

**DIAGNOSTINEN KUNTOUSTUTKIMUS KEHITYKSELLISESSÄ  
DYSKALKULIASSA; TAPAUSTUTKIMUS**

Tuula Mentula

Lisensiaatintutkinto  
Jyväskylän yliopisto  
Psykologian laitos  
Neuropsykologian erikois-  
psykologikoulutus  
helmikuu 2002

## TIIVISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa tutkittiin, voiko aritmeettisen faktatiedon hallintaa varmentaa 10-vuotiaalla pojalla, jolla on kehityksellinen dyskalkulia. Lisäksi selvitettiin, johtuiko puutteellinen faktatiedon hallinta muistamiseen liittyvästä vai proseduraalisesta vaikeudesta. Kehityksellinen dyskalkulia on useimmiten seurausta puutteellisesta faktatiedon hallinnasta. Puutteellisten faktojen hallintaan puolestaan vaikuttavat joko muistamisen vaikeudet (faktojen haun vaikeus pitkäkestoisesta muistista tai virheellisten assosiaatioiden interferenssi hakuprosessissa) tai kehittymättömät laskuproseduurit, joita tarvitaan muistamisen tueksi.

Koehenkilönä oli 10-vuotias poika. (RK), joka tutkittiin laajalla neuropsykologisella arvioinnilla. Päättelykyvyltään RK oli normaalitasoinen. Matematiikkaa tutkittiin laajasti arvioiden luvun prosessointia ja proseduurien hallintaa. Aikasarjamittauksilla tutkittiin yhteen-, vähennys- ja kertolaskujen osaamista, reaktioaikoja ja käytettyjä strategioita. Pienen verrokkiaineiston avulla selvitettiin, millä tasolla RK:n suoriutuminen oli ennen kuntoutusta ja kuntoutuksen jälkeen. Verrokkiaineisto koostui viidestä luokkatasoisesta lapsesta ja viidestä lapsesta, jotka olivat kaksi luokka-astetta alempana. RK:n matematiikan taso jäi kaksi vuotta alle oman luokkatason standardoidussa matematiikan testissä (RMAT). Lyhyessä yhdeksän kerran pituisessa kokeellisessa kuntoutusjaksossa harjoiteltiin lukusuorassa liikkumista, lukujen hajottamista ja kokoamista sekä lukujen rakentamista. Kuntoutus ei lisännyt faktatiedon määrää, mutta vahvasti strategian käyttöä kaikissa laskutoimituksissa. Kehittyneempien strategioiden hallinnan takia virheet poistuivat ja laskeminen nopeutui. Tämä tulos puolsi käsitystä siitä, että RK:n puutteellinen faktojen hallinta johtui enemmänkin muistin vaikeudesta kuin proseduraalisesta vaikeudesta. Neuropsykologisessa arvioinnissa erityisesti kielellistä assosiativista muistamista vaativat tehtävät tuottivat RK:lle vaikeutta.

**Avainsanat:** kognitiivinen neuropsykologia, kehityksellinen dyskalkulia, aritmeettiset faktat, kuntoutuskokeilu.

## JOHDANTO

Kehityksellinen dyskalkulia on lapsuudessa esiintyvä kognitiivinen vaikeus, jossa muuten päättelykyvyltään normaalitasoisella lapsella (älykkyysosamäärä on yli 70 ) on vaikeuksia oppia matematiikkaa ( Stakes, ICD-10, 1999). Diagnostisena kriteerinä standardoidun laskemistestin pistemäärä on lapsen ikä ja älykkyysosamäärä huomioiden vähintään kaksi keskihajontaa odotusarvon alapuolella. Lukemisen ja kirjoittamisen taidot ovat normaalivaihtelun rajoissa. Kehityksellistä dyskalkuliaa arvioidaan esiintyvän noin 6-7 prosentilla kouluikäisistä lapsista (Badian, 1983; Gross-Tsur, Manor, & Shalev,1996; Kosci, 1974). Sitä pidetään neurokognitiivisena vaikeutena, jolla on geneettinen etiologia.

Kognitiivisessa neuropsykologiassa ajatellaan, että kehityksellinen dyskalkulia on seurausta matematiikkaan liittyvien modulaaristen alasysteemien eli prosessointikomponenttien kehityksellisestä poikkeavuudesta (Temple, 1989, 1997). Aikuisilla tehtyihin tutkimuksiin perustuen McCloskey, Caramazza ja Basili (1985) ovat jakaneet aritmeettiset toiminnot prosessointikomponentteihin. Näitä ovat (1) lukujen prosessointi, joka käsittää lukujen ymmärtämisen ja tuottamisen, (2) aritmeettisen faktatiedon hallinta sekä (3) aritmeettisten proseduurien hallinta eli laskutaito. Temple (1989, 1991) on osoittanut, että nämä eri alasysteemit ovat myös kehityksellisesti ainakin osittain itsenäisiä.

Luvun prosessoinnissa on keskeistä suuruusluokan, eli luvun merkityksen hahmottaminen määrittelemällä luvun paikka lukujonossa suhteessa toisiin lukuihin. Luvun prosessointi koostuukin tästä paikka-arvoon liittyvästä analyysistä ja yksittäisten lukusanojen mieleenpalauttamisesta (McCloskey, 1992; Räsänen & Ahonen, 1997; Temple, 1998). Templen (1998) mukaan vaikeudet luvun prosessoinnissa ovat lapsilla kuitenkin melko harvinaisia.

Sen sijaan aritmeettisten faktojen muistamiseen (opetuksen ja kokemuksen kautta hankittu tieto luvuista ja laskuoperaatioista) liittyvät vaikeudet ovat keskeinen tekijä lähes kaikissa lasten matemaattisissa oppimisvaikeuksissa. Kehityksellinen dyskalkulia onkin melko yleisesti seurausta juuri aritmeettisten faktojen hallinnan vaikeudesta (Geary, 1993; Temple, 1998). Muistamisen vaikeuksien katsotaan johtuvan joko faktojen haun vaikeudesta pitkäkestoisesta muistista tai virheellisten assosiaatioiden interferenssistä hakuprosessissa (Barrouillet ym, 1997; Geary, 1993).

