

VIISIVUOTIAIDEN KOGNITIIVISET KYVYT ENSIMMÄISEN LUOKAN
SYKSYN MATEMAATTISTEN TAITOJEN ENNUSTAJINA

Tuulia Ikkela-Koski

Erityispedagogiikan pro gradu -tutkielma

Syksy 2003

Erityispedagogiikan laitos

Jyväskylän yliopisto

Ikkelä-Koski, T. 2003. Viisivuotiaiden kognitiiviset kyvyt ensimmäisen luokan syksyn matemaattisten taitojen ennustajina. Jyväskylän yliopisto. Erityispedagogiikan laitos. Pro gradu -tutkielma

TIIVISTELMÄ

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, mitkä viisivuotiaan kognitiiviset kyvyt ennustavat perusopetuksen ensimmäisen luokan syksyn matemaattisia taitoja. Taustajatoksena oli oppilaan esi- ja alkuopetuksen taitekohdan tutkiminen nimenomaan mahdollisten oppimisen ongelmien varhaisen todentamisen näkökulmasta. Tutkimuksessa oli mukana seitsemän kognitiivista kykyä, koska tutkimuksen keskeinen tehtävä oli seuloa eri kognitiivisista kyvyistä eniten matemaattista taitoa ennustava kyky. Tutkimuksen luonne oli exploratiivinen. Tässä pitkittäistutkimuksessa oli mukana 108 lasta, jotka osallistuivat Jyväskylän yliopiston Lasten kielen kehityksen - tutkimukseen. Kaksi ensimmäistä mittausvaihetta suoritettiin lasten ollessa 5- ja 5½ -vuotiaita. Kognitiivisista kyvyistä tässä tutkimuksessa tutkittiin kieltä sanavaraston, nopean nimeämisen ja fonologisen prosessoinnin osalta, muistia, visuo-spatiaalisia toimintoja, tarkkaavuutta ja toiminnanohjausta sekä aritmetiikan taitoja. Kolmas vaihe toteutettiin heidän perusopetuksen ensimmäisen luokan syksyllä, jolloin suurin osa lapsista oli täyttänyt 7 vuotta ja osa oli vähän alle seitsemän vuotiaita. Tuolloin mitattiin matemaattisia taitoja. Testeinä käytettiin Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence-R -testistöstä, NEPSY -patteria, Nopean sarjallisen nimeämisen testiä, Bostonin nimeämistestiä, Numerosarjojen toistamisen testiä, Heps Kups foneemisen tietoisuuden testiä, Diagnostiset testit 1 -Lukemisen ja kirjoittamisen osatestiä ja matematiikan tehtävillä. Tutkimuksen teoreettisena perustana oli sekä Piaget'n teoria lapsen kognitiivisesta kehityksestä että esi- ja alkuopetusikäisen lapsen matemaattisesta kehityksestä tehdyt tutkimukset. Tutkimusmenetelmänä oli regressioanalyysi. Tutkimuksessa nousi esille kaksi kognitiivista kykyä viisivuotiaana, jotka selittävät matematiikan taitoja koulun aloitusvaiheessa: aritmetiikka ja nopea nimeäminen.

Asiasanat: matematiikka, oppimisvaikeudet, alkuopetus, kognitiiviset kyvyt

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	VARHAISLAPSUUDEN KOGNITIOT	7
2.1	Piaget'n teoria varhaislapsuuden kognitioista.....	8
2.2	Kieli kognitiivisena toimintona.....	10
2.3	Tiedon prosessointi kognitiivisena kykyinä.....	11
2.4	Visuo-spatiaaliset taidot kognitiivisina kykyinä.....	13
3	MATEMAATTISET TAIDOT ALKUOPETUKSEN ALOITTAMISVAIHEESSA	14
4	TUTKIMUSONGELMAT.....	17
5	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	19
5.1	Koehenkilöt ja tutkimusasetelma.....	19
5.2	Tutkimuksen suorittaminen ja tutkimuksessa käytetyt testit	20
5.2.1	Bostonin nimeämistesti	22
5.2.2	Wechsler älykkyystestistö esikouluikäisille, WPPSI-R.....	22
5.2.3	Nopean sarjallisen nimeämisen testi, RAN.....	23
5.2.4	Heps Kups -nopea yksittäisten kohteiden nimeämisen testi	23
5.2.5	Poskiparta & al. Diagnostiset testit 1	25
5.2.6	Numerosarjojen toistamisen testi, lyhytkestoisen muistin testi	25
5.2.7	NEPSY -testipatterin osatesti Visuaalinen tarkkaavuus	25
5.2.8	Matematiikan tehtävät.....	26
5.3	Muuttujat ja niiden mittaaminen	26
5.4	Summamuuttujien rakentaminen	27
5.5	Aineiston analysointi regressioanalyysillä.....	27
5.6	Mittausten luotettavuus	28
5.6.1	Reliabiliteetti.....	28
5.6.2	Validiteetti.....	31

6	TULOKSET	34
6.1	Mitkä kognitiiviset taidot ovat yhteydessä matemaattisiin taitoihin?	35
6.2	Miten fonologinen prosessointi kognitiivisena prosessina on yhteydessä matemaattisiin taitoihin?	35
6.3	Miten kielellisen työmuistin toiminta on yhteydessä matemaattisiin taitoihin?	36
6.4	Eroavatko tytöt ja pojat kognitiivisilta kyvyiltään ja matemaattisilta taidoiltaan toisistaan?	36
7	POHDINTA	38
	LÄHTEET	41
	LIITE 1. Testien ja osatestien väliset korrelaatiot	45
	LIITE 2. Muuttujien ja summamuuttujien rakenne ja niiden normaalisuustarkastelua ..	48
	LIITE 3: Summamuuttujien normaaliustarkastelua	56
	LIITE 4. Muuttujien ja summamuuttujien korrelaatiomatriisi	57

1 JOHDANTO

Matemaattisia taitoja tarvitaan kotona, työssä ja harrastuksissa. Se on laskemista, kommunikointitapa, ongelmanratkaisun väline, ratkaisujen löytämistä olettamusten ja yksinkertaistusten tekemistä (Berry ja Sahlberg 1995, 30-33). Kaikilla oppilailla arkielämän taidoissa tarvittavat taidot eivät kuitenkaan kehity ongelmitta. Arviot siitä, kuinka monella prosentilla koululaisista esiintyy oppimisvaikeuksia matematiikassa vaihtelevat. Noin kuudella prosentilla koululaisista on jonkin asteisia vaikeuksia matematiikan oppimisessa (Badian, 1983; Kosci, 1974). Perusopetuksen kansallinen LUMA-projektin loppuraportti vuodelta 2002 esittää, että suomalaisilla 10 - 20 %:lla ikäluokasta on sellaisia puutteita matematiikan ja luonnontieteiden osaamisessa, että se hankaloittaa jatko-opintoja. Puutteiden ja vaikeuksien taustoja voidaan selittää monesta eri näkökulmasta. Tässä tutkimuksessa etsittiin matematiikan oppimisvaikeuksien taustoja varhaislapsuudesta kehityspykologisesta näkökulmasta. Tutkimuksen tarkoituksena on kausaalisuhteiden etsiminen varhaislapsuuden, esi- ja alkuopetuksen nivelvaiheessa kognitiivisten kykyjen ja matemaattisten taitojen välillä. Tämä tutkimus on selittävä, kokeellinen pitkittäistutkimus, jossa regressioanalyysiä menetelmänä käyttäen tutkitaan, mitkä varhaislapsuuden kognitiiviset kyvyt ennustavat matemaattisia taitoja ensimmäisellä luokalla.

Tässä tutkimuksessa oli mukana 107 lasta, jotka osallistuivat Jyväskylän yliopiston Lasten kielen kehityksen -tutkimukseen ollessaan 5, 5½ ja 7-vuotiaita. Tuolloin heidän kognitiivisia kykyjä mitattiin käyttämällä Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence-R -testistöä (WPPSI-R; Wechsler, 1995), NEPSY -patteria (Korkman, Kirk, & Kemp, 1998), Nopean sarjallisen nimeämisen testiä

(Dencklan & Rudel, Rapid Automatized Naming, RAN, 1976b), Bostonin nimeämistestiä (Boston Naming Test; Kaplan, Goodglass & Weintraub, 1983), numerosarjojen toistamisen testiä (Digit span, Gathercole & Adams, 1994), Heps Kups foneemisen tietoisuuden testiä (Hietala), Poskiparran, Niemen ja Lepolan (1994) Diagnostiset testit I -Lukemisen ja kirjoittamisen osatestiä ja Räsäsen laatimilla aritmetiikan tehtävillä.

Tutkimuksen teoreettisena perustana oli sekä Piaget'n teoria lapsen kognitiivisesta kehityksestä että esi- ja alkuopetusikäisen lapsen matemaattisesta kehityksestä tehdyt tutkimukset. Tavoitteena on ollut etsiä matemaattisten oppimisvaikeuksien taustoja varhaisen tunnistamisen, toteamisen ja opettamisen vuoksi.

Tämä tutkimus on ollut Jyväskylän yliopiston eri laitosten välistä yhteistyötä ja palanen omaa elinikäistä oppimistani. Kiitän tämän tutkimuksen toteutumiseen vaikuttaneita, sekä asiantuntijoita Erityispedagogiikan professori Ossi Ahvenaista, Niilo Mäki Instituutin Neuropsykologian erikoispsykologi Pekka Räsästä, Projektivastaava Jari Westerholmia, Psykologian laitoksen LKK -projektia, että läheisiä tukijoitani: perhettäni ja ystäviäni.

2 VARHAISLAPSUUDEN KOGNITIOT

Varhaislapsuudella tarkoitetaan lapsen ensimmäisiä ikävuosia ennen kouluikää, jolloin lapsi kehittyy kokonaisvaltaisesti kognitiivisesti, fyysisesti ja emotionaalisesti. Kognitiiviseen eli tiedolliseen kehitykseen kuuluu lapsen sekä ajattelun että tiedon ja niihin liittyvien prosessien kehittyminen. Kognitiolla tarkoitetaan sitä, kuinka yksilö organisoi ja tulkitsee kokemuksiaan, esimerkiksi tulkitsee väitteitä, ratkaisee ongelmia ja käsittelee informaatiota. Jean Piaget'n (1952) mukaan kognitiot ovat henkilön ja ympäristön välisen jatkuvan interaktion tulos. Lähestymme uusia tilanteita entisten kokemustemme aiheuttamien odotusten perusteella ja kaikki uudet kokemukset muuttavat näitä odotuksia jollain tavalla. Kokemusten kautta omaksuttujen tietojen ja taitojen eli kognitioiden perustalle lapsen matemaattinen ajattelu rakentuu jo varhaiskasvatusikäisenä. Kognitiiviset taidot eivät ole pelkästään esimatemaattisia taitoja tai kokemuksia, vaan ne käsittävät kaikki taidot, jotka vaikuttavat tiedon hankintaan, taltiointiin ja käyttöön (Koponen, 1992, 17). Niitä ovat kieli, muisti, visuo-spatiaaliset toiminnot, tarkkaavuus ja toiminnanohjaus sekä aritmetiikka sisältäen suhdekäsitteet. Ne ovat taitoja, jotka vaikuttavat oppimis- ja ajatteluprosesseihin.

Varhaislapsuuden kognitiivisten kykyjen ja matemaattisten taitojen välistä yhteyttä on tutkittu varsin vähän ja siitä on tehty erityisen niukasti pitkittäistutkimuksia. May (2002) on todennut, viitaten moniin informaation prosessoinnin ja neuropsykologisiin tutkimuksiin, että lasten kognitiiviset taidot ovat yhteydessä aritmeettiseen kyvykkyyteen. Niissä tutkimuksissa on yritetty etsiä kognitiivista taitoa, joka parhaiten ennustaa aritmeettista kyvykkyyttä. Tällä hetkellä tutkimusten tavoitteena on määrittellä, mitkä kognitiiviset taidot parhaiten ennustavat aritmeettista kyvykkyyttä sekä laskutaitoa että aritmeettisiä ongelman ratkaisukykyjä. Mayn (2002) tutkimuksessa, joka oli tehty alkuopetusikäisille lapsille, laskutaitoja ennusti parhaiten luetun ymmärtäminen, tarkkaavaisuus, työmuisti, kielellinen tietoisuus ja hienomotorinen nopeus. Ongelmanratkaisutaitoja ennusti parhaiten pitkäkestoisesta muistista palauttaminen, luetunymmärtäminen, tarkkaavaisuus, työmuisti, kielellinen tietoisuus ja visuospatiaaliset motoriset taidot. Ei-kielellinen ajattelu ja hienomotorinen näppäryys eivät olleet ennustavia kykyjä kummassakaan aritmeettisessä taidossa. Muita kognitiivisia kykyjä, joilla on yhteyttä matemaattisiin taitoihin ovat yleinen älyllinen

taso, numeeriset taidot (Badian 1983) ja muisti (Krutetskii 1976, Strang ja Rourke 1985). Tätä taustaa vastaan voidaan kritisoida vallalla ollutta käsitystä siitä, että matematiikka on perusluonteeltaan abstraktista. Se on vain yksi, suppea tapa lähestyä matematiikkaa ja kognitioita. Yhtä suppea käsitys olisi väittää, että kieli on kirjaimia, mikä sinänsä kuulostaa irrelevantilta. Matematiikka ja taito hahmottaa maailmaa sitä hyväksi käyttäen on erilaisten kognitiivisten taitojen nivoutuma ja matematiikan lainalaisuuksien monimutkainen kombinaatio. Varhaislapsuuden matemaattisten taitojen tutkimuksissa on tullut esille keskustelua siitä, onko lasten lukumäärätietoisuus numeerisen tietoisuuden vai yleisimpien ei-numeraalisten kapasiteettien, kuten kohteen seuraamiseen liittyvän piirteen tai mekanismin tulosta. Eräässä tutkimuksessa on todettu, että jo viisikuukautinen lapsi osaa erottaa lukumäärän liikkuvasta ryhmästä, kun ei-numeraalinen piirre, kuten muoto, pituus, tila, tiheys ja muut ovat tiukasti kontrolloituja (Wynn, Bloom, Chiang, 2002).

Tiedermannin ja Faberin (1992) tutkimuksessa matemaattisten taitojen kehittymistä ei etsitty vain varhaislapsuuden kognitiivisista kyvyistä, vaan tutkimuksessa tutkittiin kognitiivisen kehityksen osa-alueiden lisäksi myös lapsen kokonaisvaltaisen kehityksen yhtä ulottuvuutta: emotionaalista kehitystä. Tuloksissa analysoitiin seitsemän esikoulumuuttujan (ikä, sukupuoli, äidillisen hoiva, äidillinen huolenpito, esinumeraaliset taidot, visuo-perseptuaaliset taidot ja metalingvistiset taidot) ja kouluiässä tehtyihin testien muuttujien välistä korrelaatiota. Kahdella kotiympäristömuuttujalla, jotka ovat äidillinen hoiva ja huolenpito olivat yhteydessä useiden eri luokka-asteiden tavuttamisen, luku- ja aritmeettisten taitojen kanssa. Tämä tulos pysyi, vaikka älykkyys suljettiin pois. Tuloksissa tuli esille, että äidillinen vuorovaikutus ennustaa kognitiivisia esikoulutaitoja ja epäsuorasti myös koulutaitoja. Varhaista tukea pidettiin tärkeänä: lukemisen ongelmat voidaan ennustaa, joten tutkijoiden mukaan varhainen interventio on tarpeen.

2.1 Piaget'n teoria varhaislapsuuden kognitioista

Lapsella tulee olla tiettyjä ajattelun lähtökohtia ymmärtääkseen matematiikkaa. Näitä ovat mm. lukumäärän pysyvyyden ymmärtäminen ja transitiivinen, tulkitseva päättely (Nunes & Bryant, 1996, s. 12). Nämä piirteet kehittyvät yksilöllisesti varhaislapsuudessa, esikoulu- ja alkuopetusikäisenä. Piaget'n (1952) mukaan tällaiset kognitiiviset kyvyt kehittyvät asteittain, jolloin lapsen kehitys siirtyy ikäänkuin tasolta

toiselle. Hänen mukaansa kehityksellistä järjestystä ei voi ohittaa.

Piaget'n mukaan kognitiiviset kyvyt on adaptaation tulosta. Ne saavutetaan muokkaamalla olemassa olevia skeemoja. Skeema on mikä tahansa järjestynyt ja mielekäs tapahtumien, tunteiden ja niihin liittyvien mielikuvien, tekojen ja ideoiden joukko tai rakenne. Niitä luodaan ja muokataan jatkuvasti koko elämänkaaren ajan kokemusten myötä. Skeemat muuntuu ja jatkuu adaptaatio-prosessissa assimilaation ja akkomodaation kautta. Assimilaation kautta uudet kokemukset tulkitaan vanhojen skeemojen pohjalta. Uusien tietojen ja kokemusten seurauksena skeemat muuttuvat, mitä sanotaan akkomodaatioksi. Kognitiot kasvavat vähitellen assimilaatio- ja akkomodaatioprosessien kautta.

