

Minäkäsityksen, matemaattisen kiinnostuksen, lukujonotaitojen, työmuistin, fonologisen tietoisuuden sekä nopean nimeämisen taitojen yhteys laskutaidon sujuvuuden intervention vasteeseen

Suvi Puranen

Erityispedagogiikan
pro gradu -tutkielma
Kevätlukukausi 2016
Kasvatustieteiden laitos
Jyväskylän yliopisto

TIIVISTELMÄ

Puranen, Suvi. 2016. Minäkäsityksen, matemaattisen kiinnostuksen, lukujonotaitojen, työmuistin, fonologisen tietoisuuden sekä nopean nimeämisen taitojen yhteys laskutaidon sujuvuuden intervention vasteeseen. Erityispedagogiikan pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Kasvatustieteiden laitos. 52 sivua.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kognitiivisten ja emotionaalisten tekijöiden yhteyttä laskutaidon sujuvuuden intervention vasteeseen. Tarkastelun kohteena kognitiivisista tekijöistä olivat lukujonotaidot, työmuisti, fonologinen tietoisuus sekä nopean nimeämisen taidot, emotionaalisisista matemaattinen kiinnostus ja minäkäsitys. Tutkimus koostui Jyväskylän Yliopiston ja Niilo Mäki Instituutin Minäpystyvyys ja oppimisinterventiot -tutkimushankkeen aineistosta, joka on kerätty Keski- ja Itä-Suomen kouluissa 2.-5. -luokkalaisilta oppilailta vuosina 2013-2014. Hankkeessa verrataan minäpystyvyyteen kohdentuvien interventioiden ja pelkän taitoharjoittelun vaikutusta oppimisvaikeuksiin, sekä tutkitaan erilaisia taustatekijöitä oppimisvaikeuksien taustalla. Tässä tutkimuksessa keskityttiin laskemisen sujuvuuden intervention vasteeseen vaikuttavien tekijöiden tarkastelemiseen.

Tutkimusaineisto koostui 75 oppilaasta, jotka valikoituivat laskemisen sujuvuuden interventioryhmiin heidän tekemänsä yhteenlaskustrategioiden yksilötestin sekä koulujen resurssien perusteella. Heille tarjottiin 12 viikon ajan lisäharjoittelua tarkoituksena tukea oppilaiden yhteenlaskustrategioiden kehittymistä. Oppilaat tekivät kognitiivisten ja emotionaalisten tekijöiden yksilötestit interventiojakson alussa. Oppilaiden yhteenlaskustrategioita testattiin uudelleen interventiojakson jälkeen, ja loppu- ja alkumittauksista laskettiin erotusmuuttuja kuvaamaan laskemisen sujuvuuden intervention vastetta.

Aineistoa analysoitiin määrällisesti, ja menetelmänä käytettiin hierarkkista regressioanalyysia. Kognitiiviset tekijät selittivät 4,7 % intervention vasteen vaihtelusta, kun iän ja emotionaalisten tekijöiden vaikutus kontrolloitiin. Emotionaalisten tekijöiden selitysprosentti oli 3,8 % iän ja kognitiivisten tekijöiden

vaikutuksen kontrolloinnin jälkeen. Vaikka yhteyttä tekijöiden ja laskutaidon sujuvuuden intervention vasteen välillä ilmeni, selitysprosentti jäi matalaksi. Tutkimuksen tulokset voisivat tukea käsitystä siitä, että aritmeettisten taitojen käytössä ja oppimisessa on paljon yksilöllistä vaihtelua. Lisäksi tutkimus tukee käsitystä, että laskustrategioiltaan heikoimmat oppilaat näyttäisivät hyötyvän laskustrategioiden harjoittelusta. Lisätutkimusta laskutaidon sujuvuuden interventiosta ja siitä hyötymisen taustalla olevista tekijöistä tarvitaan.

Hakusanat: laskutaidon sujuvuus, interventio, minäkäsitys, matemaattinen kiinnostus, lukujonotaidot, työmuisti, fonologinen tietoisuus, nopean nimeämisen taidot, regressioanalyysi

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Matemaattisten taitojen kehittyminen ja tukeminen	8
1.2	Laskutaitoon yhteydessä olevia kognitiivisia tekijöitä.....	16
1.3	Laskutaitoon yhteydessä olevia emotionaalisia tekijöitä.....	23
2	TUTKIMUSONGELMAT	26
3	TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN	26
3.1	Tutkimuksen konteksti	26
3.2	Tutkittavat ja tutkimuksen eteneminen.....	27
3.3	Interventiojakson ja -menetelmien kuvaus	29
3.4	Mittarit.....	30
3.4.1	Laskemisen sujuvuus ja intervention vaste	30
3.4.2	Emotionaalisten tekijöiden mittaaminen	30
3.4.3	Kognitiivisten tekijöiden mittaaminen.....	31
3.4.4	Mittareiden luotettavuus	33
3.5	Aineiston analyysi	33
3.6	Muuttujien alustava tarkastelu ja muunnokset.....	34
4	TULOKSET	35
4.1	Onko lukujonotaidoilla, työmuistilla, fonologisella tietoisuudella ja nopean nimeämisen taidoilla yhteyttä laskutaidon sujuvuuden intervention vasteeseen?.....	36
4.2	Onko minäkäsityksellä ja matemaattisella kiinnostuksella yhteyttä laskutaidon sujuvuuden intervention vasteeseen?	37

5	POHDINTA.....	39
5.1	Tulosten tarkastelua	39
5.2	Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet	41
5.3	Pedagogiset sovellukset	43
5.4	Jatkotutkimushaasteita.....	44
6	LÄHTEET.....	47

1 JOHDANTO

Matemaattiset taidot ovat kompleksisesti, hierarkkisesti sekä vuorovaikutteisesti rakentuva taitorypäs. Juuri tämän kompleksisuuden vuoksi matemaattisten oppimisvaikeuksien tarkka määrittelyminen ja diagnosoiminen ovat hankalaa (Landler ym. 2004.) Matemaattisilla oppimisvaikeuksilla tarkoitetaan yleisesti haasteita oppia ja hallita peruslaskutaitoja eli aritmeettisiä perustaitoja (yhteen-, vähennys-, kerto- ja jakolaskuja) sekä lukujärjestelmää koskevaa tietoutta (esim. lukujen paikka-arvo, 10-järjestelmä), ja nämä haasteet heijastuvat myös myöhempään matematiikan oppimiseen (Räsänen 2012). Noin 5-7 % ikäluokasta on laskutaidon oppiminen peruskoulun opetussuunnitelman mukaisesti hyvin haastavaa, ja heistä noin puolella oppimisen vaikeudet rajautuvat puhtaasti matematiikkaan (Räsänen 2012). Heikko laskutaito selittää voimakkaasti työttömäksi joutumisen riskiä (Fuchs ym. 2010; Räsänen 2012). Sujuvaa peruslaskutaitoa voidaankin pitää arjen ja yhteiskuntaan osallistumisen kannalta lähes välttämättömänä työkaluna (Koponen 2012; Butterworth 2005).

Matematiikan oppimisen haasteita on tutkittu verrattain vähän suhteessa muiden oppimisen haasteiden osa-alueisiin, erityisesti kielen oppimiseen (Dowker & Sigley 2010; Räsänen 2012). Vaikka on osoitettu, että lukemisen ja laskemisen oppimisvaikeudet ovat yhtä yleisiä, jokaista matemaattisia oppimisvaikeuksia käsittelevää tutkimusta kohden ilmestyy noin kaksi kirjoittamisen ja parisenkymmentä lukemisen oppimisvaikeuksia käsittelevää tutkimusta (Räsänen & Koponen 2010). Lisäksi perinteisesti tutkimukset ovat enimmäkseen keskittyneet lasten matemaattisten ongelmien ratkaisujen tutkimiseen, eivätkä niiden taustalla oleviin kognitiivisiin prosesseihin (Geary, Hoard, Byrd-Craven & DeSoto 2004). Viimeisen kymmenen vuoden aikana myös näiden taustatekijöiden tutkimus on lisääntynyt (mm. Dowker & Sigley 2010; Zhang ym. 2014; Koponen, Salmi, Eklund & Aro 2013; Geary, Hoard & Bailey 2012; Kikas, Peets, Palu & Afanasjeva 2009; Swanson & Kim 2007), mutta tutkimuksista huolimatta on myös paljon selvittämättömiä tekijöitä ja ristiriitaista tutkimusta matematiikan oppimisen sekä matematiikassa heikosti suoriutuvien lasten oppimisen

taustoista (Chu, vanMarle & Geary 2015; Geary ym. 2012; Koponen, Aunola, Ahonen & Nurmi 2007). Lasten kokonaisvaltaisesta matemaattisten taitojen kehittymisestä ja kehityksen yksilöllisistä eroista verrattuna lukemiseen ja muihin kognitiivisiin kykyihin tiedetään vielä varsin vähän (Taipale 2010; Durand, Hulme, Larking & Snowling 2005).

Matematiikassa opittujen taitojen päälle rakennetaan uusia taitoja (Aunola, Leskinen, Lerkkanen & Nurmi 2004; Fuchs ym. 2010; Räsänen 2012), ja varhaisten matemaattisten taitojen on havaittu ennustavan vahvasti, kuinka hyvin matematiikkaa opitaan myöhemmin koulussa (Aunio 2008; Aunola ym. 2004; Duncan ym. 2007; Kikas ym. 2009). Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että aritmeettisten taitojen käytössä ja oppimisessa on paljon yksilöllistä vaihtelua (Vanbinst, Ceulemans, Ghesquière & De Smedt 2015; Rusanen & Räsänen 2012,) ja että oppimisvaikeudet näyttäytyvät koulussa hyvin monitaustaisina (Räsänen & Ahonen 2004). Erot taitavien ja heikkojen laskijoiden välillä näyttäisivät olevan melko pysyviä jo koulun alkaessa ja vuosien varrella vain kasvavan (Aunola ym. 2004; Kikas ym. 2009; Räsänen 2012).

Erot matemaattisissa taidoissa näkyvät erityisesti lasten käyttämissä laskestrategioissa ja laskutaidon sujuvuudessa (Koponen 2012; Rusanen & Räsänen 2012). Laskutaidon sujuvuudella tarkoitetaan aritmeettisten perustaitojen käytön helppoutta ja tarkkuutta (Locuniak & Jordan 2008). Laskutaidon sujuvuus perustuukin aritmeettisten perustaitojen automatisoitumiselle (Ahonen, Lamminmäki, Närhi & Räsänen 2008) ja sen myötä laskutaitojen kehittymiselle aikaa säästäviksi ja tehokkaiksi strategioiksi (Vanbinst, Ceulemans, Ghesquière & De Smedt 2015). Laskutaidon sujumattomuus on tyypillistä lapsilla, joilla on matematiikan oppimisen vaikeuksia (Locuniak & Jordan 2008; Rusanen & Räsänen 2012). Tutkimusten mukaan tyypillisin matemaattisten oppimisvaikeuksien piirre on vaikeus oppia ja muistaa aritmeettisiä yhdistelmiä (Koponen 2012; Landerl, Bevan & Butterworth 2004; Fuchs ym. 2010), ja tämä piirre vaikuttaisi olevan varsin pysyvä, minkä vuoksi oppilaat, joilla on matemaattisia oppimisvaikeuksia, tarvitsevat tukitoimia laskutaidon sujuvoitumiseksi (Koponen 2012).

Interventioilla on havaittu olevan positiivista vaikutusta eri-ikäisten lasten matemaattisten taitojen kehittymiseen. Erityisesti intervention kohdentaminen yksilöllisesti oppilaiden tarpeiden mukaan tukee oppilaan matemaattisten taitojen kehittymistä. (Dowker & Sigley 2010). Ymmärtämällä millaisilla tekijöillä on yhteyttä oppilaiden laskutaidon kehittymiseen, voidaan kehittää kohdennettuja interventioita tukemaan oppilaiden matemaattisten taitojen kehitystä mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Laskutaidon sujuvuuden taustalla on monia emotionaalisia ja kognitiivisia tekijöitä, joiden vaikutuksesta laskutaidon sujuvuuteen on vain vähän tutkimusta (Geary ym. 2012; Hakkarainen, Haring, Holopainen, Lappalainen & Mäkihonko 2014; Kikas ym. 2009). Lisäksi aiempaa interventiotutkimusta aiheesta on vielä niukasti, vaikka kiinnostus interventiotutkimukselle on kasvussa (Dowker & Sigley 2010). Tässä tutkimuksessa selvitetäänkin emotionaalisten ja kognitiivisten tekijöiden yhteyttä laskemisen sujuvuuden kehittymiseen heikoilla laskijoilla interventiojakson aikana. Emotionaalisista tekijöistä tarkastelussa ovat matemaattinen kiinnostus ja minäkäsitys, kognitiivisista tekijöistä puolestaan tarkastelussa ovat lukujonotaitojen, työmuistin, fonologisen tietoisuuden sekä nopean nimeämisen taitojen yhteys intervention vasteeseen. Tutkimus perustuu Jyväskylän Yliopiston ja Niilo Mäki Instituutin Minäpystyvyys ja oppimisinterventiot -tutkimushankkeen aineistoon, joka on kerätty Keski- ja Itä-Suomen kouluissa 2.-5. -luokkalaisilta oppilailta vuosina 2013-2014.

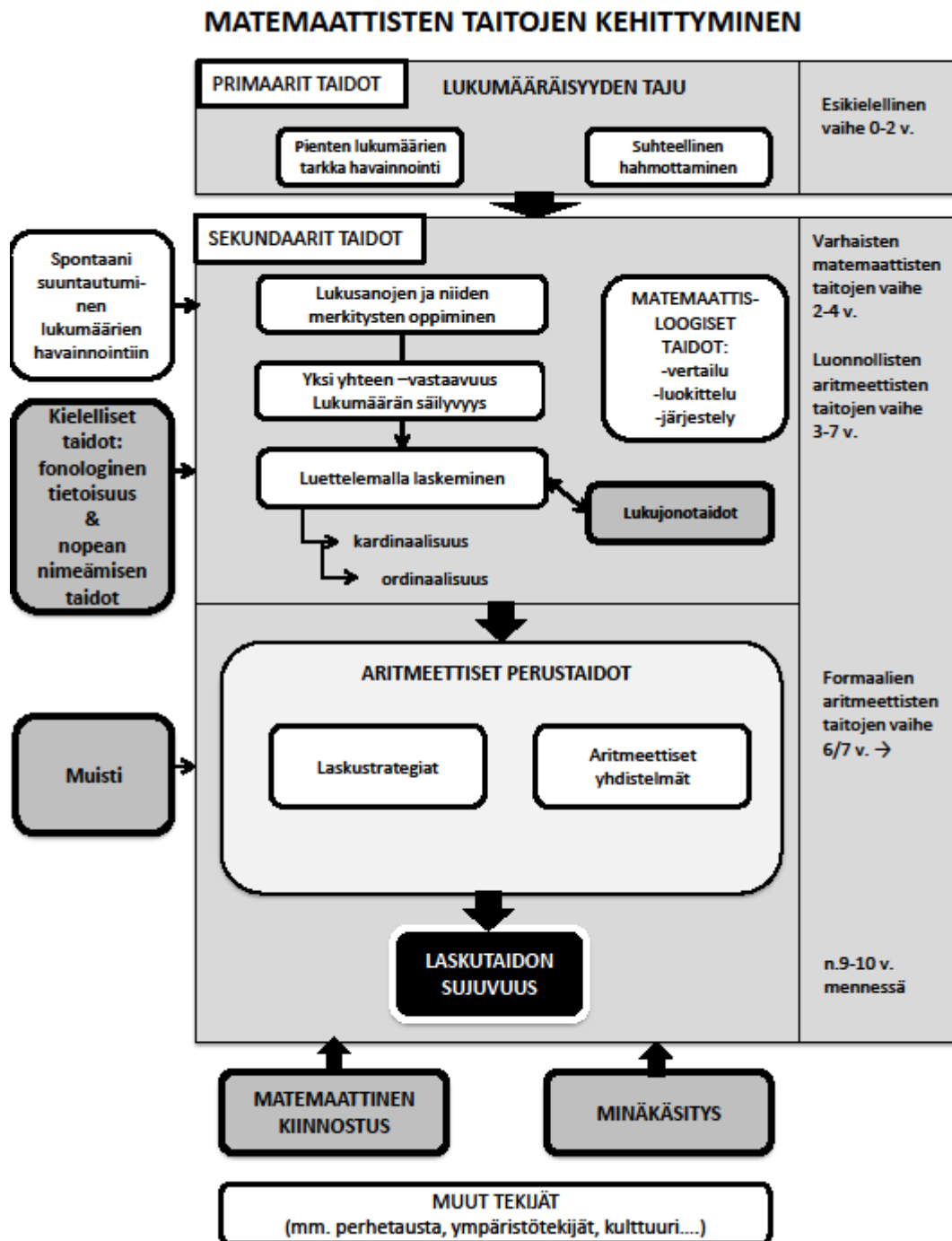
1.1 Matemaattisten taitojen kehittyminen ja tukeminen