Kirjallisuudessa on käyty keskustelua siitä, missä muodossa aritmeettiset faktat varastoituvat pitkäkestoiseen muistiin. McCloskeyn (1992) mukaan aritmeettiset faktat varastoituvat abstraktissa muodossa ja kaikissa laskuoperaatioissa on mukana lukujen sisältö eli suuruusluokka. Dehaenen ja Cohenin (1995) mallin mukaan puolestaan eri laskuoperaatioita tulee analysoida erikseen. Pienet yhteenlaskut ja kertolaskut varastoituvat verbaalisina assosiaatioina ja yksinkertaisemmalla tasolla pienten lukujen aritmeettiset faktat (esimerkiksi  $5+5=10$ ) ovat haettavissa suoraan muistista ilman suuruusluokan hahmottamista. Lukujen kasvaessa ja erityisesti vähennyslaskuissa ja jakolaskuissa tarvitaan kuitenkin strategioita nopean muistista haun tueksi. Tällöin suuruusluokan hahmottaminen on oleellista. Esimerkiksi laskussa  $9+7=9+1+7-1=10+6=16$ , tarvitaan hyvää suuruusluokan hahmottamista eli tietoa siitä että yhdeksän on lähellä kymmentä.

Myös Temple (1997) on selittänyt aritmeettisten pieniin lukuihin liittyvien faktojen muistamisvaikeudet hankaluudella hakea sanoja tai äännekokonaisuuksia nopeasti pitkäaikaisesta muistista ilman suuruusluokan merkityksen mukanaoloa. Usein näillä lapsilla on todettu vaikeuksia kirjain-äänneyhteyden oppimisessa. Muistivaikeuden kompensoimiseksi jotkut lapsista näyttävät hyödyntävän erilaisia strategioita ja proseduureja, esimerkiksi luettelemista (Ahonen & Räsänen, 1995; Temple, 1994).

McCloskeyn ym.(1985) mallin mukainen kolmas prosessointikomponentti on proseduurien hallinta eli laskutaito. Siinä vaikeuksia on laskun eri suoritusvaiheiden suunnittelussa ja toteuttamisessa huolimatta hyvästä faktojen hallinnasta (Geary, 1993; Räsänen ja Ahonen, 1997; Temple ,1997).

Geary (1993) jakoi matematiikan vaikeudet kolmeen alatyyppiin, jotka ainakin osittain vastaavat McCloskeyn ym. (1985) esittämiä prosessointikomponentteja. Ensimmäisessä alatyypissä matematiikan vaikeudet ovat seurausta semanttisen muistin vaikeuksista. Tällöin lapsilla on hankaluutta aritmeettisten faktojen oppimisessa tai muistista palauttamisessa. Proseduraalisessa vaikeudessa lapsen on vaikea muistaa erilaisten laskutoimitusten suoritusperiaatteita. Kolmannella ryhmällä on Gearyn mukaan hankaluutta numeerisen tiedon järjestämisessä ja ymmärtämisessä spatiaalisesti, mikä johtuu visuospatiaalisista vaikeuksista.

Pieniä yhteen- ja vähennyslaskuja opitaan käyttämällä hyväksi luettelemista. Groen ja Parkman (1972) kuvasivat kolme erilaista luettelemisstrategiaa. Ensimmäisessä vaiheessa luetellaan kaikki luvut ( $2+3= 1,2,3,4,5$ ), seuraavassa vaiheessa minimoidaan laskettavien määrä, esimerkiksi  $3+2= 3,4,5$  ja kun opitaan käänteisyys, aloitetaan luetteleminen suuremmasta luvusta, esimerkiksi  $2+7= 7,8,9$ . Tämä strategia edeltää Groenin ja Parkamanin (1972) mukaan suoraan muistista palautusta. Käänteisyys pohjautuu periaatteelle, jonka mukaan luvut koostuvat toisista luvuista ja että luvun voi hajottaa osiin. Lukualueella kymmenestä eteenpäin luvut käsitetään koostumuksina sekä muista luvuista että ykkösistä ja kymmenistä (Resnick, 1983). Siegler ( 1986 ja 1987) onkin esittänyt luettelemisen (joko sormilla tai verbaalisesti) ja suoran muistista palautuksen lisäksi neljännen laskustrategian yhteenlaskuissa, mikä on lukujen hajottaminen ja kokoaminen.

Mm. Geary (1996), Geary ym. (1991) ja Siegler (1987) ovat todenneet, että reaktioajat yhteenlaskuissa ovat hitaimmat käytettäessä luettelemista ja nopeimmat suorassa muistista palautuksessa. Aritmeettinen faktatieto lisääntyy strategioiden vahvistumisen rinnalla ja aritmeettisten faktojen muistista palautus tulee automaattisemmaksi kehityksen myötä. Ashcraft ja Fierman (1982) totesivat, että kolmasluokkalaiset olivat siirtymävaiheessa luettelemisstrategioista suoraan muistista palautukseen. Temple (1997) on todennut että yleensä 11- 12-vuotiaat lapset käyttävät pääsääntöisesti muististrategiaa.