Kognitiivisia kehitysasteita on neljä. Jokaisella uudella asteella edellisellä asteella saavutettu kompetenssi ei häviä, vaan integroidaan lähestulkoon uudeksi ajattelutavaksi ja tietämykseksi. Ensimmäinen kehitystaso, sensomotorisen älykkyyden kausi, alkaa syntymässä ja kestää noin 18 kuukauden ikään. Tuolloin lapselle muodostuu yhä monimutkaisempia sensorisia ja motorisia skeemoja, jolla hän hallitsee paremmin ympäristöään.

Toinen kehitystaso, esioperationaalisen ajattelun kausi, alkaa kielen oppimisesta ja kestää n. 5-6 vuoden ikään. Silloin lapsi kehittää keinot skeemojen symboliselle ilmaisemiselle kielen, matkimisen, kuvittelun, symbolisen leikin ja piirtämisen avulla. Kognitiot perustuvat kuitenkin lähinnä omille havainnoille. Tämän kauden kognitioista käytetään myös termiä Piaget -kyvyt, joista yksi on esinumeeriset operaatiot. Keranto (1983) pohtii tutkimuksessaan, että olisi tutkimisen arvoista, missä määrin ja miten Piaget'n tutkimat esinumeraaliset operaatiot selittävät menestystä käytännön aritmeettisissa tehtävissä.

Kolmas kehitystaso on konkreettisen operationaalisen ajattelun kausi lapsen ollessa noin 6-12 -vuotias, jolloin hän alkaa arvostaa tiettyjen asioiden kausaalisuhteiden ymmärtämisen merkitystä. He voivat luokitella ja käsitellä hierarkkisia systeemejä. Reaalimaailmaan liittyvä ongelmanratkaisukyky on varsin kehittynyt, sen sijaan filosofinen ja abstrakti ajattelu ei.

Neljäs kehitystaso on formaalin, operationaalisen ajattelun kausi, joka alkaa nuoruusiässä kestäen aikuisuuteen saakka. Tuolle kaudelle on tyypillistä, että yksilö pystyy ajattelussaan käyttämään samanaikaisesti useita eri muuttujia ja luomaan sääntöpohjaisia järjestelmiä ongelmanratkaisuun, mikä on tieteellisen ja filosofisen ajattelun edellytys.

2.2 Kieli kognitiivisena toimintona

Kieli kognitiivisena toimintona on moniulotteinen. Siihen kuuluu puhe, sanavarasto, kielellinen tietoisuus, kielioppi, ortografiset taidot, lukeminen ja kirjoittaminen. Näiden oppimisessa ja hallitsemisessa korostuu visuaalisuus ja auditiivisuus. Vygotskyn (Crain, s. 197) mukaan kieli on yksi ihmisen psykologinen työkalu, jolla hän hallitsee elämää. Ajatusten työstämistä puheen avulla hiljaa puhuen tai äänettömästi mielessään Vygotsky nimitti egosentriseksi puheeksi, joka auttaa lasta ratkaisemaan ongelmia. Piaget ajatteli asian toisin: hänen mielestä egosenttrinen puhe heijastaa lapsen kognitiivista kehittymättömyyttä. Vygotskyn näki kielen tärkeänä työkaluna lapsen sosiaalisessa elämässä. Muita työkaluja ovat kirjoittaminen ja numerojärjestelmät. Erityisesti kirjoittaminen voi olla vaikeaa, kun täytyy käyttää abstrakteja symboleja ja formaalia opetusta. Vygotskyn mukaan kulttuurin merkkijärjestelmällä on keskeinen vaikutus kognitiiviseen kehitykseen. Luontainen kehitys dominoi kognitiivista kehitystä kaksi vuotiaaksi saakka. Sen jälkeen kulttuurilla on suuri merkitys, sillä merkkijärjestelmällä (kieli ja muut merkkijärjestelmät) on ajattelun korkein taso. Abstrakti ja teoreettinen järkeily vaatii kirjoittamisen, matematiikan ja muiden abstraktien konseptien opettelemista. Eli lapsille on pikkulapsi vaiheen jälkeen opetettava nämä asiat. Vygotsky korosti sekä abstraktien käsitteiden, kuten matematiikan ja tieteiden, että jokapäiväisten käsitteiden eli spontaanien käsitteiden opettamista koulussa.

Kieli ja matemaattiset taidot ovat kiinnostaneet tutkijoita monesta eri näkökulmasta. On etsitty syitä, mitä yhteisiä taitoja ja eroavaisuuksia niiden taustalla on. Laaja-alaisista oppimisvaikeuksista puhutaan silloin, kun oppilaalla on usealla eri oppimisen osa-alueella vaikeuksia. Geary ja Hoard (2001) tutkivat dyskalkulian ja lukivaikeuden suhdetta toisiinsa oppimisvaikeuksisella. He toteavat, että oppilaalla, jolla on matemaattisia oppimisvaikeuksia, on paljon samankaltaisuuksia lukivaikeuksisen oppilaan kanssa. He esittävät oman tutkimuksensa kautta, että samankaltaisuus johtuisi menettelytavoista ratkaistaessa matemaattisia ongelmia ja vaikeuksista muistaa peruslaskusääntöjä. Menettelytapojen puutteet johtuvat heidän mukaan ensiksikin aivokuoren otsalohkon toiminnasta, toiseksi vasemman pariecto-occipito-temporaalisen alueen toimintaan ja useisiin aivokuoren alimpien kerrosten struktuureihin, joilla osuutta myös lukivaikeuteen.

Kurdek, Lawrence; Sinclair ja Ronald (1993) ovat tutkineet, miten lukemisen

ja matematiikan neljännen kouluvuoden saavutuksia voidaan ennustaa päiväkotikäisenä lukemisen taidoilla. Heidän tutkimuksessaan tuli esille myös sukupuolten väliset erot taidoissa: tytöt suoriutuivat poikia paremmin visuumotorisissa taidoissa ja lukemisessa. Tutkimuksessa tuli esille, että verbaaliset, visuumotoriset, numeraaliset ja visuaalisen erottelukyvyn taidot ennustavat myöhempää matemaattista osaamista.

2.3 Tiedon prosessointi kognitiivisena kykynä

Tiedon prosessointiin vaikuttavat kognitiiviset taidot, kuten tarkkaavuus, toiminnanohjaus ja muisti. Motivaation käsittely jätetään tässä tutkimuksessa tarkastelun ulkopuolelle, koska se on selkeästi emotionaalisiin suhteisiin liittyvää, vaikkakin se on tiedonprosessointiin liittyvä tärkeä osatekijä.

Tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen taitoja tarvitaan tiedon prosessoinnissa. Tiedon prosessoinnissa oleellista on tarkkaavuuden suuntaamisen prosessi. Banduran mukaan (Crain, s.175) emme voi imitoida mallia, jos emme kiinnitä huomiota malliin. Oppilas voi kiinnittää huomiota vain osaan ärsykkeisiin koko ärsykevirrasta. Tiedon karsiminen ja tiedon valikoiva läpipääsy tarkkaavuusmekanismeihin, joita ovat refleksiivisesti ohjautuva tarkkaavuus ja tahdonalaisesti ohjattava tarkkaavuus. Refleksiivisesti ohjautuvaa tarkkaavuutta on esimerkiksi huomion kiinnittäminen päätä kääntäen kovan äänen suuntaan. Tätä kutsutaan suuntautumis- eli orientaatiorefleksiksi. Suurin osa tarkkaavuuden suuntaamisesta perustuu yksilön aikaisimpiin kokemuksiin, jotka ovat varastoituneet säiliömuistiin. (Driscoll, 1994, s. 78). Kun oppilaalla on suuria vaikeuksia näissä tarkkaavuuden toiminnoissa, voi kyse olla tarkkaavaisuushäiriöstä. Räsänen ja Ahosen mukaan oppilaan, jolla on tarkkaavaisuushäiriö, on vaikea muistaa laskuopillisia sääntöjä, hallita monivaiheisia laskutoimituksia (Matematiikka, s. 173).

Tiedon prosessoinnissa tärkeää on muistin toimiminen. Muistin osat ovat sensoriset muistit, työmuisti ja säilömuisti. Sensorinen muisti säilyttää tietoa hetken aikaa. Näköhavainnoilla haettu tieto säilyy sensorisessa puskurissa ikonimuistissa. Kuulohavainnoilla hankittu tieto säilyy kaikumuistissa. Tästä muistiaines siirtyy säilömuistiin. Työmuisti on pidempi kuin sensoriset muistit. Sitä kutsutaan myös välittömäksi muistiksi, lyhytkestoiseksi muistiksi, väliaikaiseksi muistiksi ja primaariseksi muistiksi. Muistin pituus on noin 20 sekuntia. Muistiaines on kerrattava esimerkiksi samantyyppisellä tehtävällä hetken kuluttua edellisestä, jotta muistiaines kertaautuu ja varastoituu säilömuistiin, jota kutsutaan myös pitkäkestoiseksi muistiksi.

Muistista hakustategioita ovat assosiaatiostrategiat, kuten toimintastrategiat, paikkastrategiat, valokuvastrategiat ja tunnistusstrategiat. Toinen hakutapa on rekonstruktio eli palautustuotos rakennetaan uudelleen, jolloin muodostuu skeema, jonka ympärille kootaan täydentävää aineistoa palautustilanteessa. (Driscoll 1994, s. 80). Pellegrinon ja Goldmanin mukaan muistin ongelmiin liittyy faktojen, suoritusvaiheiden ja etenemistapojen muistaminen ja operaatioiden hitaus (Ahonen & Räsänen. Teoksessa *Oppimisvaikeudet, Neuropsykologinen näkökulma*, s. 211).

Tiedonkäsittelyn strategiat vaikuttavat informaation käsittelyn nopeuteen. Tiedon käsittelyn nopeutuminen ja automatisoituminen vaikuttavat myös matemaattisiin saavutuksiin. Geary, Brown, Samaranayake (1991) esittivät, että matematiikan oppimisvaikeuksissa on kyse kahdesta dimensiosta: strategioiden kehittymisestä ja informaation käsittelyn nopeudesta. Heidän tutkimuksessaan normaalisti laskevat oppilaat luottivat muistista palauttamisen strategiaan yhteenlaskuissa ja käyttivät eri strategioita, virheitä oli vähän ja yhteenlasku sujui. Oppilaat, joilla oli matematiikan oppimisvaikeuksia, pitäytyivät puolestaan vähäisissä strategiavalinnoissa, vaikka olivatkin taitavia laskijoita. Tutkimuksessa tutkittiin kolmen osatekijän, muistin, strategiavalintojen ja matemaattisten saavutusten, yhteyttä. Sen mukaan huonot strategiavalinnat olivat yhteydessä matemaattisiin saavutuksiin. Lisäksi strategiavalinnat ja muisti korreloivat keskenään. (Geary, Brown & Samaranayake. 1991).

Geary (1994, s. 186) jakaa matemaattiset oppimisvaikeudet kolmeen päätyyppiin: semanttisesta muistista, proseduraaliset eli menetelmälliset vaikeuksista ja visuospatiaalisista vaikeuksista johtuvat. Semanttisen muistin vaikeudet ilmenevät vaikeutena oppia numeroihin liittyviä tietoja, väärinä mieleenpalauttamisina ja tarpeena käyttää sormia avuksi pitempään kuin muut. Proseduraalinen eli menetelmällinen hankaluus esiintyy vaikeutena muistaa eri laskutoimitusten suoritusperiaatteita esim. allekkain vähentäessä ei muista suuntaa vaan vähentää aina suurimmasta pienemmän ja vaikeutena numerokäsitteen ymmärtämisessä. Visuospatiaaliset vaikeudet ilmenevät tiedon prosessoinnin vaikeuksina. Templen mukaan tiedon prosessointi ongelmat näyttävät sarjallisessa prosessoinnissa esim. viikoppäivien, kuukausien ja sormien nimeämisen hankaluutena sekä luvun prosessoinnissa paikka-arvoon liittyvässä analyysissä että numerosanojen mieleenpalauttaminen, esim. sano tämä luku 9172 (*Matematiikka-näkökulmia opettamiseen*, s. 171).

Toiminnanohjauksen taidot ovat korostuneet oppimistilanteissa viimeisen kymmenen vuoden aikana. Siihen on vaikuttanut mm. vallitseva oppimiskäsitys. Kun

1970 -luvulla vallitsi behavioristinen oppimiskäsitys, korostui oppimisessa ärsyke-reaktio -prosessi, jolloin yksilön sisäinen toiminnanohjaus oli suoraa ärsykkeeseen vastaamista reaktiolla. Nykyiset vallitsevat oppimiskäsitykset, konstruktivistinen ja sosiokonstruktivistinen oppimiskäsitys, korostavat yksilön oppimisprosessia, missä hänen toiminnanohjaustaitonsa ovat prosessin kannalta erittäin tärkeitä. Toiminnanohjauksen tutkiminen on myös melko uutta. Bullin ja Scerifin (2001) pitkittäistutkimuksessa tutkittiin, kuinka toiminnanohjaus ennustaa alkuopetusikäisen lapsen matemaattisia kykyjä. Tutkimuksen löydöksenä oli toiminnanohjaukseen vaikuttavien tekijöiden, joita ovat estäminen (inhibition), siirtäminen (switching) ja työmuisti, merkittävä yhteys matemaattisiin taitoihin. Tutkimuksessa todettiin, että oppilaille, joilla on matemaattisia oppimisvaikeuksia, on yleensä myös heikko työmuisti ja puutteita estämisessä. Nämä puutteet johtavat ongelmiin tiedon siirtämisessä ja uusien strategioiden arvioimisessa.

2.4 Visuo-spatiaaliset taidot kognitiivisina kykyinä

Visuaalis-spatiaalinen vaikeus on Gearyn (1994, s. 186) mukaan yksi mahdollinen syy matemaattisten oppimisvaikeuksien taustalla. Se tulee esiin vaikeutena järjestää numeerista tietoa, ymmärtää spatiaalisesti ja mm. lukusarjojen kirjoittamisessa, sijoittelussa, lukujen paikka-arvojen ymmärtämisessä. Yleisesti visuospatiaalisia vaikeuksia nimitetään hahmotushäiriöiksi. Yleisesti on ajateltu, että visuospatiaaliset taidot ja matematiikka korreloivat keskenään. Spatiaalisia taitoja ei voida kuitenkaan pitää yksin matemaattisia taitoja selittävänä taitona (Ahonen & Räsänen, 1998). Montessorin kehitysteorian mukaan lapsen visuospatiaaliset taidot kehittyvät hyvin varhain. Hän on todennut visuospatiaalisiin taitoihin liittyviä kehitysvaiheita kuten järjestysherkkyyskauden 0-3 -vuotiaalla lapsella, jolloin hän haluaa laittaa tavarat paikoilleen ja 1-2 -vuotiaana kiinnostuksen yksityiskohtiin esimerkiksi hyönteisiin (Crain, s. 66).

3 MATEMAATTISET TAIDOT ALKUOPETUKSEN ALOITTAMISVAIHEESSA

Vornasen (1984) tutkimuksessa todettiin, että koulutulokkaiden välillä on suuria kehityksellisiä eroja matemaattisen ajattelun taidoissa. Erojen syntymiseen on vaikuttanut se, millaisia matemaattisia käsitteitä ja operaatioita lapsella on ollut mahdollisuus käyttää omassa lähiympäristössään (Kinnunen & Vauras 1997, s. 273). Myös Malinen (1980, s. 14) on todennut tutkimuksessaan, että matemaattisen ajattelun taso on ympäristösidonnaista, opetuksesta riippuvaista ja vaihtelee aiheen mukaan. Perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteet -asiakirjan näkökulmasta katsoen opetus pyrkii vastaamaan hyvinkin erilaisiin tarpeisiin yksilölliset erot huomioiden. Siinä huomioidaan kaikki oppilaat kykyjensä ja tarpeittensa mukaan, jolloin opetuksen eriyttäminen korostuu juuri koulutulokkaiden suurien erojen vuoksi. Opetuksen sisältö perustuu kunta- ja koulukohtaiseen opetussuunnitelmaan, joka on laadittu Opetushallituksen antaman Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden pohjalta. Alkuopetuksen oppisisällöt ovat matematiikan osalta laajat, kun ajatellaan, että joku oppilaista aloittaa opiskelunsa lukumäärien ja numeroiden vastaavuudesta. Saman oppilaan tulisi alkuopetuksen lopulla eli toisen luokan keväällä hallita luvut tuhanteen kymmenylityksineen ja kertotauluineen. Koulutulokkailta odotetaan tiettyjä taitoja matematiikan hallinnassa (Kinnunen & Vauras, 1997, Teoksessa Matematiikka - näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen, s. 271). Tällaisia taitoja ovat numeropysyvyys, vertailu, lajittelu, lukumäärät lukualueella 1 - 10 ja sarjoittaminen. Anning (1999, s. 117) korostaa numeropysyvyyttä esikoulumatematiikassa. Se on hänen mielestään asia, jonka pohjalle laskutaidot rakennetaan koulussa. Numeropysyvyydellä tarkoitetaan numeron ja lukumäärän yhdistämistä automaation tasolle. Automatisoituminen tarkoittaa sitä, ettei oppilaan joka kerta nähdessään esimerkiksi luvun kolme, tarvitse erikseen laskea: yksi - kaksi - kolme, vaan hän nähtyään numeron tai lukumäärän pystyy heti toteamaan sen ja mahdollisesti jatkamaan yhteenlaskua siitä. Eräissä tutkimuksissa (Gray & Mulhern, 1995) on todettu, että automatisoituminen yhteenlaskussa ennustaa matemaattista kyvykkyyttä. Numeropysyvyyden oppimisen jälkeen myös oppilaan laskustrategiat paranevat (Geary, 1994, s. 14, 62). Pysyvyyden käsite on Piaget'n teoriaan pohjautuva. Mm. Fuson (1992) on sen pohjalta tutkinut lasten lukujonotaitojen kehittymistä. Hänen tutkimuksissaan on tullut esille mm.

kulttuurieroja lukusanojen oppimisessa.