Matemaattisten taitojen kehittymisen kuvaamisesta haastavaa tekee niiden kompleksisuus: yksittäisetkin osa-alueet, kuten lukujonotaidot tai aritmeettiset peruslaskutoimitukset, sisältävät monia osataitoja ja niihin vaikuttavia tekijöitä (Landerl ym. 2004). Matemaattisten oppimisvaikeuksien taustojen määrittelyssä on olemassa kaksi koulukuntaa, joilla molemmilla on empiiristä tutkimusnäyttöä taustallaan (Mazzocco, Feigenson & Halberda 2011). Toisen näkemyksen

mukaan haasteita matemaattisten taitojen kehittämisessä selittää heikko lukumääräisyyden taju, joka on ihmisillä ja monilla eläimillä synnynnäinen lukumäärien erottelun taito (mm. Landerl ym. 2004). Toisen koulukunnan mukaan matemaattisten taitojen taustalla on lukumääräisyyden tajun lisäksi lukuisia kognitiivisia prosesseja, jotka vaikuttavat matemaattisten taitojen kehittymiseen (mm. Geary ym. 2004; Murphy, Mazzocco, Hanich, & Early 2007; Swanson & Kim 2007). Esimerkiksi Locuniakin ja Jordanin (2008) tutkimuksessa lukumääräisyyden taju ennen kouluikää ennusti laskemisen sujuvuuden tasoa 2. luokalla, mutta lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin kognitiivisia taitoja, joista muisti, kielelliset taidot sekä avaruudellinen hahmottaminen vaikuttivat laskemisen sujuvuuden kehittymiseen.

Tässä tutkimuksessa lähtökohtana on jälkimmäinen katsomus, ja kiinnostuksen kohteena ovat nimenomaan matemaattisten taitojen kehitykseen vaikuttavat kognitiiviset tekijät. Tässä tutkimuksessa pyritään kuvaamaan matemaattisten taitojen kehitystä ja niiden haasteita monipuolisena ilmiönä. Taitojen nähdään koostuvan erilaisista osataidoista, jotka kehittyvät sekä kumuloituvasti että jatkuvassa vuorovaikutuksessa keskenään: tietyt taidot ovat edellytyksinä uusien taitojen oppimiselle, mutta uudet taidot myös kehittävät jo opittuja osataitoja jatkuvassa vuorovaikutuksessa (Aunola ym. 2004; Fuchs ym. 2010; Räsänen 2012).

Kuviossa 1 on koostettuna kirjallisuuden pohjalta (mm. Aunio 2009; Aunio 2008; Aunio ym. 2004; Geary 2000; 2013; Ahonen 1995; Hannula & Lepola 2006; Kaufmann 2008; De Smedt ym. 2009; Kyttälä 2010; Lepola, Niemi, Kuikka & Hannula 2005; Hakkarainen ym. 2014; Linnanmäki 2004) matemaattisten taitojen kehittämisestä malli, jossa kuvataan tässä tutkimuksessa keskeisten matemaattisten taitojen ja niihin yhteydessä olevien tekijöiden kehittymistä ja suhdetta toisiinsa. Tämän tutkimuksen kannalta keskeisimpinä käsitteinä ovat laskutaidon sujuvuus ja siihen yhteydessä olevat emotionaaliset ja kognitiiviset tekijät: matemaattinen kiinnostus, minäkäsitys, lukujonotaidot, työmuisti, fonologinen tietoisuus ja nopean nimeämisen taidot.



Kuio 1: Matemaattisten taitojen kehittymisen malli

Matemaattisten taitojen varhaiskehitys

Lukuisat tutkimukset tukevat oletusta, että ihmisellä on olemassa luontaisia taipumuksia matemaattisiin taitoihin (Geary 2000; Aunio, Hannula & Räsänen

2004; Kaufmann 2008; Aunola, Leskinen Lerkkanen & Nurmi 2004; Räsänen 2012; Butterworth 2005; Xu, Spelke & Goddard 2005; Krajewski & Schneider 2009). Osa taidoista kuitenkin syntyvät vasta vuorovaikutuksessa ympäristön ja kulttuurin kanssa sekä opetuksen tuloksena (Aunio ym. 2004). Tähän perustuu myös matemaattisten taitojen jako primaareihin eli synnynnäisiin ja sekundaareihin eli kulttuurisidonnaisiin taitoihin (Geary 2000; Aunio ym. 2004). Primaaritaidot luovat pohjan sekundaarien taitojen oppimiselle (Geary 2000), ja näin ollen vallalla on käsitys, että matemaattisten taitojen kehittyminen on sekä biologisten valmiuksien että kulttuurin ja opetuksen yhteistuotos (Aunio ym. 2004).

Jo puolivuotiaiden vauvojen on havaittu erottavan toisistaan lukumääriä, kun erot määrien välillä olivat riittävän suuria (Aunio ym. 2004; Kaufmann 2008; Xu, Spelke & Goddard 2005). Lisäksi alle vuoden vanhoilla vauvoilla on havaittu ymmärrystä pienten lukumäärien (alle viisi) tarkasta havainnoinnista (Aunio ym. 2004; Kaufmann 2008). Lasten luontaista kykyä hahmottaa lukumääriä ilman kieleen perustuvaa laskemista kutsutaan lukumääräisyyden tajuksi, ja se luo pohjaa myöhemmille matemaattisten taitojen kehittymiselle (Aunio 2008; Butterworth 2005; Izard & Dehaene 2008).

Lapset alkavat kasvaessaan ja kehittyessään yhä enemmän jäsentämään maailmaa puheen ja ajattelun kautta. Kielelliset taidot näyttäisivät olevan keskeisessä roolissa varhaisen laskutaidon kehittämisessä (Aunio ym. 2004; Donlan, Cowan, Newton & Llyod 2007). Matemaattisten ja kielellisten oppimisvaikeuksien kohdalla onkin havaittu komorbiditeettia; oppilaat, joilla on kielen kehityksen vaikeuksia kohtaavat myös vaikeuksia laskutaidon sujuvuuden kanssa (Donlan ym. 2007). Näin ollen voidaan olettaa, että kielelliset prosessit ovat yhteydessä matemaattisten taitojen kehitykseen (Donlan ym. 2007; Zhang ym. 2015), mutta miten ja missä määrin on edelleen epäselvää ja kiisteltyä (Donlan ym. 2007).

Lapsen kielen kehityksen myötä kehittyy lapselle lukumääräisyyden tajun pohjalta matemaattinen sanavarasto (Aunio ym. 2004; Räsänen 2012; Krajewski & Schneider 2009). Lapsi oppii ensimmäiset lukusanat jo noin kahden vuoden

ikäisenä, vaikka aluksi niiden toistaminen on lorunkaltaista osallistumista yhteisön toimintaan (Krajewski & Schneider 2009; Aunio ym. 2004), ja niiden merkityksen ymmärtäminen kestää vielä vuosia (Räsänen 2012). Lukukäsitteen ymmärtäminen vaatiikin lapselta lukusanan merkityksen ja lukujonon järjestyksen oppimisen, mutta aluksi nämä ovat vielä erillisiä käsitteitä lapsen mielessä. Lisäksi lapsi oppii pikkuhiljaa matemaattisloogisen ajattelun perusteita, esimerkiksi vertailuun liittyviä suhdekäsitteitä, kuten enemmän ja vähemmän. (Aunio 2006; Krajewski & Schneider 2009; Räsänen 2012.) Muita matemaattisloogisia periaatteita laskutaidon takana ovat sarjoittaminen, luokittelu ja yksi yhteen -suhteen ymmärtäminen (Aunio 2008).

Yksilölliset erot varhaisessa kehityksessä ovat merkittäviä (Räsänen 2012). Eroja on selitetty mm. eroilla lasten spontaanissa suuntautumisessa lukumäärien havainnointiin (Hannula & Lehtinen 2005). Lasten taipumus kiinnittää spontaanisti huomiota lukumääriin näyttää Hannulan ja Lehtisen tutkimuksen (2005) mukaan olevan pysyvä ominaisuus, joka ennustaa myöhempää matemaattisten taitojen kehittymistä.

Varhaisista taidoista tarkan määrän laskemisen taitoihin

Tarkan lukumäärän hahmottamisessa Izardin (2008) tutkimusryhmän mukaan ratkaisevaa on lapsen oivallus luettelemisperiaatteesta. Tämä kehitysvaihe ajoittuu usein kolmen ja neljän ikävuoden välille. (Räsänen & Koponen 2010.) Luettelemalla laskeminen vaatii lapselta monia taitoja: lapsen tulee osata luetella numerosanat oikeassa järjestyksessä, yhdistää ne laskettaviin objekteihin ja oivaltaa, että jokainen objekti tulee laskea vain yhden kerran (Butterworth 2005; Aunio 2008). Lapsi oppii ymmärtämään, että tarkan lukumäärän voi selvittää luettelemalla lukuja, kunnes viimeinen luku kertoo kokonaislukumäärän. Luettelemisperiaatteen hahmottaminen tarjoaa lapselle paitsi havaintoarviota tarkemman tiedon lukumäärästä, myös äärettömään lukumäärään asti sovellettavissa olevan käsitteellisen järjestelmän. (Räsänen & Koponen 2010). Lukujonotaidoilla tarkoitetaan kykyä luetella lukujonoa eteen- ja taaksepäin, edetä lukujonolla hyppäyksittäin (esimerkiksi joka toinen luku), sekä kykyä aloittaa luette-

leminen annetusta luvusta (Aunio 2008). Luettelutaidot kehittyvät vuosien ajan (Räsänen & Koponen 2010). Siitä, miksi taitojen kehitys jää osalla lapsista heikoksi, ei ole vielä riittävästi tutkimustietoa (Aunio ym, 2009).

Lukujonotaitojen hyvä hallinta on kuitenkin tärkeää laskutaidon kehittymisen kannalta, sillä luettelemalla laskeminen on tyypillisin laskemisen strategia laskutaidon kehityksen alkuvaiheessa (Butterworth 2005). Aritmeettisillä taidoilla tarkoitetaan peruslaskutoimituksia, eli yhteen-, vähennys-, kerto- ja jakolaskun taitoja (Butterworth 2005; Koponen, Mononen, Kumpulainen & Puura 2012). Aritmeettisistä operaatioista lapsi oppii usein ensimmäisenä yhteenlaskun (Koponen ym. 2012). Yksinumeroisten lukujen aritmeettisten laskutoimitusten eli aritmeettisten yhdistelmien hallinta muodostaa tärkeän pohjan monimutkaisempien laskutaitojen ja -strategioiden kehittymiselle (Fuchs ym. 2010; Koponen ym. 2012; Vanbinst ym. 2015), ja automatisoitunut laskutaito lukualueella 1-20 on suuremmilla luvuilla operoimisen edellytys (Koponen ym. 2012). Aritmeettiset taidot kehittyvätkin lasten laskustrategioiden kehittyessä kohti sujuvampia laskutekniikoita (Koponen ym. 2012).

Laskutaidon strategiat ja laskutaidon sujuvuus

Rusanen ja Räsänen (2012) erottelevat laskutavat ja -strategiat kahdeksi ulottuvuudeksi. Laskutapojen kehitymisellä tarkoitetaan lapsen etenemistä konkreettisten apuvälineiden, kuten sormien ja muiden ulkoisten muistitukien, käytöstä kohti abstraktimpia laskutapoja, kuten mielessä tapahtuvaa luettelemista ja muistiin palauttamista. Laskustrategialla puolestaan tarkoitetaan sitä, miten lasku suoritetaan - esimerkiksi luettelemiseen perustuvien laskutapojen sisällä lapsi valitsee strategian päästäkseen oikeaan lopputulokseen. (Rusanen & Räsänen 2012.) Laskemisjärjestelmän varhaisvaiheessa lapsi tarvitsee ulkoisia toiminnallisia tukia selviytyäkseen havaintokyvyn rajat ylittävien lukumäärien operoinnista. Tyypillisimmin lapset hyödyntävät laskemisen tukena omia sormiaan. (Aunio, Hannula & Räsänen 2004; Koponen ym. 2012.)

Luettelemiseen perustuvien laskutapojen sisällä voidaan erottaa kolme eri strategista vaihetta: kaikkien lukujen laskeminen, ensimmäisestä luvusta aloit-

taminen, sekä suuremmasta luvusta aloittaminen (Butterworth 2005; ks. myös Fuchs ym. 2010; Rusanen & Räsänen 2012; Koponen ym. 2012). Esimerkiksi ratkaistessaan laskua $3+5$ kaikkien lukujen laskemisen strategiaa käyttävä lapsi luettelee luvut yhdestä alkaen, usein sormiaan apuna käyttäen (1,2,...8). Ensimmäisestä luvusta aloittamisen strategiassa lapsi aloittaa luettelemisen luvusta kolme eteenpäin (4,5,6,7,8). Suuremmasta luvusta aloittamisen strategiassa lapsi on oivaltanut, että luettelemisen voi aloittaa myös luvusta 5 (6,7,8), jolloin ratkaisun löytäminen on nopeampaa. Luettelemiseen perustuvien laskutapojen sujuvoituessa lapsi oppii myös erilaisiin hajotelmiin perustuvia laskustrategioita, esimerkiksi ratkaisemaan laskun $5+8$ hajottamalla sen osiin $(5+5=10)+3=13$ (Fuchs ym. 2010) tai hyödyntämään tuntemiaan yhdistelmiä, joista johtaa vastauksen, esimerkiksi $4+4=8$, joten $4+5=9$ (Koponen ym. 2012).

Vaikka lapsen laskusuorituksen kehittyminen ei ole lineaarista vaan useita laskutapoja ja -strategioita käytetään rinnakkain ja vaihdellen (Rusanen & Räsänen 2012), yleisesti lasten kasvaessa kehittyvät laskutavat ja -strategiat tehokkaammiksi ja aikaa säästävämmiksi, jolloin aritmeettisiä tietoja palautetaan mieleen suoraan ja nopeasti (Vanbinst ym. 2015). Sujuvin laskutapa on vastauksen muistaminen, jolloin voidaan puhua automatisoitumisesta. Myös silloin, kun laskusuoritus ei edellytä tarkkaavaisuuden keskittämistä tehtävään, voidaan puhua automatisoituneesta taidosta. (Rusanen & Räsänen 2012.)

