

”VALITSE SUURIN LUKU”

Tutkimus numeeristen perustaitojen hallinnasta

12 - 16 -vuotiailla lapsilla, joilla on kielellinen erityisvaikeus

Katja Pulkkinen-Kantonen

Lisensiaatintutkielma

Kehitys- ja

kasvatuspsykologian

erikoispsykologikoulutus

Jyväskylän yliopisto

Helmikuu 2012

TIIVISTELMÄ

”Valitse suurin luku” Tutkimus numeeristen perustaitojen hallinnasta 12 - 16 -vuotiailla lapsilla, joilla on kielellinen erityisvaikeus.

Katja Pulkkinen-Kantonen

Ohjaajat: Tuire Koponen ja Tuija Aro

Lisensiaatintutkielma

Kehitys- ja kasvatuspsykologian erikoispsykologikoulutus

Jyväskylän Yliopisto, Psykologian laitos

Helmikuu 2012

33 sivua

Tutkimuksessa tarkasteltiin kuinka lapset, joilla on kielellinen erityisvaikeus (SLI), hallitsevat numeerisia perustaitoja ja erityisesti lukujen suuruusluokkaa ja kuinka lukujen suuruusluokan ymmärtäminen oli yhteyksissä muihin perusnumeerisiin taitoihin sekä kielellisiin että ei kielellisiin kognitiivisiin tekijöihin. Tutkimusjoukkoon kuului 35 suomenkielistä, 12 – 16 -vuotiasta SLI lasta. Tutkittavia numeerisia perustaitoja olivat yksi- ja moninumeroisten lukujen vertailu, lukujonotaidot, lukujen lukeminen ja lukujen kirjoittaminen. Kielellisistä osakognitioista tarkasteltiin sanavaraston ja kielen yläkäsitteiden hallintaa, lauserakenteiden ymmärtämistä sekä kielellistä työmuistia. Ei kielellisiä osakognitioita arvioitiin sekä yleisen, visuaalisen päättelytaidon että visuospatiaalisen hahmottamisen osalta. Tulosten perusteella SLI lasten ryhmä oli heterogeeninen lukujen suuruusluokan ymmärtämisen suhteen. Kolmanneksella tutkittavista oli selviä vaikeuksia moninumeroisten lukujen suuruusarvon ymmärtämisessä verrattaessa suoriutumista peruskoulun 3. luokkalaisten lasten keskivertosuoriutumiseen. Tuloksissa tuli esille sukupuoli-ero. Lukujen suuruusluokkaa heikosti hallitsevien joukossa oli suhteessa enemmän tyttöjä kuin poikia. Lapset, jotka hallitsivat lukujen vertailun moninumeroisilla luvuilla (2-5 lukua), olivat myös tilastollisesti merkitsevästi parempia lukujonotaidoissa sekä parempia kirjoittamaan ja lukemaan lukuja kuin lapset, joille lukujen vertailu oli selkeästi vaikeampaa. Kielellisistä osakognitioista kielen yläkäsitteiden hallinta oli yhteyksissä lukujen suuruusluokan hallintaan. Tulosten perusteella kielen kognitiot ovat mahdollisesti yhteyksissä aiemmin, ei kielellisenä, numeerisena taitona pidettyyn lukujen vertailutaitoon. Sukupuolen, yläkäsitteiden hallinnan ja lukujen tuottamisen taidoilla pystyttiin kohtalaisen hyvin ennustamaan SLI lasten kuulumista lukujen suuruusluokan ymmärtämisen suhteen erilaisiin taitotasoryhmiin (hallitsee/hallitsee heikosti). Matematiikan taitoja koskevista aiemmin julkaistuista malleista poiketen, lukujen suuruusluokan ymmärtämisen taito oli vahvasti yhteyksissä lukujen tuottamisen taitoihin eli lukujen luetteluun ja kirjoittamiseen. On mahdollista, että lukujen tuottamisen taitoja tukemalla voidaan myös tukea lukujen suuruusluokan ymmärtämistä moninumeroisilla luvuilla.

Avainsanat: Numeeriset taidot, Lukujen suuruusluokka, Kielellinen erityisvaikeus

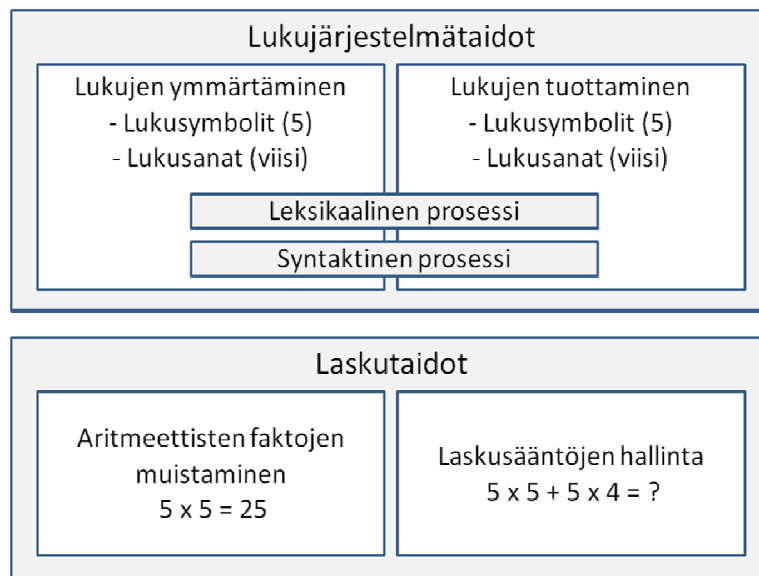
SISÄLTÖ

JOHDANTO	1
Lukukäsitteen kehittyminen	2
Lukujen kielellinen ja ei kielellinen prosessointi	3
Lukujen ymmärtäminen ja mentaalinen lukujono	4
Matematiikka ja kognitiiviset taidot	4
Matematiikka ja lukivaikeus	5
Kielellinen erityisvaikeus ja numeeriset perustaidot	6
Osallistujat	10
Numeeriset perustaidot	12
Kognitiiviset taidot	13
Muuttujat	14
Aineiston analyysimenetelmät	14
TULOKSET	16
Lukujen suuruusluokan ymmärtäminen	16
Numeeristen taitojen sekä kielellisten että ei kielellisten kognitioiden yhteys lukujen suuruusluokan hallintaan	18
POHDINTA	24
Loppusanat	29

JOHDANTO

Matemaattisten taitojen oppimisen yhtenä perusedellytyksenä on, että lapsella kyky havainnoida ja hahmottaa lukumääriä (eng. numerosity). Lukumäärien erottelukyvyn tiedetään olevan synnynnäinen ja ei kielellinen kyky, joka kehittyy iän myötä ja jonka päälle rakentuu myöhemmin kehittyvät ja osittain myös kielelliseen kehitykseen perustuvat numeeriset perustaidot (Dehaene, Piazza, Pinel, & Cohen; 2003; Dehaene 2011; Landerl, Bevan, & Butterworth, 2004). Tässä tutkimuksessa oltiin kiinnostuneita lukujen suuruusluokan ymmärtämisen yhteyksistä kielellisiin ja ei kielellisiin kognitiivisiin taitoihin.

Numeeriset perustaidot voidaan jakaa eri prosesseihin; lukujen ymmärtämiseen, lukujen tuottamiseen sekä laskemismekanismeihin (McCloskey, Caramazza, & Basili, 1985) (Kuvio1). McCloskeyn ja kollegoiden (1985) kehittämä dissosiatiiivinen malli perustuu aikuisilla aivovauriopotilailla tehtyihin matematiikan taitojen tutkimiseen. Dissosiatiivisuudella tarkoitetaan, että jokin lukujen prosessointia vaativa toiminto voi olla häiriintynyt toisen toiminnon toimiessa normaalisti. On esimerkiksi havaittu, että lukujen ymmärtäminen voi olla hyvää, mutta tutkittavalla voi olla vaikeuksia tuottaa lukuja oikein lukusymbolien eli numeroiden tai lukusanojen avulla.



Kuvio 1. McCloskey ym.(1985) neurokognitiivinen malli numeerisista taidoista.

McCloskey ym. (1985) jakaa mallissaan lukusymbolien ja lukusanojen ymmärtämisen ja tuottamisen leksikaaliseen ja syntaktiseen alaprosessiin. Leksikaalisella prosessoinnilla tarkoitetaan luvun osien, eli yksittäisten lukusanojen ja numeroiden ymmärtämistä: 1(yksi), 2(kaksi), 5 (viisi). Syntaktisessa lukujen prosessoinnissa lukuja työstetään kokonaisuuksina ja siten edellytetään

yksittäisten numeroiden prosessointia suhteessa toisiinsa. Syntaktinen prosessointi edellyttää lukuyksiköiden ja luvun paikka-arvon (esim. ykköset, kymmenet, sadat jne.) ymmärtämistä: esim. 125 (satakaksikymmentäviisi jossa lukusymboli kaksi viittaa lukumäärään 20). Tätä numeeristen taitojen jaottelua käytetään pohjana tässä tutkimuksessa eli tarkasteltavat lukujärjestelmätaidot jaetaan lukujen ymmärtämisen ja tuottamisen taitoihin ja tarkastellaan niiden välisiä yhteyksiä. Lisäksi McCloskeyn mallista poiketen tarkastellaan myös kielellisten ja visuaalisten osakognitioiden yhteyttä näihin lukujärjestelmätaitoihin.

Lukukäsitteen kehittyminen

Tutkimusten mukaan jo pienet vauvat kykenevät erottamaan pieniä lukumääriä (1-4) toisistaan ei kielellisesti (Butterworth, 2005). Lukumäärien erottelukykyä vauvoilla on tutkittu erilaisten ääni- ja kuvaärsykkeiden avulla. On havaittu, että vauva kiinnittää erityistä huomiota siihen ärsykkeeseen, jossa esitetään hänelle edellisestä ärsykkeestä poikkeavaa lukumäärää (Butterworth, 2005; Izard, Sann, Spelke, & Streri, 2009). Kykyä pienten lukumäärien erottelukykyyn on havaittu myös eläimillä (kts. esim. Rumbaugh, Savage-Rumbaugh, & Hegel, 1987).

Tämä biologinen kyky mahdollistaa lapsen lukukäsitteen kehittymisen pienillä luvuilla. Keskimäärin 2,5 - 3-vuotiaana lapsi oppii luvun yksi (1) tarkoittavan konkreettisesti yhtä asiaa. Sen jälkeen lapsi oppii asteittain lukukäsitteet kaksi ja kolme jne. (Le Corre & Carey, 2007). Pyydettyessä leikki-ikäistä (2-4v) lasta poimimaan tietty määrä esineitä, hän onnistuu siinä sen mukaisesti, kuinka pitkälle hänen lukukäsitteensä on kehittynyt, eli mitkä luvut hän hallitsee (Sarnecka & Lee, 2009). Lukukäsitteen kehittymisen rinnalla lapsi harjoittelee lukujen luettelua. Kolmevuotiaana lapsi luettelee vielä ääneen (eng. counting aloud) alle kymmenen lukusanoja lorumaisesti (yksikaksikolme) ilman matemaattista merkitystä (Fuson, 1988; Le Corre, Van de Walle, Brannon, & Carey, 2006).

Tärkeä edistysaskel lukujonotaitojen kehittämisessä laskemisen työkaluksi on kardinaalisuusperiaatteen ymmärtäminen. Sillä tarkoitetaan lapsen kykyä ymmärtää viimeiseksi sanomansa lukusanan tarkoittavan kaikkien laskettujen objektien lukumäärää (Gelman & Gallistel, 1978). Keskimäärin neljän vuoden ikäisenä lapsi alkaa hallita lukujen kardinaalisuutta pienillä luvuilla (Sarnecka & Carey, 2008) ja kehityksen myötä se yleistyy koskemaan isompia lukuja (Le Corre & Carey, 2007). Kardinaalisuusperiaatteen hallittuaan lapset oppivat laskemisen taidon pienillä lukumäärillä eli mitä tapahtuu kun johonkin lukumäärään lisätään yksi objekti tai kun jostain lukumäärästä vähennetään yksi objekti (Sarnecka & Carey, 2008).