Matemaattiset valmiudet myötävaikuttavat laskutaitoihin. Erään pitkittäistutkimuksen tulosten mukaan matemaattisista ongelmista kärsivillä lapsilla on puutteita matemaattisissa perustiedoissa ja valmiuksissa. Heillä on myös vaikeus erottaa laskemisen olennaiset ja epäolennaiset piirteet sekä huomata tekemänsä laskuvirheet. Lapsilla, joilla on matemaattisia ongelmia, on usein muistamisvaikeuksia ja heidän laskutaitonsa on hyvin jäykkää, joustamatonta ja heikosti kehittynyttä. Usein heidän on myös vaikea löytää oikea laskustrategia tiettyyn tehtävään tai matemaattiseen ongelmaan. (Geary, Bow-Thomas & Yao, 1992). Laskuvirheitä analysoimalla voidaan selvittää, mitä oppilas on ajatellut ja minkätyyppisistä mahdollisista vaikeuksista on kyse. Systemaattiset virheet kertovat ajatteluprosessista ja satunnaiset virheet huolimattomuudesta ja hetkittäisistä lipsahduksista (Huhtala 2000, Greer & Mulhern 1989).

Baroodyn näkökulma lasten matematiikan ajatteluun perustuu kognitiiviseen psykologiaan ja Piagen teoriaan. Hän jakaa matematiikan kehityksen informaalin ja formaaliin kehitykseen. Informaali -kausi alkaa varhaislapsuudesta ja jatkuu niin pitkään kuin opitaan käyttämään matemaattisia symboleita ajattelun välineinä. Koulun aloittamisen vaiheessa lapsi on informaalisessa vaiheessa matematiikan oppimisessaan. Hänen mukaan lähes kaikilla koulun aloittavilla oppilailla on käsitys vähentämisestä ja yhteenlaskemisesta (1987, s. 142). Tämän ikäisillä oppilailla matematiikan kokemukset tulisi olla vielä erittäin konkreettisia. Hän tuo esille myös pysyvyyden käsitteen, joka on hyvin erilainen koulutulokkailla. Osa oppilaista nähtyään kahden nopan (2 ja 4) pistemäärän pystyy automaattisesti lisäämään neljään kaksi ajattelemalla: "neljä, viisi, kuusi". Osa koulua aloittavista aloittaa laskemisen alusta: "yksi, kaksi, ...". Tämä ajattelutapa kertoo pysyvyyden käsitteen kehitysvaiheesta. (Baroody, 1987, 144). Numeroiden ja niiden lukumääräarvojen automatisoituminen edistää laskutoimituksissa tarvittavien strategioiden kehittymistä. Lukusuoran hallinta on Baroodyn mukaan (1987, 148) tyypillinen koulua aloittelevan taito, joka tulisi automatisoitua niin etuperin kuin takaperin lueteltuna. Yhtenä didaktisena neuvona hän esittää kellotaulun lukusuoramallina: sitä tutkimalla numeroiden väliset suhteet voivat automatisoitua (1987, 149). Baroody korostaa matematiikan opettamisessa konkretiaa suositellen sormien ja kuutioiden käyttöä (1987, 154).

Carpenter ja Moser tutkivat pitkittäistutkimuksella (1984) esikoulu- ja alkuopetusikäisten yhteen- ja vähennyslaskutaitoja. Tutkimuksen tavoitteena oli

selvittää matemaattista prosessointia. Lapset ratkaisevat yhteen- ja vähennyslaskuja analysoiden lukuja kokonaisuuksina tai hajoittaen niitä noudattaen jotain sääntöä, toimintaa tai kuvausta. Tutkimuksessa lapsille esitettiin lisäämiseen ja vähentämiseen liittyviä ongelmia, esimerkiksi: ”Stevellä on kolme kalaa. Hänen ystävänsä antaa hänelle kahdeksan kalaa lisää. Kuinka monta kalaa Stevellä on yhteensä?” Nämä tehtävät mittaavat lasten taitoa ymmärtää numeroiden välisiä suhteita. Lapset eivät ole tietoisia strategiavalinnoistaan ratkoessaan laskuja. Tutkimuksessa tuli esille kolme tasoa ratkaista ongelmia: laskee kaikki, laskee aloittaen ensimmäisestä, laskee aloittaen suuremmasta. Tämä on sama huomio, jonka myös Baroody esitti noppien pistemäärien laskemisessa.

4 TUTKIMUSONGELMAT

Tämän tutkimuksen tausta-ajatuksena oli oppilaan esi- ja alkuopetuksen taitekohdan tutkiminen nimenomaan mahdollisten oppimisen ongelmien varhaisen todentamisen näkökulmasta. Ajatuksen jalostamisen ja toteenkäymisen mahdollisti Niilo Mäki - Instituutin ja Lapsen kielen kehitys -projektin intressit aineiston käsittelyyn antamiseksi juuri matemaattisten taitojen osalta. Tämän aihealueen pitkäikäisistä lapsista on kansainvälisestikin ajatellen todella vähän.

Tämän tutkimuksen tavoite on selvittää, mitkä viisivuotiaan kognitiiviset kyvyt ovat yhteydessä perusopetuksen ensimmäisen luokan syksyn matemaattisiin taitoihin. Tämän tutkimuksen keskeinen tehtävä on seuloa eri kognitiivisista kyvyistä eniten matemaattista taitoa selittävä kyky. Muissa tutkimuksissa (mm. Geary, Bow-Thomas, Yoa, 1992) on todettu, että oppilailla, joilla on matematiikan oppimisvaikeuksia, on myös muita vaikeuksia, kuten muistin ongelmia. Näitä ennusmerkkejä tulisi tarkentaa, jotta mahdolliset tulevat ongelmat pystyttäisiin väistämään tai ainakin lieventämään. Mikäli jo lapsen varhaisessa vaiheessa joko varhaiskasvatuksen aikana päivähoitossa tai neuvolassa huomattaisiin sen hetkisellem kognitiiviselle kehitykselle ominainen piirre, jolla voitaisiin ennustaa tulevia hankaluuksia matematiikassa, olisi lapsen etu, että niihin kiinnitettäisiin huomiota varhain ja osattaisiin tarjota ongelmaan täsmällistä tukea.

Tutkimuksen pääongelmana on, mitkä viisivuotiaan kognitiiviset kyvyt ovat yhteydessä perusopetuksen ensimmäisen luokan syksyn matemaattisiin taitoihin? Tutkimuksessa lähestytään tätä ongelmaa haarukoimalla kognitiivisistä kyvyistä sellaiset mallit, jotka eniten ennustavat matemaattisia taitoja koulun aloitus vaiheessa. Mallien etsiminen tässä vaiheessa on perusteltua, koska aikaisempaa tutkimusta tämän ikäisistä ja tästä prolemaatiikasta ei ole. Kognitiivisista kyvyistä on tarkastelun alla ovat kieli sanavaraston, nopean nimeämisen ja fonologisen prosessoinnin osalta, muisti, visuo-spatiaalisia toiminnot, tarkkaavuus ja toiminnanohjaus sekä aritmetiikan taidot.

Alaongelmina tässä tutkimuksessa tutkitaan, miten fonologinen prosessointi kognitiivisena prosessina on yhteydessä matemaattisiin taitoihin, miten työmuistin toiminta on yhteydessä matemaattisiin taitoihin ja eroaako tytöt ja pojat kognitiivisilta kyvyiltään ja matemaattisilta taidoiltaan toisistaan? Fonologista prosessointia tutkitaan

siksi, että halutaan selvittää, miten kognitiivisen kyvyn prosessointi ennustaa matemaattisia taitoja.

5 TUTKIMUSMENETELMÄT

5.1 Koehenkilöt ja tutkimusasetelma

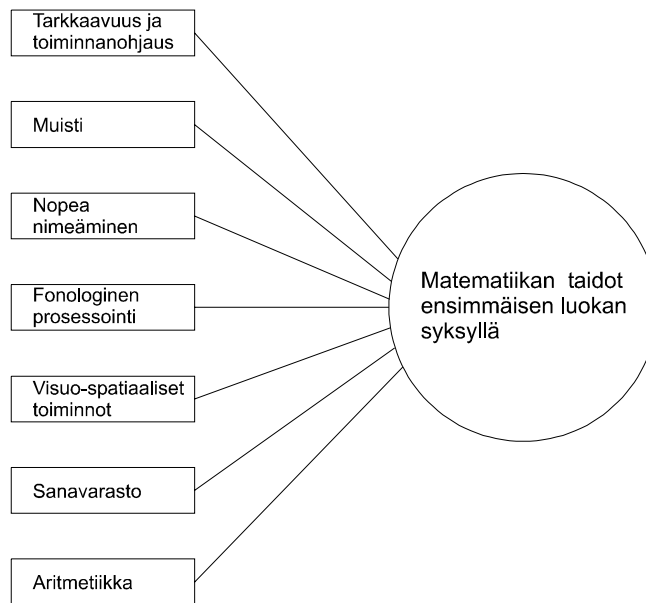
Tutkittavina oli 108 keskisuomalaista lasta, jotka osallistuivat Jyväskylän yliopiston psykologian laitoksen "Varhainen kielen kehitys ja geneettinen dysleksiariski" - tutkimusprojektiin, joka on pitkittäistutkimus syntymästä kymmenvuotiaaksi saakka. Tutkimukseen lapset valittiin vuosina 1993-1996 noin 8400 perheen joukosta haastattelemalla vanhemmat ensin äitiysneuvolassa, minkä perusteella halukkuutta tutkimukseen osallistumiseen arvioitiin kirjallisesti haastattelemalla lapsen molempia vanhempia ja sen jälkeen vanhempien lukemistaidot arvioitiin. Kaikkiaan pitkittäistutkimuksessa oli mukana yli 200 lasta ja perhettä. Tähän tutkimukseen aineistosta osallistui 52 tyttöä ja 56 poikaa. Heistä 56 kuului dysleksiariskiryhmään ja 52 kontrolliryhmään. Dysleksiariskiryhmään kuului ne lapset, joiden vanhemmilla tai lähisukulaisella on ollut ongelmia lukemisessa ja/tai kirjoittamisessa. Kontrolliryhmään valittiin lapset, joiden taustat olivat riskiryhmän lasten taustoja vastaavat. Tässä tutkimuksessa ei tutkita ryhmien välisiä eroja. Taustoissa huomioitiin mm. lapsen perheen sosioekonominen asema. Taulukossa 1 on kuvattu koehenkilöt sukupuolen ja ryhmän mukaan.

TAULUKKO 1. Koehenkilöiden sukupuoli- ja ryhmäjakauma

Sukupuoli	Ryhmä (N=108)	
	Riskiryhmä (N=56)	Kontrolliryhmä (N=52)
Tytöt (N)	26	26
Pojat (N)	30	26

Tutkimuksen tutkimusasetelmassa (Kuvio 1) oli kolme mittauskertaa eli tutkimusvaihetta. Kaksi ensimmäistä mittausvaihetta suoritettiin lasten ollessa 5- ja 5½ - vuotiaita toisin sanoen nuo mittaukset tehtiin varhaislapsuusiässä. Varhaislapsuuden mittauksissa mitattiin testein lasten kognitiivisia kykyjä. Kognitiivisista kyvyistä tässä

tutkimuksessa on tutkittu kieltä sanavaraston, nopean nimeämisen ja fonologisen prosessoinnin osalta, muistia, visuo-spatiaalisia toimintoja, tarkkaavuutta ja toiminnanohjausta sekä aritmetiikan taitoja. Kolmas vaihe toteutettiin heidän perusopetuksen ensimmäisen luokan syksyllä, jolloin suurin osa lapsista on täyttänyt 7 vuotta ja osa on ollut vähän alle seitsemän vuotiaita. Tuolloin mitattiin matemaattisia taitoja.



Varhaislapsuuden Kognitiiviset kyvyt

KUVIO 1. Pitkittäistutkimuksen tutkimusasetelma.

Tutkimuksen tarkastelun alla olevat kognitiiviset kyvyt ovat sellaisia, jotka yleisimmin ovat esillä oppimisvaikeuksia tutkittaessa. Lisäksi juuri nämä kognitiiviset kyvyt ovat mukana tutkimuksessa, koska jo olemassa olevasta tutkimustiedoista ei löydy kartoitusta tästä problematiikasta.

5.2 Tutkimuksen suorittaminen ja tutkimuksessa käytetyt testit

Tämän tutkimuksen testit suoritettiin Jyväskylän yliopiston psykologian laitoksella laboratorio olosuhteissa. Testit suorittivat siihen erikseen koulutettu LKK -projektin henkilökunta. Lapset vanhempineen osallistuivat LKK -tutkimukseen vuorokauden

ikäisestä vauvasta saakka, mutta tähän tutkimukseen lapset osallistuivat ollessaan 5-, 5½- ja noin 7 -vuotiaina. Testien suorittamisen ajankohta esitellään taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Testien suorittamisen ajankohta.

Testi	Ikä vuosina		
	5	5½	6, 8 - 7,6
Bostonin nimeämistesti		X	
WPPSI-R	X		
Nopean sarjallisen nimeämisen testi (RAN objects ja colors)		X	
HepsKups		X	
Poskiparta & al. Diagnostiset testit 1		X	
Numerosarjojen toistamisen testi	X		
NEPSY, Tarkkaavaisuus ja toiminnanohjaus		X	
Matematiikan tehtäviä			X

Sanavarastoa on tutkittu sekä Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence-R -testistön (WPPSI-R; Wechsler, 1995) Sanavarasto- ja Yleinen käsityskyky osatesteillä että Bostonin nimeämistestillä (Boston Naming Test; Kaplan, Goodglass & Weintraub, 1983). Nopeaa nimeämistä on tutkittu käyttämällä Nopean sarjallisen nimeämisen testiä (Dencklan & Rudel, Rapid Automated Naming, RAN, 1976b), jossa nimeämisessä on käytetty värejä ja kuvia. Fonologisen prosessoinnin testeinä olivat sekä Heps Kups foneemisen tietoisuuden testi (Hietala) että Poskiparran, Niemen ja Lepolan (1994) Diagnostiset testit 1 -Lukemisen ja kirjoittamisen kahta osatestiä, joissa mitattiin sanojen jakautumista tavujen ja äänteiden mukaan. Muistia testattiin Numerosarjojen toistamisen testillä (Digit span, Gathercole & Adams, 1994). Visuo-spatiaalisia taitoja mitattiin WPPSI-R:n osatesteillä Kuutiotehtävät, Kokoamistehtävät ja Kuvien täydentäminen. Tarkkaavuutta ja toiminnanohjausta mitataan NEPSY -patterin (Korkman, Kirk, & Kemp, 1998), osatestillä Visuaalinen

tarkkaavuus. WPPSI-R:n osatestillä Laskutehtävät tutkitaan aritmetiikan kykyjä. Matematiikan taitoja tutkittiin Räsänen laatimilla matematiikan tehtävillä.

5.2.1 Bostonin nimeämistesti

Bostonin nimeämistestistä (Boston Naming Test; Kaplan, Goodglass & Weintraub, 1983) käytettiin Laineen ym. (1993) suomeksi kääntämää koekäytössä ollutta pilottiversiota. Testin manuaali, jossa on uusittu järjestys, on ilmestynyt Psykologien kustannuksen julkaisemana 1997 (Laine, Koivuselkä-Sallinen, Hänninen & Niemi). Lapselle esitettiin yksitellen 60 kuvaa kuvatauluilta ja pyydettiin nimeämään ne. Kuvataulujen kuvat olivat alussa arkisia tuttuja esineitä: sänky, kello, kirja, talo, sakset, kampa, kukka, saha, hammasharja, maila, helikopteri. Lopussa oli vaikeampia ja oudompia kuvia kuten sfinksi ja muumio. Mikäli lapsi ei osannut spontaanisti nimetä kuvan esittämää kohdetta, annettiin hänelle sanan merkitykseen viittaava semanttinen vihje esimerkiksi sängyn kuvasta se voisi olla: "se on huonekalu..." Jos semanttinen vihje ei auttanut riittävästi lasta annettiin fonologinen vihje sanomalla sanan ensimmäinen tavu esimerkiksi: "sän". Oikeasta vastauksesta sai kuvaa kohden yhden pisteen. Semanttisen vihjeen jälkeisestä oikeasta vastauksesta sai pisteen. Foneemisen vihjeen jälkeisestä oikeasta vastauksesta ei saanut pistettä. Mikäli lapsi vastasi väärin kuusi kertaa peräkkäin, testaus keskeytettiin.