Laskutaidon sujuvuudella tarkoitetaan aritmeettisten perustaitojen käytön helppoutta ja tarkkuutta (Locuniak & Jordan 2008). Aritmeettisten perustaitojen automatisoituminen on keskeisessä roolissa sujuvan laskutaidon kehitymiselle (Ahonen, Lamminmäki, Närhi & Räsänen 2008), ja mitä paremmin oppilas hallitsee laskemisen peruskäsitteet ja -taidot, sitä enemmän vapautuu kapasiteettia myös monimutkaisemmille laskuprosesseille ja ongelmanratkaisulle (Aunola, Leskinen, Lerkkanen & Nurmi 2004). Laskutaidon sujuvuus on näin ollen tärkeä työkalu haastavampien matemaattisten ongelmien ratkaisussa (Locuniak & Jordan 2008).

Laskutaidon sujuvuus kehittyy vähitellen, kun lapsi siirtyy luettelemalla laskemisen strategioista kohti muistista palauttamisen strategioita (Koponen

ym. 2013). Sujuvuutta luonnehtii myös erilaisten laskustrategioiden yhdisteleminen ja soveltaminen tehtäväkohtaisesti (Fuchs ym. 2010). Yleensä lapset oppivat käyttämään muistista palauttamista pääasiallisena strategianaan noin 9-10 ikävuoteen mennessä, jolloin voidaan puhua sujuvasta laskutaidosta. Tällöin lapsi pystyy hakemaan muististaan vastauksen noin 2-3 sekunnissa suurimpaan osaan yhteenlaskuista lukualueella 1-20 (Koponen ym. 2012) ja siksi tässä tutkimuksessa laskutaidon sujuvuus on operationalisoitu oppilaiden yksinumeroisten lukujen yhteenlaskujen ratkaisemisen tarkkuudeksi ja nopeudeksi.

Ongelmat laskutaidon sujuvuudessa ovatkin tyypillisiä lapsilla, joilla on matematiikan oppimisen vaikeuksia (Locuniak & Jordan 2008; Rusanen & Räsänen 2012). Tutkimusten mukaan tyypillisin matemaattisten oppimisvaikeuksien piirre onkin vaikeus oppia ja muistaa aritmeettisiä yhdistelmiä (Koponen 2012; Landerl, Bevan & Butterworth 2004; Fuchs 2010). Toisin sanoen oppilas ei vuosien harjoittelunkaan jälkeen opi muistamaan tuttuja aritmeettisiä yhdistelmiä, kuten $4+3$, vaan joutuu jatkuvasti tukeutumaan luettelemalla laskemiseen (Koponen 2012). Näin ollen taidoltaan heikompien laskijoiden laskustrategioiden kehittyminen on verrokkiryhmäänsä vähäisempää, hitaampaa tai jopa hyvin poikkeavaa, ja heikoimpien laskijoiden laskustrategiat myös monesti jäävät vasta taitoa opettelevien lasten strategioiden tasolle (Dowker 2009; Rusanen & Räsänen 2012).

Laskemisen sujuvuuden interventiot

Kuten aiemmin mainittu, laskutaidon sujumattomuuden taustalla on usein vaikeus oppia ja muistaa aritmeettisiä yhdistelmiä (Koponen 2012; Landerl, Bevan & Butterworth 2004; Fuchs ym. 2010), ja tämä piirre vaikuttaisi olevan varsin pysyvä (Koponen 2012). Näin ollen tukitoimet laskutaidon sujuvoitumiseksi ovat tarpeen. Koska aritmeettiset perustaidot muodostavat perustan myöhemmälle matematiikan oppimiselle, ovat niihin kohdistuvat interventiot olennaisia laskutaidon sujuvoitumisen kannalta (Dowker 2009; Fuchs ym 2010). Dowkerin ja Sigleyn (2010) tutkimus tukee vahvasti oletusta, että laskutaidoiltaan heikot lapset hyötyvät matemaattisiin taitoihin kohdistuvista interventioista.

Aritmeettisten perustaitojen tukemisessa tai kuntoutuksessa voidaan erottaa kolme lähestymistapaa: drillaus, strategioiden harjoittaminen ja käsitteellisen tiedon ymmärtäminen. Drillausharjoittelu tähtää faktatiedon kertymiseen useiden toistojen ja välittömän palautteen avulla. Samalla harjoitetaan laskutaidon nopeutta ja sujuvuutta. Laskustrategioiden harjoittelun tarkoituksena puolestaan on auttaa lasta ratkaisemaan tehtäviä erilaisten sääntöjen avulla, kuten ”aloita suuremmasta luvusta”. Käsitteellisen tiedon ymmärtämisen lähestymistavassa puolestaan lasta pyydetään jatkuvasti kielellistämään ajatteluaan ja perustelemaan vastauksiaan, jotta lapsi pystyisi valitsemaan, mitä strategioita hyödyntää milloinkin. (Koponen ym. 2012; Fuchs 2010)

Tutkimukset tukevat kokonaisvaltaista lähestymistapaa aritmeettisten yhdistelmien tukemiseen (Koponen ym. 2012; Fuchs 2010). Tässä tutkimuksessa interventiojakson harjoittelu perustui kokonaisvaltaiseen näkemykseen aritmeettisten taitojen tukemisesta: käytetty Selkis!-harjoitusohjelma sisälsi kaikkien kolmen lähestymistavan elementtejä. Tämän tutkimuksen laskemisen sujuvuuden interventoryhmissä oppilaat saivat 12 viikon ajan yhteenlaskustrategioiden kehittymiseen kohdistuvaa lisäharjoittelua kaksi 45 minuutin oppituntia ja kaksi 15 minuutin harjoittelutuokiota viikossa. Intervention tavoitteena oli siirtyä hitaasta luettelemalla laskemisesta päättelyä ja ymmärrystä hyödyntäviin laskutapoihin.

1.2 Laskutaitoon yhteydessä olevia kognitiivisia tekijöitä

Nykytutkimus tukee käsitystä, että matemaattiset taidot koostuvat useasta eri komponenteista ja niiden kehitykseen vaikuttavat useat eri kognitiiviset tekijät, joskin edelleen on olemassa erilaisia näkemyksiä, missä määrin ja miten eri tekijät matemaattisiin taitoihin vaikuttavat. Erilaisten kognitiivisten tekijöiden välillä on havaittu korrelaatiota, mutta heikkoutta yksittäisissä komponenteissa on havaittu ilmenevän myös muista riippumattomina. (Dowker & Sigley 2010). Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kognitiivisista tekijöistä lukujonotaitojen,

työmuistin, fonologisen tietoisuuden sekä nopean nimeämisen taitojen yhteyttä laskutaidon sujuvuuteen.

Lukujonotaidot

Luettelemalla laskeminen ja lukujonon sujuva hallinta luovat perustan matemaattisten ratkaisujen muistamiselle ja mieleen palauttamiselle. Oikeaan vastaukseen pääseminen toistuvasti ja riittävän nopeasti edesauttaa lukuyhdistelmien muodostumista muistiin mahdollistaen niiden hakemisen, eli vastausten muistamisen. Vähitellen oppilas siirtyy luettelemalla laskemisen strategioista tehokkaampiin muistista hakemisen strategioihin. (Koponen ym. 2013.) Myös Aunio, Hannula & Räsänen (2004) näkevät lukujonotaitojen kehityksen olevan yhteydessä laskustrategioiden kehitykseen. Lukujonotaidot ennustavatkin voimakkaasti laskutaitojen sujuvuutta, sillä ne mahdollistavat laskustrategioiden joustavaa käyttöä (Koponen 2013). Lukujonotaidot näyttävät ennustavan laskutaidon kehitystä myöhempinä kouluvuosina (Koponen ym. 2013; Aunola ym. 2004; Koponen ym. 2007; Krajewski & Schneider 2009.)

Matematiikan oppimisvaikeuksia omaavilla lapsilla on havaittu haasteita lukujonotaidoissa. Ongelmat lukujonotaitojen automatisoitumisessa vähentävät haastavampiin matemaattisiin ongelmanratkaisuprosesseihin käytössä olevaa kapasiteettia. (Aunola, Leskinen Lerkkanen & Nurmi 2004.) Hannulan & Lepolan (2006) tutkimuksessa alle kouluikäisten ja vielä 1. luokkalaisten lasten lukujonotaitojen havaittiin olevan voimakkaimmin yhteydessä 2. luokan aritmeettisiin perustaitoihin. Myös Aunolan, Leskisen, Lerkkasen ja Nurmen (2004) mukaan lasten lukujonotaidot esiopetuksen alussa sekä selittivät lasten lähtötasoa matemaattisissa taidoissa että ennustivat voimakkaimmin taitojen kehittymistä alkuopetuksen aikana. Samansuuntaisia tuloksia saivat Passolunghi, Vercelloni & Schadee (2007) tutkimuksessaan, jonka mukaan lukujonotaidot ja työmuisti ennustivat voimakkaasti ensimmäisen luokan aikana tapahtuvaa matemaattisten taitojen oppimista. Myös Koposen, Salmen, Eklundin ja Aron (2013) tutkimuksessa lukujonotaidot näyttäytyivät voimakkaana laskemisen sujuvuutta ennustavana tekijänä. Huomattavaa tutkimuksessa oli, että lukujonotaitoja oli

mitattu 2-3 vuotta ennen laskemisen sujuvuuden mittaamista. Tutkimuksessa ilmeni myös voimakas yhteys lukujonotaitojen ja nopean nimeämisen taitojen välille.

Työmuisti

Työmuistilla tarkoitetaan erilaisia kognitiivisia toimintoja, jotka ovat keskeisiä lyhytkestoisessa tiedonkäsittelyssä ja -varastoinnissa. Vaikka työmuisti ei itsessään ratkaise matemaattisia ongelmia, se on matemaattisen suoriutumisen kannalta välttämätön. Näin ollen työmuistin vaikeudet heijastuvat myös matematiikan oppimiseen. (Kyttälä 2010.) Yksi mahdollinen tapa selittää työmuistin merkitystä laskutaidon sujuvuudelle on tarkastella työmuistia laskustrategioiden kautta: mikäli työmuistitaidot ovat heikot, muistiin perustuvien sujuvien laskustrategioiden käyttö hankaloituu. Työmuisti vaikuttaa sekä aritmeettisten yhdistelmien ulkooppimiseen, että uudelleen mieleenpalauttamiseen. (Dowker 2009.) Aiempi tutkimustieto osoittaaakin, kuinka työmuisti on yksi merkittävä aritmeettisten taitojen eroja selittävä tekijä (Vanbinst ym. 2015). Myös Passolunghin, Vercellonin & Schadeen (2007) tutkimuksessa matemaattisten taitojen oppimista ennustivat voimakkaimmin juuri työmuisti sekä lukujonotaidot.

Baddeleyn ja Hichin (1974) klassinen työmuistimalli jakaa työmuistin kolmeen alayksikköön: työmuistin keskusyksikköön, fonologiseen silmukkaan sekä visuospatiaaliseen työmuistiin. Keskusyksikkö toimii tarkkaavaisuuden ohjaajana, ja sen oletetaan koordinoivan tietojen hallintaa ja varastointia kahdessa muussa yksikössä. Fonologinen silmukka käsittelee kielellistä ja kuuloaisiin perustuvaa informaatiota, kun taas vastaavasti visuospatiaalinen työmuisti on erikoistunut visuaalisten aistiärsykkeiden tuottamaan tietoon. (Baddeley 2003.) Myöhemmin Baddley on ehdottanut neljännen alayksikön, episodisen puskurin, lisäämistä malliin, mutta tätä lisäystä tukevaa tutkimustietoa on vasta vähän (Passolunghi ym. 2007).

Erityisesti työmuistin keskusyksiköllä on tärkeä rooli lasten aritmeettisten taitojen kehittämisessä, sillä se auttaa lasta varastoimaan tietoa pitkäkestoiseen muistiin sekä hakemaan tietoinesta muistista aktiiviseen käyttöön. Geary ym.

(2004) näkevät, että haasteet työmuistin keskusyksikön toiminnassa näkyvät lapsilla tukeutumisenä pidempään sormilla laskemisen strategioihin sekä las-
kuvirheiden suurena määränä. (Vanbinst ym 2015.) Swansonin ja Kimin (2008)
tutkimuksessa erot työmuistin keskusyksikön toiminnassa selittivät yksilöllistä
vaihtelua sekä työmuistissa että matemaattisten taitojen tasossa. Myös Passolunghi,
Vercelloni & Schadee (2007) saivat samansuuntaisia tutkimustuloksia
työmuistin keskusyksikön ja matemaattisten taitojen välisestä yhteydestä.

Visuaalis-spatiaalista työmuistia käytetään avaruudellisen ja visuaalisen
informaation käsittelyyn ja taltiointiin, ja sillä erityinen rooli matemaattisten
taitojen oppimisessa ja hallinnassa. Matematiikka sisältää geometrian lisäksi
runsaasti visuaalista informaatiota, kuten symboleja. (Kyttälä 2010.) Visuaalis-
spatiaalista työmuistia tarvitaan myös luvun paikka-arvon ymmärtämiseen
(Booth & Thomas 1999) ja mielikuva lukujanasta onkin hyvin vahvasti visuaali-
nen (Zorzi ym. 2006). Visuaalis-spatiaalisella työmuistilla ja matemaattisella
ongelmanratkaisulla näyttäisikin olevan yhteyttä (Booth & Thomas 1999; Kyttälä
2010).

De Smedt tutkimusryhmän (2009) mukaan työmuisti näyttäisi olevan yhteydessä matemaattiseen menestykseen ensimmäisellä ja toisella luokalla, ja
pitkittäistutkimuksessa se ennusti myös myöhempää matemaattisen osaamisen
tasoa. Heidän tutkimuksessaan kaikilla Baddeleyn työmuistimallin mukaisilla
komponenteilla oli yhteyttä matemaattiseen menestykseen. Mielenkiintoista oli,
että työmuistin keskusyksikkö selitti voimakkaasti oppilaiden matemaattisten
taitojen eroa ensimmäisellä luokalla, muttei enää toisella luokalla. Fonologinen
silmutta puolestaan ei ollut selittävä tekijä ensimmäisen luokan matemaattisen
menestyksen suhteen, mutta ennusti merkittävästi taitotasoa toisella luokalla ja
sen jälkeen. De Smedtin mukaan muutos todennäköisesti heijastaa oppilaiden
nojautumista yhä enemmän kielellisen ajatteluun ja tietoon laskutehtävien rat-
kaisussa. (De Smedt ym 2009.)

Tutkimuskirjallisuudessa työmuistin ja lukujonotaitojen välillä näyttäisi
olevan yhteyttä (mm. Passolunghi ym. 2007). Lisäksi työmuistilla ja nopean ni-
meämisen taidoilla (Swanson & Kim 2008) sekä työmuistin fonologisella silmu-

kalla ja fonologisella tietoisuudella on havaittu olevan yhteyttä toisiinsa, ja Wagnerin ym. (1997) mukaan ne ovatkin kaikki osana fonologista prosessointia.

Kielelliset taidot

Kielellisten taitojen merkitys matemaattisten taitojen oppimisessa on jossain määrin kiistelty aihe. Esimerkiksi Landerlin, Bevanin ja Butterworthin (2004) tutkimuksessa lapset, joilla oli matemaattisia oppimisvaikeuksia, menestyivät keskimääräisesti tai jopa keskiarvoa paremmin fonologista työmuistia ja erilaisia kielellisiä taitoja mittaavissa testeissä. Heidän mukaansa numeerinen prosessointi on itsenäinen, kielestä riippumaton alueensa aivoissa. (Landerl ym. 2004). Toisaalta lukuisat tutkijat näkevät kielellisten taitojen olevan keskeisessä roolissa laskutaidon kehittämisessä (Aunio ym. 2004; Donlan ym. 2007). Lukemisen ja laskemisen oppimisvaikeuksien melkoisen runsas komorbiditeetti itessään on yksi syy olettaa, että kielelliset prosessit ovat ainakin jossain määrin yhteydessä matemaattisten taitojen kehitykseen (Donlan ym. 2007; Zhang ym. 2015), mutta miten ja missä määrin on edelleen epäselvää ja kiisteltyä (Donlan ym. 2007).