Monet tutkimukset (mm. Ashcraft & Battaglia, 1978; Stazyk, Ashcraft, & Hamann, 1982) ovat todenneet, että yksinumeroisia lukuja yhteen laskettaessa ja kerrottaessa keskenään reaktioaika ja virhealttius lisääntyvät, kun käsitellään suurempia lukuja (esimerkiksi  $7 \times 8$  vie enemmän aikaa kuin  $2 \times 3$ ). Adamsin ja Hitchin (1997) mukaan yhteenlaskuissa päässä laskien vastauksen antamiseen kuluva aika väheni iän myötä, lisääntyi laskun vaikeutuessa ja oli nopeampi visuaalisesti esitetyissä tehtävissä kuin auditiivisesti esitetyissä. Geary ym.(1991) totesivat, että yleensä lapset siirtyvät strategioissa nopeaan aritmeettisen faktatiedon muistista hakuun, mutta niillä lapsilla, joilla on vaikeuksia matematiikassa, strategiat eivät kehity yhtä toimiviksi vaan lapsi juuttuu tehottomiin strategioihin.

Kehityksellisen dyskalkulian kuntoutuksesta on tehty toistaiseksi hyvin vähän tutkimuksia. Ho ja Cheng (1997) tutkivat sitä, vaikuttiko paikka-arvon käsitteen opetus yhteen- ja vähennyslaskujen suorittamiseen lapsilla, joilla oli vaikeutta matematiikassa. Vaikka korrelaatio paikka-arvon käsitteen ja yhteen- ja vähennyslaskujen välillä todettiin, opetus paransi vain yhteenlaskujen suorittamista. Sullivan, Macaruso ja Sokol (1996) tutkivat lukujen prosessointiin liittyvää kuntoutusta 13-vuotiaalla pojalla, jolla oli kehityksellinen dyskalkulia. Kuntoutusohjelmalla saatiin merkittäviä tuloksia lukujen prosessoinnissa. Deloche ym. (1989 ja 1992) ovat tehneet vastaavia yksilötapaustutkimuksia aikuisilla, joilla oli hankittu dyskalkulia.

Aikuisilla on myös tehty joitakin tutkimuksia aritmeettisten faktojen kuntouttamiseksi hankituissa dyskalkulioissa (mm. Hittmair-Delazer ym., 1994; Girelli ym., 1996). Näissä tutkimuksissa on saatu hyviä tuloksia, esimerkiksi kertotaulujen uudelleen opettamisella, melko lyhyiden kuntoutusjaksojen jälkeen.

Tässä tutkimuksessa pyrin selvittämään lyhyellä kuntoutusinterventiolla helpottaako strategioiden opettelu ja käytön vahvistaminen mekaanisten yhteenlaskujen suorittamista lukualueella 0-20, kun vaikeuksia on faktatiedon hallinnassa. Kuntoutus toteutettiin normaalia neuropsykologista kuntoutusta tai koulun erityisopetusta tiiviimpänä. Lisäksi oli tarkoitus selvittää sitä, johtuiko puutteellinen faktatiedon hallinta ensisijaisesti muistin ongelmasta, vai oliko se seurausta kehittymättömistä laskuproseduureista. Kokeellinen kuntoutusjakso perustui tarkkaan ja laajaan neuropsykologiseen tutkimukseen sekä matematiikan taitojen tutkimiseen.

## **MENETELMÄ**

### **Koehenkilön kuvaus**

Tutkimuksen koehenkilö oli 7/88 syntynyt, 10-vuotias oikeakätinen poika (RK), jonka varhaiskehitys oli ollut normaali eikä todettavissa ollut neurologisia tai psykiatrisia sairauksia. Äidillä oli ollut koulussa lukivaikeutta ja isällä vaikeuksia matematiikassa. Vanhempien mielestä RK ei ollut 7-vuotiaana koulukypsä, mutta päiväkodin mukaan hän oli valmis kouluun. Koulun alettua lukemisen, kirjoittamisen ja matematiikan oppimisessa oli vaikeutta. Hän siirtyi kolmannella luokalla toiseen kouluun, missä vaikeudet yhä näkyivät. Kirjoittamisessa kirjainmuotojen hallinta oli luokkatasoon nähden epävarmaa ja oman tekstin tuotto jäi niukaksi. Oikeinkirjoituksessa ei ollut virheitä. Lukeminen oli mekaanisesti lievästi hidasta ja tekstin ymmärtäminen puutteellista. Tuki- ja erityisopetuksen avulla kirjoittaminen ja lukeminen kehittyivät kolmannen luokan syksyn aikana, mutta matematiikka tuotti edelleen suuria vaikeuksia. Koulussa matematiikassa pettymysten sietokyky oli alhainen ja RK oli ajoittain väsynyt ja alakuloinen. Vanhempien mukaan uusien asioiden oppiminen oli ollut RK:lle aina työlästä. Kotitehtävien teossa hän oli lyhytjäntteinen ja keskittymisessä oli vaikeuksia. Vastuunotto omista kotitehtävistä oli vähäistä sekä kirjoista ja tehtävistä huolehtiminen oli puutteellista. Näiden vaikeuksien perusteella RK lähetettiin neuropsykologisiin tutkimuksiin, jotka aloitettiin neljännen luokan syksyllä 1998 laajalla arvioinnilla, jota vielä täydennettiin helmikuussa 1999 ennen kokeellisen kuntoutusjakson alkamista RK:n ollessa 10-vuotias.

### **Suoriutuminen matematiikassa**

Opettaja arvioi koulussa 4.-luokan syksyllä matematiikan osaamista Matematiikan keskeisen oppiaineen kokeella, (MAKEKO; Ikäheimo, Putkonen, & Voutilainen, 1988), jossa kolmannen luokan suorittaneiden tehtävistä RK sai kolmekymmentäyksi pistettä



kuudestakymmenestä, mikä jää Hermanssonin (1992) keräämien normien mukaan kolme keskihajontaa keskiarvoa heikommaksi. Kuviossa 1 on esimerkkejä siitä, miten RK laski yhteenlaskuja allekkain. Niistä näkee, että sekä faktatiedon hallinta yhteenlaskuissa (esimerkiksi  $4+8=13$  ja  $5+2=6$ ) että laskuproseduurien hallinta (muistinumero on väärä tai sitä ei ole ollenkaan) olivat virheellisiä. Myös vähennys- ja kertolaskujen suorittaminen oli puutteellista.