Yhteenvedon voidaan sanoa, että kehityksellisesti numeeriset perustaidot kulkevat aluksi kahtena erillisenä prosessina; ei kielellisenä ja kielellisenä (Le Corre ym., 2006). Synnyntäisen lukumäärien erottelukyvyn avulla pystymme tarkasti määrittämään pieniä lukumääriä ilman laskemista. Harjoittelun ja oppimisen myötä kielellinen lukusymboli automaattisesti yhdistyy vastaamaan ei kielellistä, semanttista lukumäärää (Girelli, Lucangeli, & Butterworth, 2000) ja aluksi vahvasti kielellisestä lukujonosta kehittyä laskemisen työkalu, jonka avulla suurempia lukumääriä voidaan määrittää tarkasti.

Lukujen kielellinen ja ei kielellinen prosessointi

Dehaene on kehittänyt lukujen ja lukumäärien prosessoimisen kolmoiskoodimallin (Dehaene, Piazza, Pinel, & Cohen, 2003). Tämäkin malli pohjaa aikuisilla tehtyihin aivotutkimuksiin. Nimensä mukaisesti numeerisen prosessoinnin oletetaan jakautuvan eri aivoalueilla kolmelle eri systeemille tai koodistolle.

Ensimmäinen, ei kielellinen (eng. quantity system) systeemi aktivoituu, kun ihminen prosessoi lukumääriä ja lukujen suuruuseroja esimerkiksi kummassa kuvassa on enemmän tikkuja tai onko luku 12 suurempi kuin luku 15. Aktivointi tapahtuu sekä symbolisilla (5) että ei symbolisilla ärsykkeillä (viisi tikku). Ei kielellinen, numeerinen systeemi on aktiivinen, kun vaativampia laskutoimituksia, esimerkiksi vähennyslaskuja, prosessoidaan. Ensimmäinen systeemi Dehaenen mallissa on numeerisen prosessoinnin ydin. Mallin *toisessa* systeemissä painottuu lukujen kielellinen prosessointi (eng. verbal system). Kielellinen muisti ja työmuisti ovat aktiivisia numeerisessa työstössä, ja mallin mukaan lukujen prosessointi ei eroakaan muiden ei numeeristen sanojen ja käsitteiden muistiin tallentamisesta tai sieltä hakemisesta. Tarkkojen, numeeristen faktojen työstö tapahtuu kielellisen systeemin avulla kuten esimerkiksi kertolaskujen mieleen painaminen ja muistista palauttaminen. Kielellisen systeemin ei oleteta olevan aktiivinen lukujen suuruuksien likimääräisessä arvioinnissa. Mallin *kolmatta* osaa kutsutaan visuaaliseksi tai spatiaaliseksi systeemiksi (eng. spatial system). Kielellisen systeemin tavoin se on enemmän yleinen, numeeristakin tietoa käsittelevä yksikkö, joka linkittyy sekä kielellisiin että ei kielellisiin lukujen prosessointiin (Dehaene ym., 2003).

Myöhemmissä kirjoituksissaan Dehaene (2011) painottaa mallinsa kahta ensimmäistä osa-aluetta: ei kielellistä (quantity) ja kielellistä (verbal) lukumäärien prosessointia. Pienien lukumäärien ei kielellinen prosessointi on synnyntäistä ja kulttuurista riippumatonta, jonka päälle rakentuu harjoittelun ja opetuksen kautta hankittu lukujen symbolinen prosessointi sekä laskutaito.

Lukujen ymmärtäminen ja mentaalinen lukujono

Kehityksen myötä ihmiselle oletetaan rakentuvan eräänlainen mentaalinen lukujono, jossa luvut sijaitsevat spatiaalisesti ja lineaarisesti pienemmästä suurempaan. Länsimaisissa kulttuureissa, joissa kirjoitussuunta on vasemmalta oikealle, lukujonon ajatellaan esiintyvän mentaalisesti siten, että pienimmät luvut alkavat vasemmalta jatkuen isompiin lukuihin oikealle. Kulttuureissa, joissa kirjoitussuunta on oikealta vasemmalle (esim. hebrean kieli) suuntautuu myös lukujono samansuuntaisesti eli ominaisuus on kulttuurisidonnainen (Shaki & Fischer, 2008).

Dehaenen ym. (2003) mallin mukaan lukujen vertailu tapahtuu mentaalisella lukujonolla. Lukusymbolien vertaus, ainakin kaksinumeroisilla luvuilla, tapahtuu täten symbolien ”takana” olevien ei symbolisten lukumäärien suuruuksien avulla (Dehaene, 2011, s.64). Lukujen ja lukujen suuruusluokan ymmärtämistä voidaan tämän teoreettisen ajattelun pohjalta tutkia esimerkiksi lukujen vertailutehtävällä ja sen ajatellaan nojaavan vahvasti määrälliseen prosessointiin (quantity system). Kehitykselliset näkökulmat poikkeavat Dehaenen mallista siinä mielessä, että niissä mentaalisen lukujonon kehittymisen ajatellaan edellyttävän myös kielellisiä kognitioita. Mentaalisen lukujonon oletetaan rakentuvan ei kielellisten, numeeristen taitojen päälle tai rinnalle (Aster & Shalev, 2007). Mentaalinen lukujono kehittyy lapsella, iän, oppimisen ja harjoittelun myötä, enemmän epätarkasta luvun suuruuspaikan arviosta enemmän tarkemmaksi, lukujonon lineaariseksi hahmottamiseksi (Siegler & Booth, 2004). Peruskoulun 6. luokkalaisen lapsen tapa arvioida luvun sijoittumista (esim. 0-1000) oikein lukujonolla muistuttaa enemmän tarkempaa, aikuisellekin tyypillistä tapaa mieltää mentaalista lukujonoa, kun taas 2. luokkalaisen lapsen kyky arvioida luvun paikkaa lukujonolla on vielä epätarkempaa (Siegler & Opfer, 2003). Tässä tutkimuksessa tarkastellaan lukujen vertailutaidon yhteyttä kielellisiin ja ei kielellisiin numeerisiin taitoihin vertailemalla lukujen suuruusluokkaa ymmärtäviä kielihäiriöisiä (SLI) lapsia niihin lapsiin, joille lukujen suuruusluokan ymmärtäminen on vaikeaa.

Matematiikka ja kognitiiviset taidot

Monet perusmatemaattisten taitojen teorit pohjautuvat aikuisilla tehtyihin tutkimuksiin. Aikuisilla tehtyjä havaintoja ei voida kuitenkaan suoraan sovittaa lapsiin, joilla taidot ovat vasta kehittymässä. Nouseekin kysymys, kuinka matematiikan perustaitoja on aiemmin tutkittu lapsilla ja millaisia tuloksia on saatu. Matematiikan oppimisvaikeuksien ilmiä koskeneissa tutkimuksissa on havaittu, että lapsilla, joilla on vaikeuksia matematiikan opiskelussa, on usein vaikeuksia käyttää

numeerisia faktoja tehokkaasti ja tämän oletetaan olevan kytköksissä semanttiseen muistin ja työmuistin vaikeuksiin. Lisäksi erilaiset laskemisessa käytettävät strategiat ovat kypsymättömiä näillä lapsilla, verrattaessa lapsiin, joilla ei ole vaikeuksia matematiikassa (Geary, 2004). Keskeisiä kognitiivisia taitoja, joita tarvitaan matemaattisessa päättelyssä, ovat työmuisti, spatiaalinen hahmottaminen sekä kielelliset päättelytaidot (Butterworth, 2005).

Erilaiset lähestymistavat ovat tuottaneet ristiriitaisia tutkimustuloksia siitä, onko lasten matemaattisten vaikeuksien taustoilla spesifejä, juuri numeerisen informaation käsittelyyn liittyviä tekijöitä vai johtuuko matematiikan vaikeudet yleisistä tai erityisistä kognitiivisista vaikeuksista. Komorbiditeetti tutkimuksissa tarkastelua on tehty vertaamalla lapsia, joilla on matematiikan oppimisvaikeuksien lisäksi pulmia myös lukemisen ja kirjoittamisen taidoissa, niihin lapsiin, joilla on ainoastaan matematiikan vaikeuksia (Landerl, Bevan, & Butterworth, 2004; Rousselle & Noël, 2007).

Matematiikka ja lukivaikeus

Rousselle ja Noël (2007) tutkivat 2. luokkalaisten lasten matematiikan oppimisvaikeuksia ja lukujen vertailukykyä yksinumeroisilla luvuilla (1-9). Tutkimusjoukossa oli lapsia joilla oli vaikeuksia ainoastaan matematiikassa ja lapsia joilla oli sekä lukivaikeutta että matemaattista pulmaa. Päättökäytännön tuloksena oli, että lapsille, joilla oli vaikeuksia matematiikassa, oli kontrolliryhmää vaikeampaa suoriutua symbolisten lukujen vertailutehtävästä sekä nopeuden että tarkkuuden suhteen. Tehtävässä, jossa lukumääriä vertailtiin ei symbolisilla luvuilla (puutikkuja), ei ryhmien välistä eroa tullut esille. Lasten lukivaikeus ei erotellut ryhmiä toisistaan eli tutkimustuloksena pidettiin lukivaikeuden olevan riippumaton matematiikan vaikeuksista. Tutkijat tekivät johtopäätöksen, että matematiikan vaikeudet eivät niinkään ole kytköksissä ei kielelliseen, lukumäärien ymmärtämiseen vaan vaikeudet liittyvät symbolisten lukujen kanssa prosessoimiseen.

Lander kollegoineen (2004) puolestaan tutkivat 8-9 -vuotiaiden lasten matematiikan perustaitoja sekä lasten kognitiivisia taitoja. Tutkimusjoukko sisälsi lapsia, joilla oli vaikeuksia ainoastaan matematiikassa sekä ryhmän lapsia joilla esiintyi lukivaikeutta ja lapsia, joilla oli sekä lukivaikeutta että matematiikan oppimisvaikeuksia. Päättökäytännön tuloksena oli, että lasten yleiset päättelytaidot ja kognitiiviset osataidot eivät selittäneet lapsilla esiintyviä vaikeuksia matematiikassa vaan selittäväenä tekijänä oli erityinen vaikeus numeerisessa prosessoinnissa. Lukumäärienvertailu yksinumeroisilla luvuilla oli hitaampaa, mutta ei virheellisempää, matematiikan vaikeuksia omaavilla lapsilla kuin kontrolliryhmällä. Tutkijat totesivat, että lapsille, joilla on erityistä

matemaattista vaikeutta, eivät luvut ja numerot anna samaa merkitystä, kuin lapsille, joilla tätä erityisvaikeutta ei ole. Lukivaikeus voi kuitenkin osittain hankaloittaa tiettyjen matematiikan taitojen kehittymistä. Lapset, joilla oli lisäksi lukivaikeutta, suoriutuivat osista lukujonotehtäviä puhtaita matematiikan vaikeuksia omaavia lapsia heikommin.

Kielellinen erityisvaikeus ja numeeriset perustaidot

Toisena lähestymistapana matematiikan taitojen kehitykseen vaikuttavista tekijöistä on tutkia matematiikan taitoja lapsilla, joilla on tietyn tyyppistä kognitiivista pulmaa, kuten kielen kehityksen erityisvaikeutta. Voidaan tarkastella vaikuttaako kehityksellinen, kielellinen erityisvaikeus matemaattisten taitojen kehittymiseen ja onko kielellisillä kognitioilla yhteyttä numeeristen osataitojen oppimiseen? Aikaisemmissa kielellistä erityisvaikeutta ja matematiikkaa käsittelevissä tutkimuksissa tulokset ovat olleet tiettyjen matematiikan osataitojen suhteen hyvin johdonmukaisia, kun vastaavasti toisten osataitojen suhteen tulokset ovat olleet ristiriitaisia. Esimerkiksi lukujonotaitojen tai peruslaskutaidon on systemaattisesti osoitettu kehittyvän ikätovereihin nähden heikommin lapsilla, joilla kielellinen erityisvaikeus. Sen sijaan kielen kognitioiden merkityksestä esimerkiksi lukujen suuruusluokan ymmärtämiseen on saatu ristiriitaisia tuloksia (Donlan, Cowan, Newton, & Lloyd, 2007; Koponen, Mononen, Räsänen, & Ahonen, 2006).

