsenäinen yhteys (Haapala ym. 2014; Syväoja ym. 2019). Tässä tutkimuksessa taustamuuttujana ollut kestävyyskunto ei noussut selittäväksi tekijäksi matemaattisten taitojen vaihtelussa, joten tämä vahvistaa motoristen perustaitojen itsenäistä yhteyttä matemaattisiin taitoihin. Positiivisen yhteyden taustalla voi olla monia erilaisia tekijöitä, joista erityisesti motoristen perustaitojen ja tiedollisen toiminnan yhteiset keskuhermostolliset mekanismit voivat selittää yhteyttä (Davis & Cooper 2011; Diamond 2000).

Aikaisemmin tutkimuksissa ei ole eroteltu motorisia perustaitoja toiminnallisiin osa-alueisiin, kuten tässä tutkimuksessa, jossa havaittiin, että liikkumistaidot olivat voimakkaimmin yhteydessä matemaattisiin taitoihin. Tätä huomiota tukee Jaakkolan ym. (2015) tutkimus, jossa 5-loikka korreloi erityisen vahvasti koulumenestykseen ja matematiikan arvosanaan. Välineenkäsittelytaitojen yhteys matemaattisiin taitoihin oli hieman yllättävä, sillä aiemmin Jaakkolan ym. (2015) tutkimuksessa 8-kuljetuksen ja matematiikan arvosanojen välistä havaittiin vain yksi hyvin heikko korrelaatio kahdestatoista mahdollisesta yhteydestä. Tässä tutkimuksessa pojat olivat tyttöjä parempia välineenkäsittelytaidoissa, ja lisäksi sukupuolen ja välineenkäsittelytaitojen yhdysvaikutus oli merkitsevä tekijä matemaattisten taitojen ja välineenkäsittelyn yhteydessä. Pojilla välineenkäsittelyn yhden yksikön muutos vaikutti enemmän matemaattisiin taitoihin kuin tytöillä. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että tasapainotaidot eivät olleet yhteydessä matemaattisiin taitoihin tukien aikaisempia havaintoja (Haapala ym. 2014). Tasapainotaitojen osalta voidaan kuitenkin pohtia, että vaikuttavatko ne välineenkäsittelytaitojen ja liikkumistaitojen taustalla, sillä muuttujien väliltä löytyi korrelaatiota. Erityisesti liikkumistaidot vaativat hyviä tasapainotaitoja ja lihas- ja tasapainoainestimusten yhdistämistä tunteoita (Goodway ym. 2021, 220).

PISA tulosten mukaan suomalaisten matematiikan osaaminen on heikentynyt vuosina 2006–2018 (OECD 2019). Lisäksi asenteet matematiikkaa kohtaan ovat muuttuneet negatiivisiksi jo ensimmäisten kouluvuosien aikana (Metsämuuronen & Tuohilampi 2014), joten motivaatiota ylläpitäviä keinoja tulee pohtia. Motoristen perustaitojen ja matematiikan oppimisen yhdistämisen mahdollisuuksia ja menetelmiä on tarkoituksenmukaista miettiä: Voisiko matematiikkaa viedä liikuntatunneille tai liikuntaa matematiikan tunneille vai sekä että? Mitkä tekijät edesauttavat tai estävät motorisia perustaitoja hyödyntävää matematiikan opetusta? Lisäksi tutkimusta olisi tärkeää kohdentaa motoristen perustaitojen osa-alueiden ja matemaattisten taitojen välisiin yhteyksiin, sillä tässä tutkimuksessa liikkumistaidot olivat voimakkaammin yhteydessä matemaattisiin taitoihin kuin muut motoriset perustaidot, mutta havaintojen varmistamiseksi tarvitaan vielä lisää tutkimusta. Lisäksi interventiotutkimuksia aiheesta tarvitaan, että voidaan selvittää mahdollisia selittäviä ja ennustavia tekijöitä matemaattisten taitojen ja motoristen perustaitojen väliltä.