---

3	
5 3 4	5 6
+1 4 8	+2 7
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 6 8 1	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 6 13

---

KUVIO 1. Esimerkkejä RK:n tekemistä virheistä yhteenlaskuissa allekkain

### Neuropsykologinen arviointi

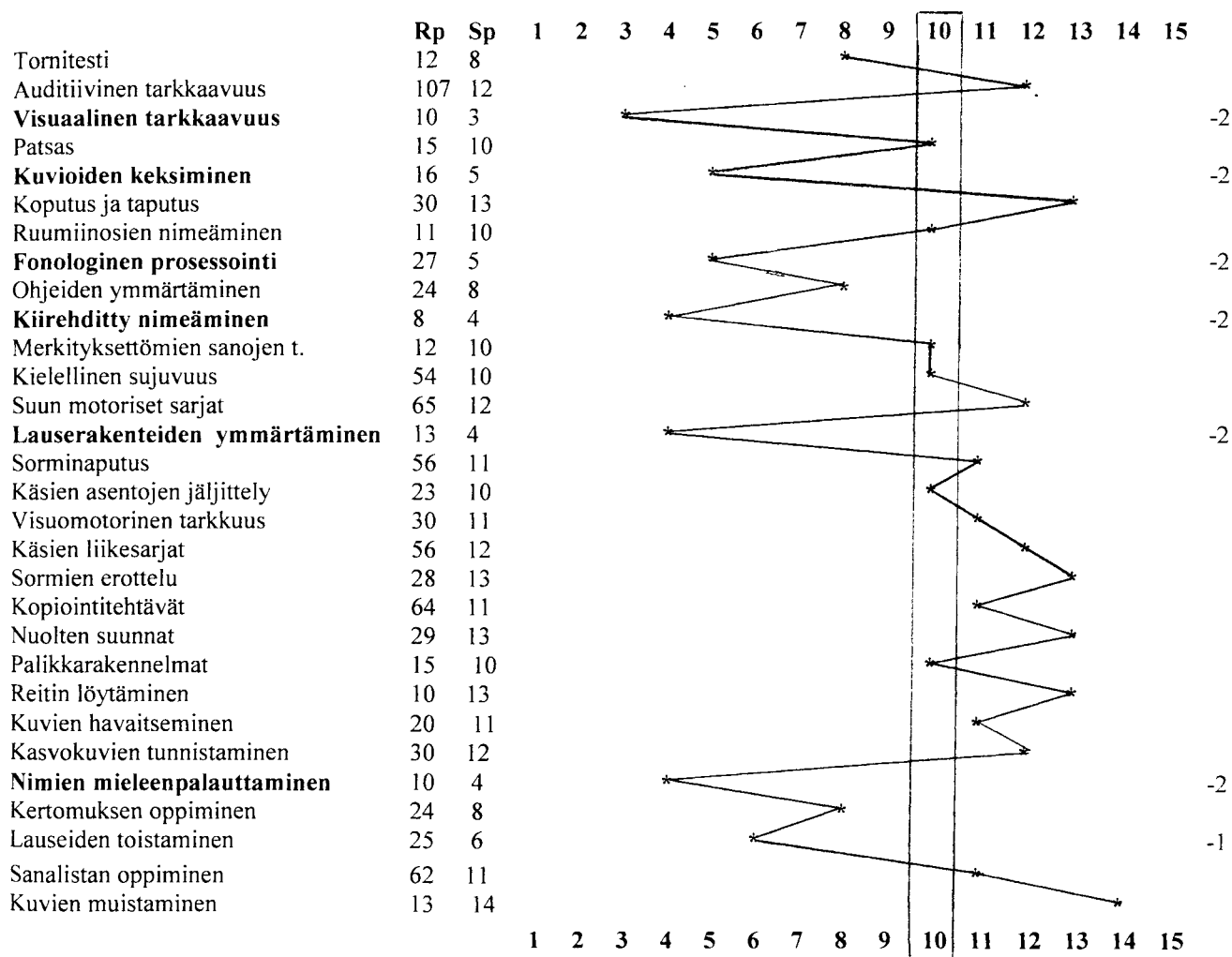
Älykkyyttä arvioitiin Wechsler Intelligence Scales for Children-Revised versiolla (WISC-R; Wechsler, 1984) (Taulukko 1).

TAULUKKO 1. Suoriutuminen WISC-R:ssä

Kielellinen asteikko		Suoritusasteikko	
Yleistietous	2	Kuvien täydentäminen	11
Samankaltaisuudet	9	Kuvien järjestäminen	10
Laskutehtävät	9	Kuutiotehtävät	12
Sanavarasto	10	Kokoamistehtävät	13
Yleinen käsityskyky	7	Merkkikoe	7
Numerosarjat	9 (5 eteenpäin ja 3 taaksepäin)		
Kielellinen Äo	84	Suoritus Äo	102

Kielellistä päättelyä kokonaisuudessaan heikensi yleistietojen hallinnan puutteellisuus. Esimerkiksi aikaan liittyvien nimikkeiden muistaminen ei onnistunut. Laskutehtävissä hän sai ikätasoisen tuloksen. Aikaraja laskutehtävissä oli tosin 30 sekuntia, jonka hän käytti lähes kokonaan saadakseen oikean vastauksen. Tarkkaavuuden jakamista ja motorista nopeutta vaativa merkkikoe jäi muuta vahvaa visuaalista päättelyä heikommaksi.

Laajalla neuropsykologisella arvioinnilla pyrittiin selvittämään mahdollisimman tarkasti ne neuropsykologiset erityisvaikeudet, mitkä selittäisivät matematiikan vaikeutta muuten älykkyydeltään normaalitasoisella pojalla. Kuntoutusohjelman sisällön suunnittelua varten oli tärkeää selvittää myös vahvat suoriutumisen alueet. Neuropsykologisessa arvioinnissa käytettiin NEPSY- testiä (Korkman ym., 1997, kuvio 2).