Kielellinen erityisvaikeus diagnoosina tarkoittaa, että lapsella on todettu ei kielellisten kognitiivisten taitojen olevan normaalisti kehittyneitä kielellisen kehityksen ja toimintakyvyn ollessa häiriintynyttä. Tautiluokitus ICD-10:n mukaisesti (Stakes, 1999) kielellinen erityisvaikeus (eng. specific language impairment eli SLI) voi esiintyä kielellisen ymmärtämisen tai tuottamisen vaikeutena tai molempina yhtä aikaa ja vaikeusaste vaihtelee lievästä vaikeaan. Erityisen kielellisen vaikeuden ja lukivaikeuden taustoilla löytyy osittain samoja vaikuttavia tekijöitä, mutta lapsilla, joilla on kielellinen erityisvaikeus, kielelliset vaikeudet ovat laaja-alaisempia (Bishop & Snowling, 2004). Suomalaisen Käypä hoito -suosituksen (Lasten ja nuorten kielellinen erityisvaikeus: Käypä hoito –suositus, 2008) mukaisesti virallinen diagnostinen käsite erityisille kielellisille vaikeuksille on kielellinen erityisvaikeus. Tässä tutkimuksessa, tutkimustekstin sujuvuuden vuoksi, kielellisen erityisvaikeuden rinnalla käytetään myös käsitteitä SLI ja kielihäiriö.

Donlan ym. (2007) tutkivat 8-vuotiaiden, SLI lasten matematiikan taitoja ikä- ja kielikontrolliasetelman avulla. SLI lapset suoriutuivat lukujonotaitoa mittaavissa tehtävissä ikäisiään, ei kielihäiriöisiä lapsia heikommin. Fazion (1999) SLI lasten matematiikan taitojen pitkittäistutkimuksessa tuli esille samanlaisia lukujonotaitojen oppimisen vaikeuksia. Sen sijaan

Donlanin, Bishopin ja Hitchin tutkimuksessa (1998) 7-8 -vuotiaiden SLI lasten lukujenvertailutaidot, yksi ja kaksinumeroisilla luvuilla, eivät eronneet kielikontrolliryhmän taidoista ja kyseisen perusnumeerisen taidon yhteyttä kielen kognitioihin ei silloin todennettu.

Donlanin ym. myöhemmässä tutkimuksessa (2007) lapset, joilla oli kielellinen erityisvaikeus, olivat ikäisiään heikompia ymmärtämään lukujen suuruusluokkaa. Lisäksi lukujonotaidot olivat yhteyksissä sekä peruslaskutaitoihin että lukujen suuruusluokan tai kuten Donlan kollegoineen määrittellee, lukujen paikka-arvon ymmärtämiseen (lukujen vertailu tehtävä, 2-5 numeroisia lukuja). Tutkijat (Donlan ym. 2007) tekivät johtopäätöksen, että tietyt perusnumeeriset taidot ovat kielen kognitioista riippuvaisia. Suomalaisessa, kielellinen erityisvaikeus ja matematiikkaa tarkastelevassa tutkimuksessa (Koponen, Mononen, Räsänen, & Ahonen, 2006) ilmeni, että tietyt kielen kognitiot olisivat yhteyksissä perusnumeerisiin taitoihin. Vertailua tehtiin SLI lasten ja kontrolliryhmien (kielitaso ja opetustaso) välillä. Tarkasteltaessa lapsiryhmien välisiä eroja sekä matemaattisten (laskutaidot, kielellinen/ei kielellinen numeerinen päättely) että eri kognitiivisten osataitojen osalta, havaittiin 9-11-vuotiaiden SLI lasten selviävän samalla kielitasolla (esikouluikäiset lapset) olevia lapsia paremmin peruslaskutehtävistä (yhteen/vähennys) sekä ei kielellisistä numeerisista päättelyä vaativista tehtävistä. SLI lapset olivat hitaampia laskijoita kuin samalla opetustasolla (2-3 lk) olleet kontrolliryhmäläiset. Myös aikaisemmissa kielihäiriöisillä lapsilla tehdyissä tutkimuksissa hitaus laskutaidoissa on ollut erottelvana tekijänä tutkittavien ja kontrolliryhmän välillä (Fazio, 1999). Koponen kollegoineen (2006) havaitsivat, että aikaisemmin ei kielellisenä taitona pidetty, lukujen suuruus- tai paikkaluokan arviointi moninumeroisilla luvuilla (lukujen vertailu tehtävä, 2-5 lukua) toi esille taitoeroja eri ryhmien välillä. Tästä tehtävästä SLI lapset suoriutuivat tilastollisesti merkitsevästi opetusokontrolliryhmää heikommin eli kielihäiriön oletettiin vaikuttavan suoriutumiseen. Tutkimustulos kyseenalaisti lukujen suuruusluokan ymmärtämisen olevan täysin ei kielellisen numeerisen taidon.

Edellä mainituissa sekä lukivaikeuden ja matematiikan yhteyttä että kielellisen erityisvaikeuden ja matematiikan yhteyttä arvioivissa tutkimuksissa, on kielellisten kognitioiden todettu vaikuttavan ainakin osittain erilaisten numeeristen taitojen oppimiseen. Lukujen suuruusluokan ymmärtämisen osalta havainnot ovat olleet ristiriitaisia ja kielellisten kognitioiden yhteyttä lukujen suuruusluokan eli lukujen paikka-arvon hallintaan on täten tärkeää tarkastella lisää.

Tämä tutkimus

Aikaisemmissa kielellinen erityisvaikeus ja matematiikka -tutkimuksissa kohderyhmänä ovat olleet pääosin alle kouluikäiset ja peruskoulun alaluokkia käyvät lapset (Cowan, Donlan, Newton, & Lloyd, 2005; Donlan ym., 2007; Koponen ym., 2006). Sen sijaan yläkouluikäisillä matematiikan perustaitojen ja kielellisen erityisvaikeuden yhteyttä ei ole tutkittu. Mielenkiintoinen tutkimuskysymys on, että kun lapset, joilla on kielellinen erityisvaikeus, ovat saaneet matematiikan opetusta useamman vuoden ajan, kuinka he hallitsevat lukujen suuruusluokkaa moninumeroisilla luvuilla?

Tässä suomenkielisillä lapsilla tehdyssä tutkimuksessa tarkasteltiin yläkouluikäisten (12-16 v), lasten, joilla on kielellinen erityisvaikeus, lukujen suuruusluokan ymmärtämistä ja kuinka eri numeeriset ja kognitiiviset taidot olivat yhteydessä lukujen suuruusluokan ymmärtämiseen. Kognitiivisista taidoista tarkasteltiin erityisesti kielellistä ymmärtämistä, kielellistä työmuistia ja visuaalista päättelyä sekä visuospatiaalista hahmottamista. Tässä tutkimuksessa numeerisilla taidoilla tarkoitettiin lukujen suuruusluokan eli luvun paikka-arvon ymmärtämistä moninumeroisilla luvuilla, lukujen suuruuden vertailua yksinumeroisilla luvuilla, lukujonotaitoja, lukujen ääneen lukemista sekä lukujen tuottamista kirjoittamalla. Tässä tutkimuksessa keskityttiin nimenomaan lukujärjestelmätaitoihin (McCloskeyn malli, kuvio1).

Koska kyseessä oli ryhmän sisäinen tarkastelu, varsinaista kontrolliryhmää ei käytetty. Kielihäiriön vuoksi, ikäkontrolliryhmän käyttö matematiikan perustaitoja tarkasteltaessa ei ole mielekäästä, koska näiden taitojen oletetaan olevan hallinnassa jo ennen yläkouluikää. Tässä tutkimuksessa arvioitavien matematiikan perustaitojen oletetaan olevan hallinnassa arvioidulla lukualueella peruskoulun 3-4. luokan aikana ja tutkimuksessa käytetty vertailuaineisto vahvisti tämän oletuksen. Tästä syystä tutkimusjoukon suoriutumista lukujen suuruusluokan ymmärtämistä arvioivasta tehtävästä (moninumeroisten lukujen vertailu) verrattiin ei kielihäiriöisten, 3. luokkalaisten lasten suoriutumiseen eikä vertausta tehty ikäverrokkeihin. Tutkimusjoukko jaettiin eri taitotasoryhmiin (Hallitsee ja Hallitsee heikosti) sen mukaan, kuinka hyvin he hallitsivat vertailun moninumeroisilla luvuilla ja tarkasteltiin missä määrin eri numeeriset ja kognitiiviset muuttujat selittivät eri taitotasoryhmiin kuulumista.

Tutkimuskysymykset

- 1.** Kuinka hyvin 12 - 16 -vuotiaat lapset, joilla on kielellinen erityisvaikeus (SLI), hallitsevat lukujen suuruusluokkaa verrattaessa peruskoulun 3. luokkalaisten lasten keskivertosuoriutumiseen?
- 2.** Mitkä a) numeeriset taidot b) kielelliset kognitiot c) ei kielelliset kognitiot ovat yhteydessä lukujen suuruusluokan hallintaan 12 - 16 -vuotiailla SLI lapsilla?
- 3.** Missä määrin eri numeeriset ja kognitiiviset muuttujat selittävät 12-16 -vuotiaiden SLI lasten kuulumista eri ryhmiin (hallitsee/ hallitsee heikosti) lukujen suuruusluokan hallinnan suhteen?

TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

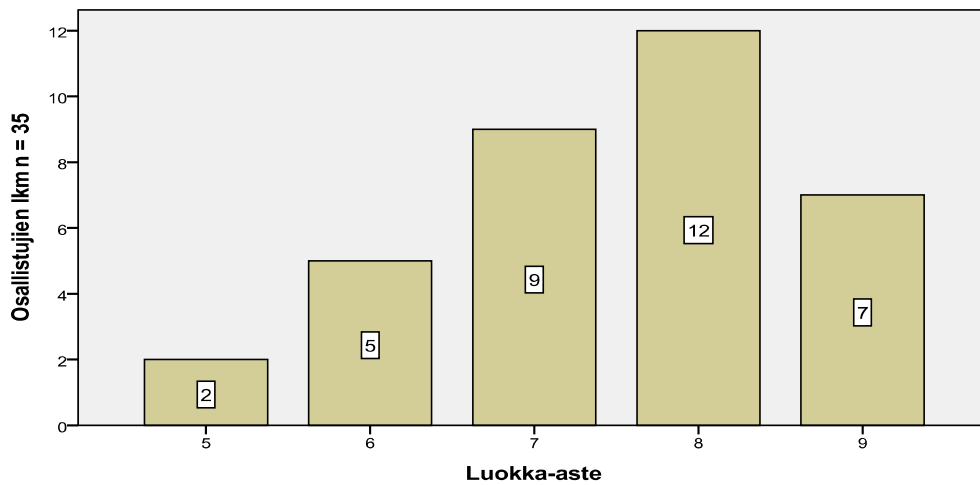
Osallistujat

Tähän tutkimukseen valitut henkilöt olivat osana suurempaa tutkimusjoukkoa (n=108), joka osallistui Matematiikka ja kielellinen erityisvaikeus –tutkimukseen (MaKi, Koponen, 2009-2011). Tutkimukseen osallistui kolmekymmentäviisi (35), 12-16 -vuotiasta, suomenkielistä lasta (21 poikaa, 14 tyttöä, ikä ka=14.5 v ja kk, vaihteluväli 12.08-16.58 v ja kk.), joilla kaikilla oli diagnosoitu kielellinen erityisvaikeus eli SLI. Suomessa on käytössä kansainvälinen tautiluokitus, ICD-10 (Stakes, 1999), jonka mukaan lastenlääkäri, neurologi tai foniatri on tehnyt kielellinen erityisvaikeus -diagnoosin. Tutkimusjoukko oli heterogeeninen ja suurimmalla osalla ryhmää oli sekä kielellisen ymmärtämisen että kielellisen tuottamisen erityisvaikeutta. Kaikilla lapsilla oli henkilökohtainen opetuksen järjestämistä koskeva suunnitelma eli HOJKS ja matematiikassa yksilölliset tavoitteet.

Valintakriteereinä tutkimukseen osallistumiselle olivat, että lapset olivat opiskelleet matematiikkaa vähintään peruskoulun 3. luokan syyslukukauden tavoitteiden mukaisesti ja oppimateriaali vastasi vähintään 3. luokan opetussuunnitelmaa. Oletuksena oli, että kaikki tutkimusjoukon lapset olivat opiskelleet matematiikkaa peruskoulussa vähintään nelinumeroisilla luvuilla (1000 jne.) Valintakriteereiden pohjalta tutkimusjoukon tulosta moninumeroisten lukujen vertailutehtävässä verrattiin peruskoulun yleisopetuksen, 3. luokan oppilailta (n=138) saatuihin vastaavan tehtävän keskivertotuloksiin. Vertailuryhmän 3. luokan lapsilla ei esiintynyt kielellistä erityisvaikeutta.