Tutkimuksen heikkouksia olivat yksittäisten motoristen perustaitojen testien vino jakautuneisuus. Kuitenkin, kun yksittäisistä muuttujista tehtiin summamuuttujia, havaittiin, että kaikki summamuuttujat olivat riittävän symmetrisiä jatkoanalyysiin: vinoudet -0.35 – 0.27 . Tutkimuksen tuloksiin saattaa vaikuttaa mahdolliset muut muuttujat, joita tutkimuksessa ei ole huomioitu. Esimerkiksi vapaa-ajan harrastukset tai unen määrä saattavat vaikuttaa motoristen perustaitojen ja matemaattisten taitojen yhteyteen. Tämän tutkimuksen vahvuuksia puolestaan olivat suhteellisen suuri osallistujamäärä ($n=384$) sekä se, että molemmat sukupuoli olivat tasaisesti edustettuina otoksessa. Lisäksi tutkittavilta mitattiin useita motoristen perustaitojen osa-alueita ja summamuuttujat muodostettiin useiden testitulosten perusteella. Tutkimuksessa huomioitiin myös monia taustamuuttujia, jotka osaltaan varmistavat sitä, että nimenomaan motorisilla perustaidoilla on positiivinen yhteys matemaattisiin taitoihin. Vahvuuksiin kuuluvat myös suurelta osin luotettaviksi todetut testit, joilla oppilaiden taitoja mitattiin eikä mittauksissa hyödynnetty esimerkiksi opettajien subjektiivisia arvioita oppilaiden osaamisesta. Tuloksia ei voida suoraan yleistää koskemaan koko maata, sillä otos on Keski-Suomesta. Suomessa on kuitenkin kaikilla kouluilla yhteneväinen opetussuunnitelma, ja kouluissa eri sosioekonomiset asemat ovat yleensä melko tasaisesti edustettuja, joten samankaltaisuuksia todennäköisesti löytyy myös muualta Suomesta. Muihin maihin tuloksia ei voida ehdoittaa yleistää, sillä niissä voi olla hyvinkin erilainen koulutusjärjestelmä, kulttuuri ja yhteiskunta.

Johtopäätökset. Mitä paremmat motoriset perustaidot oppilaalla oli, sitä parempia olivat oppilaan matemaattiset taidot. Motorisia perustaitoja tarkemmin tarkasteltuna huomattiin, että liikkumistaitojen osalta selitysidee oli korkein, mutta myös välineenkäsittelytaidot olivat positiivisesti yhteydessä matemaattisiin taitoihin. Lisäksi tässä tutkimuksessa havaittiin, että kestävyyskunto ei selittänyt matemaattisten taitojen vaihtelua toisin kuin aiemmissa tutkimuksissa. Tutkimuksen perusteella näyttäisi siltä, että motoristen perustaitojen hallinta tukee matemaattisia taitoja.

LÄHTEET

- Artero, E. G., España-Romero, V., Castro-Piñero, J., Ortega, F. B., Suni, J., Castillo-Garzon, M. J. & Ruiz, J. R. 2011. Reliability of field-based fitness tests in youth. *International Journal of Sports Medicine* 32, 159–169.
- Aunola, K. & Nurmi, J.-E. 2018. Matemaattisten taitojen kehitys kouluiässä. Teoksessa T. Joutsenlahti, H. Silfverberg & P. Räsänen (toim.) *Matematiikan opetus ja oppiminen*. Porvoo: Bookwell Oy. 54–69.
- Beck, M. M., Lind, R. R., Geertsens, S. S., Ritz, C., Lundbye-Jensen, J. & Wienecke, J. 2016. Motor-enriched learning activities can improve mathematical performance in preadolescent children. *Frontiers in Human Neuroscience* 10, 645.
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S. 2020. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behavior. *British Journal of Sports Medicine* 54 (24), 1451–62.
- Cragg, L. & Gilmore, C. 2014. Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education* 3 (2), 63–8.
- Davis, C. L. & Cooper, S. 2011. Fitness, fatness, cognition, behavior, and academic achievement among overweight children: Do cross-sectional associations correspond to exercise trial outcomes? *Science Direct* 52, 65–69.
- Davis, E. E., Pitchford, N. J., Limback, E. 2011. The interrelation between cognitive and motor development in typically developing children aged 4–11 years is underpinned by visual processing and fine manual control. *British Journal of Psychology* 02:569–584. doi:10.1111/j.2044-8295.2011.02018.x