KUVIO 2. Suoriutuminen NEPSY:ssä. Osatehtävät, joissa suoritus jäi kaksi tai kolme standardipoikkeamaa heikommaksi ikänormeista on tummennettu.

Koska useissa tutkimuksissa on todettu kielellisen muistin ja erityisesti työmuistin merkitys matematiikan vaikeuksien selittäjänä (mm. Adams & Hitch, 1997; Geary, 1993; Rourke, 1993) tehtiin NEPSY:n lisäksi muistitehtäviä myös Wechsler Memory Scale – Revised testistä (WMS-R; Wechsler, 1996). Kielellinen oppiminen sanapareissa jäi kaksi keskihajontaa keskiarvoa heikommaksi (alle 20-vuotiaitten normeja käyttäen) kun visuaalinen kuvaparien oppiminen oli keskitasoista. Auditiiivinen työmuisti oli visuaalista työmuistia heikompaa. McCloskey ym. (1985, 1992; Temple, 1997) ovat todenneet, että aritmeettisten faktojen hallinta on yhteydessä yksittäisten sanojen nopeaan muistista hakuun, minkä takia nopeaa nimeämistä tutkittiin tarkemmin. Nopean nimeämisen testissä (Ahonen ym. 1999) suoritus jäi kauttaaltaan kaksi keskihajontaa keskiarvosta. Myös visuospatiaalisten ja sensomotoristen toimintojen yhteys matematiikkaan on usein havaittu (Geary, 1993; Gerstman, 1940; Rourke, 1993). Tulos näissä osatehtävissä NEPSY:ssä ja Tritesin (1977) oikea-vasen erottelutehtävissä oli keskitasoinen. Luku- ja kirjoitusnopeus jäi yhden keskihajonnan verran keskiarvosta, mutta luetun ymmärtäminen ylsi keskitasoon.

Neuropsykologisen tutkimuksen tulos voidaan tiivistää toteamalla, että RK on päättelykyvyltään normaalitasoinen poika, jonka kielellinen päättely jäi visuaalista päättelyä heikommaksi. Kielen alueella vaikeutta oli fonologisessa prosessoinnissa, nopeassa nimeämisessä ja kielellisessä oppimisessa. Vaikeus näkyi assosiatiivista oppimista vaativassa nimien ja sanaparien oppimisessa sekä kielellisen työmuistin heikkoudessa verrattuna visuaaliseen työmuistiin. Visuospatiaalinen hahmottaminen ja visuaalinen päättely sekä muistaminen olivat RK:n vahvuuksia. Luku- ja kirjoittamisnopeus jäivät lievästi hitaaksi, mutta oikeinkirjoitus ja luetun ymmärtäminen vastasivat ikätasoa.

## **Kokeellinen kuntoutusjakso**

Kuntoutusjakso (yhdeksän kertaa 30 minuuttia kolmen viikon aikana) oli normaalia neuropsykologista kuntoutusta huomattavasti kapea-alaisempi, tiiviimpi ja lyhyempi. Näin kuntoutuksen vaikuttavuuden arviointi olisi mahdollista ilman, että kouluopetus ja normaali kehitys vaikuttaisivat tuloksiin. Kuntoutus sisälsi vain matematiikkaan liittyviä tehtäviä, eikä siinä pyritty vaikuttamaan niihin neuropsykologisiin toimintoihin, joissa ilmeni vaikeuksia ja jotka mahdollisesti olivat matematiikan vaikeuksien takana. Neuropsykologisten testien antamaa tietoa hyödynnettiin harjoitustehtävien sisällön suunnittelussa. RK:n vaikeudet kielellisessä assosiativisessa muistissa ja oppimisessa yhdessä nopean nimeämisen vaikeuden kanssa olivat ilmeisesti vaikeuttaneet aritmeettisen faktatiedon varastoitumista pitkäkestoiseen muistiin ja nopeaa muistista hakua. Lisäksi laskuproseduurien hallinta oli puutteellista ja hidasta. Kuntoutuksen tavoitteena oli kompensoida kielellisen muistin vaikeutta opettamalla ja varmentamalla yhteenlaskuissa käytettäviä laskustrategioita ja laskuproseduureja. Tämän oletettiin nopeuttavan päässälaskujen suorittamista. Koska visuaalinen oppiminen oli kielellistä oppimista vahvempaa ja ikätasoista, hyödynnettiin harjoitustehtävissä mahdollisimman paljon visuaalista tukea.

Jokaisesta harjoituskerrasta n. 10 minuuttia käytettiin lukusuoralla liikkumiseen. Tavoitteena oli vahvistaa lukujen keskinäisten sijaintien hallintaa ja varmentaa luettelemista. Alkumittauksissa RK teki luettelemisvirheitä päätyen oikean vastauksen viereiseen lukuun ja käytti paljon aikaa esimerkiksi laskun  $8-7$  ratkaisemiseen. Tämä saattoi liittyä siihen, etteivät lukujen keskinäiset sijainnit esimerkiksi lukusuoralla ja lukukäsite olleet vakiintuneet. Yhteen- ja vähennyslaskujen suoritus oli mekaaninen toimenpide, ilman että hän olisi ymmärtänyt näiden laskutoimitusten käsitettä ja lukujen merkityksiä. Harjoituksissa RK järjesti numerolaput 0-20 pöydälle suuruusjärjestykseen. Vuorotellen kuntouttaja ja RK siirsi pikkudinoa, joka toimi pelinappulana, lukusuoralla yhden tai kahden pistenopan pisteiden ilmoittaman määrän mukaan laskien ääneen siirrot eteenpäin ja taaksepäin.