Kielihäiriöisten lasten matematiikan oppimistavoitteiden tasot, opettajien arvioimana, vaihtelivat kolmannesta luokasta seitsemänteen luokkaan (ka: 4.47, Md: 4.0). Kaikki osallistujat opiskelivat samassa, erityistä tukea oppimisessaan tarvitseville lapsille tarkoitettussa erityisoppilaitoksessa. Lasten peruskoulun luokkataso vaihteli viidennestä luokasta yhdeksänteen luokkaan (Taulukko 1.).

Taulukko 1. Tutkimusjoukko peruskoulun luokka-asteittain



Tutkimuksen kulku

Tutkimusaineisto kerättiin syys- ja lokakuussa 2009. Vertailuryhmän (3 lk.) tulokset moninumeroisten lukujen vertailutehtävästä kerättiin Keski- ja Itä-Suomesta 3. luokan syyslukukauden loppupuolella (marraskuu 2009 - tammikuu 2010).

SLI lasten taitoja arvioitiin, sekä yksilö- että ryhmätilanteissa, oppilaiden omassa koulussa. Tutkija teki lasten yksilölliset, kognitiiviset tutkimukset (1x45 min). Lukujen lukemista ja lukujonotaitoja arvioivat tehtävät teetettiin yksilöllisesti ja lukujen kirjoittamisen tehtävät 6-8 oppilaan ryhmässä (1x15 min). Lukujen vertailunopeutta yksinumeroisilla luvuilla (2-9) sekä lukujen suuruusluokan ymmärtämistä useampinumeroisilla luvuilla mitattiin tietokonepohjaisten ryhmätehtävien avulla (1x15 min). Ryhmissä oli 5-8 lasta kerrallaan. Tutkija ja yksi avustaja (opettaja tai ohjaaja) seurasivat arviointitilannetta ja varmistivat, että jokainen lapsi ymmärsi annetut ohjeet oikein. Tietokonepohjaisissa tehtävissä ohjeet annettiin kuulokkeiden välityksellä ja tehtävät näkyivät tietokonenäytöllä. Jokaisessa tehtävässä näytettiin ensin esimerkki, jonka jälkeen seurasi kolme harjoitustehtävää. Vastaukset annettiin hiiren avulla tai näppäimistöä painamalla.

Käytetyt menetelmät

Numeeriset perustaidot

Lukujen vertailutaitoa tutkittiin kolmella eri tietokonepohjaisella tehtävällä. Tehtävät teetettiin Neure-ympäristössä (www.edu.fi/oppimateriaalit/neure).

Lukujen vertailu moninumeroisilla luvuilla (1-5 lukuyksikköä). Kyseessä oli tehtävä, jolla arvioitiin lapsen ymmärrystä lukujen suuruudesta. Tehtävässä ei ollut aikarajoitetta. Tietokonenäytöllä esitettiin samanaikaisesti neljä, arabialaisin numeroin kirjoitettua lukua (esimerkiksi 205-304-502-403), joista lapsen tuli valita suurin luku. Tehtävä koostui kolmesta harjoitustehtävästä ja 20 testitehtävästä. Harjoitustehtävien aikana tietokone antoi palautteen vastauksen oikeellisuudesta ja lapsi eteni harjoitustehtävässä sen jälkeen, kun oli löytänyt oikean luvun. Tutkittava valitsi luvun klikkaamalla sitä hiirellä, jonka jälkeen hän hyväksyi valintansa klikkaamalla näytöllä näkyvää ”OK”-painiketta. Testitehtävä keskeytyi kolmen, peräkkäisen virhevastauksen jälkeen. Oikeasta vastauksesta sai yhden pisteen. Maksimipistemäärä oli 20 pistettä. Tehtävä oli sama sekä kielihäiriöisillä että 3. luokan vertailuryhmään kuuluvilla lapsilla.

Lukujen vertailun nopeus yksinumeroisilla luvuilla (1-9). Tehtävällä arvioitiin lapsen kykyä reagoida nopeasti näytöllä näkyviin yksinumeroisiin lukuihin ja valita niistä suurin. Vastaukset annettiin läpsäyttämällä kädellä näppäimistön vasenta tai oikeaa puolta, riippuen kummalla puolella näyttöruutua isompi luku kahdesta esimerkkiluvusta sijaitisi. Tehtäviä oli yhteensä 30. Muuttuja-analyyseja varten tehtävässä käytettiin kontrollitehtävänä lasten perusreaktioaikaa mittaavaa tehtävää, jossa vastaustapa oli identtinen lukujen vertailutehtävän kanssa. Kontrollitehtävässä lasta pyydettiin läpsäyttämään näppäimistön sitä puolta, josta jompikumpi tehtävän animaatiohahmoista (Saku ja Late) kurkkasi. Saku ilmestyi aina näyttöpäätteen vasemmalle puolelle ja Late ilmestyi näyttöpäätteen oikealle puolelle. Muuttujana käytettiin näiden kahden muuttujan välistä aikaeroa siten, että lukujen vertailun (1-9) oikeiden vastausten mediaaniajasta vähennettiin kontrollitehtävän oikeiden vastausten mediaaniaika. Aika mitattiin millisekunnin tarkkuudella.

Lukujen kirjoittaminen (lukujen tuottaminen). Lapsen tehtävänä oli kirjoittaa tutkijan ääneen sanoma luku arabialaisin numeroin paperille (esim. 8, 103, 770, 5505, 11 060). Luku sanottiin tarvittaessa lapselle uudestaan. Tehtävä koostui 2 harjoitustehtävästä sekä 20 testitehtävästä. Maksimipistemäärä oli 20 pistettä. Lukujen kirjoittaminen tehtiin ryhmätehtävänä ilman aikarajoituksia.

Lukujen lukeminen (lukujen tuottaminen). Tutkittava luki ääneen paperiarkille kirjoitettuja, arabialaisia numeroita (esim. 9, 30, 275, 12 018) ja tutkija kirjoitti lapsen sanomat luvut paperille. Tehtävä sisälsi 20 lukua ja maksimipistemäärä oli 20 pistettä.

Lukujonotaidot eli lukujen eteen- ja taaksepäin luetteleminen (lukujen tuottaminen). Tehtävä koostui viidestä eri osa tehtävästä. Kaksi tehtävää mittasi lukujonossa eteenpäin etenemistä eli ääneen luettelua pienemmästä luvusta suurempaan. Kahdessa osatehtävässä mitattiin etenemistä lukujonossa taaksepäin, suuremmasta luvusta pienempään. Viides osio sisälsi lukujonoon liittyviä kysymyksiä. Tehtävissä ei ollut aikarajoitetta, vain oikeat vastaukset laskettiin.

Lukujono eteenpäin tehtävissä lasta pyydettiin luettelemaan lukuja aloitusnumerosta eteenpäin (esim. luvusta 3, 8 ja 12). Jokaisesta oikeasta, 4-5 luvun lukujonoluettelusta, sai yhden pisteen. Seuraavaksi lasta pyydettiin luettelemaan lukuja eteenpäin tietyltä pätkältä lukujonoa (25-32, 92-110, 995-1010). Jokaisesta onnistuneesta kymmenylityksestä (esim. ...99, 100, 101...) sai lisäpisteen, eli osioiden maksimipistemäärä vaihteli yhdestä kahteen.

Lukujono taaksepäin tehtävässä ohjeet olivat samat kuin lukujono eteenpäin osioissa. Osio sisälsi moninumeroisia lukuja (esim. 206-195, 1007-996). Jokaisesta onnistuneesta kymmenylityksestä sai yhden pisteen. Kahden perättäisen virhevastauksen jälkeen lopputehtäviä ei teetetty. Jos lukujono eteenpäin -tehtävissä tuli kaksi peräkkäistä virhettä, sai lapsi kokeilla alkutehtäviä lukujono taaksepäin -osiosta.

Viides tehtävä muodostui kolmesta, suullisesti teetetystä osiosta. Lapsi vastasi seuraaviin kysymyksiin; Mikä luku tulee juuri ennen lukua kymmenen tuhatta, Mikä luku tulee juuri ennen sataa tuhatta ja Mikä luku tulee juuri ennen yhtä miljoonaa? Tehtävän ymmärtäminen varmistettiin harjoitustehtävällä, jossa kysyttiin, mikä luku tulee juuri ennen lukua kymmenen. Lukujonotehtävien maksimipistemäärä oli yhteensä 22 pistettä.

Kognitiiviset taidot

Yleistä, ei kielellistä päättelykykyä arvioitiin kansainvälisesti tunnetulla Ravenin testillä (Raven's Coloured Progressive Matrices; Raven, 1993). Lapsen tehtävänä oli valita kuuden kuvion sarjasta se kuvio, joka täydensi kuvamatriisin puuttuvaa osaa. Jokaisesta oikeasta vastauksesta sai yhden pisteen. Tehtävien maksimipistemäärä oli 36 pistettä. Testistä ei löydy suomalaista normitusta 12 - 16 - vuotiaalle lapsille, joten standardipistemääriä ei laskettu.

Kielellistä päättelykykyä arvioitiin kansainvälisellä, PPVT testillä (Peabody Picture Vocabulary Test; Dunn & Dunn, 1981). PPVT mittaa lapsen kielellistä ymmärtämistä ja passiivista sanavarastoa kuvallisten tehtävien avulla. Testissä ei vaadita kielellistä tuottamista. Lapsen tehtävänä oli yhdistää kuulemansa sana oikeaan kuvaan eri kuvavaihtoehtoista. Tutkimuksessa käytettiin PPVT:n lyhennettyä versiota, joka on kehitetty Lapsen kielen kehitys ja familiaalinen dysleksiariski -tutkimusaineiston pohjalta (Lyytinen, Aro, Eklund, Erskine, Guttorm, Laakso, Leppänen, Lyytinen, Poikkeus, Richardson & Torppa 2004; Lyytinen, Erskine, Tolvanen, Torppa, Poikkeus & Lyytinen 2006). Testin maksimipistemäärä oli 30 pistettä.

Kielellisistä osakognitioista katsottiin kielen yläkäsitteiden hallintaa (Samankaltaisuudet, WISC III; Wechsler, 1991), kielellistä syntaksia lauserakenteiden ymmärtämisen kautta (NEPSY; Korkman, Kirk, & Kemp, 1997) sekä lyhytkestoista, auditiivista, kielellistä työmuistia kahden eri mittarin avulla (Numerosarjat eteen- ja taaksepäin, WISC III; Wechsler, 1991 ja Sanalistat, NEPSY II, Korkman, Kirk, & Kemp, 2008). Ei-kielellistä kognitiota tutkittiin visuospatiaalista hahmottamista vaativan osatestin avulla (Palikkarakennelmat, NEPSY II, Korkman ym., 2008). Osatehtävistä tarkasteltiin tehtävien raakapistemääriä (kts. tarkemmin Taulukko 2).

Muuttujat

Tutkimuksessa *riippuvana* muuttuja oli moninumeroisten lukujen suuruusluokan ymmärtäminen. *Riippumattomana, ei-kielellisenä* kognitiivisena muuttujana oli visuospatiaalinen hahmottaminen. *Riippumattomina, kielellisinä* kognitiivisina muuttujina tutkimuksessa käytettiin kielellistä lauseiden ymmärtämistä, kielellistä yläkäsitteiden hallintaa sekä kielellistä muistia sekä numerosarjojen toiston että sanalistojen muistamisen muodossa. *Riippumattomina numeerisina* muuttujina olivat lukujen vertailu pienillä luvuilla, lukujonotaidot sekä lukujen lukeminen ja lukujen kirjoittaminen. *Taustamuuttujina* olivat lasten ikä ja sukupuoli sekä ei kielellinen, yleinen päättely että kielellinen sanavaraston hallinta.

Aineiston analyysimenetelmät

Aineiston tilastollinen käsittely tehtiin SPSS 19.0 for Windows-ohjelmistolla.