Kielellisistä taidoista nimenomaan fonologisella prosessoinnilla näyttäisi olevan yhteyttä matemaattisten taitojen kehittämiselle (Simmons & Singleton 2008; De Smedt, Taylor, Archibald & Ansari 2010; Zhang ym. 2014). Fonologisella prosessoinnilla tarkoitetaan yksilön taitoja prosessoida suullisen tai kirjallisen kielen äänne- ja merkitysrakenteita, ja siihen katsotaan kuuluvan fonologinen tietoisuus, nopean nimeämisen taidot sekä työmuistin fonologinen silmukka (Wagner ym. 1997). Fuchsin ja työryhmän (2006) tutkimuksen mukaan luettelemalla laskettaessa käynnistyy fonologisia prosesseja, ja heidän tutkimuksessaan fonologisen prosessoinnin taidot ennakoivat aritmeettisten taitojen kehitystä alkuopetuksessa (Fuchs ym. 2006). Myös Simmons ja Singletonin (2008) tutkimuksessa heikkoudet niillä matematiikan osa-alueilla, jotka vaativat kielellistä prosessointia (kuten luettelemalla laskeminen, numeroiden nimien muistaminen ja mieleenpalauttaminen), olivat yhteydessä heikkouksiin fonologisessa prosessoinnissa. Fonologisen prosessoinnin osa-alueet korreloivat kes-

kenään, mutta niillä on havaittu myös itsenäisesti suoraa vaikutusta laskutaidon sujuvuuteen (Hecht, Torgesen, Wagner & Rashotte 2001). Tässä tutkimuksessa keskitytään tarkastelemaan fonologisen prosessoinnin alueista tarkemmin fonologisen tietoisuuden ja nopean nimeämisen taitojen yhteyttä laskemisen sujuvuuteen.

Fonologinen tietoisuus

Fonologisella tietoisuudella tarkoitetaan yksilön tietoisuutta puhutun kielen äännerakenteista, ja kykyä hajottaa ja yhdistää sanoja ja tavuja ja siten manipuloida niitä. Lapset osoittavat fonologista tietoisuutta alkaessaan hahmottaa kieltä yhä abstraktimpana järjestelmänä (Wagner ym. 1997; Passolunghi ym. 2007). Fonologisen tietoisuuden yhteydestä matematiikkaan on jo jonkin verran tutkimusta, mutta onko yhteys suora vai epäsuora muiden kognitiivisten taitojen kautta, on vielä epäselvää (Krajewski & Schneider 2009).

Koposen ym. (2007) tutkimuksessa havaittiin yhteyttä fonologisen tietoisuuden ja neljännen luokan aikana tapahtuneen laskutaidon kehityksen välillä. Myös Hecht työryhmineen (2001) havaitsi tutkimuksessaan yhteyttä fonologisen tietoisuuden sekä matemaattisten taitojen kehittymisen välillä, kun matemaattisten taitojen kehittymistä tarkasteltiin toiselta viidennelle luokalle. Myös Simmons ja Singletonin (2008) tutkimuksessa fonologisen tietoisuuden testit 5-vuotiaille lapsille ennakoivat sekä lukemisen että aritmetiikan taitoja vielä vuotta myöhemmin mitattuna.

Fonologinen tietoisuus on tiiviissä yhteydessä työmuistin fonologiseen silmukkaan, sillä sanojen ja tavujen hajottaminen ja yhdistäminen vaatii sanan osioiden muistissa säilyttämistä niillä operoinnin ajan (Hecht ym. 2001). Samankaltaisia prosesseja tarvitaan myös matemaattisia operaatioita selvittäessä: yksilön tulee pystyä pitämään mielessään myös kielellistä informaatiota valitessaan oikean strategian laskun ratkaisemiseksi (Fuchs ym. 2006). Kuitenkin De Smedtin, Taylorin, Archibaldin ja Ansarin (2010) tutkimuksessa yhteyttä fonologisen tietoisuuden ja aritmeettisten taitojen välillä havaittiin työmuistin fonologisen silmukan kontrolloinnin jälkeenkin, joten fonologisella tietoisuudella

voisi siis olla oma erillinen roolinsa laskutaidon sujuvuuden taustalla. Kyseisessä tutkimuksessa fonologinen tietoisuus oli yhteydessä spesifisti sellaisiin pieniä lukumääriä käsitteleviin aritmeettisiin tehtäviin, joissa todennäköinen ratkaisustrategia olisi muistista palauttaminen (De Smedt ym. 2010).

Nopean nimeämisen taidot (RAN) Nopean nimeämisen taidot, eli kyky nimetä tuttuja symboleja (kuten objekteja, värejä, numeroita tai kirjaimia) tarkasti ja nopeasti, ovat olleet perinteisesti kiinnostuksen kohteena lukemisen tarkkuutta tai sujuvuutta tutkittaessa (Koponen ym. 2013). Nopean nimeämisen taidoilla on kuitenkin havaittu yhteyttä myös laskemisen sujuvuuteen niin erityistä tukea tarvitsevilla oppilailla (Koponen ym. 2006) kuin valikoimattomalla otoksella oppilaita (Koponen ym. 2007; Swanson & Kim 2007).

Nopean nimeämisen taitojen ehdotetaan olevan yksi tärkeä tekijä sekä kielellisten että matemaattisten oppimisvaikeuksien taustalla, ja se voisi myös selittää niiden komorbiditeettia (Geary ym. 2000). Nopean nimeämisen taitojen ja laskemisen sujuvuuden välistä yhteyttä on selitetty fonologisen prosessoinnin avulla. Heikko fonologinen prosessointi vaikeuttaa lukusanojen ja matemaattisten faktojen oppimista, jolloin nopean nimeämisen pulmat voidaan ainakin osittain nähdä heikon fonologisen prosessoinnin tuloksena (Koponen ym. 2013). Kuitenkin nopean nimeämisen taidot voidaan nähdä myös itsenäisenä laskutaidon ennustajana. Koposen, Salmen, Eklundin ja Aron (2013) tutkimuksessa vaikka fonologinen tietoisuus selitti suurta osaa nopean nimeämisen taitoja, havaittiin vielä fonologisen tietoisuuden kontrolloinnin jälkeenkin nopean nimeämisen ja laskemisen sujuvuuden välillä yhteyttä, tosin epäsuorasti lukujonotaitojen kautta. Kyseisessä tutkimuksessa nopean nimeämisen taidot selittivät kolmanneksen lukujonotaitojen vaihtelusta. (Koponen ym. 2013.)

Swansonin ja Kimin tutkimuksen (2007) mukaan nopean nimeämisen taidoilla oli yhteyttä paitsi matemaattisiin taitoihin, myös työmuistiin. Tutkimuksen mukaan nopean nimeämisen taidot näyttäytyivät kuitenkin työmuistitaidoista erillisenä matemaattisiin taitoihin vaikuttavana tekijänä. Swansonin ja Kimin tutkimuksessa nopean nimeämisen taitoja oli mitattu sekä kirjainten että

numeroiden osalta, kuten tässä tutkimuksessa. Lisäksi laskutaidon kehityksen kannalta numerosymbolien hallinta on olennaista, ja nopean nimeämisen taitojen onkin nähty olevan yhteydessä numerosymbolien ja niihin liittyvien numerosanojen hallintaan ja nopeaan mieleen palauttamiseen (Koponen ym. 2013).

1.3 Laskutaitoon yhteydessä olevia emotionaalisia tekijöitä

Laskutaidon kehitystä ja sen haasteita ei kuitenkaan pystytä selittämään pelkästään kognitiivisilla tekijöillä. Matematiikan oppimiseen vaikuttavat oppilaan kognitiivisten valmiuksien lisäksi monet emotionaaliset tekijät, kuten oppilaan tunteet ja uskomukset omista taidoista sekä kiinnostus ja motivoituneisuus tehtävää kohtaan (Hakkarainen ym. 2014; Kikas ym. 2009). Nykykäsityksen mukaan emotionaalisten tekijöiden nähdään ennustavan matemaattisten taitojen tasoa sekä sinnikkyyttä taitojen harjoittelussa (Singh, Granville & Dika 2002). Akateemisen minäkäsityksen, matemaattisen kiinnostuksen ja akateemisen menestyksen on havaittu olevan yhteydessä toisiinsa (Marsh, Trautwein, Lüdtke, Köller & Baumert 2005). Tässä tutkimuksessa emotionaalisista tekijöistä käsitelläänkin nimenomaan kiinnostusta ja minäkäsitystä matematiikkaspesifistä näkökulmasta. Viitekehyksenä matemaattinen kiinnostuksen ja minäkäsityksen tarkastelulle tässä tutkimuksessa toimii Marshin (Marsh ym. 2005) self-concept-teoria ja mittari.

Matemaattinen kiinnostus

Tässä tutkimuksessa matemaattisen kiinnostuksen mittarina on käytetty Marshin Self-concept-mittariston kiinnostuksia käsittelevää Interests-osiota. Marsh (Marsh ym. 2005) kuvailee yksilöllistä kiinnostusta melko pysyväksi alttiudeksi osallistua johonkin toimintaan. Siihen liittyy vahva positiivinen mieltymys sekä sinnikkyys toiminnan suhteen. Marsh näkee akateemisen kiinnostuksen yhtenä valtavirrasta poikkeavana motivaatiotutkimuksen näkökulmana (Marsh ym. 2005). Tässä tutkimuksessa selvitetään nimenomaan matematiikan

opiskeluun liittyvää akateemista kiinnostusta, ja siitä käytetään termiä matemaattinen kiinnostus.

Monet tutkimukset tukevat ajatusta, että akateeminen kiinnostus on sekä seurausta hyvästä akateemisesta suoritustasosta, että selittävä tekijä akateemisista menestymistä tutkiessa (mm. Marsh ym. 2005; Köller, Baumert & Schnabel 2001). Köllerin, Baumertin & Schnabelin (2001) tutkimuksessa matemaattisella kiinnostuksella havaittiin yhteyttä oppilaiden akateemisiin valintoihin ja opiskelun itsesäätelyyn. Lisäksi tutkimuksessa matemaattinen kiinnostus 10. luokalla oli yhteydessä tasoryhmän valintaan ja sitä kautta myöhempään akateemiseen menestykseen 12. luokalla. (Köller ym. 2001.) Lisäksi Marshin, Trautwein, Lüdtken, Köllerin & Baumertin (2005) tutkimuksessa oppilaan minäkäsityksellä oli vaikutusta matemaattiseen kiinnostukseen ja suoritustasoon.

Matemaattista kiinnostusta on tutkittu teini-ikäisillä oppilaille (mm. Köller ym. 2001; Marsh ym. 2005; Singh ym. 2002), mutta matemaattisen kiinnostuksen vaikutuksesta alakouluikäisten lasten aritmeettisten taitojen oppimiseen ja laskutaidon sujuvuuteen ei ole juurikaan tutkimusta. Kuitenkin läheisesti matemaattiseen kiinnostukseen liittyvästä motivaatiosta on suomalaista tutkimusta nimenomaan alakouluikäisten lasten kohdalla, mikä voisi tarjota suuntaantavaa tietoa matemaattisen kiinnostuksen vaikutuksesta aritmeettisten taitojen oppimiseen. Esimerkiksi Lepolan, Niemen, Kuikan & Hannulan (2005) tutkimuksessa motivaatiolla todettiin olevan merkittävä vaikutus aritmeettisten taitojen kehitykseen erityisesti toisella luokalla. Tutkimuksessa akateemista motivaatiota eriteltiin orientaatioiden avulla, jotka kuvaavat oppilaan päämääriä ja strategioita eri oppimistilanteissa. Tehtäväorientaatiossa päämääränä on itsenäinen tehtävän hallinta, jota motivoi esimerkiksi tehtävän haastavuus tai pyrkimys mielekkääseen ratkaisuun, kun taas puolestaan suoritusorientaatiossa ensisijaisena tavoitteena ei ole tehtävien hallinta, vaan tehtävästä suoriutuminen esimerkiksi toverien ja opettajan hyväksynnän vuoksi (Lepola & Poskiparta 2001). Lepolan, Niemen, Kuikan & Hannulan (2005) tutkimuksessa erityistä oli, että oppilaille, joilla oli oppimisen haasteita kielissä ja matematiikassa, tapahtui merkittävä siirtymä tehtäväorientoituneesta motivaatiosta suoritusorientaati-

oon ensimmäisen luokan lopussa. Tutkimuksessa havaittiin myös, että oppilaiden motivaatio esiopetuksessa ennusti myöhempää matemaattista osaamista: Mitä enemmän oppilaiden motivaatio perustui suoritusorientaatioon, sitä heikommin he menestyivät matematiikassa toisella luokalla alkuopetuksessa.

Minäkäsitys

Minäkäsityksellä tarkoitetaan vuorovaikutuksessa ympäristöön syntyvää yksilön kokonaisvaltaista käsitystä itsestään; omasta ulkonäöstään, taustastaan, kyvyistään, resursseistaan, asenteistaan sekä tunteistaan, ja se muodostaa henkilön persoonallisuuden ytimen (Linnanmäki 2004). Minäkäsitykseen vaikuttavat sekä ulkoiset, ympäristön ja sosiaalisten suhteiden tuomat käsitykset että henkilökohtaiset, sisäiset kokemukset omasta itsestä. Siinä missä minäpystyvyys vastaa yksilön kysymyksiin ”Osaanko? Pystynkö siihen?”, minäkäsitys käsittelee yksilön kokemusta ”Olenko hyvä siinä?”. (Skaalvik & Skaalvik 2009.)

Opetuksessa ja oppimisessa minäkäsityksellä on keskeinen rooli, ja myönteisellä minäkäsityksellä onkin yhteyttä akateemisiin saavutuksiin (Linnanmäki 2004; Skaalvik & Skaalvik 2006; Kikas ym. 2009). On kuitenkin vielä epäselvää, johtaako myönteinen minäkäsitys parempiin akateemisiin suorituksiin vai päinvastoin (Skaalvik & Skaalvik 2009). Oppilaan tehtäväsuuntautuneella motivaatiolla ja myönteisellä minäkäsityksellä on havaittu yhteyttä (Skaalvik & Skaalvik 2006)

Matematiikkasuorituksella ja minäkäsityksellä on havaittu selvä yhteys (Linnanmäki 2004). Åbo Akademin erityispedagogiikan laitoksen ”Minäkäsitys ja matematiikka” -tutkimusprojektissa minäkäsityksen ja matemaattisten saavutusten välinen yhteys näyttäisi voimistuvan kohti ylempiä luokkatasoja (Linnanmäki 2004). Haasteet matematiikan oppimisessa herättävät huolta, sillä se nähdään oppiaineena, jonka osaamista arvostetaan, ja joka liitetään usein älyllisiin taitoihin (Linnanmäki 2004).

2 TUTKIMUSONGELMAT

Vaikka aikaisempaa tutkimusta laskemisen sujuvuuteen ja laskemisen vaikeuteen vaikuttavaista kognitiivisista ja emotionaalisista tekijöistä on jo jonkin verran, niin hyvin niukasti on tietoa siitä, missä määrin nämä tekijät ovat yhteydessä laskemisen sujuvuuden kuntoutukseen. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää emotionaalisten ja kognitiivisten tekijöiden yhteyttä laskutaidon sujuvuuteen kohdistuvan intervention vasteeseen. Tutkimuksessa on huomioitu oppilaiden iän vaikutus laskemisen sujuvuuden kehittymiseen. Emotionaalisista tekijöistä tarkastelussa ovat minäkäsitys ja matemaattinen kiinnostus. Kognitiivisista tekijöistä tässä tutkimuksessa on tarkasteltu oppilaiden lukujonotaitoja, työmuistia, fonologista tietoisuutta sekä nopean nimeämisen taitoja. Tämän tutkimuksen tavoitteena onkin vastata seuraaviin kysymyksiin:

1. Onko minäkäsityksellä ja matemaattisella kiinnostuksella yhteyttä laskutaidon sujuvuuden intervention vasteeseen?
2. Onko lukujonotaidoilla, työmuistilla, fonologisella tietoisuudella ja nopean nimeämisen taidoilla yhteyttä laskutaidon sujuvuuden intervention vasteeseen?