5.2.2 Wechsler älykkyystestistö esikouluikäisille, WPPSI-R

Esikouluikäisten (3 v-7v 3 kk) yleisen kognitiivisen kapasiteetin ja oppimisvalmiuksien kartoittamiseen tarkoitettua Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence-R (WPPSI-R; Wechsler, 1995) -testistä tehtiin 5 vuoden iässä lyhennetty kuuden osatestin versio. Kielellisistä osatesteistä tehtiin Sanavarasto, Laskutehtävät sekä Yleinen käsityskyky. Suoritusosan osatesteistä tehtiin Kuutiotehtävät, Kokoamistehtävät ja Kuvien täydentäminen.

Sanavarasto -osatestissä lapselle esitettiin kuvia ja kysyttiin: "mikä tämä on?" ja "mitä nämä sanat merkitsevät?" Kuvat esittivät lapsille tuttuja esineitä kuten kello ja kenkä. Sanojen merkitsevyys -tehtävässä lapsi kuvaili esimerkiksi sanaa "tahmea".

Laskutehtävät -osatestissä neljässä lukumäärätehtävässä käytettiin kuutioita. Tehtävissä laskettiin kahteen, neljään, yhdeksään ja vähentämällä neljä kuutiota

yhdeksästä. Sanallisia tehtäviä oli 16, joista vähennyslaskutehtäviä oli seitsemän, yhteenlaskutehtäviä viisi, sekä vähennys- että yhteenlaskutehtäviä kaksi, yksi vertailutehtävä ja yksi kertolaskutehtävä.

Yleinen käsityskyky -osatestissä mitattiin yleinen käsityskyky lapsen arkielämään liittyvillä seitsemällätoista kysymyksellä. Kysymykset olivat syy-seuraus -suhteisiin liittyviä, esimerkiksi " miksi ihmisen pitää syödä ruokaa?".

Kuutiotehtävät -osatestissä lapsi rakensi mallikuvioista samanlaisen kuution. Näitä tehtäviä oli yhteensä 14.

Kokoamistehtävät -osatestissä lapsi kokosi erityyppisiä palapelejä tietyssä ajassa. Palapelejä oli kuusi, niissä oli enintään viisi palaa.

Kuvien täydentäminen -osatestissä lapsen tuli täydentää mallin mukaisesti esimerkkikuvaa noudattaen "keskeneräinen" kuva esimerkkikuvaa vastaavaksi.

5.2.3 Nopean sarjallisen nimeämisen testi, RAN

Dencklan ja Rudelin (1976b) kehittämistä nopean sarjallisen nimeämisen tehtävistä (Rapid Automatized Naming, RAN) käytettiin esineiden ja värien nimeämistehtäviä. Esineiden nimeämistehtävässä lapsille esitettiin kuvataulu, jossa viisi esineen kuvaa (auto, talo, kala, kynä, pallo) esiintyi satunnaisessa järjestyksessä kuusi kertaa viidessä rivissä. Ennen tehtävän aloittamista lapselle kerrottiin kuvasarjassa esiintyvien ärsykkeiden nimet ja pyydettiin häntä toistamaan ne. Tämän jälkeen lasta pyydettiin nimeämään kuvataulun kaikki ärsykkeet rivi riviltä niin nopeasti ja tarkasti kuin mahdollista. Nimeämiseen kuluvan kokonaisajan mittaamisessa käytettiin sekuntikelloa. Sekä itse korjatut että korjaamatta jääneet virheet (poisjättäminen, väärä nimike) kirjattiin lomakkeelle. Mittana käytettiin koko kuvasarjan nimeämiseen kulunutta kokonaisaikaa. Värien nimeämistehtävä oli identtinen esineiden nimeämistehtävän kanssa muuten, mutta esineiden sijasta kuvataulun ärsykkeinä esiintyi viisi väriä (punainen, sininen, vihreä, keltainen, musta).

5.2.4 Heps Kups -nopea yksittäisten kohteiden nimeämisen testi

Heps Kups -nopea yksittäisten kohteiden nimeämisen testi toteutettiin tietokonetestauksena 5½-vuoden iässä. Anne Hietalan kehittämään tietokoneanimaatiotestistöön "Heps-Kups maassa" sisältyi tässä ikävaiheessa kaikkiaan

kahdeksan osatestiä. Osatesteihin oli sisällytetty runsaita visuaalisia ja ääniärsykyitä sisältävään motivoivaan kertomukseen, jossa kaksi animaatiohahmoa seikkaili tietokonepelin tapaan ja lapsi eteni touch screeniä koskettaen. Lapsi sai tehtävien ohjeet animaatiohahmoilta. Lapsi toimi tehtävissä joko koskettamalla vaihtoehtoisia kohteita tai antamalla kielellisiä vastauksia, jotka tallennettiin äänitiedostoiksi. Lapsen vieressä istuva testaja monitoroi osioista ja tehtävästä toiseen siirtymistä tallentamalla vastauksen oikeellisuuden. Tehtäväkohtaisen katkaisurajan täytyessä (3 tai 4 peräkkäistä kieltäytymistä) seuraavaan osatehtävään siirtyminen tapahtui kuitenkin automaattisesti. Touch screenin rekisteröimät ja testajan on-line koodaamat lapsen vastaukset tallentuivat ohjelman data-tiedostoon, josta ne olivat välittömästi testauksen jälkeen tarkasteltavissa.

Yksittäisten kohteiden nopea nimeäminen esitettiin yleensä seitsemäntenä tietokoneanimaatiotehtävänä. Tehtävän alussa esiteltiin uusi henkilöhahmo, tavaroita varasteleva rotta. Lapselle kerrottiin, että esineet saavat taikasuojaan, kun ne sanoo mahdollisimman nopeasti: "Sano nopeasti, mitä kuvassa näkyy, niin Emppu-Hemppu ei voi niitä varastaa. Sano nopeasti mikä tämä on...". Tehtävässä on yksi harjoitus (lintu) ja 15 testiosiota. Testiosioissa viisi esineen kuvaa (kukka, nappi, pallo, nukke, kello) ilmestyivät kuvaruudulle kukin kolme kertaa. Ensimmäisessä viiden setissä kuvien järjestys oli vakioitu kaikille lapsille samaksi, mutta jälkimmäisillä kahdella kerralla ohjelma arpoi kullekin lapselle oman kuvien esitysjärjestyksen viiden kuvan blokin sisällä. Lapselle ei etukäteen kerrottu kuvien esittämien kohteiden nimiä, mutta jos hän ensimmäisten viiden kuvan aikana nimesi jonkun kuvan väärin, hänelle kerrottiin oikea vastaus. Lapsen vastaukset tallentuivat automaattisesti äänitiedostoksi. Uusi kuva vaihtui tietokoneruudulle, kun tutkija oli rekisteröinyt lapsen vastauksen oikeellisuuden. Vastauksen oikeellisuudesta riippumatta vastausta seurasi aina jokin palkkio (esim. äänen sisältävä animaatio rotasta, joka törmää taikasuojaan, pelkkä rotan ääni, tai visuaalinen esineen katoaminen savupilveen ilman ääntä).

Käytetyt mitat olivat seuraavat: 1) Testajan tiedostoon tallentama nimeämisen oikeellisuus, 2) Ohjelman automaattisesti tallentama vastauksen latenssiaika millisekunteinä (ajan kulumisen ärsykyteen ilmestymisestä kuvaruudulle siihen, kun mikrofoni on alkanut tallentaa lapsen puhetta). Äänitiedostot tarkastettiin Sound Forge (4.0)-ohjelman (1996) avulla ja korjattiin niissä tapauksissa, joissa äänitys oli alkanut liian aikaisin ympäristön äänien tai lapsen tehtävään kuulumattoman puheen vuoksi. Analyyseissä käytettiin mittana lapsen antamien vastausten latenssiaikojen keskiarvoa.

Mukana keskiarvossa olivat sekä oikeat että väärät vastaukset. Jos lapselta puuttui vastaus jostakin osiosta, laskettiin keskiarvo niiden osioiden latenssiajoista, jotka lapselta oli käytettävissä.

5.2.5 Poskiparta & al. Diagnostiset testit 1

Tutkimuksessa käytettiin Poskiparran, Niemen ja Lepolan (1994) Diagnostiset testit 1 - Lukemisen ja kirjoittamisen kahta osatestiä, joissa mitattiin sanojen jakautumista tavujen ja äänteiden mukaan. 5.5 -vuotiaille esitettiin fonologisen tietoisuuden mittana Poskiparran, Niemen ja Lepolan (1994) Diagnostiset testit 1 -Lukemisen ja kirjoittamisen osatesti Tavun poistaminen sanasta. Osatesti pyrkii arvioimaan tavutason kielellistä tietoisuutta. Osatestissä lasta pyydettiin poistamaan tavu annetuista sanoista (esim. "Jos sanasta koivu otetaan vu pois, niin mikä sana saadaan?").

5.2.6 Numerosarjojen toistamisen testi, lyhytkestoisen muistin testi

Gathercolen ja Adamsin (1994) kuvaaman menettelyn mukaisesti Numerosarjojen toistamisen testissä laadittiin auditiivinen numerosarjatehtävä valitsemalla numerosarjat satunnaisesti numeroista 1 - 6. Numerosarjat alkoivat kahden numeron sarjoista (esim. 4 - 2) ja päättyivät kuuden numeron sarjoihin (esim. 1 - 4 - 3 - 5 - 2 - 6). Kullakin tasolla lapselle esitettiin toistettavaksi kaksi sarjaa ja mikäli hän toisti molemmat oikein, siirryttiin seuraavalle tasolle. Mikäli lapsi toisti oikein vain toisen kahdesta esitetystä sarjasta, esitettiin hänelle kolmas saman pituinen numerosarja. Jos lapsi toisti hänelle esitetyn kolmannen sarjan oikein, siirryttiin yhtä numeroa pidempiin sarjoihin, muussa tapauksessa testaus lopetettiin. Työmuistin kapasiteetti määräytyi pisimmän hyväksytyt, vähintään kaksi numerosarjaa oikein, suoritustason mukaan. Numerosarjatehtävän ärsykkeiden esittäminen ja tehtävään motivointi tapahtui tietokoneen avulla.

5.2.7 NEPSY -testipatterin osatesti Visuaalinen tarkkaavuus

Tarkkaavuutta ja toiminnanohjauksen mittarina käytettiin NEPSYN Visuaalinen tarkkaavuus -osatestiä, jossa lapsi etsi paperilta useiden kuvien seasta kissat ja mallissa esitetyt kasvot, jotka on sekaisin lähes samanlaisten kasvokuvien kanssa. Tehtävässä

arvioitiin oikeiden vastausten lukumäärä ja tehtävään käytetty aika.

5.2.8 Matematiikan tehtävät

Matemaattisia taitoja ensimmäisen luokan syksyllä mitattiin Räsänen laatimilla matematiikan tehtävillä, jotka olivat suunniteltu LKK-tutkimusta varten. Tähän tutkimukseen otettiin mukaan kolme neljästä Matematiikka-tehtävien osatestiä. Ensimmäisessä osatestissä testattiin lukujonotaitoja eteenpäin ja taaksepäin. Tehtävänanto kuului: "Sanon sinulle lukuja peräkkäin, kerro sinä, miten lukujono jatkuu." Lukujonoja oli kuusi: 1, 2, 3, 4... / 10, 9, 8, 7... / 23, 22, 21, 33... / 10, 20, 30, 40... / 82, 81, 80, 79... / 2, 4, 6, 8... Toisessa osatehtävässä oli tehtävänä vertailla kuullun perusteella lukumääriä vastaten suullisesti kysymykseen esimerkiksi: "sano minulle, kumpi on pienempi luku 19 vai 14?" Kolmannessa osatestissä tehtävänä oli lukujonotaitoja mittaava tehtävä, jossa ei vaadittu verbaalista vastaamista, vaan kuullun perusteella vastattiin osoittamalla kuvaa tai kättä. Neljättä osatehtävää ei otettu tutkimukseen mukaan, koska tulosten analysoinnissa ilmeni, että se mittasi eri matemaattisia taitoja kuin kolme muuta osatestiä.

5.3 Muuttujat ja niiden mittaaminen

Kognitiivisia kykyjen ja matemaattisten taitojen testituloksia tarkasteltiin korrelaatiomatriisilla (Liite 1) käyttäen Pearsonin korrelaatiokerrointa. Havaintojen määrä on runsas. Testattujen määrä (N) vaihteli 120:stä 200:an. Tilastollisesti merkittävää korrelaatiota esiintyi useiden muuttujien välillä, joten samaa taitoaluetta mittaavista testien osatesteistä oli mielekästä rakentaa summamuuttujia regressioanalyysin luonteen vuoksi. Muuttujat, joita on kahdeksan, rakentuivat siten, että eri kognitiiviset osa-alueet, kieli, kielellinen työmuisti, visuo-spatiaaliset taidot, tarkkaavaisuus ja toiminnanohjaus tiedon prosessointi sekä aritmetiikan taidot tulisi huomioida. Muuttujista esimatemaattiset taidot, kielityömuisti ja tarkkaavuus ja toiminnanohjaus eivät ole summamuuttujia, vaan muuttujia sellaisinaan. Kahdeksasta muuttujista, summamuuttujat mukaanlukien, regressioanalyysissä seitsemän on selittäviä ja yksi riippuva muuttuja.

5.4 Summamuuttujien rakentaminen

Summamuuttujia rakennettiin viisi: sanavarasto-, nopea sarjallinen nimeäminen, visuo-spatiaaliset toiminnot, fonologinen prosessointi ja matematiikan taidot ensimmäisen luokan syksyllä. Summamuuttujien rakentamisessa korrelaatioita tutkittiin Pearsonin korrelaatiokertoimella ja rebiialiteettia Cronbachin alfa -kertoimen avulla.

Sanavarasto -summamuuttuja. Sanavarasto -summamuuttuja rakentui sanavarastoa mittaavista testeistä ja osatesteistä, jotka olivat Bostonin nimeämistesti, WPPSI-R:n osatestit Sanavarasto ja Yleinen käsityskyky.

Nopea sarjallisen nimeämisen -summamuuttuja. Nopea sarjallisen nimeämisen -summamuuttuja muodostettiin Nopean sarjallisen nimeämisen testin kahdesta osatestistä, joista toinen mittasi nimeämisnopeutta kuvien ja toinen värien perusteella.

Visuo-spatiaaliset toiminnot -summamuuttuja. Visuo-spatiaalisten toimintojen summamuuttuja koottiin kolmesta WPPSI-R:n osatesteistä: Kuutiotehtävät, Kokoamistehtävät ja Kuvien täydentäminen.

Fonologinen prosessointi -summamuuttuja. Fonologisen prosessoinnin summamuuttuja rakennettiin viidestä muuttujasta, joista kolme oli Diagnostiset testit 1:n testituloksia. Toinen testeistä mittasi sanan erottelua tavujen, toinen äänteiden perusteella ja kolmas näiden testien summa. Summamuuttujan kaksi muuta osaa olivat HepsKups -testin segmentointia ja synteesia mittaavia osatestejä.

Matematiikan taidot ensimmäisen luokan syksyllä summamuuttuja. Matematiikan taitoja mitattiin ensimmäisen luokan syksyllä neljällä osatestillä, joista korrelaatiotarkastelussa yksi osatesti osottautui mittaavan eri asiaa kuin muut kolme.

5.5 Aineiston analysointi regressioanalyysillä

Regressioanalyysi on monimuuttujamenetelmä, jonka avulla voidaan tutkia, kuinka paljon toisella muuttujalla voi selittää toista muuttujaa. Regressioanalyysijä on monenlaisia ja niiden käyttäminen riippuu tutkimusasetelmasta ja tutkittavien muuttujien ominaisuuksista. Tässä tutkimuksessa käytettiin perinteistä regressioanalyysiä. Analyysin avulla voidaan selvittää, mikä muuttujista on kulloisenkin ilmiön selittävin tekijä. Tässäkin tutkimuksessa riippuvat muuttujat valittiin teoreettisista lähtökohdista käsin. Tässä tutkimuksessa ei ole rakennettu valmista mallia tutkimusongelmasta, koska tämä tutkimus on luonteeltaan exploratiivinen tutkimus, jossa on tarkoituksena hakea mallit tarkempaa tutkimusta varten. Teoreettinen

lähtökohta oli ottaa huomioon kattavasti eri kognitiiviset kyvyt ja tutkia, miten ne selittävät matemaattisia taitoja.