Lisäksi eteenpäin liikuttaessa tehtiin ääneen puhuen yhteenlasku, jossa yhteenlaskettavina oli luku, josta lähdettiin ja nopan pisteiden ilmoittama lukumäärä. Dinolla hyppiminen luvusta toiseen painotti sitä, että seuraava luku saadaan aina lisäämällä yksi edelliseen lukuun. Siirryttäessä taaksepäin kahdestakymmenestä harjoiteltiin luettelemista ja lukujonojen hallintaa.

Seuraavan 10-15 minuutin ajan RK harjoitteli lukujen hajottamista ja kokoamista. Tavoitteena oli vahvistaa luvun määrän hahmottamista ja sitä mistä eri luvut voivat muodostua. Tässä hyödynnettiin varsinkin kymmenen kokoamista. Strategiana luvun hajottaminen ja kokoaminen on luettelemista nopeampi ja kehittyneempi ja sitä hyödyntäen voidaan suorittaa päässälaskuja suurillakin luvuilla. RK teki pieniä yhteenlaskuja yhteensä 6 kappaletta laittamalla yhteenlaskettavat erivärisillä kuutioilla kymmenen kolon munakennoon. Alussa kymmenen täytyttyä RK sulki munakennon, mutta koska hän ei muistanut kuinka paljon toisesta luvusta oli otettu mukaan, myöhemmillä kerroilla hän piti munakennon auki. Esimerkiksi laskussa  $7+5$ , RK laittoi seitsemän sinistä kuutiota munakennoon. Sitten hän otti käteensä viisi punaista kuutiota, mietti kuinka paljon vielä puuttuu kymmenestä ja lisäsi ne koloihin, niin että kymmenen täytyi (3 kuutiota). Tällöin kaksi jäi viidestä jäljelle, jotka hän lisäsi kymmeneen ja sai summaksi kaksitoista. Sen jälkeen hän merkitsi paperille laskun ja summan, ja myöhemmillä kerroilla eri vaiheiden korostamiseksi hän kirjasi ylös laskujen kaikki eri välivaiheet ( $7+5=7+3+2=10+2=12$ ). Kymmenen kokoaminen kahdesta luvusta (kymmenparit) ei aina onnistunut oikein ja satunnaisesti hän teki niissä virheitä, esimerkiksi  $4+6=11$ .

Kahta munakennoa hyödyntäen ( $10+10$  koloa), hän heitti kahta pistenoppaa ja laittoi pisteiden ilmoittaman määrän kuutioita munakennoihin. Tämän jälkeen hän mietti kuinka paljon puuttui kahdestakymmenestä. Alussa hän laittoi aina kuutiot koloihin, myöhemmin hyväksi käytettiin vain visuaalista tukea kymmenestä. Usein RK:ta oli kehotettava hyödyntämään visuaalista tukea, koska hän yritti ratkaista laskun vain päässä laskien.

Loput 5-10 minuuttia hän rakensi lukuja kymmenjärjestelmävälineitä hyödyntäen alustalle, jossa ykkösten, kymmenien, satojen ja tuhansien sarakkeet oli merkitty. Hän rakensi kuulemansa luvut ja merkitsi ne numeromerkeillä. Tämän jälkeen keskusteltiin, mistä esimerkiksi luku 534 koostuu, kuinka monta satasta, kymppiä ja ykköstä siinä on. Tämä tehtävä tuotti aluksi RK:lle vaikeutta. Lukuja sanoessaan hän nimesi luvun välillä väärin, esimerkiksi lukua 18, hän sanoi kahdeksaksi. Myös kirjoittaessa lukuja hän teki virheitä esimerkiksi 7 kun piti olla 17. Nimeämisvirheet olivat yleisempiä.

RK työskenteli koko kuntoutusjakson hyvin motivoituneesti ja yritteliäästi eikä väsynyt siihen, että samoja tehtäviä toistettiin yhdeksän kertaa. Myös alku- ja loppumittauksissa, joissa samoja laskuja käytiin läpi useasti, hän jaksoi paneutua tehtäviin hyvin, miettien ja selittäen käyttämiään laskustrategioita.

### **Neuropsykologinen kuntoutus toukokuu ja elo-joulukuu**

RK:n vaikeudet matematiikassa olivat suuret ja koulussa sekä kotona oli hankaluutta myös itsenäisessä työskentelyssä, mikä vaikeutti useiden aineiden opiskelua. Siksi neuropsykologista kuntoutusta jatkettiin heti toisten loppumittausten jälkeen. Kuntoutusta oli viikoittain puolitoista tuntia kerrallaan ensin toukokuussa ja myöhemmin elokuun alusta joulukuun loppuun saakka. Kuntoutuskertoja ennen kolmansiä loppumittauksia oli kaikkiaan 22. Koulussa hän sai tänä aikana satunnaisesti tukiopetusta matematiikassa, mutta ei erityisopetusta. Niitä matematiikan osa-alueita, joita oli käsitelty kokeellisessa kuntoutusjaksossa, ei käyty uudelleen läpi. Kuntoutuksen tavoitteena oli vaikuttaa niihin neuropsykologisiin osa-alueisiin, joissa oli ilmennyt vaikeutta. Puolentoista tunnin kuntoutuskerta koostui toiminnan ohjaamisen, nimeämisen, kielellisen oppimisen ja muistamisen, luetun ymmärtämisen ja matematiikan tehtävistä. Matematiikassa keskityttiin kertolaskun käsitteen vahvistamiseen sekä strategioiden harjoitteluun. Näin pyrittiin kompensoimaan kertotaulujen muistamisen vaikeutta.

Itsetunnon vahvistamiseksi ja onnistumisen kokemusten hankkimiseksi tehtiin myös visuokonstruktiivisia rakentelutehtäviä, joissa RK oli taitava.