Aluksi verrattiin 12-16 -vuotiaiden SLI lasten lukujen suuruusluokan ymmärtämistä 3. luokkalaisten lasten, joilla ei ollut kielellinen erityisvaikeus, lukujen ymmärtämisen taitoon moninumeroisten lukujen vertailutehtävän avulla. Kolmasluokkalaisten lasten keskitulos moninumeroisten lukujen vertailutehtävässä otettiin vertailuarvona käyttöön. Vertailuarvon pohjalta

kielihäiriöiset lapset jaettiin tutkimuksessa eri taitotasoryhmiin; Hallitsee ja Hallitsee heikosti lukujen suuruusluokkaa. Seuraavaksi tarkasteltiin mitkä numeeriset ja kognitiiviset tekijät olivat yhteydessä kielihäiriöisten lasten kuulumiseen eri taitotasoryhmään lukujen suuruuksien ymmärtämisessä. Koska riippumattomat muuttujat eivät olleet normaalisti jakautuneita ja koska tutkimusjoukko oli otokseltaan pieni, muuttujien yhteyttä riippuvaan muuttujaan analysoitiin parametrittoman Mann Whitney U testin avulla. Lisäksi tutkittiin logistisen regressioanalyysin avulla, missä määrin ryhmiä erottelevat muuttujat selittivät ja ennustivat lasten jakautumista eri taitotasoryhmiin lukujen suuruusluokan ymmärtämisen suhteen.

TULOKSET

Lukujen suuruusluokan ymmärtäminen

Aluksi tarkasteltiin lasten saamia tuloksia moninumeroisten lukujen vertailutehtävästä eli kuinka hyvin SLI lapset osasivat valita moninumeroisista luvuista suurimman luvun. 12-16 -vuotiaiden SLI lasten tuloksia (ka 16.60, kh = 3.05, min = 11, max = 20) verrattiin yleisopetuksen, 3. luokan oppilaiden keskitasoon (ka 16.70, kh = 2.57, min = 9, max = 20). Tuloksia tarkasteltiin suhteellisen frekvenssijakauman avulla. Persentiililuvun 50, eli 3.luokkalaisten keskivertosuoriutumisen, saavutti 18 pisteellä. 15 pisteen tai sen alle jäävällä tuloksella jäi suorituksestaan heikompaan neljännekseen (persentiili 25) eli moninumeroisten lukujen vertailutehtävässä SLI lapsi teki enemmän virheitä kuin 3. luokkalainen lapsi keskimäärin.

SLI lapset jaettiin kolmeen ryhmään 3.luokan vertailuarvojen perusteella. Ensimmäisen ryhmän muodosti lapset (n=19, 54.3 %), jotka hallitsivat lukujen vertailun moninumeroisilla luvuilla eli he suoriutuivat tehtävästä vähintään 3.luokkalaisten lasten keskitulosta vastaavasti (18-20 p). Toiseen ryhmään sijoittui ne SLI lapset (n= 11, 31.4 %), joille moninumeroisten lukujen vertailu tuotti vaikeuksia eli hallitseminen oli heikkoa. Heidän tulos jäi kolmasluokkalaisten suoritukseen verrattaessa selvästi heikommaksi (15 p. tai sen alle). Kolmannen ryhmän muodosti lapset (n= 5, 14.3 %), jotka selviytyivät lukujen vertailutehtävästä lähes 3. luokan keskitulosta vastaavasti (16-17 p.). Tilastollisia analyyseja varten haluttiin käyttää niin sanottua puhdasta ryhmäjakoa, joten jatkoanalyyseihin valittiin kaksi erilaista taitotasoryhmää seuraavasti; ryhmä joka *hallitsee* (n=19) ja ryhmä, joka *hallitsee heikosti* (n=11) lukujen suuruusluokkaa verrattuna kolmasluokkalaisten tyypilliseen osaamiseen. Taulukossa 2 on kuvailtu näiden kahden eri taitotasoryhmän saamat tulokset numeerisista ja kognitiivisista tehtävistä.

Taulukko 2. Muuttujien raakapistemäärät tasoryhmittäin esiteltyinä.

	maks rp ^a	Hallitsee (18-20p)				Hallitsee heikosti (0-15p)			
		n	ka	kh	Md	n	ka	kh	Md
Ikä (vuosi ja kk)		19	14.47	1.29	14.33	11	14.77	1.12	14.75
Luokka-aste		19	7.37	1.07	8.00	11	7.73	1.01	8.00
Raven	36	19	31.21	3.85	31.00	11	30.09	3.14	31.00
PPVT	30	19	24.79	3.10	25.00	11	23.27	4.03	23.00

	maks rp ^a	Hallitsee (18-20p)				Hallitsee heikosti (0-15p)			
		n	ka	kh	Md	n	ka	kh	Md
Lukujen vertailu moninumeroiset	20	19	18.89	.81	19.00	11	12.64	1.75	12.00
Lukujen (1-9) nopea vertailu, (aika) ms ^b		19	253.47	138.78	250.00	11	289.73	233.59	257.00
Lukujonotaidot	22	18	19.39	2.70	19.00	11	14.09	4.46	12.00
Lukujen lukeminen	20	18	18.83	1.72	20.00	9	12.78	6.87	16.00
Lukujen kirjoittaminen	20	16	19.06	1.73	20.00	10	11.60	5.74	9.00
Samankaltaisuudet	35	19	14.95	4.05	15.00	11	11.73	3.50	12.00
Lauseiden ymmärtäminen	21	19	15.05	3.06	16.00	11	12.27	4.76	14.00
Numerosarjat eteenpäin	16	19	6.05	1.39	6.00	11	5.36	1.43	5.00
Numerosarjat taaksepäin	14	19	3.95	1.47	4.00	11	3.27	1.27	3.00
Sanalistat	60	19	28.89	4.67	29.00	11	25.54	5.71	25.00
Palikkarakennelmat	28	19	20.63	3.06	20.00	10	21.10	4.72	21.00

a= Muuttujien maksimi raakapistemäärät

b= Reaktioaika korjattu eli vertailun oikeiden vastausten nopeuden mediaanista on vähennetty perusreaktioajan oikeiden vastausten nopeuden mediaani.

Hallitsee- ja Hallitsee heikosti- ryhmien välisiä eroja sukupuolen suhteen tutkittiin ristiintaulukoinnilla ja χ^2 - yhteensopivuustestin avulla. Tässä käytettiin Fisherin testiä, koska yhdessä solussa oli alle 5 havaintoa. Ryhmien välisiä eroja yleisessä ei-kielellisessä päättelyssä ja kielellisessä ymmärtämisessä sekä eroja iän suhteen tutkittiin parametrittoman Mann-Whitneyn U-testin avulla.

Tuloksissa tuli esille sukupuoliero (kts. Taulukko 3). Hallitsee- ryhmässä on tilastollisesti merkitsevästi enemmän poikia kuin tyttöjä ja Hallitsee heikosti- ryhmässä on suhteessa enemmän

tyttöjä kuin poikia ($p < .05$, Fisherin Exact test). Ikä, yleinen ei-kielellinen päättely tai kielellinen ymmärtäminen eivät erotelleet ryhmiä toisistaan.

Taulukko 3. Sukupuolieron ristiintaulukointi.

	Hallitsee	Hallitsee heikosti	Yhteensä
Poika	14 (82.4 %)	3 (17.6 %)	17 (100.0 %)
Tyttö	5 (38.5 %)	8 (61.5 %)	13 (100.0 %)
Yhteensä	19 (63.3 %)	11 (36.7 %)	30 (100.0 %)

Numeeristen taitojen sekä kielellisten että ei kielellisten kognitioiden yhteys lukujen suuruusluokan hallintaan

Ryhmien välisiä eroja **numeeristen taitojen** suhteen tutkittiin parametrittoman Mann-Whitneyn U-testin avulla (kts. Taulukko 4).

Taulukko 4. Numeeristen taitojen erot tasoryhmittäin.

	Hallitsee			Hallitsee heikosti			U	Z	p
	n	Mean Rank	Sum of Ranks	n	Mean Rank	Sum of Ranks			
Lukujen lukeminen	18	16.22	292.00	9	9.56	86.00	41.00	-2.19	$p < .05$
Lukujen kirjoittaminen	16	16.97	271.50	10	7.95	79.50	24.50	-3.13	$p < .01$
Lukujonotaidot	18	18.67	336.00	11	9.00	99.00	33.00	-2.99	$p < .01$
Lukujen (1-9) nopea vertailu	19	15.63	297.00	11	15.27	168.00	102.00	-.11	ns

Mean rank = järjestyslukujen keskiarvo ja Sum of Rank = järjestyslukujen summa

Ryhmien välillä ilmeni tilastollisesti merkitsevää eroa sekä lukujen lukemisen, lukujen kirjoittamisen että lukujonotaitojen osalta. Ryhmätasolla tarkasteltuna ryhmät erosivat siten, että Hallitsee hyvin -ryhmä oli taitavampi lukemaan 1 - 5 numeroisia lukuja ääneen ja kirjoittamaan saneltuja lukuja oikein sekä teki vähemmän virheitä lukujonotaitoa vaativissa tehtävissä kuin Hallitsee heikosti -ryhmä.

Kielellisten ja ei-kielellisten kognitioiden yhteyttä moninumeroisten lukujen vertailutaitoon tarkasteltiin samoin parametrittomalla Mann-Whitneyn U testillä. Tuloksissa ilmeni (kts. Taulukko 5), että ryhmät erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi samankaltaisuudet tehtävässä siten, että Hallitsee -ryhmä suoriutui tehtävästä Hallitsee heikosti -ryhmää paremmin. Numerosarjojen toisto ja sanalistat kielellisinä muisti- ja työmuistitehtävinä sekä lauserakenteiden ymmärtäminen eivät erotelleet ryhmiä toisistaan. Visuospatiaalinen hahmottaminen ei myöskään tuonut ryhmien välille eroja.

Taulukko 5. Kielellisten ja ei-kielellisten kognitiivisten taitojen ryhmäerot.

	Hallitsee			Hallitsee heikosti			U	Z	p
	n	Mean Rank	Sum of Ranks	n	Mean Rank	Sum of Ranks			
Samankaltaisuudet	19	18.24	346.50	11	10.77	118.50	52.50	-2.25	p<.05
Lauseiden ymmärtäminen	19	17.39	330.50	11	12.23	134.50	68.50	-1.57	ns
Numerosarjat eteenpäin	19	17.18	326.50	11	12.59	138.50	72.50	-1.41	ns
Numerosarjat taaksepäin	19	16.92	321.50	11	13.05	143.50	77.50	-1.20	ns
Sanalistat	19	17.68	336.00	11	11.73	129.00	63.00	-1.79	ns
Palikkarakennelmat	19	14.32	272.00	10	16.30	163.00	82.00	-.60	ns

Mean rank= järjestyslukujen keskiarvo ja Sum of Ranks = järjestyslukujen summa

Kuinka vahvasti eri muuttujat selittivät eri taitotasoryhmiin kuulumisen todennäköisyyttä, tutkittiin logistisen regressioanalyysin avulla. **Logistinen regressioanalyysi** ei edellytä muuttujien olevan tasaisesti jakautuneita, joten muuttujien asettaminen regressiomalliin oli mahdollista. Otosryhmän pienuus ei myöskään aseta niin tarkkoja rajoja malliin valittavien muuttujien suhteen logistisessa regressioanalyysissä kuin muun tyyppisissä regressioanalyyseissä (Metsämuuronen, 2006). Logistista regressioanalyysi edellyttää selitettävän muuttujan olevan dikotominen eli saavan vain kaksi arvoa (0 tai 1). Regressioanalyysiä varten lukujen vertailutaito *selitettävänä tekijänä* jakaantui seuraavasti; arvon 0 sai ryhmä Hallitsee ja arvon 1 sai ryhmä Hallitsee heikosti moninumeroisten lukujen vertailua. Malliin laitettiin kaikki ne numeeriset ja kognitiiviset muuttujat, jotka osoittivat yhteyttä moninumeroisten lukujen vertailutaitoon parametrittomissa testeissä. *Selittäviksi tekijöiksi* logistiseen regressioanalyysiin valittiin sukupuoli, samankaltaisuudet eli kielellisten yläkäsitteiden

ymmärtäminen, lukujen lukemisen ja lukujen kirjoittamisen taito sekä lukujonotaidot. Ennen regressioanalyysiä tarkasteltiin muuttujien välisiä korrelaatioita Spearmanin korrelaatiokertoimen avulla (Taulukko 6).

Taulukko 6. Logistisessa regressioanalyysissä käytettävien muuttujien väliset korrelaatiot.