Regressioanalyysissä on kolme vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa valitaan tutkimukseen sopivat muuttujat, joista osa on selittäviä (riippumattomia) ja yksi on selitettävä (riippuva) muuttuja. Valinta tapahtuu teoreettisten lähtökohtien perusteella tutkien aineiston sopivuutta analyysiin. Toisessa vaiheessa tehdään regressioanalyysi. Tässä tutkimuksessa se toteutettiin SPSS -ohjelmalla. Kolmannessa vaiheessa regressiomallille tehdään ns. diagnostiset tarkastelut. Regressioanalyysin perustehtävä on jonkun ilmiön mallintaminen tai havaintojen ennustaminen, kuten tässä tutkimuksessa on tavoitteena. Menetelmän avulla voidaan myös selvittää, mikä muuttuja selittää tiettyä ominaisuutta/taitoa paremmin kuin muut muuttujat. Selitysaste viestii, montako prosenttia rakennettu malli selittää selitettävän (riippuvan) muuttujan vaihteluita. Koska menetelmä perustuu ilmiöiden ennustamiseen tai selittämiseen, mittauksia tutkimuksessa tulee olla useampia ja niiden välillä tulee olla aikaväliä. (Metsämuuronen, 2003. Nummenmaa, Konttinen, Kuusinen, Leskinen, 1997).

5.6 Mittausten luottettavuus

5.6.1 Reliabiliteetti

Muuttujien tarkastelua

Muuttujien yksittäisissä tarkasteluissa saattoi huomata (Liite 2), että ne ovat normaalijakauman mukaisia. Muodostettujen summamuuttujien tulosten jakaumat olivat tasaisia (Liite 3 - 4). Sanavarasto- ja Nopean sarjallisen nimeämisen summamuuttujien frekvenssit olivat hieman vinoja, mikä johtuu nopean sarjallisen nimeämisen testin olleen tuloksiltaan laaja. Osa testattavista oli erittäin nopeita, mutta muutama oli erittäin hidas. Sanavarasto summamuuttujan histogrammista voi tulkita, että testit ovat sujuneet testattavilta hieman keskimääräistä paremmin, jolloin normaalijakauma on oikealle vino.

Summamuuttujiksi rakennettiin testiosioista vain sellaisia, jotka korreloivat keskenään ts. ekvivalenssi toteutui. Tämä tarkoittaa sitä, että: mittarit ovat yhdenmukaisia eli mittaavat samaa asiaa. Ensin tutkittiin muuttujien välisiä korrelaatioita (Liite 1), jotta rakennettaisiin mielekkäitä muuttujia teoriataustaa vasten. Summamuuttujien sisäisiä korrelaatioita tutkittiin Cronbachin alfa-kertoimen avulla,

joka testaa mittareiden yhdenmukaisuutta. Nummenmaa & al. (1997) mukaan Cronbachin alfa osoittaa muuttujien keskinäisen korreloinnin voimakkuuden, joten sen vuoksi alfaa nimitetään myös sisäisen johdonmukaisuuden kertoimeksi. Summamuuttujien alfa-kertoimet esitetään oheisessa taulukossa 3. Summamuuttujat eivät saaneet korreloida keskenään.

TAULUKKO 3. Summamuuttujien Cronbachin alfa-kertoimet.

	Sanavarasto	Nop.sarjal.nim.	Vis.spati.toimin.	Fon. prosessointi	Mat taidot 1. syks
Alfakertoimen	.7033	.7764	.6832	.7969	.7681

Alfakertoimia voidaan pitää hyvinä, joten voidaan todeta, että summamuuttujien osat mittaavat samoja kykyjä. On myös huomioitava, että alfa-kertoimet ovat SPSS -ohjelman vuoksi todellisuutta pienempiä (Leskinen, 2002). Ohjelma pitää oletuksena, että summamuuttujat toimivat faktoriperiaatteella. Koska tässä tutkimuksessa summamuuttujat eivät ole faktorimallisia, vaan suoraan summaskaalaisia, voidaan olettaa, että alfa-kertoimet ovat todellisuudessa vieläkin parempia.

Regressioanalyysin tulosten tarkastelua

Regressioanalyysiä arvioitiin testaamalla hypoteesia ANOVA:lla, tarkastelemalla regressiokertoimia, tutkimalla havaintokohtaisia poikkeuksia ja havainnoimalla residuaaleja.

Regressioajossa saatiin ANOVA -analyysin arvot $F = 13.035$ ja Merkitsevyys 0.000, mikä hylkää nollahypoteesin. Toisin sanoen analyysissä kaikki regressiokertoimet eivät ole saaneet arvoa nolla, mikä olisi merkinnyt sitä, että muuttujien välillä ei olisi ollut yhteyttä, selitettävyyttä.

Regressiokertoimien eli β -kerrointen hyvyttä testattiin t-testillä ja tutkimalla sen p -arvoa. Kaikki kertoimet eroavat nolasta, joskin Fonologinen prosessoiti -summamuuttujan t-arvo vain vähän, $t = -0.177$. Regressiokertoimet esitetään taulukossa 4.

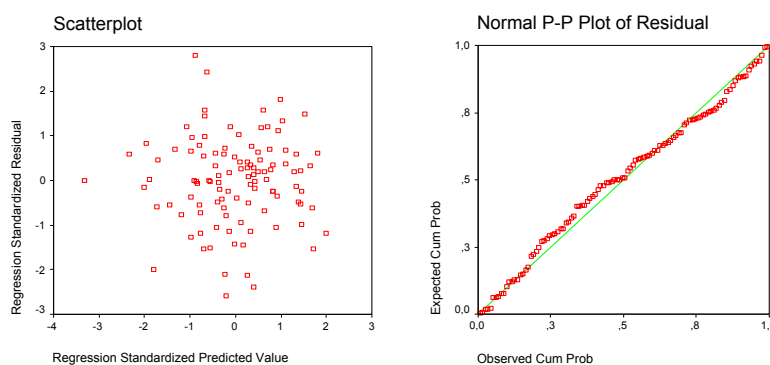
TAULUKKO 4. Regressioanalyysin regressiokertoimien tarkastelu. N = 108.

Summamuuttuja	β -kerroin	t -arvo	Merkitsevyys
Constant		4.559	0.000
Sanavarasto	0.153	1.691	0.094
Nopea sarjallinen nimeäminen	-0.331	-4.365	0.000
Kielityömuisti	0.188	2.071	0.041
Visuo-spatiaaliset toiminnot	-0.087	-1.087	0.280
Tarkkaavais. ja toiminnanohjaus	-0.133	-1.725	0.088
Fonologinen prosessointi	-0.015	-0.177	0.860
Aritmetiikan taidot	0.357	4.040	0.000

Mikäli β -kertoimen t-arvo on korkea, n. 2 tai korkeampi, ja t-arvoa vastaava p-arvo tai merkitsevyys on 0.05 tai pienempi, se osoittautuu luotettavaksi selittäjäksi (Metsämuuronen 2003). Tämän tutkimuksen regressioanalyysissä Visuo-spatiaaliset toiminnot - ja Fonologinen prosessointi -summamuuttujaa ei voida pitää luotettavina selittäjinä saamiensa arvojen takia. Ne kuitenkin haluttiin pitää analyysissä mukana, koska tutkimuksen teoreettisiin lähtökohtiin kuului se, että muuttujat rakentuvat oleellisten kognitiivisten osa-alueiden pohjalta.

Analyysissä tuli esille yksi havaintokohtainen poikkeus, kun standardoitu residuaali oli itseisarvoltaan suurempi kuin 3.0. Tapauksen poikkeavat havainnot vaikuttivat regressiotasoon. Hänen standardoitu residuaalin itseisarvo oli 3.143. Tämä poikkeus poistettiin tutkimuksesta, koska on ilmeistä, että tutkimusten välisenä aikana on havaintoihin vaikuttanut väliin tuleva muuttuja, mikä on otettava huomioon pitkittäistutkimuksessa tai viisivuotiaana testitilanteet ovat epäonnistuneet. Tässä tapauksessa mahdollinen väliin tuleva muuttuja on vaikuttanut yksilön taitoihin erittäin positiivisesti, koska ensimmäisen luokan matematiikkataidot olivat varhaislapsuuden kognitiivisiin kykyihin verrattuna huomattavasti paremmat.

Residuaalien jakauman tasaisuutta eli homoskedastisuutta tarkastellaan kuviossa 2. Kuvien perusteella voidaan päätellä mallin oletusten toteutumista:



KUVIO 2. Residuaalien tarkastelua.

Kuvasta Normal P-P Plot, jossa nähdään yhtäaikaan ennustearvot ja residuaalit voidaan päätellä, että residuaalit ovat normaalisti jakautuneet sillä residuaalit kulkevat melko suoraan kulmasta kulmaan. Scatterplot -kuvaa tarkasteltaessa voidaan todeta, että residuaalit ovat homoskedastisia eli residuaalien jakauma on tasainen ja normaali.

5.6.2 Validiteetti

Validiteetillä tarkoitetaan sitä, että testauksessa käytetty mittari tai mittarit mittaavat juuri sitä, mitä tutkimuksessa on tarkoitus mitata. Tämä vaikuttaa suoraan siihen, voidaanko tutkimustuloksia pitää luotettavina, sopivina ja käyttökelpoisina (Nummenmaa, Konttinen, Kuusinen ja Leskinen 1997, 203). Tätä tutkimusta tarkastellaan sisäisellä- ja ulkoisella validiteetillä Mobergin ja Tuunaisen (1989, 57 - 66) esittämien tekijöiden pohjalta. Koska tässä tutkimuksessa tutkitaan kausaalisuhdetta kognitiivisten kykyjen ja matemaattisten taitojen välillä, tarkastellaan tutkimuksen validiteettiä vaarantavia tekijöitä riippuvan ja riippumattomien muuttujien osalta. Tässä tutkimuksessa riippumattomat muuttujat ovat 5 -vuotiaan kognitiiviset taitojen seitsemän eri muuttujaa ja riippuva muuttuja on matematiikan taidot ensimmäisen luokan syksyllä.

Sisäistä validiteettiä tarkasteltaessa otetaan huomioon riippuvan ja riippumattomien muuttujien suhteet eri seikkojen perusteella. Tällaisia seikkoja ovat mm. historia, kypsyminen, testaus, mittaväliseen muutos, tilastollinen regressio, selektio, koehenkilökato ja selektiiviset yhdysvaikutukset. Tutkimushenkilöt olivat tutkimusta tehtäessä 5 - 7-vuotiaita, mikä on erittäin herkkää aikaa muutoksille ja sekä

oppiminen että kehittyminen on yksilöllistä. Tuolloin historia ja kypsyminen sisäistä validiteettiä vaarantavina tekijöinä on erityisesti huomioitava. Pitkittäistutkimuksessa tällaisten vaarantavien tekijöiden katsotaan olevan väliintulevia muuttujia. Tutkimusmenetelmänä käytettiin regressioanalyysiä, joka tehtiin SPSS -ohjelmalla. Ohjelma ilmoittaa selkeästi muista poikkeavat havainnot, joita tässä tutkimuksessa ilmeni yksi. Tämä outlier, poikkeava havainto jätettiin pois tutkimuksesta, koska se olisi vääristänyt regressioanalyysin tuloksia ja näinollen olisi vaarantanut tutkimuksen validiteettiä. Poikkeavaa havaintoa tutkittaessa voidaan olettaa, että mittauksen välillä on tapahtunut suurta kehitystä positiiviseen suuntaan tai tapaus on jostain syystä epäonnistunut ensimmäisissä mittauksissa, jotka koskivat riippumattomia muuttujia. Testaukset on pohdittu LKK -projektin taholta huolellisesti ja kaikki mahdolliset tutkimustuloksia vaarantavat asiat on pyritty huomioimaan. Testit on tehty niiden vaatimalla tavalla huomioiden mm. testaajien pätevyyden testaamiseen. Testaukset tehtiin laboratorio-olosuhteissa, jonne vanhemmat toivat lapsensa sovittuna ajankohtana. Vanhemmat saivat itse valita heidän perheelleen ja lapselleen sopivimman testausajankohdan annetuista vaihtoehdoista. Ajankohdan valitsemisessa kiinnitettiin huomiota mm. lapsen vireystilaan. Koehenkilökatoa tutkimuksessa oli suhteellisen paljon, mutta on huomioitava, että regressioanalyysiin tulivat mukaan vain ne koehenkilöt, jotka olivat osallistuneet kaikkiin muuttujien testaamiseen, siis kahdeksaan testiin, sisältäen yhteensä 24 osatestiä. Kaikista LKK -tutkimuksen 200:sta lapsesta tämän tutkimuksen regressioanalyysissä oli mukana 108 lasta. Selektiivisenä koehenkilökatonä voidaan pitää ns. pitkänmatkalaisten lasten puuttumista joistakin mittauksista. Heille ei tehty kaikkia testauksia matkarasituksen ja ajan säästämisen vuoksi.

Ulkoisella validiteetilla tarkoitetaan sitä, miten tutkimuksen tulokset ovat yleistettävissä laajempaan populaatioon. Sitä tarkasteltaessa on kiinnitettävä huomiota käsittelyn vuorovaikutusta selektioon, olosuhteisiin ja historiaan. Selektion ja käsittelyn vuorovaikutus ilmenee tässä tutkimuksessa perusjoukkoa ja sen taustoja tutkimalla. Kaikki lapset ovat tulleet tutkimukseen mukaan neuvolatoiminnan kautta. Jokaiselta äitiysneuvolassa vuonna 1992 äidiltä on kysytty halukkuutta osallistua tutkimukseen. Koska lähes kaikki raskaana olevat äidit osallistuvat neuvolatoimintaan Suomessa, mahdollisuus osoittaa kiinnostuksensa osallistua tutkimukseen on ollut tutkimusalueella varsin hyvä. Tutkimukseen valittiin perheitä, niin että ne olisivat heterogeenisiä. Tämä tarkoitti sitä, että sosioekonominen tausta, asuinpaikkakunta, perheen koko jne olisivat

vaihtelevia. Tutkimuksen perusjoukko jakautui kahteen ryhmään: riski- ja kontrolliryhmään. Riskiryhmän lapsilla oli perheessä dysleksiaa. Ulkoista validiteettia tarkasteltaessa voidaan todeta, että tämän tutkimuksen tulokset ovat yleistettävissä laajempaan populaatioon.

6 TULOKSET

Yhteenvedona kaikista testeistä voidaan todeta, että ne ovat olleet normaalijakauman mukaisia. Tämä osoittaa, että ne ovat olleet kullekin ikätasolle sopivia ja riittävän erottelevia. Tutkimuksessa käytettiin eri testiosioista rakennettuja muuttujia ja summamuuttujia. Summamuuttujien ja muuttujien välisiä korrelaatioita tutkittiin Pearsonin korrelaatiokertoimella, jotta saataisiin selville, mittaako mittarit samaa asiaa. Sanavarasto -summamuuttuja rakentui sanavarastoa mittaavista testeistä ja osatesteistä, jotka olivat Bostonin nimeämistesti, WPPSI-R:n osatestit Sanavarasto ja Yleinen käsityskyky. Näiden muuttujien väliset korrelaatiot olivat ,544 ,537 ja ,581, jotka ovat riittävä osoittamaan mittareiden mittaavan samaa asiaa. Nopea sarjallisen nimeämisen -summamuuttuja muodostettiin Nopean sarjallisen nimeämisen testin kahdesta osatestistä, joista toinen mittasi nimeämisen nopeutta kuvien ja toinen värien perusteella. Näiden kahden muuttujan väliset korrelaatiot oli ,667. Visuo-spatiaalisten toimintojen summamuuttuja koottiin kolmesta WPPSI-R:n osatesteistä: Kuutiotehtävät, Kokoamistehtävät ja Kuvien täydentäminen. Näiden muuttujien väliset korrelaatiot olivat ,440 ,460 ja 358, jotka osoittavat tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Fonologisen prosessoinnin summamuuttuja rakennettiin viidestä muuttujasta, joista kolme oli Diagnostiset testit 1:n testituloksia. Toinen testeistä mittasi sanan erottelua tavujen, toinen äänteiden perusteella ja kolmas näiden testien summa. Summamuuttujan kaksi muuta osaa olivat HepsKups -testin segmentointia ja synteesia mittaavia osatestejä. Tämän summamuuttujan osien väliset korrelaatiot olivat ,513 ,251 ,484 ,430 ,425 ,854 ,718 ,187 ,379 ja ,416. Näiden muuttujien korkeat korrelaatiot (,854 ja ,718) selittyvät sillä, että yksi summamuuttujien osa oli kahden muuttujan osan summa, jolloin sanojen erottelu tavujen ja äänteiden perusteella tässä summamuuttujassa painottuu. Matematiikan taitoja mitattiin ensimmäisen luokan syksyllä neljällä osatestillä, joista korrelaatiotarkastelussa yksi osatesti osottautui mittaavan eri asiaa kuin muut kolme. Näiden kolmen matematiikka-testin osatestien väliset korrelaatiot olivat ,562 ,648 ja ,497. Metsämuurosen (2003) mukaan regressioanalyysin peruslähtökohta on, että selittävät muuttujat korreloivat selitettävän kanssa, mutteivät keskenään. Tämän tutkimuksen selittävät muuttujat muut korreloivat tilastollisesti merkitsevästi selitettävän muuttujan kanssa paitsi Visuo-spatiaaliset toiminnot summamuuttuja (Liite

3). Summamuuttujien välisiä korrelaatioita esiintyy.