Kuntoutusjakson aikana RK:n suhtautuminen matematiikkaan muuttui myönteisemmäksi, arvaaminen ratkaisukeinona poistui, valmius miettiä eri strategioita lisääntyi ja kyky itsenäiseen työskentelyyn vahvistui. Myös opettajan ja vanhempien mukaan erityisesti työskentelyvalmiuksissa tapahtui edistymistä.

### **Tutkimuksen kulku ja kuntoutuksen vaikuttavuuden mittarit**

**Alkumittaukset:** Koska tutkimuksessa haluttiin selvittää aritmeettisen faktatiedon hallinnan vaikeutta, sen luonnetta ja kuntoutumiskeinoja yhteenlaskuissa lukualueella 0-20, aikasarjamittauksiin otettiin mukaan vain matematiikan tehtäviä. Neuropsykologiset testit toimivat taustatietona eikä niitä alkumittausten jälkeen toistettu. Matematiikan tehtävistä arvioitiin lukujen prosessointikykyä ja suuruusluokan hahmottamista Numerical-Lausanne- testillä (Räsänen & Salmi, 1995 suom.). Sekä faktojen että laskuproseduurien hallintaa tutkittiin RMAT:lla (Räsänen 1992). Aritmeettisten faktojen hallintaa ja strategioiden käyttöä mitattiin aikasarjamittauksilla, jotka tehtiin kolmella erillisellä kerralla viikon aikana. Tällöin laskettiin yhteensä sata yhteenlaskua lukualueella 0-20, jotka oli jaettu Wheelerin (1939) ryhmittelyn mukaan kolmeen ryhmään vaikeustason perusteella, niin että kustakin vaikeustasosta valittiin joka kolmas lasku. Sata vähennyslaskua lukualueella 0-20 olivat käänteisiä yhteenlaskuille. Kertolaskuja tehtiin vain kahdella kerralla yhteensä 67 kappaletta ja ne oli valittu Millerin (1984) reaktioaikatulosten perusteella. Tehtävät esitettiin visuaalisesti (3 cm x 20 cm -kokoisilla) korteilla, joihin laskut oli kirjoitettu horisontaalisesti (esimerkiksi 3+4) kirjasintyypillä Helvetica 28. Kortit esitettiin satunnaisessa järjestyksessä yksitellen ja kukin kortti oli esillä niin kauan kunnes vastaus oli annettu suullisesti. Reaktioaika mitattiin sekuntikellolla sekä käytetty laskustrategia kysyttiin.

Yhteen- ja vähennyslaskuissa strategiavaihtoehdot olivat luetteleminen (sormilla ja/tai verbaalisesti), lukujen hajottaminen ja kokoaminen sekä suora muistista palautus.

Strategiavaihtoehdot käytiin lapsen kanssa ennakkoon läpi esimerkkien kanssa ja ne olivat koko ajan pöydällä nähtävissä korteilla. Kertolaskuissa strategiavaihtoehdot olivat muistaminen, luetteleminen, toinen kertotaulu tai muu.

**Loppumittaukset:** Loppumittauksissa tehtiin samat yhteen-, vähennys- ja kertolaskut kuin alkumittauksissakin kolmena erillisenä kertana viikon aikana. Reaktioajat mitattiin ja kysyttiin laskujen vastaukset sekä käytetyt strategiat. Lisäksi tehtiin RMAT kaikilla loppumittauskerroilla. Numerical-Lausanne-testistä tehtiin ensimmäisellä ja toisella loppumittauskerralla ne osiot, joissa alkumittauksissa oli ollut virheitä. Kuntoutuksen vaikuttavuuden arvioimiseksi ensimmäiset loppumittaukset olivat heti kokeellisen kuntoutusjakson jälkeisellä viikolla. Kuntoutuksen pysyvyyden arvioimiseksi tehtiin toiset loppumittaukset kuukauden kuluttua ensimmäisistä loppumittauksista. Tämän kuukauden aikana RK ei saanut normaalin kouluopetuksen lisäksi muuta tukea. Kolmannet loppumittaukset tehtiin yhdeksän kuukauden kuluttua kuntoutusjaksosta. Toisen ja kolmannen loppumittauskerran välillä RK sai neuropsykologista kuntoutusta toukokuun ajan sekä elokuun ja joulukuun välisen ajan.



## Verrokkiryhmä

Pienten verrokkiryhmien avulla tarkasteltiin kuinka lapset, joilla ei ollut oppimisvaikeuksia, laskivat samat yhteen- ja vähennyslaskut (100 kappaletta) ja kertolaskut (67 kappaletta) kuin RK ja minkälaisia strategioita he käyttivät. Laskut tehtiin viikon aikana kolmella eri kerralla. Verrokkiryhmän avulla selvitettiin, millä tasolla RK:n matematiikan osaaminen oli ennen kuntoutusta ja kuntoutuksen jälkeen. Lisäksi arvioitiin, erosiko RK:n matematiikan eri osa-alueiden taidot samalla keskimääräisellä taitotasolla olevien osaamisesta.

Lapset olivat normaalin yleisopetuksen luokilta vantaalaisesta koulusta. Lapset ilmoittautuivat vapaaehtoisesti tutkimukseen, mikä selittää tyttöjen suuren määrän.

Verrokkiryhmään valittiin viisi RK:n kanssa ikätasoista, 1988 syntynyttä lasta (4 tyttöä ja 1 poika), jotka syksyllä 1999 olivat 5.-luokkalaisia. RMAAT:lla arvioituna RK:n taitotaso matematiikassa jäi noin kaksi vuotta luokkatasosta, mistä johtuen valittiin lisäksi viisi 3.-luokkalaista verrokkilasta (5 tyttöä), jotka olivat 1990 syntyneitä (kun RK syksyllä 1999 oli viidennellä luokalla).