	Vertailu	Lukeminen	Kirjoittaminen	Lukujonot	SK
Vertailu	-				
Lukeminen	0.36*	-			
Kirjoittaminen	0.58**	0.62**	-		
Lukujonot	0.55**	0.72**	0.78**	-	
SK	0.49**	0.23	0.36	0.40*	-

Korrelaatio on merkitsevä kun * $p < .05$ ja ** $p < .01$

Vertailu= moninumeroisten lukujen vertailu

Lukeminen= numerosymbolien lukeminen ääneen, 1-5 lukuyksikköä

Kirjoittaminen= lukujen kirjoittaminen sanelusta, sisältäen 2-5 lukuyksikköä

Lukujono= lukujonotaidot, lukujen luettelua lukujonossa eteen- ja taaksepäin

SK= samankaltaisuudet tehtävä, kielellisten yläkäsitteiden hallinta

Samankaltaisuudet -tehtävän tulos korreloi tilastollisesti merkitsevästi lukujen vertailun ja lukujonotaitojen kanssa, mutta ei lukujen lukemiseen tai lukujen kirjoittamiseen. Lukujonotaidot korreloi vahvasti sekä lukujen lukemiseen että lukujen kirjoittamiseen. Logistista regressionmallia suunniteltaessa on erityisesti numeeristen muuttujien väliset vahvat korrelaatiot otettava huomioon.

Logistisen regressioanalyysin avulla (method = enter) tehtiin kolme eri mallia (kts. Taulukko 7), jossa selittävät tekijät sisällytettiin malliin askeltaen. Kolmen eri mallin käyttö perustuu edellä mainitun numeeristen muuttujien korrelaatioletukseen eli selittäviä numeerisia muuttujia ei pakoteta kerralla yhteen malliin vaan kunkin selittävän, numeerisen muuttujan selitysvoimaa tarkastellaan erikseen. Ensimmäiseksi kuhunkin malliin sisällytettiin sukupuolimuuttuja, koska moninumeroisten lukujen vertailun taitotasoryhmissä tuli esille sukupuoliero ja haluttiin nähdä oliko sukupuolella regressiomalleissa selittävää voimaa. Toisella askeleella selittäväksi tekijäksi valittiin kielellinen yläkäsitteiden hallinta (samankaltaisuudet). Seuraavalle eli kolmannelle askeleelle sisällytettiin jokin seuraavista numeeristen taitojen muuttujista eli lukujen lukeminen, lukujen kirjoittaminen tai lukujonotaidot.

Logistiseen regressiomallin Malliin 1 otettiin mukaan 27 havaintoa (16 poikaa ja 11 tyttöä), Malliin 2 otettiin 26 havaintoa (14 poikaa ja 12 tyttöä) ja Malliin 3 sisältyi 29 havaintoa (17 poikaa ja 12 tyttöä). Regressiomalli ei käsittele havaintoja, joilta puuttuu tulos jostakin mallissa olevasta muuttujasta.

Eri mallien kyky sijoittaa lapset eri taitotasoryhmiin lukujen suuruusluokan vertailussa oli vaihtelevaa (kts. Taulukko 7). Malli 3, jossa numeerisena muuttujana käytettiin lukujonotaitoja, luokitteli malleista tarkimmin lasten eri ryhmiin kuulumista lukujen suuruusluokan hallinnan suhteen. Kaikki kolme mallia pystyivät ennustamaan paremmin 12 - 16 -vuotiaan SLI lapsen sijoittumista Hallitsee -ryhmään kuin sijoittumista Hallitsee heikosti -ryhmään.

Taulukko 7. Logistisen regressioanalyysin eri mallien kyky sijoittaa lapset oikeisiin taitotasoryhmiin.

		Kuinka hyvin (%) malli kykenee luokittelemaan lapset taitotasoryhmiin moninumeroisten lukujen vertailussa.		
	Muuttujat*	Hallitsee	Hallitsee heikosti	Yhteensä
Malli 1	Sp, Sk, Ll	94.4 %	55.6 %	81.5 %
Malli 2	Sp, Sk, Lk	93.8 %	70.0 %	84.6 %
Malli 3	Sp, Sk, Lj	88.9 %	81.8 %	86.2 %

*= Mallissa mukana olevat muuttujat. Sp= sukupuoli, Sk= samankaltaisuudet, Ll= lukujen lukeminen, Lk= lukujen kirjoittaminen ja Lj= lukujonotaidot.

Kaikkien kolmen mallin tuloksissa tuli esille kaksi yksilöä, joita ei pystytty sijoittamaan ryhmiin oikein. Laadullisessa tarkastelussa oli nähtävissä, että nämä lapset sijoittuivat lukujen vertailun tuloksen perusteella Hallitsee heikosti -ryhmään, mutta molemmat lapset saivat täydet pisteet sekä lukujen lukemista että lukujen kirjoittamista mittaavista tehtävistä.

Logistisessa regressioanalyysissä Malli 1:n kaikki muuttujat muodostavat tilastollisesti merkitsevän mallin ($\chi^2 = 12.49$, $df=3$, $p<.01$). Mallin ensimmäisellä askeleella sukupuoli on tilastollisesti merkitsevä ($p<.05$) selittäjä siihen, kuuluuko kielihäiriöinen lapsi Hallitsee tai Hallitsee heikosti -ryhmään lukujen vertailussa. Sukupuolen selitysaste aineiston vaihtelusta on 35 % (Nagelkerke $R^2=.35$). Mallin toisella askeleella, samankaltaisuudet selittäjänä vahvistaa mallin selitysvoimaa (Nagelkerken $R^2=.44$) muttei ole tilastollisesti merkitsevä selittäjä mallissa. Edelleen sukupuoli

näyttää tilastollisesti merkitsevästi selittävän ($p < .05$) ryhmiin jakautumista. Kolmannella askeleella tuodaan Lukujen lukeminen malliin. Se ei yksittäisenä muuttujana ole tilastollisesti merkitsevä selittäjä mallissa ja sukupuolen tilastollinen merkitsevyys häviää (kts. Taulukko 8). Mallin 1, kaikkien selittävien muuttujien avulla (Nagelkerken $R^2 = .51$), voidaan selittää 51 % lukujen suuruusluokan hallinnan vaihtelusta.

Malli 2:n logistisessa regressioanalyysissä kaikki muuttujat yhdessä tuottavat tilastollisesti merkitsevän mallin ($\chi^2 = 17.25$, $df = 3$, $p < .01$). Sukupuoli on ensimmäisellä askeleella tilastollisesti merkitsevä muuttuja ($p < .01$). Sukupuoli selittää 36 % aineiston vaihtelusta (Nagelkerken $R^2 = .36$) eli kuuluuko kielihäiriöinen lapsi Hallitsee - vai Hallitsee heikosti- ryhmään lukujen vertailussa. Toisella askeleella Samankaltaisuudet vahvistaa mallin selitysvoimaa (Nagelkerken $R^2 = .50$) ja edelleen sukupuoli on tilastollisesti merkitsevä ($p < .05$) selittäjä mallissa. Näillä kahdella muuttujalla malli selittää 50 % aineiston vaihtelusta. Samankaltaisuudet yksittäisenä muuttujana ei ole tilastollisesti merkitsevä selittäjä Mallissa 2. Lisättäessä Lukujen kirjoittaminen malliin, mallin selitysvoima entisestään vahvistuu ja kaikkien kolmen muuttujan selityssaste lukujen suuruusluokan hallinnan vaihtelusta on 66 % (Nagelkerken $R^2 = .66$). Kaikkien muuttujien ollessa mallissa yksikään muuttujista ei nouse tilastollisesti merkitseväksi selittäjäksi (kts. Taulukko 8).

Kolmannessa logistisen regressioanalyysin mallissa (Malli 3) edelleen kaikki malliin valitut muuttujat tuottavat tilastollisesti merkitsevän mallin ($\chi^2 = 16.25$, $df = 3$, $p < .01$). Mallin ensimmäisellä askeleella sukupuoli selittää 31 % (Nagelkerken $R^2 = .31$) kahteen eri taitotasoryhmään jakautumisesta moninumeroiden lukujen vertailussa. Kun samankaltaisuudet selittävänä tekijänä lisätään toisella askeleella malliin, mallin selityssaste vahvistuu (Nagelkerken $R^2 = .45$) ja malli on edelleen tilastollisesti merkitsevä ($\chi^2 = 11.66$, $df = 2$, $p < .01$). Samankaltaisuudet ei yksittäisenä muuttujana selitä ryhmiin jakautumista, mutta sukupuoli on edelleen tilastollisesti merkitsevä selittäjä ($p < .05$). Lisättäessä lukujonotaidot numeerisena taitona kolmannella askeleella malliin sukupuolen tilastollinen merkitsevyys häviää, mutta lukujonotaidot muuttujana nousee lähes ($p = .052$) tilastollisesti merkitseväksi selittäjäksi mallissa (kts. taulukko 8). Samankaltaisuudet kielellisenä kognitiona ei edelleenkään nouse yksittäisenä muuttujana tilastollisesti merkitseväksi selittäjäksi mallissa. Mallissa 3 kaikkien kolmen muuttujan selityssaste lukujen suuruusluokan hallinnan vaihtelusta on 58 % (Nagelkerken $R^2 = .58$).

Taulukko 8. Logistisen regressioanalyysin kolmen eri mallin selittävien tekijöiden selitysasteet vapausasteella 1 (df=1), kun kaikki muuttujat ovat yhtä aikaa mallissa.

	β	Ex(B)	p
Malli 1			
Sukupuoli	1.73	5.65	ns
Samankaltais.	-.12	.89	ns
Lukujen luk.	-.23	.79	ns
Malli 2			
Sukupuoli	0.42	1.52	ns
Samankaltais.	-.30	.74	ns
Lukujen kirj.	-.44	.65	ns
Malli 3			
Sukupuoli	1.66	5.28	ns
Samankaltais.	-.21	.81	ns
Lukujonotaito	-.29	.75	p=.052

POHDINTA

Tutkimuskysymykseen, kuinka 12 – 16 -vuotiaat lapset, joilla on kielellinen erityisvaikeus (SLI) ymmärtävät lukujen suuruusluokkaa, voidaan vastata, että SLI lasten ryhmä tässä tutkimuksessa oli heterogeeninen lukujen suuruusluokan hallinnassa. Kolmanneksella SLI lapsista oli selviä vaikeuksia ymmärtää, kuinka moninumeroiset luvut eroavat suuruusarvoltaan toisistaan eli heillä oli vaikeuksia valita neljästä esimerkkiluvusta lukumäärältään suurin luku. Hieman yli puolet tutkittavista hallitsi moninumeroisten lukujen suuruusvertailun yhtä hyvin kuin kolmannen luokan syksyllä peruskoulua käyvä oppilas keskimääräisesti hallitsee. Käytännössä tämä tarkoitti, että nämä lapset pystyivät vertailemaan 2 – 5 numeroisia lukuja virheittä tai tehden vain muutaman virheen. Kielihäiriöisten lasten heterogeenisyys matematiikan perustaidoissa on tullut esille myös aikaisemmassa, hieman nuoremmilla, suomenkielisillä lapsilla tehdyssä tutkimuksessa (Koponen ym., 2006), jossa samoin noin kolmannekselle tutkittavista SLI lapsista lukujen suuruusluokan ymmärtäminen oli vaikeaa. Tutkimusten valossa kielihäiriöisiä lapsia on sekä kielellisten että matemaattisten taitojen suhteen tärkeää pohtia ryhmänä, jossa lasten taitotasossa on isojakin taitokohtaisia eroja. Hämmästyttävintä tuloksista oli nähdä, etteivät kaikki tutkimukseen osallistuneet SLI lapset, jotka olivat suurimmaksi osaksi yläkouluikäisiä, olleet saavuttaneet sellaista matematiikan taitojen perustasoa, jotta he olisivat selvinneet yhtä hyvin moninumeroisten lukujen vertailutehtävästä kuin keskimäärin 3. luokkalaiset lapset, joilla kielellisiä erityisvaikeuksia ei esiintynyt.

Kuinka eri kognitiiviset ja numeeriset taidot olivat yhteyksissä lukujen suuruusluokan eli lukujen paikka-arvon ymmärtämiseen? Kysymystä lähdettiin tarkastelemaan vertailemalla kahta, lukujen suuruusluokan ymmärtämisen suhteen, eri taitotasoon kuuluvaa ryhmää keskenään. Toisessa ryhmässä oli lapset, jotka hallitsivat moninumeroisten lukujen suuruusvertailun (Hallitsee -ryhmä) ja toiseen tutkittavaan ryhmään kuuluivat lapset, joille lukujen vertailu tuotti selviä vaikeuksia (Hallitsee heikosti -ryhmä).