3 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

3.1 Tutkimuksen konteksti

Tutkimus perustuu Jyväskylän yliopiston ja Niilo Mäki Instituutin yhteiseen Minäpystyvyys ja oppimisvaikeusinterventiot -hankkeen aineistoon. Minäpystyvyys ja oppimisvaikeusinterventiot on syksyllä 2013 käynnistynyt Suomen Akatemian rahoittama tutkimushanke, jonka päätavoite on tutkia minäpysty-

vyyteen kohdentuvien interventioiden vaikutusta lukemisen ja laskemisen sujuvuuteen. Tutkimuksessa verrataan minäpystyvyyteen kohdentuvan lisätuen vaikutusta pelkästään taidon harjoittelua sisältäviin interventioihin. Lisäksi tutkimuksessa kartoitetaan muita intervention vasteeseen vaikuttavia tekijöitä, sekä laskemisen ja lukemisen sujuvuuden yhtenäisyyksiä ja eroja.

Hankkeen aineisto on kerätty Keski- ja Itä-Suomen alueilta vuosien 2013–2014 aikana. Kutsu osallistua tutkimukseen on lähetetty kaupunkien ja kuntien koulutoimelle. Tutkimukseen osallistui yhteensä noin 1400 2.-5.-luokkalaista oppilasta Jyväskylän seudulta ja Mikkelistä. Tutkimukseen osallistuminen on ollut kouluille, luokille ja oppilaille vapaaehtoista, ja kaikkien tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden vanhemmilta on pyydetty tutkimusluvat. Koulujen erityisopettajat toimivat tutkimuksen koordinoijina ja yhteyshenkilöinä. Aineiston kerääjinä toimivat hankkeen kouluttamat testaajat.

3.2 Tutkittavat ja tutkimuksen eteneminen

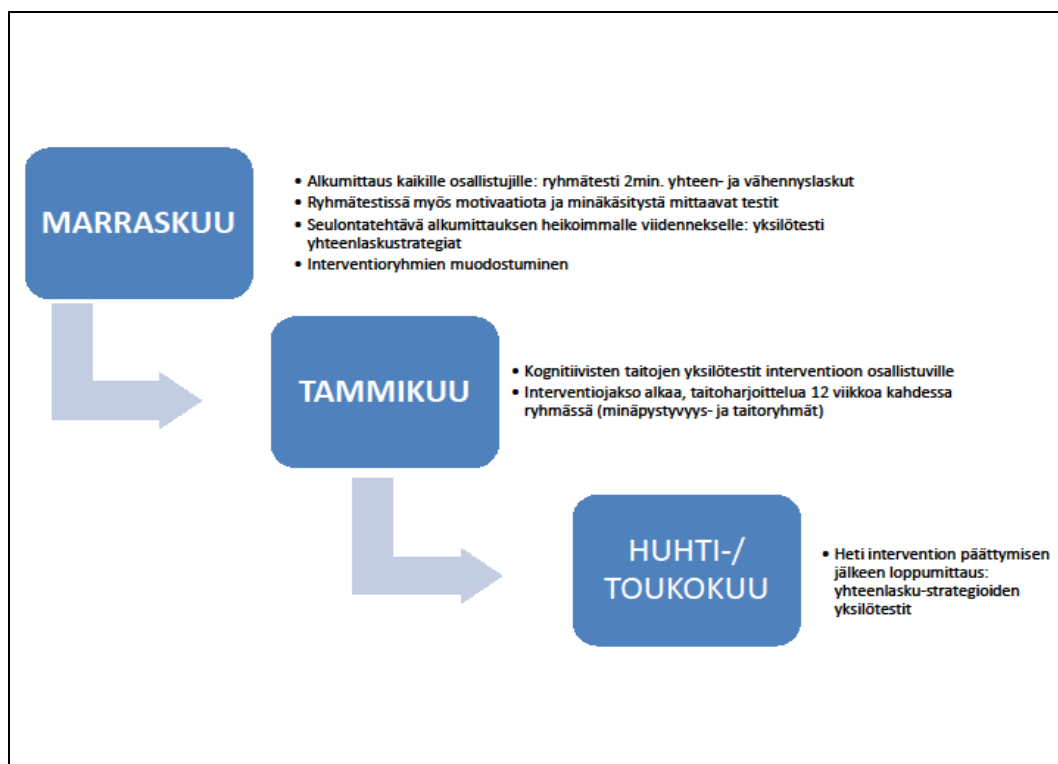
Tässä tutkimuksessa tutkittavina ovat Minäpystyvyys ja oppimisvaikeusinterventiot -hankkeen matematiikan interventiojaksolle osallistuneet oppilaat. Interventiojaksolle oppilaat valikoituivat alkumittauksen ja sen perusteella toteutetun seulonnan kautta: Ensin kaikki hankkeessa mukana olevat oppilaat osallistuivat marraskuussa 2013 ryhmätестeinä toteutettuun alkumittaukseen, jossa laskemisen sujuvuuden osalta tehtävänä oli ratkaista nopeasti ja tarkasti yhteen- ja vähennyslaskuja kahden minuutin ajan. Alkumittausten perusteella heikoin viidennes seulottiin yksilötestillä, jossa testattiin oppilaiden yhteenlaskustrategioita.

Seulonta toimi pohjana lisäharjoittelu- eli interventioryhmien muodostamisessa, mutta ryhmien muodostukseen vaikuttivat myös koulujen erityisopettajatilanne: kaikille kouluille ei pystytty järjestämään sekä laskemisen että lukemisen interventioryhmiä, jolloin osa kouluista osallistui hankkeeseen vain lukemisen tai laskemisen osalta. Yksilötestien ja koulujen resurssien perusteella laskemisen sujuvuuden interventioryhmiin valikoitui yhteensä 75 oppilasta,

joille tarjottiin 12 viikon ajan lisäharjoittelua tarkoituksena tukea oppilaiden yhteenlaskustrategioiden kehittymistä. Oppilaat ovat 2.-5. luokalla, pääosin 2.-4. luokalla, ja heistä tyttöjä oli 42 (56%) ja poikia 33 (44%). Yksilöseulonnessa tehdyn yhteenlaskustrategioiden testin keskiarvo interventioryhmään valikoituneilla oppilailla oli 8,48 maksimipistemäärän ollessa 20.

Interventioryhmien muodostamisen jälkeen oppilaat tekivät kognitiivisten taitojen yksilötestit, ja aloittivat 12 viikon taitoharjoittelun. Heti intervention päättymisen jälkeen huhti-toukokuussa 2014 oppilaat tekivät uudelleen yhteenlaskustrategioiden yksilötestin.

Laskemisen sujuvuuden interventioryhmiä oli kahdenlaisia, joista toisissa taitoharjoittelun lisäksi panostettiin oppilaiden minäpystyvyyden tukemiseen. Aiemmassa pro gradu -tutkimuksessa on kuitenkin jo osoitettu, ettei näiden interventioryhmien laskutaidon kehityksen välillä löytynyt tilastollisesti merkitsevää eroa (Lehtinen & Paukkunen 2015), joten tässä tutkimuksessa tarkastellaan kaikkia matematiikan interventiojaksolle osallistuneita oppilaita yhtenä joukkona.



Kuutio 2 Tutkimuksen eteneminen

3.3 Interventiojakson ja -menetelmien kuvaus

Laskemisen sujuvuuden interventiojaksona käytettiin Koposen, Monosen Kumpulaisen ja Puuran (2012) Selkis!-harjoitusohjelmaa. Harjoitusohjelma sisälsi kahdesti viikossa 45 minuutin oppitunnit sekä 15 minuuttia kestävä harjoituskerran jokaisen oppitunnin jälkeen. Suosituksena oli, että opetus- ja harjoituskerrat järjestettäisiin eri päivinä, eli interventioon liittyviä tapaamisia oli oppilailla neljänä päivänä viikossa. Harjoitteluryhmiä ohjasivat hankkeeseen perehdytetyt koulujen erityisopettajat. Taitoharjoittelun yleisinä periaatteina olivat intensiivisyys, harjoittelun kohdentaminen selkeästi rajattuihin tavoitteisiin, sekä harjoittelun systemaattisuus. Systemaattisuus näkyi harjoittelun säännöllisyytenä, harjoituskertojen toistuvana samanlaisena rakenteena, samana harjoittelupaikkana ja -aikana sekä samoina osallistujina koko jakson ajan.

Taitoharjoittelun yleisenä tavoitteena on pyrkiä pois hitaasta ja virhealttiista luettelusta, ja siirtyä kohti päättelyä ja ymmärrystä hyödyntäviin laskutapoihin. Opetustuokioilla harjoitteluryhmän ohjaaja auttoi oppilaita tarkastelemaan lukuja, lukumääriä ja lukujonoja, ja siten oivaltamaan niistä säännönmuokkauksia hyödynnettäväksi yhteenlaskun apuna. Harjoittelussa pyrittiin hahmottamaan lukumääriä erilaisista osista muodostuvina kokonaisuuksina, esimerkiksi luvut 6-10 opeteltiin hahmottamaan luvun 5 kautta. Keskeisenä periaatteena oli lukualueella 1-20 opittujen asioiden siirtäminen isommille lukualueille (esim. $2+2=4$, joten $20+20=40$). Opetuksessa myös hyödynnettiin oppilaiden aiempaa tietämystä, ja uusia asioita rakennettiin jo opitun tiedon päälle.

Harjoitustuokiossa oppilaat pääsivät ratkaisemaan tehtäviä, joista suurin osa oli konkreettisilla välineillä suoritettuja, tai yhdessä parin kanssa toteutettavia. Tehtävät sisälsivät paljon toistoa, ja ne kannustivat laskujen nopeaan ratkaisemiseen. Pelien tehtävät sisälsivät myös välittömän palautteen suoritukselta. Yhdessä harjoittelu oli vuorovaikutuksellista, ja ohjaajat korostivatkin matemaattisen ajattelun kielellistämistä ja ratkaisujen perustelemista. Ryhmissä keskusteltiin tehtävien erilaisista ratkaisutavoista aikuisen ohjauksessa.

3.4 Mittarit

3.4.1 Laskemisen sujuvuus ja intervention vaste

Laskemisen sujuvuuden mittarina käytettiin tähän tutkimushankkeeseen laadittua yhteenlaskustrategioiden arvioinnin mittarin muistista palauttamisen osiota (Koponen 2013), jossa mitattiin oppilaan yhteenlaskustrategioiden hallintaa aikarajoitetussa tilanteessa. Tehtävä tehtiin yksilötestinä kahdesti: ennen interventiojakson aloittamista tammikuussa sekä heti jakson jälkeen huhtitoukokuun vaihteessa. Loppu- ja alkumittauksista laskettiin erotusmuuttuja kuvaamaan laskemisen sujuvuuden intervention vastetta.

Yhteenlaskustrategioiden hallinnan testissä oppilaan tulee ratkaista vastaamalla suullisesti kahteenkymmeneen yhteenlaskuun aikarajoitetussa tilanteessa, kukin lasku kolmessa sekunnissa tai nopeammin. Lukualue tehtävissä on 1-20 ja yhteenlaskettavat luvut ovat yksinumeroisia. Yhteenlaskut näytetään oppilaille lasku kerrallaan. Oppilas saa pisteen kaikista määrääjassa lasketuista laskuista, kun taas ajan ylittävistä ratkaisuksista oppilas saa nolla pistettä.

3.4.2 Emotionaalisten tekijöiden mittaaminen

Matemaattista kiinnostusta ja minäkäsitystä mitattiin marraskuun alkumittauksessa self-concept -mittaristolla (Marsh ym. 2005), jonka on suomennettu tätä tutkimushanketta varten (suom. Helena Viholainen). Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin mittariston akateemista minäkäsitystä (self-concept) ja akateemista kiinnostusta (interests) mittaavien osioiden matematiikkaan liittyviä kysymyksiä. Minäkäsitystä mitattiin viidellä matematiikkaspesifillä likert-asteikollisella väittämällä (1 ehdottomasti ei totta... 8 ehdottomasti totta), joista muodostettiin summamuuttuja kuvaamaan oppilaiden minäkäsitystä matematiikan oppimisen suhteen. Väittämiä olivat mm. *Olen toivottoman huono matematiikassa* ja *Opin nopeasti uusia asioita matematiikan tunneilla*.

Matemaattisen kiinnostuksen mittarina puolestaan käytettiin viittä matematiikan kiinnostukseen liittyvää likert-asteikollista väittämää (1 ei totta... 5

totta), joista niin ikään laskettiin summamuuttuja. Väittämiä olivat esimerkiksi: *Odotan innolla matematiikan tunteja ja Olen kiinnostunut matematiikasta.*

3.4.3 Kognitiivisten tekijöiden mittaaminen

Lukujonotaitoja mitattiin tätä tutkimusta varten laaditulla lukujonotaitojen sujuvuus -mittarilla (Koponen 2013). Mittari sisältää kolme lukujonojen luettelutehtävää, joissa kaikissa oppilaalla on 30 sekuntia aikaa luetella lukujonoja annetun ohjeen mukaisesti. Ensimmäisessä lukujonotehtävässä oppilaan tulee luetella lukuja takaperin luvusta 50 alkaen. Toisessa tehtävässä oppilasta pyydetään luettelemaan lukuja kahden välein alkaen luvusta yksi. Kolmannessa oppilaan tulee luetella lukuja kolmen välein luvusta yksi alkaen.

Pisteitä saa yhden jokaisesta oikein luetellusta luvusta. Lisäksi koodattiin virheet ja ylihyyt . Jos lapsi ikään kuin vaihtaa tehtävää (alkaa luetella etuperin kun pitää luetella takaperin, luettelee parillisia parittomien sijaan) kolmen peräkkäisen virheen jälkeen testaja auttaa oppilasta palaamaan lukujonolla kohtaan, jossa hän meni sekaisin. Tällöin merkitään vain yksi virhe, ja oppilas saa pisteet sen mukaan, miten pitkälle hän luettelemisessaan pääsee uudella yrityksellään. Lukujonotaitoja kuvaava muuttuja muodostettiin laskemalla kaikkien kolmen lukujonotehtävän pisteet yhteen.

Fonologista tietoisuutta mitattiin NEPSY-testin äänteiden prosessointi -osuudella (Korkman, Kirk & Kemp 1998). Äänteiden prosessointi -osuudessa on kolme tehtävistä: kuvapohjaiset tehtävät (1-30), sanan osion poistamisen tehtäviä (31-38) ja osion korvaamisen tehtäviä (39-53). Kouluikäisten lasten kanssa tehtävät aloitetaan tekemällä harjoitustehtävät sanan osion poistamisen ja korvaamisen tehtävistä. Harjoitusosion läpäistyään oppilas saa 30 pistettä, eli ikään kuin korvaa kysymykset 1-30. Vasta läpäistyään harjoitusosion oppilas siirtyy vastaamaan kysymyksiin 31-53.