6.1 Mitkä kognitiiviset taidot ovat yhteydessä matemaattisiin taitoihin?

Regressioanalyysin tulosten mukaan perusopetuksen ensimmäisen luokan syksyn matemaattisiin taitoihin vaikuttaa eniten viisivuotiaan kognitiivisista kyvyistä aritmetiikan taidot ja nopea nimeäminen. Selitysaste on 0.477, joten aritmeettiset taidot 5 -vuotiaana ja nopea nimeäminen 5½ -vuotiaana selittävät 47 % ensimmäisen luokan syksyn matematiikan taidoista. Toisin sanoen, jos 5 -vuotiaana suoriutui hyvin aritmeettisistä tehtävistä ja nopeasta nimeämisestä, 47 %:n todennäköisyydellä matematiikka sujuu koulun aloitusvaiheessa. Testien tehtävät olivat sellaisia, että niissä suoriutumisessa auttoi huomattavasti, jos lapsella oli kehittynyt numeropysyvyyden- ja nopea informaation käsittelyn taito. Numeropysyvyyden taitoa korostaa Anning (1999, s. 117) Se on hänen mielestään tärkeä asia esikoulumatematiikassa, jonka pohjalle laskutaidot rakennetaan koulussa. Gray & Mulhern (1995) ovat todenneet, että automatisoituminen yhteenlaskussa ennustaa matemaattista kyvykkyyttä. Geary (1994) edelleen esittää, että Numeropysyvyyden oppimisen jälkeen myös oppilaan laskustrategiat paranevat. Informaation käsittelyn nopeuden on todettu vaikuttavan matematiikan oppimiseen (Geary, Brown, Samaranayake, 1991).

6.2 Miten fonologinen prosessointi kognitiivisena prosessina on yhteydessä matemaattisiin taitoihin?

Tässä tutkimuksessa haluttiin tutkia, miten jonkun kognitiivisen kyvyn prosessointi ennustaa matemaattisia taitoja, koska May (2002) on todennut, viitaten moniin informaation prosessoinnin ja neuropsykologisiin tutkimuksiin, että lasten kognitiiviset taidot ovat yhteydessä aritmeettiseen kyvykkyyteen. Fonologisessa prosessoinnissa, niinkuin informaation prosessointikin perustuu tiedon hankintaan, sen käsittelyyn ja edelleen soveltamiseen.

Tutkimustulosten mukaan fonologinen prosessointi ei voi ennustaa matemaattisia taitoja koulun aloitusvaiheessa, koska merkitsevyys oli 0.860. Merkitsevyyden ollessa näin lähellä arvoa yksi, muuttujaa ei voida pitää luotettavana.

6.3 Miten kielellisen työmuistin toiminta on yhteydessä matemaattisiin taitoihin?

Useissa tutkimuksissa (mm. Geary, Bow-Thomas, Yoa, 1992, Krutetskii 1976, Strang ja Rourke 1985) on todettu, että oppilailta, joilla on matematiikan oppimisvaikeuksia, on myös muita vaikeuksia, kuten muistin vaikeuksia. Muisti liittyy kiinteästi tiedon hankinnan prosessiin ja tuossa prosessissa muistin lisäksi ovat mukana myös muita kognitiivisia kykyjä, kuten tarkkaavuus. Tässä tutkimuksessa muistin tutkiminen keskittyi kielellisen työmuistin tutkimiseen. Kielellisen työmuistin kyvyt 5 -vuotiaana ei ennusta ensimmäisen luokan syksyn matemaattisia taitoja, koska sen selitysaste regressioanalyysissä jää pieneksi, 0.188 ja t- arvo kohoaa yli kahden (2.071).

6.4 Eroavatko tytöt ja pojat kognitiivisilta kyvyiltään ja matemaattisilta taidoiltaan toisistaan?

Tässä tutkimuksessa tehtiin regressioanalyysi myös erikseen tyttöjen ja poikien aineistolla, koska useat tutkimukset ovat vertailleet sukupuolieroja eri taitojen hallinnassa. Kurdekin, Lawrencen; Sinclairin ja Ronaldin (1993) tutkimuksessa tuli esille sukupuolten väliset erot taidoissa: tytöt suoriutuivat poikia paremmin visuomotorisissa taidoissa ja lukemisessa. Tutkimuksessa tuli esille, että verbaliset, visuomotoriset, numeraaliset ja visuaalisen erottelukyvyn taidot ennustavat myöhempää matemaattista osaamista.

Tässä tutkimuksessa tyttöjen ja poikien välillä ei ollut merkittäviä eroja sanavaraston, nopean nimeämisen, työmuistin ja visuo-spatiaalisten kykyjen välillä. Merkittäviä eroja oli tarkkaavuudessa, toiminnanohjauksessa, fonologisessa prosessoinnissa ja matematiikan taidoissa. Pojilla oli oman ryhmänsä tuloksia tarkasteltaessa testipistemäärien variansseissa suurempi ero verrattuina tyttöjen ryhmän väliseen eroon sanavarastossa, nopeassa nimeämisessä, työmuistissa ja visuospatiaalisissa toiminnoissa. Tyttöillä oman ryhmänsä välinen varianssi oli poikien ryhmän välistä varianssia suurempi fonologisessa prosessoinnissa ja matematiikan taidoissa.

Tässä tutkimuksessa regressioanalyysissä samat muuttujat nousivat matemaattisten taitojen ennustajiksi kuin koko aineiston analyysissä, mutta tyttöjen selitysaste on poikien selitystasetta suurempi (Taulukko 5).

TAULUKKO 5. Regressioanalyysin selitysarvot ja merkitsevyydet sukupuolittain.

Sukupuoli	Pojat	Tytöt
Selitysaste	,40	,56
Aritmetiikka	,050	,001
Nopeanimeäminen	,002	,021
Digit span	,203	,198
Tarkkaavaisuus	,203	,731
Sanavarasto	,353	,606
Fon.prosessointi	,711	,292
Visuospatiaal.	,412	,435

Tytöillä aritmetiikka ja nopea nimeäminen selittää 56 % koulun aloitusvaiheen matematiikan taidoista, kun pojilla ne selittävät 40 %

7 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitkä viisivuotiaan kognitiiviset kyvyt ovat yhteydessä perusopetuksen ensimmäisen luokan syksyn matemaattisiin taitoihin. Tutkimuksessa oli mukana seitsemän kognitiivista kykyä, koska tutkimuksen keskeinen tehtävä oli seuloa eri kognitiivisista kyvyistä eniten matemaattista taitoa selittävä kyky. Tutkimuksen luonne olikin eksploraatiivinen, koska vastaavanlaista kartoitusta tai tutkimusta ei ole aiemmin tehty juuri tämän ikäisille lapsille.

Tutkimuksessa nousi esille kaksi kognitiivista kykyä viisivuotiaana, jotka selittävät matematiikan taitoja koulun aloitusvaiheessa. Nämä kaksi tärkeää kykyä ovat aritmetiikka ja nopea nimeäminen. Tutkimuksessa tuli esille, että mitä paremmin lapsi hallitsee 5 -vuotiaana yksinkertaisia aritmeettisia tehtäviä ja kykenee nopeasti nimeämään värejä ja kuvia, on todennäköistä, että hän menestyy matematiikassa koulun aloittamisvaiheessa. Mayn (2002) tutkimuksessa, joka oli tehty alkuopetusikäisille lapsille, laskutaitoja ennusti parhaiten luetun ymmärtäminen, tarkkaavaisuus, työmuisti, kielellinen tietoisuus ja hienomotorinen nopeus. Ongelmanratkaisutaitoja ennusti parhaiten pitkäkestoisesta muistista palauttaminen, luetunymmärtäminen, tarkkaavaisuus, työmuisti, kielellinen tietoisuus ja visuospatiaaliset motoriset taidot. Tämän tutkimuksen tulokset eroavat Mayn tutkimustuloksista nostoen esille uusia ulottuvuuksia.

Se, mitä itseasiassa nopean nimeämisen taustalla on, ei selviä tutkimuksessani, sen selvittäminen edellyttäisi lisätutkimuksia. Nopeaan nimeämiseen liittyy oleellisesti tiedon prosessointi, kuten hakunopeus ja haun häiriintymättömyys. Nopean nimeämisen problematiikka tutkittaessa voisi siitä tehdä kuntoutustutkimuksen matematiikan kontekstissa. Lisätutkimusta vaatisi myös muistin tutkiminen uudelleen, koska tässä tutkimuksessa käsiteltiin ainoastaan lyhytkestoista muistia. Driscollin (1994) mukaan suurin osa tarkkaavuuden suuntaamisesta perustuu yksilön aikaisimpiin kokemuksiin, jotka ovat varastoituneet säiliömuistiin. Hänen teoriassaan yhdistyy sekä pitkäaikainen muisti, että tarkkaavuus, jolla on tärkeä rooli myös nopeassa nimeämisessä.

Yllättävä löydös oli visuo-spatiaalisten taitojen vähäinen merkitys matemaattisiin taitoihin, koska yleisesti on uskottu sen ennustavan matemaattisia taitoja. Mm. Gearyn (1994) mukaan visuaalis-spatiaalinen vaikeus on yksi mahdollinen syy

matemaattisten oppimisvaikeuksien taustalla. Tämän tutkimuksen mukaan se ei nouse yhtään selittäväksi tekijäksi. Toisaalta muuttujan saamien arvojen mukaan sitä ei voida varauksetta pitää luotettavana muuttujana. Lisäksi tässä tutkimuksessa matematiikkaa tutkittiin selkeästi matematiikan yhden osa-alueen, algebraan perustuvilla tehtävillä. Geometria yhtenä matematiikan osa-alueena ei ollut tässä tutkimuksessa tarkastelun alla. Mielenkiintoista olisikin tutkia koko matematiikkaa geometria mukaan lukien, nousisiko visuo-spatiaaliset taitojen merkitys tuolloin esille?

Tämän tutkimuksen vahvuutena voidaan pitää erityisesti sen arvokasta tutkimusaineistoa. Se on erittäin laaja ja mielenkiintoinen. Tutkimus toteutettiin pitkittäistutkimuksena ja se on sekä testistöltään laaja että mittareiltaan luotettava. Heikkoutena voidaan pitää sitä, että rakenneyhtälömallia ei voinut tehdä, koska se olisi vaatinut suurempaa N -määrää, joka ajansaatossa toteutuukin, kun aineisto karttuu. Tutkimuksessa esille tulleet ongelmat olivat summamuuttujien rakentamiseen liittyviä, mikä olisi selvitettävä tämän tutkimuksen perusteella uudelleen. Mielenkiintoista olisi valita regressioanalyysiin vain muutama tarkemmin tarkasteltava muuttuja. Tämän tutkimuksen perusajatuksena oli tarkastella kattavasti kaikkia lapsuuden kognitiivisia osa-alueita erikseen, mitä voidaan pitää ns. seuloavana tarkasteluna myöhempiä tarkasteluja varten. Ongelmiksi osoittautui liian korkeaksi nousseet merkitsevyystasot kahden muuttujan kohdalla, mikä johtuu muuttujien välisistä korrelaatioista eli mittarit mittaavat ainakin osittain samoja asioita. Lisäksi tarkastelun arvoista olisi selvittää, miten riski- ja kontrolliryhmät eroavat toisistaan.

Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan esittää, että varhaislapsuudessa matemaattisia taitoja silmällä pitäen, kannattaa kiinnittää huomiota lapsen taitoihin käsitellä aritmetiikan taitoja, kuten suhdekäsitteitä ja nopeaan nimeämiseen. Nopean nimeämisen testausta suosittelisin käytettäväksi neuvoloiden 5 -vuotistarkastuksissa ja kouluvalmiustestauksissa, koska sen on todettu ennustavan myös muiden kognitiivisten taitojen kehittymistä. Varhainen puuttuminen mahdollisiin oppimisen ongelmiin edesauttaa niistä selviämiseen. On myös todettu, että kouluiässä ilmenevät oppimisen vaikeudet ovat olleet olemassa jo varhaislapsuudessa. Myös koulun aloittamisvaiheessa kartoitettaessa oppilaiden taitoja nopean nimeämisen testi antaisi erityisopettajalle viitteitä opetuksen kohdistamiseen.

Pedagogisesti tämän tutkimuksen tulokset vaikuttavat ongelmien etsimisen lisäksi opetuksen suunnitteluun. Mikäli oppilaalla on ongelmia matematiikassa, on luontevaa harjoitella nopeaa nimeämistä ja aritmeettisia taitoja mm. Baroodyn esittämää

lukumäärän pysyvyyden hallintaa. Koska koulun aloittaesaa oppilaiden matemaattisissa taidoissa on suuri ero, olisi opetuksen järjestämistä mietittävä myös matematiikan osalta. Järjestelyt voivat olla eriyttämistä, tukiopetusta tai erityisopetusta samanaikaisesti muun luokan kanssa tai erikseen.

LÄHTEET

- Aaltola, J. & Valli, R. (toim.) 2001. Ikkunoita tutkimusmetodeihin I. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Ahonen, T. & Räsänen, P. 1995. Matemaattiset oppimisvaikeudet. Teoksessa s. 209-246, Lyytinen, H., Ahonen, T., Korhonen, T., Korkman, M. & Riita, T. Oppimisvaikeudet neuropsykologinen näkökulma. Juva: WSOY.
- Alkula, T. & Pöntinen, S. & Ylöstalo, P. 1994. Sosiaalitutkimuksen kvantitatiiviset menetelmät. Helsinki: WSOY.
- Anning, A. Edwards, A. 1999. Promoting Children's Learning from Birth to five. Buckingham: Open University Press.
- Badian, N. A. 1983. Dyscalculia and nonverbal disorders of learning. Progress in learning disabilities, Vol. 5 235-264.
- Baroody, A. J. 1984. Children's difficulties in subtraction: some causes and questions. Journal for Research in Mathematics Education, 15, 203–213.
- Baroody, A. J. 1987. Children's mathematical thinking, a developmental framework for preschool, primary, and special education teachers. Columbia University: Teachers College.
- Berry, J., Sahlberg, P. 1995. Matematiikka elämään. Juva: WSOY.
- Bivens, J., A. Berk, L., E. 1990. A longitudinal study of the development of elementary school children's private speech. Merrill-Palmer Quarterly. Vol 36(4), Oct 1990, pp. 443-463.
- Bryant, C. 2000. Characteristic behaviors of students with LD who have teacher-identified math weakness. Journal of learning disabilities 33 (2), 168-177.
- Bull, R., Scerif, G. 2001. Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. Developmental Neuropsychology. Vol 19(3), 2001, pp. 273-293.
- Carey, S. 2002. Evidence for numerical abilities in young infants: A fatal flaw?: Comment. Developmental Science. Vol 5(2), May 2002, pp. 202-205.
- Carpenter T.P, Moser J.M. 1984. The acquisition of addition and subtraction concepts in grades one through three. Journal for Research in Mathematics Education, May 1984, Volume 15, Number 3, s. 179-202.