- Diamond, A. 2000. Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child Development* 71 (1), 44–56.
- Donnelly, F. C., Mueller, S. S. & Gallahue, D. L. 2017. Developmental physical education for all children. Theory into practice. 5. painos. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Donnelly, J.E., Hillman, C.H., Castelli, D. 2016. Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 48 (6), 1197–222.
- Elofsson, J., Eglund Bohm, A., Jeppsson, C. & Samuelsson, J. 2018. Physical activity and music to support pre-school children's mathematics learning. *Education* 3–13 46 (5), 483–493.
- Ericsson, I. 2013. Motor skills, attention, and academic achievement. An intervention study in school years 1–3. *British Educational Research Journal* 34 (3), 301–313.
- Ericsson, I. & Karlsson, M. K. 2014. Motor skills and school performance in children with daily physical education in school – a 9-year intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 24, 273–278.
- Friso-van Den Bos, I., Van Der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H. 2013. Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research and Reviews* 10, 20–44.
- Goodway, J. D., Ozmun, J. C. & Gallahue, D. L. 2021. Understanding motor development: infants, children, adolescents, adults. Eighth edition. Burlington, MA: Jones and Bartlett Learning.
- Griffiths, A., Toovey, R., Morgan, P. E., & Spittle, A. J. 2018. Psychometric properties of gross motor assessment tools for children: a systematic review. *BMJ Open* 8 (10).
- Haapala, E. A., Poikkeus, A.-M., Tompuri, T., Kukkonen-Harjula, K., Leppänen, P. H. T., Lindi, V. & Lakka, T. A. 2014. Associations of motor and cardiovascular performance with academic skills in children. *American College of Sports Medicine* 46 (5), 1016–1024.
- Han, A., Fu, A., Cogley, S. & Sanders, R. H. 2018. Effectiveness of exercise intervention on improving fundamental movement skills and motor coordination in overweight/obese children and adolescents: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport* 21 (1), 89–102.
- Henderson, S. E., Sugden, D. A. & Barnett, A. 2007. Movement Assessment Battery for Children – Second Edition. UK: The Psychological Corporation.
- Iivonen, S., Sääkslahti, A. & Laukkanen, A. 2016. KTK lasten motorisen koordinaation mittarina – systemaattinen katsaus. *Liikunta & Tiede* 53 (2–3), 80–87.
- Jaakkola, T., Hillman, C., Kalaja, S. & Liukkonen, J. 2015. The associations among fundamental movement skills, self-reported physical activity and academic performance during junior high school in Finland. *Journal of Sport Sciences* 33 (16), 1–11.
- Joensuu, L., Syväoja, H., Kallio, J., Kulmala, J., Kujala, U. M. & Tammelin, T. H. 2018. Objectively measured physical activity, body composition and physical fitness: Cross-sectional associations in 9- to 15-year-old children. *European Journal of Sport Science* 18 (6), 882–892.
- Kantamaa, M. T., Tammelin, T. H., Demakakos, P., Ebeling, H. E. & Taanila, A. M. 2010. Physical activity, emotional and behavioral problems, maternal education and self-reported educational performance of adolescents. *Health Education Research* 25, 368–379.
- Kantamaa, M. T., Purtsi, J., Taanila, A. M., Remes, J., Viholainen, H., Rintala, P., Ahonen, T. & Tammelin, T. H. 2011. Suspected motor problems and low preference for active play in childhood are associated with physical inactivity and low fitness in adolescence. *PLoS One* 6 (1), e14554.
- Kiphard, E. J. & Schilling, F. 2007. Körperkoordinationstest für Kinder. Manual. Germany: Beltz Test, Hogrefe Verlagsgruppe.
- Lang, C., Brand, S., Feldmeth, A. K., Holsboers-Trachslers, E., Pühse, U. & Gerber, M. 2013. Increased self-reported and objectively assessed physical activity predict sleep quality among adolescents. *Physiology and Behavior* 120, 46–53.
- Lopes, L., Santos, R., Pereira, B. & Lopes, V. P. 2013. Associations between gross motor coordination and academic achievement in elementary school children. *Human Movement Science* 32 (1), 9–20.