Sanan osion poistamisessa oppilasta pyydetään poistamaan äänne tai osa sanasta, esimerkiksi: "Sano limsapullo. Sano se uudelleen, mutta älä sano limsa". Osion korvaamisen tehtävissä oppilasta pyydetään korvaamaan äänne tai

osa sanasta, esimerkiksi: "Sano takka. Sano se nyt uudelleen, mutta älä sano /t/ vaan /l/". Jos oppilas osaa vastata harjoituskysymyksiin, siirrytään tekemään tehtävät 31–53. Jos oppilas ei osaa vastata harjoituskysymykseen, hänelle esitetään vielä lisäharjoituksia.

Aina jokaisesta oikeasta vastauksesta saa yhden pisteen, ja näin ollen maksimipistemäärä on 53. Fonologisen tietoisuuden muuttujana käytettiin oppilaan oikeiden vastausten tuottamaa yhteispistemäärää.

Työmuistin mittari muodostui WISC-testin (Wechsler Intelligence Scale for Children) kahdesta numerosarjatehtävästä. Ensimmäisessä oppilaan tulee toistaa kuulemiaan numerosarjoja alkaen kolmen numeron sarjasta. Mikäli oppilas toistaa sarjan oikein, siirrytään yhtä numeroa pidempään sarjaan. Jos oppilas tekee virheen, luetaan hänelle toinen saman sarjan tehtävä. Testi lopetetaan, kun oppilas on epäonnistunut kahdesti saman sarjan tehtävässä. Oppilas saa pisteitä pisimmän virheettä toistetun sarjan numeroiden lukumäärän mukaan, maksimissaan 9 pistettä. Toinen numerosarjatehtävä toimii samalla periaatteella kuin ensimmäinen, mutta siinä numerosarjat tulee toistaa päinvastaisessa järjestyksessä, viimeisestä luetellusta ensimmäiseen. Tässä tehtävässä aloitetaan kahden numeron sarjasta, ja maksimipistemäärä on 8. Numerosarjatehtävien yhteenlaskettu maksimipistemäärä on näin ollen 17. (Wechsler 1974). *Työmuistin* muuttujana käytettiin oppilaan numerosarjatehtävistä saatua yhteispistemäärää.

Nopean nimeämisen taitoja mitattiin käyttämällä RAN (Rapid Automated Naming) -tehtävää (Denckla & Rudel 1974; suomalainen versio Ahonen, Tuovinen & Leppäsaari 1999). Nimeämistä mitattiin testin kolmella osasarjalla: numeroilla, kirjaimilla ja objekteilla. Kolmessa osatestissä lasta pyydetään nimeämään mahdollisimman nopeasti ensin lapselle näytettäviä tuttuja numeroita, seuraavaksi kirjaimia ja kolmanneksi objekteja. Lapsen suoritus kellotetaan, ja virheiden sekä lapsen itse korjaamien virheiden määrä dokumentoidaan. Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta oppilaille oli virheitä vain vähän tai ei ollenkaan,

joten niitä ei käytetty analyysissä. Muuttujana käytettiin näin ollen tehtävissä kulunutta aikaa (sekunteja).

3.4.4 Mittareiden luotettavuus

Kaikki tässä tutkimuksessa käytetyt kognitiiviset testit lukujonotaitoja lukuun ottamatta ovat paljon käytettyjä ja suomalaisilla lapsilla standardoituja testejä. Testien reliabiliteettilukuja ei ole kuitenkaan tällä osapopulaatiolla käytettävissä, koska osiotason dataa ei ole kaikista tehtävistä saatavilla.

Minäkäsityksen ja matemaattisen kiinnostuksen mittarina käytetty Marshin ym. (2005) self-concept-mittaristo on niin ikään yleisesti käytetty. Tähän tutkimukseen valittiin vain matematiikkaspesifejä väittämiä, joten myöskään tästä mittarista näillä väittämällä ja osapopulaatiolla ei ole reliabiliteettilukuja käytettävissä. Minäkäsityksen ja matemaattisen kiinnostuksen mittareiden luotettavuutta voi heikentää väittämien vähäinen määrä (vain viisi väittämää molemmissa).

3.5 Aineiston analyysi

Lukujonotaitojen, työmuistin, fonologisen tietoisuuden, nopean nimeämisen taitojen sekä matemaattisen kiinnostuksen ja minäkäsityksen yhteyttä laskemisen sujuvuuden intervention vasteeseen tarkasteltiin hierarkkisen lineaarisen regressioanalyysin avulla. Selitettävänä muuttujana oli laskemisen sujuvuuden intervention vaste. Selittäviä muuttujia, joita olivat kognitiiviset tekijät (lukujonotaidot, työmuisti, fonologinen tietoisuus, nopean nimeämisen taidot) sekä emotionaaliset tekijät (matemaattinen kiinnostus ja minäkäsitys), tarkasteltiin kahden eri regressiomallin avulla. Molemmissa malleissa ensin iän vaikutus intervention vasteeseen kontrolloitiin. Sen jälkeen ensimmäisessä mallissa tarkasteltiin ensin kognitiivisten tekijöiden vaikutusta vasteeseen, kun emotionaaliset tekijät oli kontrolloitu. Toisessa mallissa puolestaan tarkasteltiin emotionaalisten tekijöiden vaikutusta vasteeseen, kun kognitiiviset tekijät oli kontrolloitu. Analyysi suoritettiin SPSS 22 -ohjelmistolla.

3.6 Muuttujien alustava tarkastelu ja muunnokset

Intervention vastetta kuvaavan erotusmuuttujan saamat kaksi negatiivista arvoa (molemmat -1) koodattiin nolllaksi, ennen muuttujien tarkastelua ja käsitteilyä. Minäkäsityksen ja matemaattisen kiinnostuksen likert-asteikolliset väittämät käännettiin samansuuntaisiksi.

Taulukko 1: Muuttujat

Muuttuja	N	Puuttavat	K.a.	Keskihajonta	Min.	Max.	Vinous / vinousluvun keski- virhe	Huipukkuus / Huipukkuusluvun keskivirhe
Intervention vaste	72	3	6,88	4,11	0,00	18,00	2,68	1,03
Ikä / kk	73	2	113,26	10,74	95,54	136,74	1,51	-1,33
Kiinnostus	72	3	14,24	6,12	5,00	25,00	,43	-1,96
Minäkäsitys	65	10	26,43	8,00	7,00	40,00	-1,14	-,27
Lukujonotaidot	71	4	30,89	8,87	14,00	62,00	2,64	1,67
Työmuisti	74	1	11,51	1,97	7,00	17,00	1,52	1,38
Fonologinen tietoisuus	74	1	40,85	6,39	12,00	49,00	-5,56	8,28
RAN	74	1	35,88	8,02	20,98	56,50	2,59	,67

Muuttujien alustavassa tarkastelussa havaittiin, että osa muuttujista ei noudattanut normaalijakaumaa. Aineiston muuttujat on kuvattu taulukossa 1. Lukujonotaitojen tapauksessa jakaumaa vinoutti yksi erittäin poikkeava havainto. Arvo tarkastettiin alkuperäisistä lomakkeista mittausvirheen tai syöttövirheen mahdollisuuden eliminoimiseksi. Havainto vaikutti paikkansapitävältä eikä poikkeaman syytä pystytty aukottomasti todistamaan, joten arvo pidettiin aineistossa, mutta koodattiin lähemmäs muuta havaintojoukkoa (Nummenmaa 2009). Fonologisen tietoisuuden ja nopean nimeämisen taitojen muuttujista muodostettiin logaritmuunnokset. Intervention vastetta kuvaavasta erotusmuuttujasta laskettiin neliöjuurimuunnos.

4 TULOKSET

Alustavien tarkastelujen ja muuttujien muunnosten jälkeen tarkasteltiin muuttujien välisiä korrelaatioita. Taulukossa 2 on esitetty selitettävän intervention vasteen, emotionaalisten tekijöiden (matemaattinen kiinnostus ja minäkäsitys) sekä kognitiivisten tekijöiden (lukujonotaidot, työmuisti, fonologinen tietoisuus, nopean nimeämisen taidot) väliset Pearsonin korrelaatiokertoimet. Oletusten vastaisesti selittäjistä lukujonotaidot ja nopean nimeämisen taidot eivät olleet yhteydessä intervention vasteeseen. Sen sijaan matemaattinen kiinnostus, minäkäsitys, työmuisti ja fonologinen tietoisuus olivat yhteydessä intervention vasteeseen seuraavasti: Matemaattinen kiinnostus ja minäkäsitys korreloivat positiivisesti (kiinnostus $r=.269$, $p<.05$; minäkäsitys $r=.288$, $p<.05$) laskemisen sujuvuuden kehittymiseen siten, että mitä vahvempi minäkäsitys ja matemaattinen kiinnostus lapsella oli matematiikan suhteen, sitä enemmän hän edistyi laskemisen sujuvuuden testeissä interventiojakson jälkeen. Työmuisti ja fonologinen tietoisuus puolestaan korreloivat negatiivisesti (työmuisti $r=-.271$, $p<.05$; fon.tietoisuus $r=-.275$, $p<.05$): Mitä heikommat työmuistitaidot ja fonologinen tietoisuus alkumittauksessa, sitä enemmän laskutaidot kehittyivät kuntoutuksen aikana ja päinvastoin.

Selittäjät korreloivat keskenään heikosti tai korkeintaan kohtalaisesti, mikä tukee regressiomallin muodostamista. Vahvimmat korrelaatiot olivat työmuistin ja lukujonotaitojen ($r=.523$), minäkäsityksen ja matemaattisen kiinnostuksen ($r=.501$) sekä fonologisen tietoisuuden ja minäkäsityksen ($r=.415$) välillä.

Taulukko 2. Pearsonin korrelaatiokertoimet.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1. Intervention vaste	1,00							
2. Lukujonotaidot	-,113	1,00						
3. Työmuisti	-,271*	,523**	1,00					
4. Fon. tietoisuus	,275* ¹	-,183	-,323**	1,00				
5. RAN	,077	-,353**	-,158	,030	1,00			
6. Minäkäsitys	,288*	,107	-,396**	,415**	-,047	1,00		
7. Kiinnostus	,269*	,039	-,237*	,195	,105	,501**	1,00	
8. Ikä	-,145	,265*	,366**	-,366**	-,310**	-,142	-,297*	1,00

Huom. $p^* < 0,05$ ja $p^{**} < 0,01$

¹ käännetty muuttuja

Vaikka kaikki muuttujat eivät korreloineet selitettävän tekijän eli intervention vasteen kanssa, otetaan kaikki muuttujat malliin mukaan, kuten alun perin oli suunniteltu.

4.1 Onko lukujonotaidoilla, työmuistilla, fonologisella tietoisuudella ja nopean nimeämisen taidoilla yhteyttä laskutaidon sujuvuuden intervention vasteeseen?

Taulukossa 3 on esitetty hierarkkisen lineaarisen regressioanalyysin tulokset, jossa tarkastellaan kognitiivisten tekijöiden vaikutusta intervention vasteeseen, kun ikä ja emotionaaliset tekijät on kontrolloitu. Ikä itsessään selitti vain 2,1 % erotusmuuttujan vaihtelusta, emotionaaliset tekijät puolestaan 8,8 %. Kognitiiviset tekijät selittivät 4,7 % intervention vasteen vaihtelusta, kun iän ja emotionaalisten tekijöiden vaikutus kontrolloitiin. Fonologinen tietoisuus ja työmuisti näyttivät selittävän suuremman osan vaihtelusta verrattuna lukujonotaitoihin ja nopean nimeämisen taitoihin.

Taulukko 3. Kognitiivisten tekijöiden yhteys intervention vasteeseen iän ja emotionaalisten tekijöiden kontrolloinnin jälkeen hierarkkisella lineaarisella regressioanalyysillä tarkasteltuna

	β		R^2	ΔR^2
<i>Taustatekijät</i>				
1. Ikä	-,145	1	,02	,021
<i>Emotionaaliset tekijät</i>				
2. Matemaattinen kiinnostus	,144	9	,10	,088
3. Minäkäsitys	,206			
<i>Kognitiiviset tekijät</i>				
4. Fonologinen tietoisuus	,175	5	,15	,047
5. Työmuisti	-,142			
6. Lukujonotaidot	-,021			
7. RAN	,045			

Huom. β = standardoitu regressiokerroin mallin viimeiseltä askeleelta (kun kaikki mallin muuttujat ovat mukana), ΔR^2 = selitysasteen (R^2) muutos, kun askeleen kaikki muuttujat ovat mukana.

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

4.2 Onko minäkäsityksellä ja matemaattisella kiinnostuksella yhteyttä laskutaidon sujuvuuden intervention vasteeseen?

Taulukossa 4 on esitetty hierarkkisen lineaarisen regressioanalyysin tulokset, jossa tarkastellaan emotionaalisten tekijöiden vaikutusta intervention vasteeseen, kun ikä ja kognitiiviset tekijät on kontrolloitu. Tässä mallissa ikä selitti vain 2,1 % erotusmuuttujan vaihtelusta, kognitiiviset tekijät 9,7 %. Emotionaaliset tekijät selittivät 3,8 % vaihtelusta, kun iän ja kognitiivisten tekijöiden vaikutus kontrolloitiin. Matemaattinen kiinnostus näytti selittävän suuremman osan vaihtelusta verrattuna minäkäsitykseen.

Taulukko 4. Emotionaalisten tekijöiden yhteys intervention vasteeseen iän ja kognitiivisten tekijöiden kontrolloinnin jälkeen hierarkkisella lineaarisella regressioanalyysillä tarkasteltuna

	β	R^2	ΔR^2
<i>Taustatekijät</i>			
1. Ikä	-,145	,021	,021
<i>Kognitiiviset tekijät</i>			
2. Fonologinen tietoisuus	,218	,118	,097
3. Työmuisti	-,233		
4. Lukujonotaidot	,065		
5. RAN	,064		
<i>Emotionaaliset tekijät</i>			
6. Matemaattinen kiinnostus	,169	,155	,038
7. Minäkäsitys	,087		

Huom. β = standardoitu regressiokerroin mallin viimeiseltä askeleelta (kun kaikki mallin muuttujat ovat mukana), ΔR^2 = selitysasteen (R^2) muutos, kun askeleen kaikki muuttujat ovat mukana.

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

Kaiken kaikkiaan kognitiiviset ja emotionaaliset tekijät selittivät vain pienen osan erotusmuuttujan vaihtelusta (15,5%), eikä malli sopinut aineistoon [$F(7,53) = 1,392$, $p > .05$].

5 POHDINTA

5.1 Tulosten tarkastelua

Vaikka laskutaidon sujuvuuden kehitykseen ja toisaalta kehityksen vaikeuksiin olevista tekijöistä on jo jonkin verran tietoa, josta osa tosin on ristiriitaista, vielä ei juuri ole tietoa siitä, miten nämä tekijät vaikuttavat laskemisen sujuvuuteen kohdistetusta interventiosta hyötymiseen. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kognitiivisten ja emotionaalisten tekijöiden yhteyttä laskutaidon sujuvuuden intervention vasteeseen. Kognitiiviset tekijät selittivät 4,7 % intervention vasteen vaihtelusta, kun iän ja emotionaalisten tekijöiden vaikutus kontrolloitiin. Vaikka yhteyttä kognitiivisten tekijöiden ja laskutaidon sujuvuuden intervention vasteen välillä ilmeni, selitysprosentti jäi matalaksi. Kognitiivisista tekijöistä fonologinen tietoisuus ja työmuisti näyttivät selittävän suuremman osan vaihtelusta verrattuna lukujonotaitoihin ja nopean nimeämisen taitoihin. Työmuistin ja fonologisen tietoisuuden mittauksissa menestyminen oli yhteydessä heikkoon intervention vasteeseen, mikä osoittanee, että interventiosta hyötyivät eniten heikot fonologisen tietoisuuden ja työmuistitaidot omaavat oppilaat. Interventioharjoittelussa tavoitteena oli tukea oppilaiden laskutapojen kehittymistä luettelemalla laskemisesta kohti tehokkaampia laskustrategioita ja päättelyä. Harjoittelujaksolla oppilaat oppivat hyödyntämään tiettyjä ulkoa muistamiaan faktoja ($5+5=10$) muiden laskujen ratkaisussa ($7+5 \rightarrow 5+5+2=10+2=12$). Tämä voisi selittää työmuistitaidoiltaan heikkojen oppilaiden edistymistä harjoittelun myötä.