Ryhmävertailuissa tuli esille sukupuoliero siten, että tyttöjä oli suhteessa enemmän kuin poikia Hallitsee heikosti -ryhmässä. Tutkimuksen mukaan on siis todennäköisempää, että yläkouluikäisellä tytöllä, jolla on kielellinen erityisvaikeus, on suurempia vaikeuksia ymmärtää lukujen suuruusluokkaa, kuin yläkouluikäisellä pojalla, jolla samoin on kielellinen erityisvaikeus. Tämän tuloksen tulkinnassa sekä muidenkin tulosten osalta täytyy kriittisenä tekijänä ottaa huomioon tutkimusjoukon pienuus.

Tutkimusjoukon lukujen suuruusluokan ymmärtämisen taitotasoseroihin ei vaikuttanut minkä ikäinen lapsi oli eli voidaan pohtia, että luvun suuruusluokan ymmärtäminen ei automaattisesti vahvistu iän eikä enenevien matematiikan opetustuntien myötä. Lukujen suuruusluokan ymmärtämiseen tarvitaan sellaista taitoa tai kykyä, joka kaikilla SLI lapsilla ei ole hallinnassa vielä peruskoulun loppupuolellakaan.

Tutkimuksessa sekä Hallitsee että Hallitsee heikosti -lukujen suuruusluokkaa ryhmissä oli ryhmätasolla samantasoista kykyä ratkaista heille annettuja näönvaraista päättelyä ja hahmottamista vaativia tehtäviä. Koko tutkimusjoukon suoritustasoa tarkasteltaessa, heidän visuospatiaaliset taitonsa (Palikkarakennelmat) vastasivat keskimäärin ikätasolle tyypillistä suoriutumista. Spatiaalista hahmottamista pidetään yhtenä keskeisenä kognitiivisena tekijänä matematiikan oppimisessa (Butterworth, 2005), mutta tämän tutkimuksen valossa visuospatiaalinen hahmottaminen ja yleinen näönvarainen päättely ei näyttäisi olevan SLI lapsilla yhteydessä lukujen suuruusluokan ymmärtämiseen, kun tarkastelua tehtiin eri taitotasoryhmien välillä.

On merkityksellistä pohtia, mistä sukupuoliero tässä matematiikan perustaidossa voi johtua vaikka sitä ei alun perin tutkimusasetelmassa erityisenä kysymyksenä nostettu esille. Aikaisemmissa kielihäiriöisten lasten numeerisia taitoja arvioivissa tutkimuksissa (esim. Donlan, 2007; Koponen, 2006) ei sukupuolten välistä eroa ole tarkasteltu.

Kansainvälisessä, 15-vuotiaiden koululaisten, muun muassa lukutaidon ja matematiikan osaamista kartoittavassa PISA-tutkimusohjelmassa (Programme for International Student Assessment) on useimmissa tutkimukseen osallistuneissa maissa tullut esille sukupuoliero matematiikan osaamisessa. Pojat suoriutuvat matemaattista osaamista mittaavista tehtävistä paremmin kuin tytöt. Suomessa tyttöjen ja poikien ero matematiikan osaamisessa on pieni, mutta kuitenkin tilastollisesti merkitsevä. Todennäköisin syy sukupuolen tuomaan eroon, Pisa raportin mukaan, on poikien suhteellisesti korkeampi esiintyvyys parhaiten matematiikkaa osaavien joukossa (Sulkunen ym., 2010). PISA:n tutkimustuloksissa tulee esille selkeitä kulttuurisia eroja, joten sukupuoli sinänsä ei selitä eroja matematiikan taidoissa vaan kuinka tasaveroista opetusta lapset saavat matematiikan oppimiseensa. Tässä tutkimuksessa tutkittiin numeerisia perustaitoja eikä laskutaitoja, joten tässä tutkimuksessa esille tullut sukupuoliero ei ole verrattavissa PISA-tutkimuksissa esille tulleisiin tuloksiin.

Tutkimuksessa numeerisista taidoista lukujen tuottamisen eri osataidot, lukujen lukeminen ja lukujen kirjoittaminen sekä lukujonotaidot olivat tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä lukujen

suuruusluokan eli lukujen paikka-arvon ymmärtämiseen 12 – 16 -vuotiailla kielihäiriöisillä lapsilla. Kyseiset numeeriset muuttujat osoittivat vahvaa korrelaatiota keskenään, joten niiden voidaan olettaa mittaavan ainakin osittain samantyylistä numeerista prosessointia. Kuinka nopeasti tutkittava lapsi arvioi, onko jokin yksinumeroinen luku toista suurempi, ei ollut tilastollisesti merkitsevässä yhteydessä moninumeroisten lukujen suuruusluokan ymmärtämiseen. Tulosten pohjalta voidaan päätellä, että enemmän kielellistä prosessointia sisältävät, lukujen tuottamista vaativat lukujärjestelmätaidot ovat yhteydessä luvun suuruusluokan ymmärtämiseen ja perinteisesti ei kielellisenä, numeerisena taitona pidetty yksinumeroisten lukujen vertailutaito ei niinkään olisi yhteydessä lukujen suuruusluokan hallintaan.

Lukujonotaitojen yhteys lukujen suuruusluokan ymmärtämiseen on todettu aikaisemmassa, 8 -vuotiailla SLI lapsilla tehdyssä tutkimuksessa (Donlan. ym, 2007). Donlanin tutkimuksessa SLI lapset olivat merkitsevästi ikäisiään, kontrolliryhmän lapsia heikompia lukujonotaidoissa ja lukujonotaidot olivat yhteyksissä siihen kuinka hyvin lapsi hallitsi lukujen suuruusluokkaa. Verrattaessa Donlanin ja kollegoiden tutkimustuloksia tähän suomenkielisillä, 12 – 16 -vuotiailla SLI lapsilla saatuihin tuloksiin voidaan eri-ikäisillä, kielihäiriöisillä lapsilla havaita samantyyllisiä vaikeuksia lukujen ymmärtämisessä. Mahdollisesti sama tai samat tekijät voivat vaikuttaa ainakin joidenkin kielellisiä erityisvaikeuksia omaavien lasten kykyyn ymmärtää lukujen suuruuksia ja eräänlaista lukujen syntaksia. Dehaenen kolmoiskoodimallissa (2003) kielellisen prosessoinnin oletetaan olevan aktiivista lukujonoja toistettaessa. Taasen lukujen vertailun oletetaan tapahtuvan ei kielellisesti mentaalisen lukujonon avulla. Jos lukujen suuruutta koskevan vertailun oletetaan tapahtuvan mentaalisen lukujonon avulla, voidaan esittää, että mentaalisen lukujonon kehittyminen ei ole pelkästään numeerisia ja spatiaalisia taitoja edellyttävä prosessi, vaan myös kielellisillä taidoilla on roolinsa ja lukujonon oppiminen on mahdollisesti keskeinen taito mentaalisen lukujonon kehittämisessä. von Aster ja Shalev (2007) esittelevät neliaskeleisen mallin matemaattisten taitojen kehittämisestä. Matematiikan oppimisvaikeuksien taustalla ajatellaan esiintyvän erilaisia numeeristen taitojen kehityspolkuja. Mallissa mentaalisen lukujonon normaali kehittyminen edellyttää kielellisten kognitioiden mukanaoloa Dehaenen (2003) ajattelutavasta poiketen. Myös von Asterin ja Shalevin mallissa numeeristen taitojen oppimisen ytimessä on ei kielellinen lukumäärien hahmottaminen. Kielen kognitioiden kehityksen ja lukusymboleiden automatisoitumisen myötä lapselle kehittyy kyky prosessoida lukuja spatiaalisesti mentaalisen lukujonon avulla. Tämän tutkimuksen tulokset vaikuttaisi varovasti tulkiten puoltavan enemmän von Asterin ja Shalevin kuin Dehanen mallia mentaalisen lukujonon kehittämisestä.

Tulosten ja tehtävien tarkemmissa tarkasteluissa tuli esille, että lapset, jotka ymmärsivät kymmentuhatlukuja (5 numeroyksikköä) oikein, osasivat myös tuottaa niitä oikein lukusymbolien avulla kirjoittamalla. Näiden lasten lukujen rakenteen eli syntaksin voidaan sanoa olevan monipuolisesti hallussa. McCloskeyn (1985) mallin mukaan moninumeroisten lukujen vertailu kuuluu lukujen ymmärtämisen prosessiin ja lukujen kirjoittaminen ja lukujen lukeminen on lukujen tuottamista eli kyse on kahdesta toisistaan erillisestä numeeristen taitojen osa-alueesta. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että lasten suoriutumisessa osataidot olisivat yhteyksissä toisiinsa. Tutkimusanalyyseissä kuitenkin kahden yksilön kohdalta McCloskeyn malli tuntui saavan vahvistusta eli kaksi osallistujaa, jotka kuuluivat Hallitsee heikosti lukujen suuruusluokka -ryhmään, kuitenkin saivat täydet pisteet sekä lukujen kirjoittamista että lukujen tuottamista vaativista tehtävistä. Näissä kahdessa tapauksessa lukujen tuottamisen taidot eivät näyttäytyneet tukevan lukujen suuruusluokan ymmärtämistä.

Tutkimustuloksista ilmeni, että kielellisistä kognitioista kielellinen ymmärtäminen ja tarkemmin sanojen yläkäsitteiden ymmärtäminen oli yhteydessä lukujen suuruusluokan hallintaan, vaikkakin sen selitysvoima jäi heikoksi tilastollisissa analyysimalleissa. Lauserakenteiden ymmärtäminen tai sanavaraston hallinta eivät erotelleet eri taitotasoryhmiä toisistaan, kuten ei kielellistä työmuistia mittaava numeroiden eteen- ja taaksepäin luettelukaan. Työmuistin tiedetään olevan yhden keskeisen kognitiivisen toiminnon matematiikan oppimisessa (Butterworth, 2005) ja erityisesti erilaisten numeeristen faktojen mieleen painamisessa ja mielestä poimimisessa. Tässä tutkimuksessa lasten muistitoiminnot eivät kuitenkaan nousseet selittämään kielihäiriöisten lasten ryhmässä havaittuja taitotaseroja lukujen suuruusluokan hallinnan suhteen.

Tämän tutkimuksen tulosten pohjalta voidaan varovasti todeta moninumeroisten lukujen suuruuksien vertailuun liittyvän myös kielellisiä tekijöitä. Kun tehtäväksi tulee arvioida onko esimerkiksi luku 122 suurempi kuin 112 tai 12202 suurempi kuin 12022, niin on mahdollista, että numeerinen prosessointi vaatisi myös kielellistä prosessointia sen sijaan että luvut haettaisiin ei-kielellisesti mentaaliselältä lukujonolta (Dehaene ym. 2003; Dehaene 2011). On myös mahdollista, että sekä kielellisten yläkäsitteiden hallinta, lukujonon tuottaminen ja moninumeroisten lukujen vertailu vaativat samantyylistä spatiaalista prosessointia, eli näiden taitojen hyvä hallinta edellyttäisi sitä, että lapsi pystyisi luomaan yksittäisten käsitteiden välille merkityksellisiä yhteyksiä ja siten prosessoimaan käsitteiden välisiä suhteita. Tämä prosessointi mahdollisesti edellyttäisi eräänlaista mentaalista spatiaalisuutta. Teoreettisesti ajateltuna Dehaenen kolmoiskoodimallin spatiaalinen systeemi voisi olla se yhdistävä taustatekijä näiden osataitojen välillä. Tällä

poikkileikkaustutkimuksella ei tähän pohdintaan voida antaa vastausta vaan se vaatisi pitkittäistutkimusta, jossa seurattaisiin kuinka lapsen kielelliset ja numeeriset taidot kehittyvät lapsen kasvaessa ja tutkittaisiin kuinka näiden taitojen kehittämisellä on yhteyttä mentaalisen lukujonon kehittymiseen.

Dehaenen teoria ja osa aikaisemmista lukujen vertailutaitoa koskevista tutkimushavainnoista perustuu yksi tai kaksinumeroisilla luvuilla tehtyihin tutkimuksiin. Donlanin ja kollegoiden (1999) varhaisemmassa, SLI lapsilla tehdyssä tutkimuksessa kielellisten taitojen ei todettu olevan yhteydessä kykyyn arvioida lukujen suuruutta vaan ei kielellistä päättelyä pidettiin merkittävämpänä tekijänä. Donlanin tutkimuksessa lukujen suuruusluokan vertailussa käytettiin kaksinumeroisia lukuja, joten pienillä luvuilla työskennellä lapsi mahdollisesti käyttää eri strategiaa, johon kielen kehityksen häiriö ei niin vahvasti vaikuta. Onkin mahdollista, että käytössä on erilaisia kognitiivisia strategioita kun verrataan luvun suuruusarvoja yksi ja kaksinumeroisilla tai nelinumeroisilla luvuilla keskenään. Voidaan pohtia ylettyykö Dehaenen teorian selitysarvo tutkimuksiin, joissa tutkimuskohteena on lasten matematiikan taitojen kehitys ja tutkimuksessa käytetyt luvut ovat suurempia kuin kaksinumeroisia.