- Carpenter, T., P., Franke, M., L., Jacobs, V., R., Fennema, E., Empson, S., B. 1998. A Longitudinal Study of Invention and Understanding in Children's Multidigit addition and subtraction. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29 (1), 3–20.
- Coakes, S. J. 2001. *SPSS: Analysis without Anguish: version 10.0 for Windows*. Wiley: Brisbane.
- Crain, W. C. 2000. *Theories of development. Concepts and applications*. 4. rev. ed. Hillsdale, New Jersey: Prentice-Hall.
- Dickson, L., Brown, M., Gibson, O. 1984. *Children learning mathematics. A teacher's guide to recent research*. Oxford. Schools Council Publications.
- Driscoll, M. P. 1994. *Psychology of learning instruction*. Boston: Allyn and Bacon.
- Fuson, K. 1992. Research on whole number addition and subtraction. *Teoksessa Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York: Macmillan.
- Geary D., C., Bow-Thomas, C., Yao, Y. 1992. Counting Knowledge and Skills in Cognitive Addition: A comparison of Normal and Mathematically Disabled Children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 54 (3), 372–391.
- Geary D., C., Bow-Thomas, C., Yao, Y. 1992. Counting Knowledge and Skills in Cognitive Addition: A comparison of Normal and Mathematically Disabled Children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 54 (3), 372–391.
- Geary, D. C. 1990. A componential analysis of an early learning deficit in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49 (3), 363-383.
- Geary, D. C. 1994. *Children's mathematical development*. Washington, DC. American Psychological Association.
- Geary, D. C., Brown, S.C., Samaranayake, V.A. 1991. Cognitive Addition: A Short Longitudinal Study of Strategy Choice and Speed-of-Processing Differences in Normal and Mathematically Disabled Children. *Developmental Psychology*, 27 (5), 787–797.
- Geary, D. C., Brown, S.C., Samaranayake, V.A. 1991. Cognitive Addition: A Short Longitudinal Study of Strategy Choice and Speed-of-Processing Differences in Normal and Mathematically Disabled Children. *Developmental Psychology*, 27 (5), 787–797.
- Geary, D., C. Hoard, M., K. 2001. Numerical and arithmetical deficits in learning-disabled children: Relation to dyscalculia and dyslexia. *Aphasiology*. Vol 15(7), Jul 2001, pp. 635-647.
- Ginsburg, H. P. & Opper, S. 1988. *Piaget's theory of intellectual development*. Third

- edition. New Jersey: Prentice hall.
- Gray, C., Mulhern, G. 1995. Does children's memory for addition facts predict general mathematical ability? *Perceptual & Motor Skills*, Aug 95, Vol. 81 Issue 1, p163-168.
- Hakala, Juha. T. 1999. Graduopas. Tampere. Tammer-Paino Oy.
- Jordan, N., Levine, C. Cohen, S. Huttenlocher, J. 1995. Calculation abilities in young children with different patterns of cognitive functioning. *Journal of Learning Disabilities*. Vol 28(1), Jan 1995, pp. 53-64.
- Keranto, T. 1983. Matemaattiset ajatteluprosessit ja strategiat: yhteydet yksilön tiedolliseen rakentumiseen ja informaation käsittelykapasiteettiin. Hämeenlinna: Tampereen yliopisto.
- Kinnunen, M. & Löytty, O. (toim.) 1999. Iso gee gradua ei jätetä! Tampere: Vastapaino.
- Koponen, R. 1992. Matematiikan didaktiikkaa luokanopettajille. Jyväskylä. Atena kustannus.
- Korkman, Marit. 1988. NEPSY: a proposed neuropsychological test battery for young developmentally disabled children : theory and evaluation. Helsinki. Yliopistopaino.
- Kosc, L. 1974. Developmental dyscalculia. *Journal of Learning Disabilities*, 7, 164-177.
- Leskinen, E. 2002. TILA04: Tilastomenetelmien jatkokurssi 2002 kurssimoniste. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.
- Lyytinen, P. Korkiakangas, M. Lyytinen, H. (toim.). 1995. Näkökulmia kehityspsykologiaan: kehitys. Porvoo Helsinki Juva: WSOY.
- May, C., D. 2000. Neuropsychological predictors of arithmetic ability in children. *Dissertation Abstracts International: Section B: The Sciences & Engineering*. Vol 61(3-B), Sep 2000, pp. 1644.
- Metsämuuronen, J. 2003. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. Jyväskylä: Gummerrus.
- NEPSY. Lasten neuropsykologinen tutkimus. Käsikirja 1. Testin esitys- ja pisteytysohjeet. 1997. Helsinki: Psykologien Kustannus Oy
- Nummenmaa, T., Konttinen, R., Kuusinen, J. & Leskinen, E. 1997. Tutkimusaineiston analyysi. Porvoo: WSOY.
- Nunes. Bryant. 1996. Children doing mathematics.
- Ollila, A., Puura, P. & Räsänen, P. 2001. Matematiikka. Teoksessa s. 97-121, Ahonen, T., Siiskonen, T., Aro, T. (toim.) *Sanat sekaisin? Kielelliset oppimisvaikeudet ja opetus kouluikässä*. Juva: PS-kustannus.
- Ruoppila, I. 1999. Varhaiskasvatuksen tutkimusmenetelmiä. Jyväskylä: Atena.

- Suomalaisten matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen vuonna 2002; Kansallisten kehittämistalkoiden loppuraportti. Koulutus- ja tiedepolitiikan osaston julkaisusarja Nro 102. 2002. Opetusministeriö. Helsinki.
- Temple, C., M. 1991. Procedural Dyscalculia and Number Fact Dyscalculia: Double Dissociation in Developmental Dyscalculia. *Cognitive Neuropsychology*, 8 (2), 155–176.
- Tiedemann, J. Faber, G. 1992. Preschoolers` Maternal Support and Cognitive Competencies as Predictors of Elementary Achievement. *Journal of Educational Research*, 85 (6), 348–354.
- Tiedemann, J. Faber, G. 1992. Preschoolers` Maternal Support and Cognitive Competencies as Predictors of Elementary Achievement. *Journal of Educational Research*, 85 (6), 348–354.
- Wechsler, D. WPPSI-R käsikirja. Wechslerin älykkyystestistö esikouluikäisille. 1995. Helsinki: Psykologien kustannus oy.
- Wynn, K. 2002. Do infants have numerical expectations or just perceptual preferences?: Comment. *Developmental Science*. Vol 5(2), May 2002, pp. 207-209.
- Wynn, K.; Bloom, P.; Chiang, W. 2002. Enumeration of collective entities by 5-month-old infants. *Cognition*. Vol 83(3), Apr 2002, pp. B55-B62.

LIITE 1. Testien ja osatestien väliset korrelaatiot

Korrelaatio on Pearsonin korrelaatio, * = korrelaatio on tilastollisesti merkittävä tasolla 0.01.

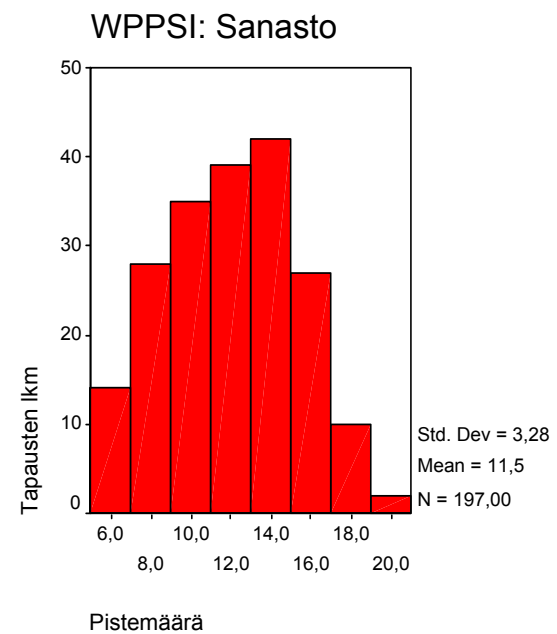
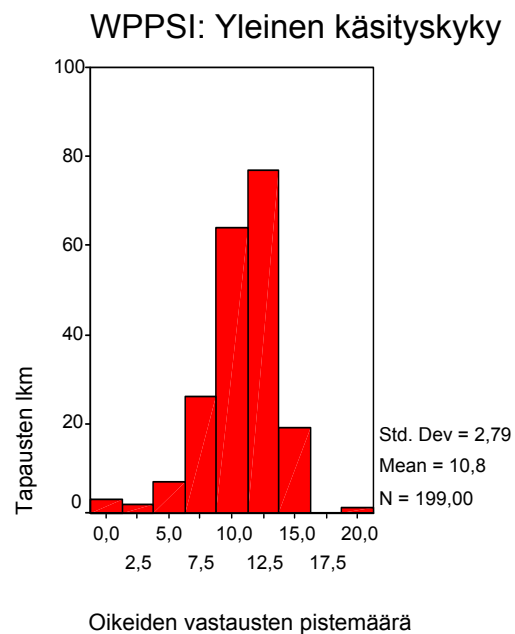
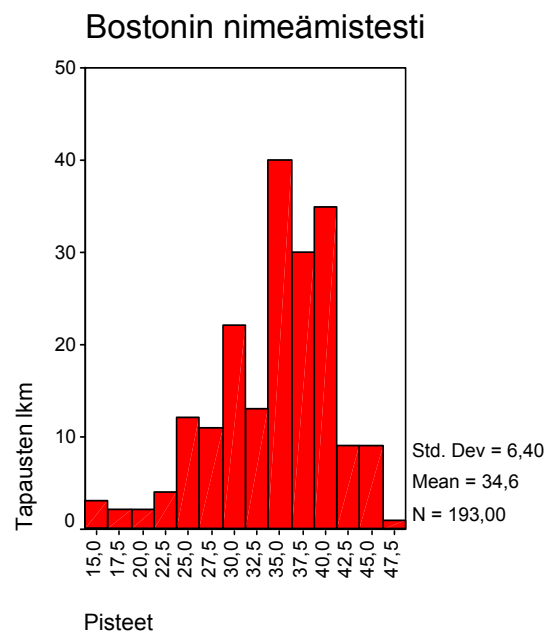
	Bostonin nimeämistesti	WPPSI-R Sanavarasto	WPPSI-R Yleinen käsityskyky	Nopeasarjallinen nimeäminen, kuvat	Nopeasarjallinen nimeäminen, värit	Numerosarjojen toistaminen, Digit Span	WPPSI-R: Kuutiotehtävät	WPPSI-R: Kokoamistehtävä	WPPSI-R Kuvan täydentäminen	Diagnostinen testi 1: Sananjakaminen tavuihin
Bostonin nimeämistesti	1 N = 193									
WPPSI-R Sanavarasto	,544* N = 190	1 N = 197								
WPPSI-R Yleinen käsityskyky	,537* N = 192	,581* N = 197	1 N = 199							
Nopea sarjallinen nimeäminen, kuvat	-,197* N = 192	-,114 N = 191	-,099 N = 193	1 N = 194						
Nopea sarjallinen nimeäminen, värit	-,157 N = 190	-,183 N = 189	-,163 N = 191	,667* N = 192	1 N = 192					
Numerosarjojen toistaminen, Digit Span	,426* N = 188	,376 N = 192	,269* N = 193	-,190* N = 188	-,193* N = 186	1 N = 194				
WPPSI-R: Kuutiotehtävät	,307* N = 189	,324* N = 195	,309* N = 195	-,031 N = 190	-,079 N = 188	,204* N = 191	1 N = 196			
WPPSI-R: Kokoamistehtävä	,162 N = 193	,144 N = 197	,215* N = 199	-,044 N = 194	-,052 N = 192	,159 N = 194	,440* N = 196	1 N = 200		
WPPSI-R Kuvan täydentäminen	,394* N = 193	,373* N = 197	,417* N = 199	-,040 N = 194	-117 N = 192	,188* N = 194	,460* N = 196	,358* N = 200	1 N = 200	
Diagnostinen testi 1: Sananjakaminen tavuihin	,235* N = 170	,077 N = 170	,135 N = 172	-,104 N = 171	-,135 N = 170	,289* N = 167	,167 N = 169	-,016 N = 173	,136 N = 173	1 N = 173

	Bostonin nimeämistesti	WPPSI-R Sanavarasto	WPPSI-R Yleinen käsityskyky	Nopea sarjallinen nimeäminen, kuvat	Nopea sarjallinen nimeäminen, värit	Numerosarjojen toistaminen, Digit Span	WPPSI-R: Kuutiotehtävät	WPPSI-R: Kokoamistehtävä	WPPSI-R Kuvan täydentäminen	Diagnostinen testi 1: Sanan jakaminen tavuihin
Dignostinen testi 1: Sanan jakam. äänneisiin	,270* N = 170	,231* N = 170	,216* N = 172	-,092 N = 171	-,048 N = 170	,338* N = 167	,243* N = 169	,122 N = 173	,284* N = 173	,379* N = 173
Diagnostinen testi 1: Sanan jakaminen tavut ja äänneet	,324* N = 170	,225* N = 170	,233* N = 172	-,135 N = 171	-,124 N = 170	,394* N = 167	,261* N = 169	,106 N = 173	,304* N = 173	,718* N = 173
HepsKups: Segmentointi	,409* N = 190	,301* N = 191	,331* N = 193	-,236* N = 189	-,205* N = 187	,347* N = 189	,225* N = 190	,260* N = 194	,323* N = 194	,187 N = 168
HepsKups: Synteesi	,315' N = 185	,288* N = 185	,227* N = 187	-,189 N = 184	-,165 N = 182	,284* N = 184	,120 N = 185	,075 N = 188	,248* N = 188	,251* N = 163
NEPSY: Visuaalinen tarkkaavuus	,261* N = 132	,161 N = 131	,239* N = 132	-,140 N = 132	-,128 N = 131	,134 N = 129	,119 N = 131	,142 N = 133	,203 N = 133	,036 N = 131
WPPSI: Laskutehtävät	,361* N = 192	,373* N = 197	,411* N = 198	-,234* N = 193	-,304* N = 191	,441* N = 194	,251* N = 196	,137 N = 199	,303* N = 199	,251* N = 172
Matematiikka-testi: Lukujonot	,266* N = 174	,191 N = 178	,190 N = 180	-,302* N = 176	-,371* N = 174	,371* N = 175	,215* N = 177	-,022 N = 181	,178 N = 181	,126 N = 159
Matematiikka-testi: Kuullun numeron vertailu	,144 N = 174	,285* N = 178	,249* N = 180	-,271* N = 176	-,204* N = 174	,380* N = 175	,088 N = 177	,011 N = 181	,159 N = 181	,072 N = 159
Matematiikka-testi Kuullun numeron tunnistaminen	,237* N = 174	,194* N = 178	,166 N = 180	-,309* N = 176	-,299* N = 174	,259* N = 175	,096 N = 177	-,134 N = 181	,162 N = 181	,135 N = 159

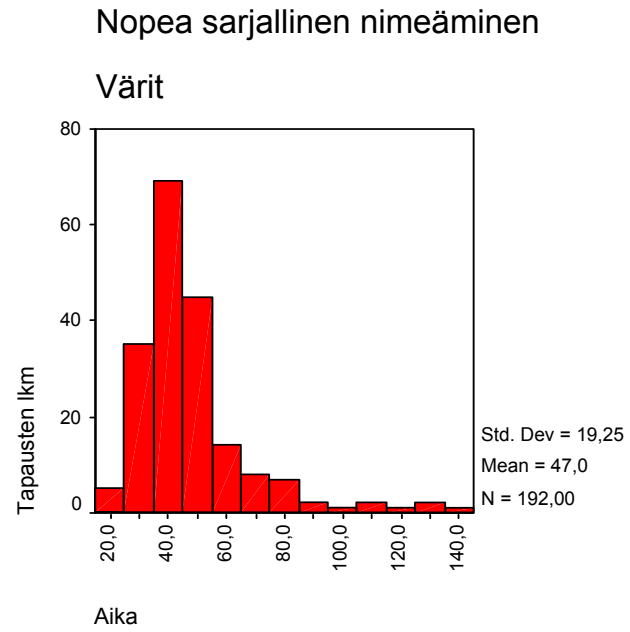
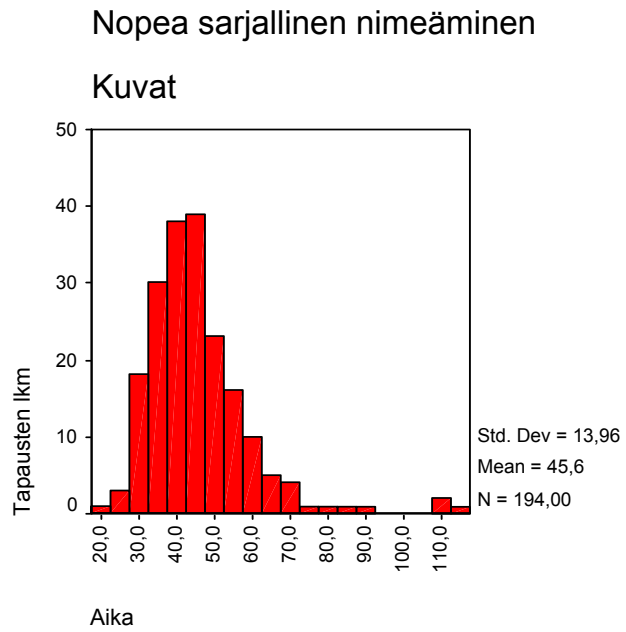
	Dignostinen testi 1: Sanan jakam. äänteisiin	Diagnostinen testi 1: Sanan jakam.: tavut ja äänteet	HepsKups: Segmentointi	HepsKups: Synteesi	NEPSY: Visuaalinen tarkkaavuus	WPPSI: Laskutehtävät	Matematiikka-testi: Lukujonot	Matematiikka-testi: Kuullun numeron vertailu	Matematiikka-testi Kuullun numeron tunnistaminen
Dignostinen testi 1: Sanan jakam. äänteisiin	1 N = 173								
Diagnostinen testi 1: Sanan jakam.: tavut ja äänteet	,854* N = 173	1 N = 173							
HepsKups: Segmentointi	,425* N = 168	,416* N = 168	1 N = 195						
HepsKups: Synteesi	,430* N = 163	,484* N = 163	,513* N = 188	1 N = 188					
NEPSY: Visuaalinen tarkkaavuus	-,076 N = 131	-,022 N = 131	,009 N = 131	,024 N = 130	1 N = 133				
WPPSI: Laskutehtävät	,346* N = 172	,387* N = 172	,460* N = 193	,391* N = 187	,061 N = 133	1 N = 199			
Matematiikka-testi: Lukujonot	,228* N = 159	,237* N = 159	,370* N = 176	,238' N = 170	N = -,043 120	,438* N = 180	1 N = 181		
Matematiikka-testi: Kuullun numeron vertailu	,229* N = 159	,206* N = 159	,313* N = 176	,219* N = 170	-,095 N = 120	,370* N = 180	,562* N = 181	1 N = 181	
Matematiikka-testi Kuullun numeron tunnistaminen	,236* N = 159	,229* N = 159	,261* N = 176	,125 N = 170	-,009 N = 120	,370' N = 180	,648* N = 181	,497* N = 181	1 N = 181