Emotionaaliset tekijät selittivät 3,8 % vaihtelusta, kun iän ja kognitiivisten tekijöiden vaikutus kontrolloitiin. Tässäkin vaikka yhteyttä emotionaalisten tekijöiden ja interventiosta hyötymisen välillä ilmeni, selitysprosentti jäi vaatimattomaksi. Matemaattinen kiinnostus näytti selittävän suuremman osan vaihtelusta verrattuna minäkäsitykseen. Molemmissa malleissa ikä selitti vain 2,1 % erotusmuuttujan vaihtelusta.

Tutkimuksen tulokset voisivat tukea käsitystä siitä, että aritmeettisten taitojen käytössä ja oppimisessa on paljon yksilöllistä vaihtelua (Vanbinst ym. 2015; Rusanen & Räsänen 2012), ja näin ollen tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden taitoprofiilit ovat hyvin erilaisia, ja oletettavasti myös intervention vasteeseen vaikuttavat tekijät ovat yksilöllisiä. Tutkimuksessa ei kenties tästä syystä noussut esiin voimakkaasti laskutaidon sujuvoitumista selittäviä tekijöitä, vaikka tutkimuksen kohteeksi nostetuilla kognitiivisilla ja emotionaalisilla tekijöillä olikin yhteyttä intervention vasteeseen. Toisaalta on mahdollista, että suuressa tutkimusaineistossa yksilölliset taitoprofiilit eivät olisi vaikuttaneet aineistoon näin voimakkaasti.

Aiempi tutkimus tukee voimakkaasti käsitystä, että tutkimukseen valitut kognitiiviset ja emotionaaliset tekijät ovat yhteydessä laskutaidon sujuvuuteen, kuten olen aiemmin kirjallisuuskatsauksessa tuonut esille (mm. Geary ym. 2004; Murphy ym. 2007; Swanson & Kim 2007; Koponen ym. 2007; Koponen ym. 2013; Locuniakin & Jordanin 2008). Kuitenkaan näiden tekijöiden yhteyttä laskutaidon sujuvuuden intervention vasteeseen ei ole juuri tutkittu. On siis myös mahdollista, että vaikka näillä tekijöillä yhteyttä laskutaidon sujuvuuteen löytyy, ne silti eivät kaikki ennusta laskutaidon sujuvuuden interventiosta hyötymistä. Tässä tutkimuksessa Pearsonin korrelaatiotestissä lukujonotaidot ja nopean nimeämisen taidot eivät korreloineet intervention vasteen kanssa, vaikka muissa tutkimuksissa nopean nimeämisen taidoilla on kuitenkin havaittu yhteyttä laskemisen sujuvuuteen (mm. Koponen ym. 2006; 2007; Swanson & Kim 2007) ja esimerkiksi Hannulan & Lepolan (2006) tutkimuksessa lukujonotaidot esiopetuksessa ja ensimmäisellä luokalla ennustivat voimakkaimmin toisen luokan aritmeettisiä taitoja. Toisaalta on myös mahdollista, että jotkin taustatekijät esiintyvät osin limittäin, esimerkiksi Koposen, Salmen, Eklundin ja Aron (2013) tutkimuksessa nopean nimeämisen taidot selittivät laskemisen sujuvuutta epäsuorasti lukujonotaitojen kautta. Toinen mahdollinen selitys on, että interventiojakson harjoittelussa osalla kognitiivisista tekijöistä oli pienempi rooli kuin toisilla. Harjoittelun tavoitteena oli tukea oppilaan siirtymistä luettelamalla laskemisesta päättämistä ja ymmärtämistä hyödyntäviin laskutapoi-

hin, jolloin suoran muistista palauttamisen strategian rinnalla harjoiteltiin vastauksen johtamista päättellessä. Voi olla, että nopean nimeämisen taidot eivät näyttäytyneet tässä tutkimuksessa interventiosta hyötymistä selittävänä tekijänä, koska taitoharjoittelu ei korostanut nopeaa vastausten ulkomuistista hakeamista, vaan painopiste oli niiden nopeassa päättelyssä. On myös mahdollista, että samankaltainen selitys pätee myös lukujonotaitoihin, sillä harjoittelussa lukumääriä pyrittiin hahmottamaan erilaisista osista muodostuvina kokonaisuuksina, jolloin varsinainen lukujonolla liikkumisen taito ei välttämättä korostunut.

Tämän tutkimuksen pohjalta voi kuitenkin todeta, että laskustrategioiltaan heikoimmat oppilaat näyttäisivät hyötывän laskustrategioiden harjoittelusta. Kahta osallistujaa lukuun ottamatta oppilaat olivat suoriutuneet vähintään samantasoisesti tai edistyneet jopa huomattavasti yhteenlaskustrategioiden hallinnassa interventiojakson myötä. Strategiatestin keskiarvoinen parannus oli tässä tutkimuksessa 6,88 pistettä testin maksimipistemäärän ollessa 20. Suurin korotus strategiatestissä oli jopa 18 pistettä. Matemaattisiin taitoihin kohdistuvaa interventiota tukee myös Dowkerin ja Sigleyn (2010) tutkimustulokset. Heidän tutkimuksessaan interventiojaksoilla oli tilastollisesti erittäin merkittävää vaikutusta matemaattisten taitojen kehitykselle, vaikkei heidän tutkimuksessaan ollut selvitetty intervention vasteen taustalla vaikuttaneita kognitiivisia tekijöitä, kuten tässä tutkimuksessa. Erona tähän tutkimukseen olivat myös pidempi interventiojakso (6kk) sekä spesifimmin lasten laskutaidon haasteiden mukaan kohdennetut interventiojakson tehtävät.

5.2 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet

Tämän tutkimuksen vahvuutena oli tutkia sekä kognitiivisten että emotionaalisten tekijöiden yhteyttä laskemisen sujuvuuden intervention vasteeseen. Tämä näkökulma on varsin uusi niin suomalaisessa tutkimuksessa kuin kansainvälisestikin. Sekä kognitiivisten että emotionaalisten tekijöiden tuominen tutkimukseen sopii hyvin vallitsevaan käsitykseen matemaattisten taitojen moni-

muotoisuudesta ja kompleksisuudesta: matemaattisten taitojen nähdään sisältävän monia osataitoja ja niihin vaikuttavia tekijöitä (mm. Landerl ym. 2004; Geary ym. 2004; Murphy ym. 2007; Swanson & Kim 2007; Koponen ym. 2013; Locuniak & Jordan 2008; Aunola ym. 2004; Fuchs ym. 2010; Räsänen 2012). Monet edellä mainituista tutkimuksista ovat keskittyneet vain kognitiivisiin taitoihin, mutta tässä tutkimuksessa tarkasteltiin myös emotionaalisten tekijöiden yhteyttä laskutaidon sujuvoitumiseen.

Tutkimuksen heikkoutena on pieni tutkimusjoukko (N=75). Lisäksi heikkoutena on tutkimusaineiston reikäisyys: kaikki oppilaat eivät tehneet kaikkia alku- tai loppumittauksia. Suurin puutos oli minäkäsitystä mittaavaan kyselyyn osallistuneista, sillä puuttuvia vastaajia oli jopa 10. Tutkimusjoukon pienuuden lisäksi heikkoutena on tutkimusjoukon edustavuus. Tutkimuksen osallistujat olivat Jyväskylän seudulta ja Mikkelistä, joten tutkimusotos ei edusta koko Suomea. Lisäksi tutkittavat valikoituivat interventioon vain osin testitulosten perusteella, sillä myös erityisopettajaresurssit vaikuttivat, järjestettiinkö kouluilla laskemisen vai lukemisen interventioryhmät vai molempia. Näin ollen otos ei ole myöskään järjestelmällinen otanta alueen heikoimmista laskijoista, vaan resurssien perusteella valikoitunut näyte.

Tutkimuksen aineistonkeruussa oli mukana useita erityisopettajia ja -opettajaopiskelijoita. Vaikka aineistonkeruulomakkeet sisälsivät ohjeistuksen ja kaikki aineiston kerääjät perehdytettiin mittareiden käyttöön, oli testitulosten merkintätavoissa joitain lieviä eroavaisuuksia, jotka hankaloittivat pisteiden laskua. Kaikki yksilötestit myös äänitettiin, joten epäselvät pisteytykset ja merkinnät tarkistettiin nauhalta jälkikäteen. Kuitenkin on mahdollista, että useista testaajista johtuen oppilaiden pisteytyksissä on pieniä eroavaisuuksia. Lisäksi testit tehtiin koulupäivän lomassa, jolloin toisinaan testaustilanteella voi olla ollut vaikutusta oppilaan suoriutumiseen. Esimerkiksi oppilaiden vireystila saattoi vaihdella riippuen siitä, tehtiinkö testejä aamulla vai vasta iltapäivällä. Lisäksi osassa testaustilanteista oli taustahälyä tai mahdollisia häiriöitä, kuten esimerkiksi koulun kuulutuksia tai kopiointikoneen ääniä, jotka saattoivat häiritä oppilaan keskittymiskykyä.

Vaikka tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kattavasti laskemisen sujuvuuden taustalla olevia kognitiivisia ja emotionaalisia tekijöitä, tutkimuksen ulkopuolelle jäi muita oppimiseen vahvasti vaikuttavia tekijöitä, kuten sosioekonomiset, ja geneettiset tekijät. Näiden tekijöiden huomioiminen toisi kattavamman käsityksen tutkittavasta ilmiöstä, mutta ne rajautuivat tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

5.3 Pedagogiset sovellukset

Tämän tutkimuksen tulosten ja aiemman tutkimustiedon valossa matemaattisiin taitoihin kohdistuvista interventiosta voisi olla hyötyä oppilaille (Dowker & Sigley 2010). Haasteena on matemaattisten oppimisvaikeuksien havaitseminen riittävän varhain: alkuopetuksessa heikompien laskijoiden laskustrategiat eivät vielä eroa huomattavasti ikätovereidensa strategioista (Hannula & Lepola 2006; Aunola ym. 2006; Räsänen 2012; Rusanen & Räsänen 2012). Kuitenkin juuri varhaisten matemaattisten taitojen on havaittu ennustavan vahvasti, kuinka hyvin matematiikkaa opitaan myöhemmin koulussa (Aunio 2008; Aunola ym. 2004; Duncan ym. 2007; Kikas ym. 2009), joten opettajien haasteena jatkossa olisi tehostaa esi- ja alkuopetuksessa tuen tarpeiden kartoitusta. Lisäksi tämän tutkimuksen tulokset näyttäisivät puoltavan nimenomaan viikoittain tarjottavaa laskutaidon sujuvuuteen kohdistuvaa lisäharjoittelua heikoilla laskijoilla, sillä tutkimukseen osallistuneet lapset pääsääntöisesti hyötyivät taitoharjoittelusta hyvin. Kouluissa tämä voisi näkyä myös esimerkiksi laaja-alaisen erityisopettajien resurssin hyödyntämisenä aritmeettisten taitojen tukemisessa.

Tutkittujen emotionaalisten ja kognitiivisten tekijöiden yhteydet intervention vasteeseen eivät muodostuneet vahvoiksi eivätkä suoraviivaisiksi, mikä voisi osoittaa, että lasten osaamis- ja taitoprofiilit ovat hyvin moninaisia. Tämä haastaa opettajat tutustumaan lapsen oppimiseen tai oppimisen pulmiin kokonaisvaltaisesti ja yksilöllisesti, jotta tuki koulussa voitaisiin kohdentaa oikein.

Tässä tutkimuksessa emotionaalisten tekijöiden selitysosuus intervention vasteesta oli kognitiivisten tekijöiden ja iän vaikutuksen kontrolloinnin jälkeen

lähes yhtä suuri kuin kognitiivisilla tekijöillä. Tämä asettaa opettajille pedagogisen haasteen: Kuinka tukea matemaattisissa taidoissaan heikomman lapsen matemaattista kiinnostusta ja minäkäsitystä? Tutkimusten (mm. Marsh ym. 2005; Köller ym. 2001) mukaan akateemisen kiinnostuksen yhteys suoritustasoon on kahdensuuntainen: kiinnostus lisää taitotasoa, mutta toisaalta taitotaso ennustaa kiinnostusta. Näin ollen heikosti matematiikassa suoriutuvilla lapsilla riskinä on matemaattisen kiinnostuksen laskeminen, mikä taas vaikuttaa lapsen suoritustasoon matematiikassa. Myös minäkäsityksen osalta yhteys matemaattiseen suoritustasoon saattaisi olla samalla tavoin kahdensuuntainen (Skaalvik & Skaalvik 2009). Vaikeudet matematiikan oppimisessa saattavat siis sytyä liikkeelle negatiivisen kehän, jossa haasteet oppimisessa heikentävät kiinnostusta ja minäkäsitystä, joka vaikuttaa edelleen heikentävästi oppimiseen. Matematiikassa onkin tutkimuskirjallisuuden valossa havaittavissa niin kutsuttua Matteus-vaikutusta: oppilaat, joiden lähtötaidot ovat hyvät, kehittyvät matematiikassa hyvin, kun taas oppilaat, joilla on lähtökohtaisesti heikot matematiikan valmiudet, kehittyvät hitaammin (mm. Hakkarainen ym. 2014; Kikas ym. 2009; Locuniak & Jordan 2008; Räsänen 2012; Aunola ym. 2004). Matemaattinen kiinnostus ja minäkäsitys voisivat olla yksi osatekijä selittämässä tätä kehitystä. Näin ollen laskutaidon interventioiden ohella olennaista opettajille olisi myös lapsen matemaattisen minäkäsityksen ja kiinnostuksen tukeminen koulussa. Tämä voisi kytkeytyä opettajien haasteeseen tuntea oppilaittensa taitotasoa, vahvuuksia ja heikkouksia, ja niiden pohjalta rakentaa opetus huomioimaan oppilaiden yksilöllisyyttä, jotta jokainen oppilas voisi saada oppimisesta onnistumisen kokemuksia minäkäsityksensä ja kiinnostuksensa tueksi.

5.4 Jatkotutkimushaasteita

Tässä tutkimuksessa taustatekijöiden vaikutus intervention vasteeseen jäi suhteellisen matalaksi. Yksi mahdollinen selitys tälle on, että tutkimukseen osallistuneiden lasten osaamisprofiilit olivat voimakkaasti yksilöllisiä, jolloin selkeitä yhteyksiä taustatekijöiden ja intervention vasteen välillä ei syntynyt. Olisi mie-

lenkiintoista selvittää, kasvaako selitysosuus jos tutkimusaineisto olisi suurempi. Mielenkiintoinen jatkotutkimuskohde voisi myös olla tämänkaltaisesta aineistosta erilaisten yksilöllisten oppimisprofiilien tarkempi kartoittaminen.