Koponen kollegoineen (2006, s.70) on päätenyt omien tutkimustulostensa pohjalta samaan pohdintaan ei kielellinen numeerinen taito -käsitteen käyttökelpoisuudesta puhuttaessa kyvystä ymmärtää moninumeroisten lukujen suuruusluokkaa. Tutkimusryhmä perusteli asiaa sillä, että tutkimuksessa lukujen suuruusluokan ymmärtäminen korreloi kielellisen osakognition eli lauserakenteiden ymmärtämisen kanssa. Lauserakenteiden ymmärtäminen (NEPSY) mittaa eräänlaista kielen syntaksin hallintaa. Tässä 12 – 16 -vuotiaiden SLI lasten tutkimuksessa, kyseinen osakognitio ei tilastollisesti merkittävästi erotellut lukujen suuruusluokan vertailussa eritavalla suoriutuvia ryhmiä toisistaan, vaikkakin raakapisteissä Hallitsee heikosti -ryhmä sai alemmat pisteet kuin Hallitsee -ryhmä.

Voidaanko siis päätellä että lapsi, jolla kielellinen erityisvaikeus ilmenee sellaisessa muodossa, että se mahdollistaa kielellisten yläkäsitteiden muodostamisen ja ymmärtämisen on myös kykeneväinen operoimaan ja ymmärtämään moninumeroisia lukuja paremmin kuin lapsi, jolle kielen abstraktioiden operointi on hankalampaa. Teoreettisesti voidaan pohtia, että tietyn kielellisen abstraktiotason saavuttaminen edesauttaa numeerisen syntaksin eli lukujen paikka-arvon hallintaa. Tämän tutkimuksen yhtenä puutteena voidaan mainita, että lasten kielihäiriödiagnoosia ei ole tarkemmin kuvailtu taustamuuttujana eli onko lapsella enemmän kielellisen ymmärtämisen vai

kielellisen tuottamisen ongelmaa vai sekä että. Siksi ei voida tehdä johtopäätöksiä siitä, vaikuttiko lasten kielihäiriön laatu siihen kuinka hän ymmärsi lukujen suuruuksia. Jatkossa, vastaavanlaisia tutkimuksia tehtäessä, kielellisen vaikeuden laatu olisi tärkeää ottaa yhtenä tekijänä tarkasteluihin mukaan.

Tutkimuksessa tarkasteltiin, kuinka paljon pystytään kielellisten kognitioiden, sukupuolen ja numeeristen taitojen avulla selittämään eri taitotasoihin kuulumista moninumeroisten lukujen vertailussa. Ensinnäkin tutkimuksessa käytettyjen kolmen eri analyysimallin hyvyysaste näytti toimivuutta, vaikkakin otoskoon pienuus on tärkeää ottaa arvioissa huomioon. Parhaiten ryhmien välistä vaihtelua ennusti malli, jossa tarkasteltiin sukupuolen, kielellisten yläkäsitteiden ja lukujonon yhteyttä lukujen suuruusluokan hallintaan. Yksittäisten muuttujien tarkastelussa ilmeni, että sukupuoli muuttujana ennustaa noin kolmanneksen siitä vaihtelusta kuuluuko 12-16 – vuotias SLI lapsi lukujen suuruusluokan taitojen suhteen Hallitsee vai Hallitsee heikosti –ryhmään. Sukupuolen selitysvoima heikentyi, kun numeerisia tekijöitä otettiin analyysimalleihin mukaan ja yhdessäkään muuttujamallissa sukupuoli ei noussut selittäväksi tekijäksi, kun kaikkia muuttujia tarkasteltiin malleissa yhtä aikaa. Numeerisista tekijöistä ainoastaan lukujonotaidot oli lähes tilastollisesti merkitsevästi selittävä tekijä sille, kuinka hyvin 12 – 16 -vuotias SLI lapsi hallitsee lukujen suuruusluokkaa.

Loppusanat

Aikaisempien matematiikan ja kielen kognitioiden tutkimusten pohjalta on todettu kielellisen erityisvaikeuden vaikeuttavan lapsen matemaattisten taitojen oppimista ikäisiään vastaavasti. Tämän tutkimuksen pohjalta voidaan todeta, että vielä joillakin yläkouluikäisillä SLI lapsilla on havaittavissa vaikeuksia matematiikan keskeisissä perustaidoissa kuten luvun suuruusluokan ymmärtämisessä ja syynä siihen voi olla erityiset vaikeudet kielellisessä prosessoinnissa. Kuinka näitä lapsia voidaan auttaa tässä matematiikan perustaidossa? On tärkeää, että lapsen matematiikassa käyttämiä strategioita ja ajattelutapoja käydään yksilöllisesti läpi. Luvun paikka-arvon ja suuruusluokan oppimiseen on tärkeää löytää kullekin lapselle toimiva strategia. Lukujonotaitojen vahvistaminen visuaalista tukea käyttäen voisi olla yksi keino auttaa lasta, jolle kielellinen ja usein auditiivinen kielellinen prosessointi on vaikeaa. Eli lasta autetaan löytämään itselleen toimiva strategia kuinka hän oppii esimerkiksi lukujonosta 2122, 2123, 2124, 2125 löytämään säännönmukaisuuksia ja ymmärtämään luvun rakentuvan eri yksiköistä, joilla on oma paikkansa luvussa. Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että nuoremmilla lapsilla, joilla on

kielellinen erityisvaikeus ja vaikeuksia hallita yksinkertaisia numeerisia tehtäviä, on kuitenkin kykyä oppia erilaisia laskusääntöjä ja strategioita (Donlan, 2007; Koponen, Aro, Räsänen & Ahonen, 2007). Hieman vanhempien lasten, joilla on kielellinen erityisvaikeus, matematiikan oppimisessa voidaan hyödyntää samaa ajattelutapaa. Vaikka jollakin matematiikan oppimisen osalla olisi erityisiä vaikeuksia, ei se estä oppimasta jotakin muuta matemaattista taitoa. Lapsen vahvuuksia hyödyntäen voidaan kullekin lapselle löytää onnistumisen elämyksiä - myös matematiikassa.

LÄHTEET

- Bishop, D.V.M., & Snowling, M.J. (2004). Developmental dyslexia and specific language impairment: Same or different? *Psychological Bulletin*, *130*, 858-886
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *46*, 3-18.
- Cowan, R., Donlan, C., Newton, E.J., & Lloyd, D. (2005). Number skills and knowledge in children with specific language impairment. *Journal of Educational Psychology*, *97*, 732-744.
- Dehaene, S. (2011). The number sense. How the mind creates mathematics. Revised and updated edition. Oxford University Press.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, *20*, 487-506.
- Donlan, C., Bishop, D.V.M., & Hitch, G.J. (1998). Magnitude comparisons by children with specific language impairments: Evidence of unimpaired symbolic processing. *International Journal of Language and Communication Disorders*, *33*, 149-160.
- Donlan, C., Cowan, R., Newton, E.J., & Lloyd, D. (2007). The role of language in mathematical development: Evidence from children with specific language impairment. *Cognition*, *103*, 23-33.
- Donlan, C., & Gourlay, S. (1999). The importance of nonverbal skills in the acquisition of place-value knowledge: Evidence from normally-developing and language-impaired children. *British Journal of Developmental Psychology*, *17*, 1-19.
- Dunn, L.M., & Dunn, C.S. (1981). Peabody Picture Vocabulary Test-Revised. Circle Pines, MN. American Guidance Service.
- Fazio, B.B. (1999). Arithmetic calculation, short-term memory and language performance in children with specific language impairment: A 5-year follow-up. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, *42*, 420-421.
- Fuson, K.C. (1988). Children's counting and concepts of number. New York: Springer-Verlag.
- Geary, D.C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *37*, 4-15.
- Gelman, R., & Gallistel, C.R. (1978). The child's understanding of number. Cambridge Mass. Harvard University Press.
- Girelli, L., Lucangeli, D., Butterworth, B. (2000). The development of automaticity in accessing number magnitude. *Journal of Experimental Child Psychology*, *76*, 104-122.

- Izard, V., Sann, C., Spelke, E.S., & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *PNAS*, *106*, 10382-10385. Saatavissa Internetissä: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0812142106
- Koponen, T. (2009-2011). Matematiikka ja kielellinen erityisvaikeus – tutkimus (Maki). Niilo Mäki Instituutti ja Haukarannan koulu.
- Koponen, T., Aro, T., Räsänen, P., & Ahonen, T. (2007). Language-based retrieval difficulties in arithmetic: A single case intervention study comparing two children with SLI. *Educational and Child Psychology*, *24*, 98–107.
- 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.
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S.L. (1997). NEPSY. Lasten neuropsykologinen tutkimus. Helsinki, Psykologien Kustannus Oy.
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S.L. (2008). NEPSY II. Lasten neuropsykologinen tutkimus. Helsinki, Psykologien Kustannus Oy.
- Lasten ja nuorten kielellinen erityisvaikeus (online) (2008). Käypä hoito –suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Foniatri ry:n ja Suomen Lastenneurologisen yhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Saatavilla internetissä: www.kaypahoito.fi
- 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.
- Le Corre, M., Van de Walle, G. A., Brannon, E., & Carey, S. (2006). Re-visiting the performance/competence debate in the acquisition of counting as a representation of the positive integers. *Cognitive Psychology*, *52*, 130–169.
- Le Corre, M., & Carey, S. (2007). One, two, three, four, nothing more: An investigation of the conceptual sources of the verbal counting principles. *Cognition*, *105*, 395–438.
- Lyytinen, H., Aro, M., Eklund, K., Erskine J., Guttorm, T.K., Laakso, M-L. Leppänen, P.H.T., Lyytinen, P., Poikkeus, A-M., Richardson, U., & Torppa, M. 2004. The development of children at familial risk for dyslexia: birth to school age. *Annals of Dyslexia*, *54*, 185–220.
- Lyytinen, H., Erskine, J., Tolvanen, A., Torppa, M., Poikkeus, A-M., & Lyytinen, P. 2006. Trajectories of reading development: A follow-up from birth to school age of children with and without risk for dyslexia. *Merrill-Palmer Quarterly*, *3*, 514–546.

- McCloskey, M., Caramazza, A., & Basili, A. (1985). Cognitive mechanism in number processing and calculation. Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, 4, 171-196.
- Metsämuuronen, J. (2006). Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. 2. laitos. 3. uudistettu painos. International Methelp Ky.
- Niilo Mäki Instituutti (2002). Neure-tietokoneohjelmisto: www.edu.fi/oppimateriaalit/neure
- Raven, J.C. (1993). Coloured Progressive Matrices (Rev.ed.). Oxford, England. Oxford Psychologist Press.
- Rousselle, L., & Noël M-P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, 102, 361-395.
- Rumbaugh, D.M., Savage-Rumbaugh, S., & Hegel, M.T. (1987). Summation in the chimpanzee (*Pan troglodytes*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*. 13, 107-115.
- Sarnecka, B.W., & Carey, S. (2008). How counting represents number: What children must learn and when they learn it. *Cognition*, 108, 662-674.
- Shaki, S., & Fischer, M.H. (2008). Reading space into numbers- a cross-linguistic comparison of the SNARC effect. *Cognition*, 108, 590-599.
- Siegler, R.S., & Booth, J.L. (2004). Development of Numerical Estimation in Young Children. *Child Development*, 75, 428-444.
- Siegler, R.S., & Opfer, J.E. (2003). *Psychological Science*, 14, 237-243.
- Sulkunen, S., Välijärvi, J., Arffman, I., Harju-Luukkainen, H., Kupari, P., Nissinen, K., Puhakka, E. & Reinikainen, P. (2010). PISA 2009 ensituloksia. Saatavissa Internetissä: <http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Julkaisut/2010/liitteet/okm21.pdf>
- Tautiluokitus ICD-10. (1999). Toinen painos. Systemaattinen osa. Ohjeita ja luokituksia. Stakes. (nykyinen THL).
- von Aster, M.G., & Shalev, R.S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49, 868-873.
- Wechsler, D. (1991). WISC-III. Wechslerin lasten älykkyyssasteikko. Helsinki, Psykologien Kustannus Oy.