LIITE 2. Muuttujien ja summamuuttujien rakenne ja niiden normaalisuustarkastelua

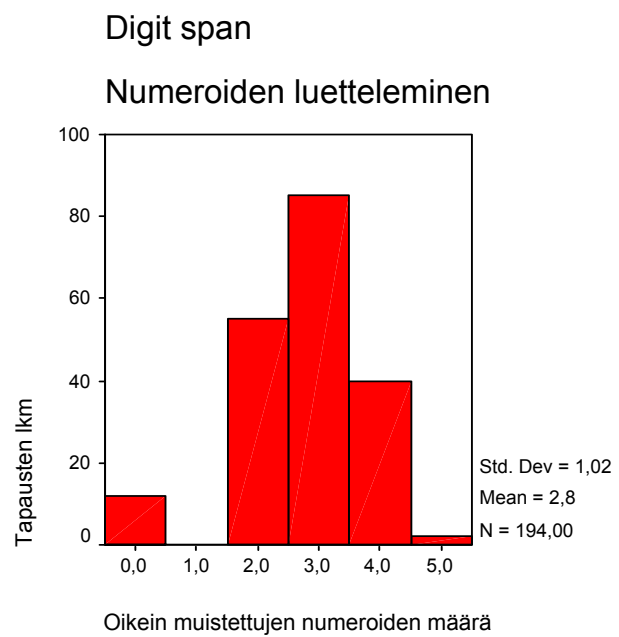
1) Sanavarasto -summamuuttujan osat:



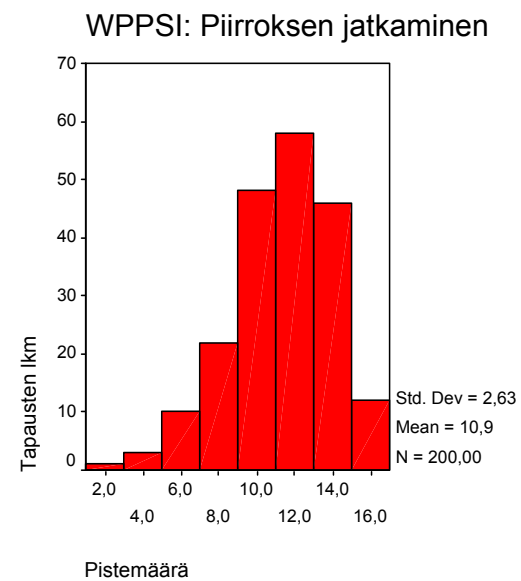
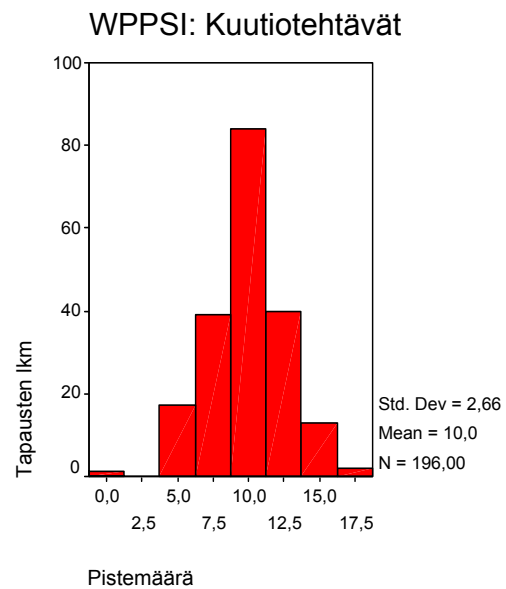
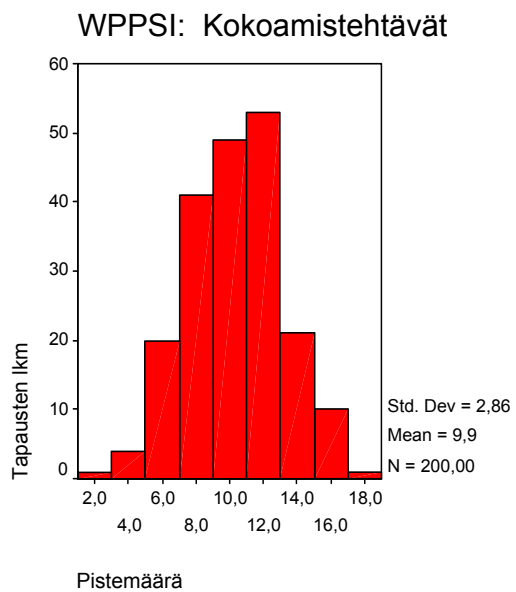
2) Nopea sarjallinen nimeäminen -summamuuttujan osat:



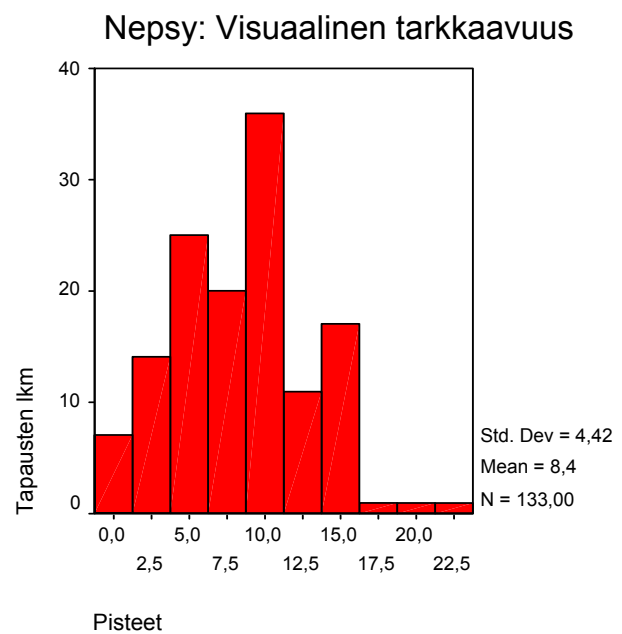
3) Kielellinen työmuisti -muuttujan osa:



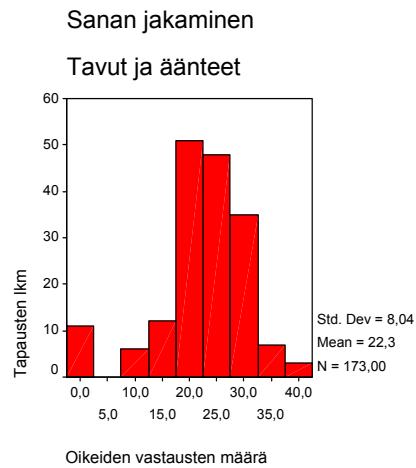
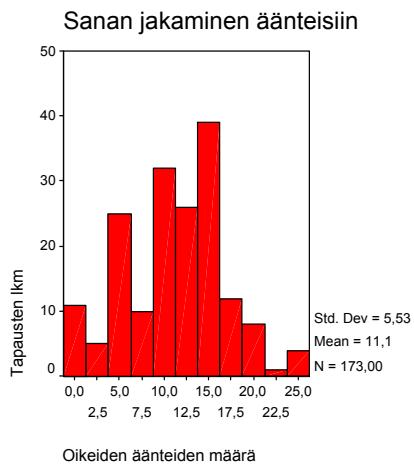
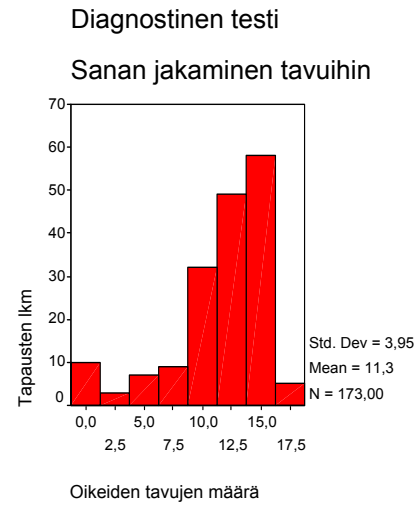
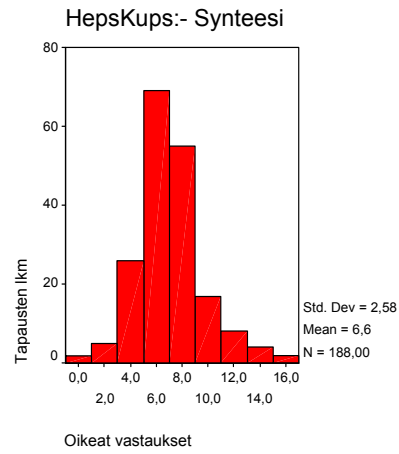
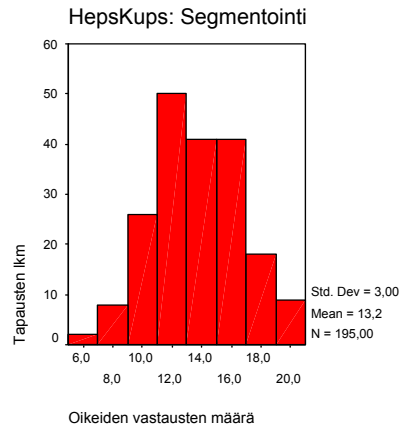
4) Visuo-spatiaaliset toiminnot -summamuuttujan osat:



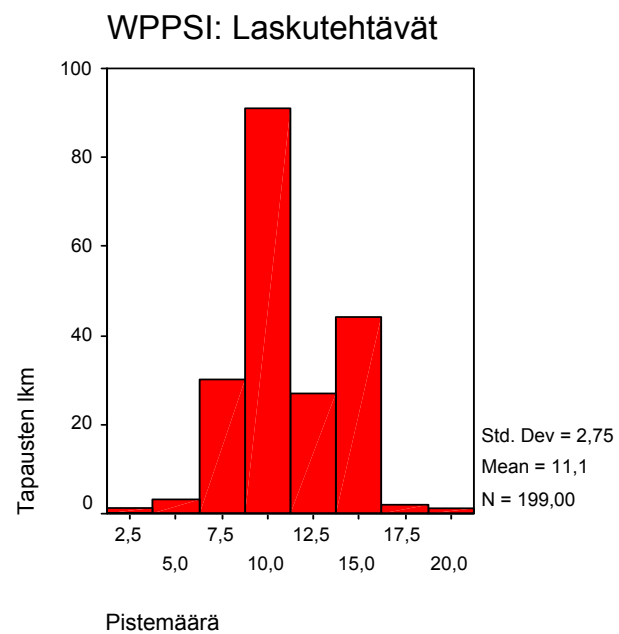
5) Tarkkaavuus ja toiminnanohjaus -muuttuja



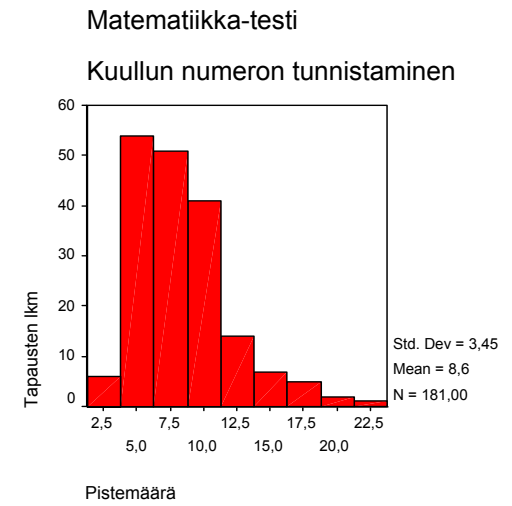
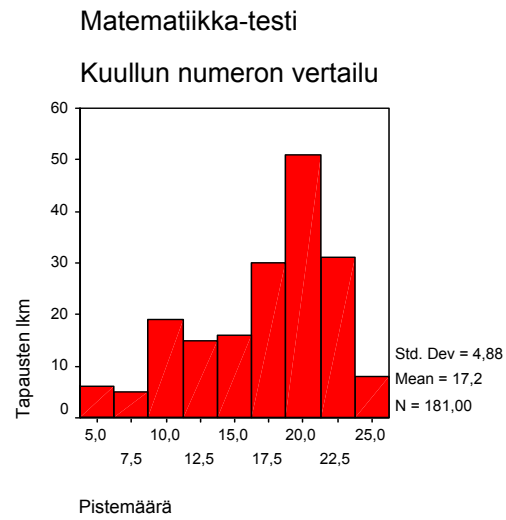
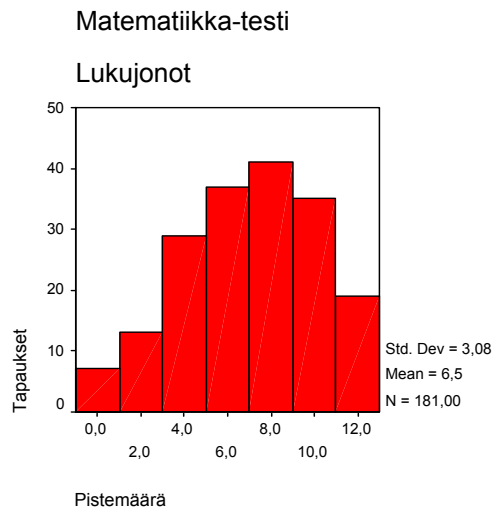
6.) Fonologinen prosessointi-summamuuttujan osat:



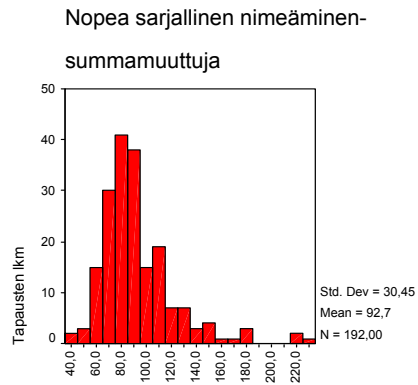
7.) Esimatemaattiset taidot -muuttuja:-muuttuja



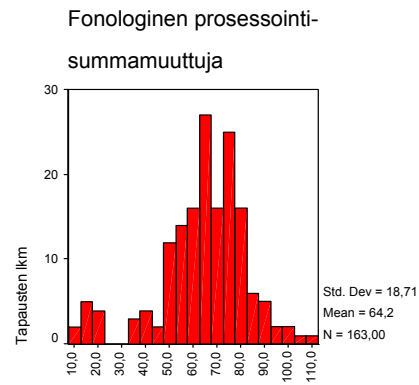
8.) Matematiikan taidot ensimmäisen luokan syksyllä -summamuuttujan osat:



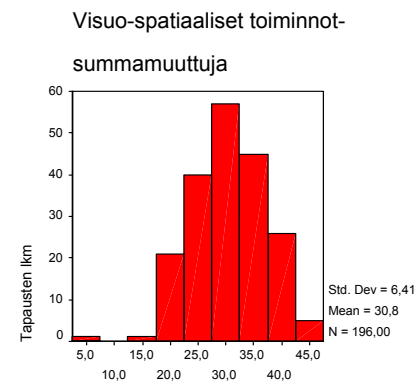
LIITE 3: Summamuuttujien normaaliustarkastelua



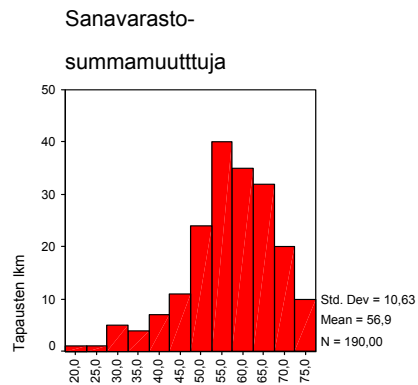
Aika



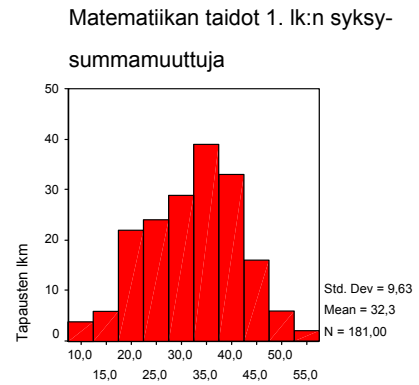
Summapistemäärä



Summapistemäärät



Summapistemäärä



Summapistemäärä

LIITE 4. Muuttujien ja summamuuttujien korrelaatiomatriisi

* = korrelaatio on tilastollisesti merkittävä tasolla 0.01.

	Kielityö- muisti	Esimatemaat- tiset taidot	Tarkkaavai- suus ja toiminnan- ohjaus	Sanavarasto	Nopea sarjallinen nimeäminen	Visuo- spatiaaliset toiminnot	Fonologinen prosessointi	Matemati- kan taidot ensimmäisen luokan syksyllä
Kielityömuisti	1 N = 194							
Esimatemaattiset taidot	,441* N = 194	1 N = 199						
Tarkkaavaisuus ja toiminnan- ohjaus	,134 N = 129	,061 N = 133	1 N = 133					
Sanavarasto	,460* N = 186	,443* N = 190	,271* N = 130	1 N = 190				
Nopea sarjallinen nimeäminen	-,210* N = 186	-,303* N = 191	-,145 N = 131	-,208 N = 187	1 N = 192			
Visuo- spatiaaliset toiminnot	,237* N = 191	,295* N = 196	,193 N = 131	,435* N = 188	-,092 N = 188	1 N = 196		
Fonologinen prosessointi	,430* N = 159	,432* N = 162	-,030 N = 128	,374* N = 159	-,170 N = 160	,286* N = 160	1 N = 163	
Matematiikan taidot ensimmäisen luokan syksyllä	,404* N = 175	,461* N = 180	-,065 N = 120	,294* N = 171	-,368* N = 174	,122 N = 177	,292* N = 150	1 N = 181