Koposen, Salmen, Eklundin ja Aron (2013) tutkimuksessa lukujonotaidot ja nopean nimeämisen taidot selittivät voimakkaasti laskutaidon sujuvuutta. Mielenkiintoista oli, että tutkimuksessa lukujonotaitoja oli mitattu jo 2-3 vuotta ennen laskutaidon sujuvuuden arviointia. Myös Locuniakin ja Jordanin (2008) tutkimuksessa jo ennen kouluikää mitatuista kognitiivisista taidoista muisti, kielelliset taidot sekä avaruudellinen hahmottaminen ennustivat laskemisen sujuvuuden kehittymistä. Tässä tutkimuksessa alku- ja loppumittaukset oli ajoitettu tiiviisti interventiojakson alkuun ja loppuun. Kiinnostavaa voisi olla toistaa interventiotutkimus niin, että tutkittavien kognitiivisia ja emotionaalisia taustatekijöitä olisi selvitetty jo varhaisemmassa vaiheessa, etenkin kun monet tutkimukset korostavat varhaisten matemaattisten taitojen merkitystä myöhemmälle matematiikan oppimiselle (Aunio 2008; Aunola ym. 2004; Duncan ym. 2007; Kikas ym. 2009). Myös Väisänen ja Aunio (2014) ehdottavat interventiotutkimuksensa pohjalta, että vaikka osa lapsista hyötyy interventiojaksosta nopeasti, osalla hyötyminen voi tapahtua viiveellä. Heidän tutkimuksessaan taidoiltaan heikot lapset hyötyivät tukitoimista, mutta hyöty ei ollut suoraviivaista eikä samanaikaista, vaan osalla lapsista hyöty tuli vasta ajan ja kypsymisen myötä (Väisänen & Aunio 2014).

Niin ikään hyödyllistä olisi tutkia, miten interventiojakson pituus vaikuttaa intervention vasteeseen. Tässä tutkimuksessa interventio kesti 12 viikkoa. Dowkerin ja Sigleyn (2010) tutkimuksessa puolen vuoden kohdennetulla interventiojaksolla oli tilastollisesti erittäin merkitsevä vaikutus lasten matemaattisiin taitoihin. Lisäksi mielenkiintoinen jatkotutkimuskohde voisi olla selvittää, onko interventiojaksolla pidempiaikaista vaikutusta laskemisen sujuvuuden kehitykseen.

Myös kognitiivisten ja emotionaalisten tekijöiden yhteydestä laskutaidon sujuvuuteen tarvittaisiin vielä lisää tutkimusta. Väisänen ja Aunio (2014) näkevät tutkimustulostensa pohjalta intervention vasteeseen liittyvien tekijöiden

tutkimuksen tärkeänä. Heidän tutkimuksensa mukaan lapset hyötyvät saamistaan interventiosta eri tavoin. Tarkentuva tutkimustieto lasten intervention vasteeseen vaikuttavista tekijöistä voisi auttaa kehittämään interventioita yhä enemmän yksilöllisemmin kohdennetuiksi, ja sitä kautta tehokkaammiksi. Väisänen ja Aunio nostavat tulevaisuuden tutkimuksen kohteeksi myös tarkkaavaisuuden yhteyden intervention vasteeseen.

6 LÄHTEET

- Ahonen, T., Lamminmäki, T., Närhi, V. & Räsänen, P. (1995). Koulun aloittaminen ja varhaiset oppimisvaikeudet. Teoksessa P. Lyytinen, M. Korkiakangas & H. Lyytinen (toim.) *Näkökulmia kehityspsykologiaan. Kehitys kontekstissaan*. (8. painos, 168–187) Porvoo: WSOY.
- Aunio, P. (2006). *Number sense in young children – (inter)national group differences and an intervention programme for children with low and average performance*. Research Report 269, Helsingin yliopisto.
- Aunio, P. (2008). Matemaattiset taidot ennen koulun alkua. *NMI Bulletin* 18 (4), 63-74.
- Aunio, P., Hannula, M. & Räsänen, P. (2004). Matemaattisten taitojen varhaiskehitys. Teoksessa P. Räsänen, P. Kupari, T. Ahonen & P. Malinen (toim.) *Matematiikka. Näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen* (2. painos, s. 198–221). Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.
- Aunio, P., Hautamäki, J., Sajaniemi, N. & Van Luit, J. (2009). Early numeracy in low-performing young children. *British Educational Research Journal* 35 (1), 25-46.
- Aunola, K. 2002. Motivaation kehitys ja merkitys kouluiässä. Teoksessa K. Salmela-Aro & J-E. Nurmi (toim.) *Mikä meitä liikuttaa. Modernin motivaatiopsykologian perusteet* (105–126). Jyväskylä: Ps-kustannus.
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M., & Nurmi, J.-E. (2004). Developmental dynamics of math performance from preschool to grade 2. *Journal of educational psychology* 96, 699–713.
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders* 36, 189–208.
- Booth, R., & Thomas, M. (1999). Visualization in mathematics learning: Arithmetic problemsolving and student difficulties. *Journal of Mathematical Behavior* 18, 169-190.
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 46 (1), 3–18
- De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B. & Ghesquière, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics

- achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology* 103, 186–201.
- De Smedt, B., Taylor, J., Archibald, L. & Ansari, D. (2010). How is phonological processing related to individual differences in children's arithmetic skills? *Developmental Science* 13 (3), 508–520.
- Donlan, C., Cowan, R., Newton, E. J. & Lloyd, D. (2007). The role of language in mathematical development: Evidence from children with specific language impairments. *Cognition* 103, 23–33.
- Dowker, A. (2009). Use of derived fact strategies by children with mathematical difficulties. *Cognitive Development* 24, 401–410.
- Dowker, A. & Sigley, G. (2010). Targeted interventions for children with arithmetical difficulties. *Understanding Number Development and Difficulties, The British Psychological Society* 7, 65–81.
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., Pagani, L. S., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H., Duckworth, K. & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology* 43 (6), 1428–1446.
- Durand, M., Hulme, C., Larking, R. & Snowling, M. (2005). The cognitive foundations of reading and arithmetic skills in 7- to 10-year-olds. *Journal of educational psychology* 91, 113–136.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L., Powell, S. R., Seethaler, P. M., Capizzi, A. M., Schatschneider C. & Fletcher, J. M. (2006). The Cognitive Correlates of Third-Grade Skill in Arithmetic, Algorithmic Computation, and Arithmetic Word Problems. *Journal of Educational Psychology* 98 (1), 29 – 43.
- Fuchs, L. S., Powell, S. R., Seethaler P. M., Fuchs, D., Hamlett C. L., Cirino, P. T. & Fletcher J. M. (2010.) A Framework for Remediating Number Combination Deficits. *Except Child* 76 (2), 135–165.
- Geary, D. (2000). From infancy to adulthood: the development of numerical abilities. *European Child & Adolescent Psychiatry* 9, 11-16.
- Geary, D. (2013). Early Foundations for Mathematics Learning and Their Relations to Learning Disabilities. *Current Directions in Psychological Science* 22 (1), 23-27.
- Geary, D., Hoard, M., & Bailey, D. (2012). Fact retrieval deficits in low achieving children and children with mathematical learning disability. *Journal of Learning Disabilities* 45 (4), 291–307.

- Geary, D., Hoard, M., Byrd-Craven, J., DeSoto, M. (2004). Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology* 88, 121–151.
- Glasser, A. J. & Zimmerman, I. L. (1967). *Clinical interpretation of the Wechsler intelligence scale for children (WISC)*. New York and London: Grune & Stratton.
- Hakkarainen, A., Haring, M., Holopainen, L., Lappalainen, K. & Mäkihönko, M. (2014). Matemaattisen ajattelun mallintaminen ja laskustrategioiden opettaminen: yleisen tuen interventio ensimmäisen luokan oppilaille. *NMI Bulletin* 24 (1), 9-24.
- Hannula, M. M. & Lehtinen, E. (2005). Spontaneous focusing on numerosity and mathematical skills of young children. *Learning and Instruction* 15, 237-256.
- Hannula, M. M. & Lepola, J. (2006). Matemaattisten taitojen kehittyminen esi- ja alkuopetuksen aikana: Mitkä tekijät ennakoivat aritmeettisten taitojen kehitystä? Teoksessa J. Lepola & M., M. Hannula (toim.) *Kohti koulua – kielellisten, matemaattisten ja motivationaalisten valmiuksien kehitys* (s. 129–153). Turun Yliopisto: Turun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan julkaisu- ja A: 205.
- Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R. K. & Rashotte C. A. (2001). The Relations between Phonological Processing Abilities and Emerging Individual Differences in Mathematical Computation Skills: A Longitudinal Study from Second to Fifth Grades. *Journal of Experimental Child Psychology* 79, 192–227.
- Izard, V. & Dehaene, S. (2008). Calibrating the mental number line. *Cognition*, 106, 1221–1247.
- Kaufmann, L. (2008). Neural correlates of number processing and calculation: Developmental trajectories and educational implications. Teoksessa A. Dowker, (toim.) *Mathematical difficulties. Psychology and intervention* (1. painos, s. 1-12). Amsterdam; Boston : Elsevier/ Academic Press.
- Kikas, E., Peets, K., Palu, A. & Afanasjeva, J. (2009). The role of individual and contextual factors in the development of maths skills. *Educational Psychology* 29 (5), 541–560.
- Koponen, T. (2012). Peruslaskutaito matematiikan kivijalkana. *NMI bulletin* 22 (2), 59–62.

- Koponen, T., Aunola, K., Ahonen, T. & Nurmi J.-E. (2007). Cognitive predictors of single-digit and procedural calculation skills and their covariation with reading skill. *Journal of experimental child psychology* 97, 220-241.
- Koponen, T., Mononen, R., Kumpulainen, T. & Puura, P. (2012). *Selkis! Yhteenlaskua ymmärtämään*. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti; Haukkarannan koulu.
- Koponen, T., Mononen, R., Räsänen, P. & Ahonen, T. (2006). Basic Numeracy in Children With Specific Language Impairment: Heterogeneity and Connections to Language. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 49, 58-73.
- Koponen, T., Salmi, P., Eklund, K. & Aro, T. (2013). Counting and RAN: Predictors of arithmetic calculation and reading fluency. *Journal of educational psychology* 105 (1), 162-175.
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2009). Early development of quantity to numberword linkage as a precursor of mathematical school achievement and mathematical difficulties: Findings from a four-year longitudinal study. *Learning and Instruction* 19, 513-526.
- Kyttälä, M. (2010). Matemaattisilta taidoiltaan heikkojen lasten ja nuorten visuaalis-spatiaaliset työmuistivalmiudet. *NMI bulletin* 20 (1), 4-24.
- Kölller, O., Baumert, J. & Schnabel, K. (2001). Does Interest Matter? The Relationship between Academic Interest and Achievement in Mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education* 32 (5), 448-470.
- Landerl, K., Bevan, A. & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: a study of 8-9-year-old students. *Cognition* 93, 99-125.
- Lehtinen, U. & Paukkunen S. (2015). Minäpystyvyyden ja intervention yhteys oppilaan käyttämiin yhteenlaskustrategioihin 2. - 5. -luokkalaisilla. Jyväskylän yliopisto. Kasvatustieteen laitos. Pro gradu -tutkielma.
- Lepola, J., Niemi, P., Kuikka, M. & Hannula, M. (2005). Cognitive-linguistic skills and motivation as longitudinal predictors of reading and arithmetic achievement: A follow-up study from kindergarten to grade 2. *International Journal of Educational Research* 43 (4-5), 250-271.
- Lepola, J. & Poskiparta, E. (2001). Motivaation ja lukutaidon kehittyminen alasteella koulutulokkaiden motivaatioprofiilien näkökulmasta. *Kasvatus* 3, 273-289.

- Li, Y. & Geary D. C. (2013). Developmental Gains in Visuospatial Memory Predict Gains in Mathematics Achievement. *PLoS ONE* 8 (7): e70160. doi:10.1371/journal.pone.0070160
- Linnanmäki, K. (2004). Minäkäsitys ja matematiikan oppiminen. Teoksessa P. Räsänen, P. Kupari, T. Ahonen & P. Malinen (toim.) *Matematiikka. Näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen* (2. painos, s. 241–254). Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.
- Locuniak, M. N. & Jordan, N.C. (2008). Using Kindergarten Number Sense to Predict Calculation Fluency in Second Grade. *Journal of Learning Disabilities* 41 (5), 451–459.
- Mazzocco, M., Feigenson, L. & Halberda, J (2011). Impaired acuity of the approximate number system underlies mathematical learning disability (dyscalculia). *Child Development* 82 (4), 1224–1237.
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O. & Baumert, J. (2005). Academic Self-Concept, Interest, Grades, and Standardized Test Scores: Reciprocal Effects Models of Causal Ordering. *Child Development* 76 (2), 397–416.
- Metsämuuronen, J. (2009). *Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä*. 4. laitos, 1. painos. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.
- Nummenmaa, L. (2009). *Käyttäytymistieteiden tilastolliset menetelmät*. Uud. Laitos, 2. Painos. Helsinki: Tammi.
- Passolunghi, M. C., Vercelloni B. & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development* 22, 165–184.
- Rusanen, E., & Räsänen, P. (2012). Matematiikassa heikosti suoriutuvien lasten laskustrategioiden kehitys. *NMI bulletin* 22 (3), 28–41.
- Räsänen, P. (2012). Laskemiskyvyn häiriö eli dyskalkulia. *Duodecim* 128, 1168–1177.
- Räsänen, P. & Ahonen, T. (2004). Oppimisvaikeudet matematiikassa - neuro psykologinen näkökulma. Teoksessa P. Räsänen, P. Kupari, T. Ahonen & P. Malinen (toim.) *Matematiikka. Näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen* (2. painos, s. 274–300). Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.
- Räsänen, P. & Koponen, T. (2010). Matemaattisten oppimisvaikeuksien neuro psykologisesta tutkimuksesta. *NMI-bulletin* 20 (3), 39-53.

- Simmons, F. R. & Singleton, C. (2008). Do weak phonological representations impact on arithmetic development? A review of research into arithmetic and dyslexia. *Dyslexia* 14 (2), 77–94.
- Singh, K., Granville, M. & Dika, S. (2002). Mathematics and Science Achievement: Effects of Motivation, Interest, and Academic Engagement. *Journal of Educational Research* 95 (6), 323–332.
- Skaalvik E. M. & Skaalvik S. (2006). Proceedings of the 7th international conference on learning sciences. *International Society of the Learning Sciences '06*, 709-715.
- Swanson, L. & Kim, K. (2007). Working memory, short-term memory, and naming speed as predictors of children's mathematical performance. *Intelligence* 35, 151-168.
- Vanbinst, K., Ceulemans, E., Ghesquière, P. & De Smedt, B. (2015). Profiles of children's arithmetic fact development: A model-based clustering approach. *Journal of Experimental Child Psychology* 133, 29-46.
- Väisänen, E. & Aunio, P. (2014). Matematiikkainterventio heikkojen ensiluokkalaisten oppimisen tukena. *Varhaiskasvatuksen Tiedelehti - Journal of Early Childhood Education Research* 3 (2), 48–75.
- Wagner, R. K., Torgesen, J.K., Rashotte, C. A. Hecht, S. A., Barker, T. A., Burgess, S. R., Donahue, J. & Garon, T. (1997). Changing Relations Between Phonological Processing Abilities and Word-Level Reading as Children Develop From Beginning to Skilled Readers: A 5-Year Longitudinal Study. *Developmental Psychology*, 33, (3), 468-479.
- Wechsler, D. (1974). *WISC. Wechsler intelligence scale for children. Testien esitys- ja pisteytysohjeet.* (2. korjattu painos). Helsinki: Psykologinen kustannus Oy. Englanninkielinen alkuperäisjulkaisu 1949.
- Xu, F., Spelke E. S. & Goddard, S. (2005). Number sense in human infants. *Developmental science* 8 (1), 88-101.
- Zhang, X., Koponen, T. Räsänen, P., Aunola, K., Lerkkanen, M-K. & Nurmi, J-E. (2014). Linguistic and Spatial Skills Predict Early Arithmetic Development via Counting Sequence Knowledge. *Child development* 85 (3), 1091-1107.
- Zorzi, M., Priftis, K., Meneghello, F., Marenzi, R. & Umiltá, C. (2006). The spatial representation of numerical and non-numerical sequences: Evidence from neglect. *Neuropsychologia* 44, 1061–1067.