- Lubans, D. R., Morgan, P. J., Cliff, D. P., Barnett, L. M., & Okely, A. D. 2010. Fundamental movement skills in children and adolescents. *Sports medicine* 40 (12), 1019–1035.
- Mcneil, J., Tremblay, M. S., Leduc, G., Boyer, C., Bélanger, P., Leblanc, A. G., Borghese, M. M. & Chaput, J.-F. 2015. Objectively-measured sleep and its association with adiposity and physical activity in a sample of Canadian children. *Journal of sleep research* 24 (2), 131–139.
- Metsämuuronen, J. & Tuohilampi, L. 2014. Changes in achievement in and attitude toward mathematics of the Finnish children from grade 0 to 9 – A longitudinal study. *Journal of Educational and Developmental Psychology* 4 (29), 145–69.
- OECD. 2019. Country note. Programme for international student assessment (PISA) results from PISA 2018. https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_FIN.pdf viitattu 31.5.2020.
- Pagani, L. S., Fitzpatrick, C., Archambault, I. & Janosz, M. 2010. School readiness and later achievement: a French Canadian replication and extension. *Developmental Physiology* 46, 984–994.
- Pesce, C., Masci, I., Marchetti, R., Vazou, S., Sääkslahti, A., Tomporowski, P. D. 2016. Deliberate play and preparation jointly benefit motor and cognitive development: Mediated and moderate effects. *Frontiers in Psychology* 7 (349).
- POPS. 2014. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet. Helsinki: Opetushallitus.
- Reigosa-Crespo, V., Castro-Cañizares, D., Estévez-Pérez, N., Santos, E., Torres, R., Mosquera, R., Álvarez, A., Recio, B., González, E., Amor, V., Ontivero, M. & Valdés-Sosa, M. 2020. Numerical skills and dyscalculia. From basic research to practice in Cuba. *Studies in Psychology* 41 (2), 373–403.
- Räsänen, P., Aunio, P., Laine, A. 2021. Effects of gender on basic numerical and arithmetic skills: Pilot data from third to ninth grade for a large-scale online dyscalculia screener. *Frontiers in Education* 6, 211.
- Schmidt, M., Jäger, K., Egger, F., Roebbers, C. M. Cenzelmann, 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 (6), 1–44.
- Singh, A. S., Saliassi, E., van den Berg, V., Uijtendwilligen, L., de Groot, R. H. M., Jolles, J., Andersen, L. B., Bailey, R., Chang, Y.-K., Diamond, A., Ericsson, I., Etnier, J. L., Fedewa, A. L., Hillman, C. H., McMorris, T., Pesce, C., Pühse, U., Tomporowski, P. D. & Chinapaw, M. J. M. 2019. Effects of physical activity interventions on cognitive and academic performance in children and adolescents: a novel combination of systematic review and recommendations from an expert panel. *British Journal of Sports Medicine* 53, 640–647.
- Sneck, S., Viholainen, H., Syväoja, H., Kankaanpää, A., Hakonen, H., Poikkeus, A.-M. & Tammelin, T. H. Effects of school-based physical activity on mathematics performance in children: a systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 16 (1), 1–15.
- 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 (2), 290–306.
- Syväoja, H. J., Kankaanpää, A., Joensuu, L., Kallio, J., Hakonen, H., Hillman, C. & Tammelin, T. H. 2019. The longitudinal associations of fitness and motor skills with academic achievement. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 51 (10), 2050–2057.
- Syväoja, H. J., Kankaanpää, A., Hakonen, H., Inkinen, V., Kulmala, J., Joensuu, L., Räsänen, P., Hillman, C. H. & Tammelin, T. H. 2021. How physical activity, fitness, and motor skills contribute to math performance: Working memory as a mediating factor. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 31, 2310–2321.
- Tomkinson, G. R., Carver, K. D., Atkinson, F., Daniell, N. D., Lewis, L. K., Fitzgerald, J. S., Lang, J. J. & Ortega, F. B. 2018. European normative values for physical fitness in children and adolescents aged 9–17 years: results from 2 779 165 Eurofit performances representing 30 countries. *British Journal of Sports Medicine* 52, 1445–1456.
- Vancampfort, D., Hallgren, M., Vandael, H., Probst, M., Stubbs, B., Raymaekers, S. & Van Damme, T. 2019. Test-retest reliability and clinical correlates of the Eurofit test battery in people with alcohol use disorders. *Psychiatry Research* 271, 208–213.