## TULOKSET

Ennen kuntoutusta RK laski RMAT:ssa 19 laskua kymmenessä minuutissa oikein, mikä jää 2 keskihajontaa luokkatasoa heikommaksi, vastaten 2.-luokkalaisen keskimääräistä suoriutumista. Yhteenlaskuissa virheitä oli  $9+3=11$  ja  $19+14=34$ . Allekkainlaskut yhteen- ja vähennyslaskuilla eivät onnistuneet. Kertolasku allekkain yksinumeroisella kertojalla onnistui ja hän muisti joitakin kertotauluja. Koulussa käsiteltiin kyseisenä aikana kertolaskuja. Heti kuntoutuksen jälkeen hän laski 22 laskua oikein, mutta kuukauden tauon kuluttua suoriutuminen palautui alkumittaustasolle. Yhdeksän kuukauden kuluttua suoritus ylsi 4.-luokkalaisten hajontaan.

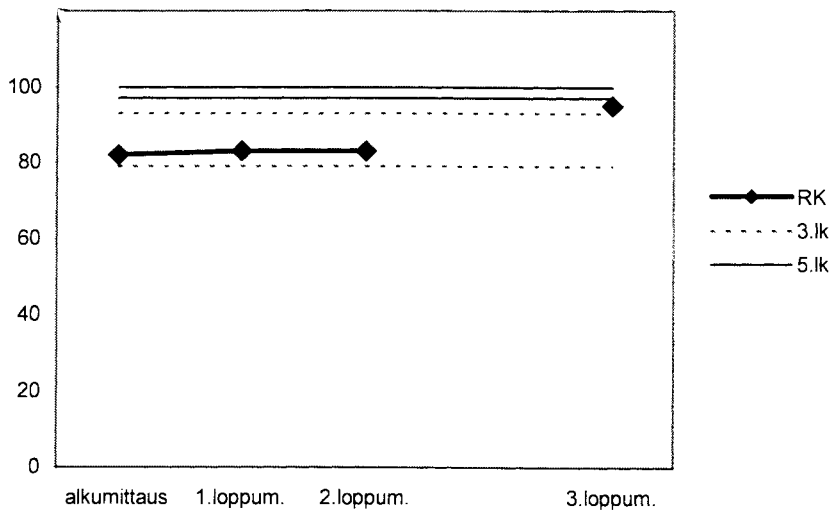
TAULUKKO 2. Suoriutuminen Numerical-Lausanne testissä

	Alkumittaus	1.loppumittaus	2.loppumittaus
Lukujonot suullisesti	4/4	-	-
Kirjaimin merkittyjen lukujen lukeminen	5/5	-	-
Ääneen laskeminen	6/6	-	-
Kuultujen lukujen vertailu	8/8	-	-
Suullisten tehtävien laatiminen	5/5	-	-
Numeerisesti merkittyjen lukujen lukeminen	13/13	-	-
	5/6	-	-
Lukukäsite			
Vaillinaisesti kuullun luvun tunnistaminen	3/6	-	-
Kirjoitetun luvun muuntaminen numeroiksi	7/8	8/8	8/8
Kuullun luvun tunnistaminen numeroilla	4/5	4/5	4/5
Lukujen toistaminen	2/3	-	-
Monella numerolla luku kirjoitettu	4/10	10/10	10/10

Suoriutuminen Numerical-Lausanne-testissä, (Taulukko 2), oli alkumittauksessa lähes virheetöntä. Hankaluutta tuotti tehtävä, missä piti merkitä kuinka monella numerolla luku oli kirjoitettu, esimerkiksi **tuhat** kirjoitetaan \_\_\_ numerolla. Kuntoutusjakson jälkeen tämä tehtävä onnistui virheettömästi.

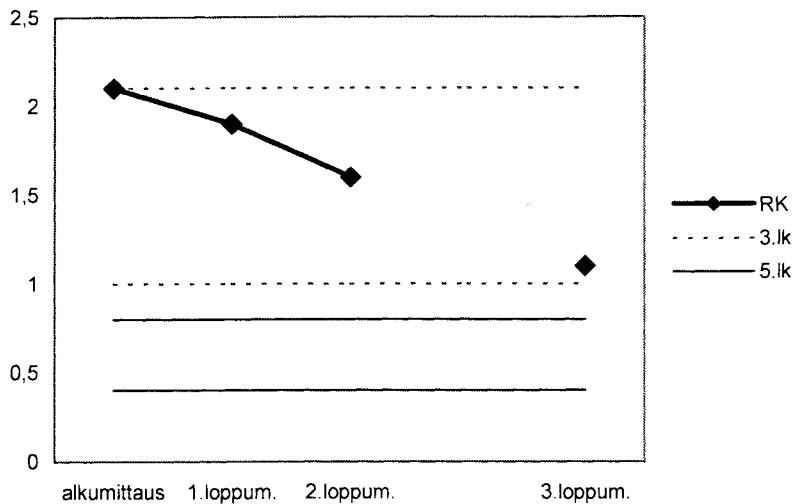
## Yhteenlaskut

Sadasta yhteenlaskusta ne, joissa vastaus annettiin alle kolmessa sekunnissa näkyvät kuviossa 3. Esimerkiksi Temple (1997), joka tutki faktojen hallintaa, asetti juuri tämän aikarajan sille, että lapsi muistaa summan eikä hänen tarvitse sitä laskea. R.K:n alle kolmessa sekunnissa annettujen oikeiden summien määrä oli alkumittauksissa 82 eikä muutosta heti kuntoutuksen jälkeen tapahtunut. Suoritus ylsi kolmasluokkalaisten verrokkien vaihteluväliin. Vasta yhdeksän kuukauden kuluttua RK:n suoritus läheni oman luokkatason suoritusta. Laskut, joihin hän käytti aikaa yli 3 sekuntia olivat kaikista eri vaikeusasteista, myös helpoista, esimerkiksi 4+2.



KUVIO 3. Alle kolmessa sekunnissa annettujen oikeiden summien määrät.

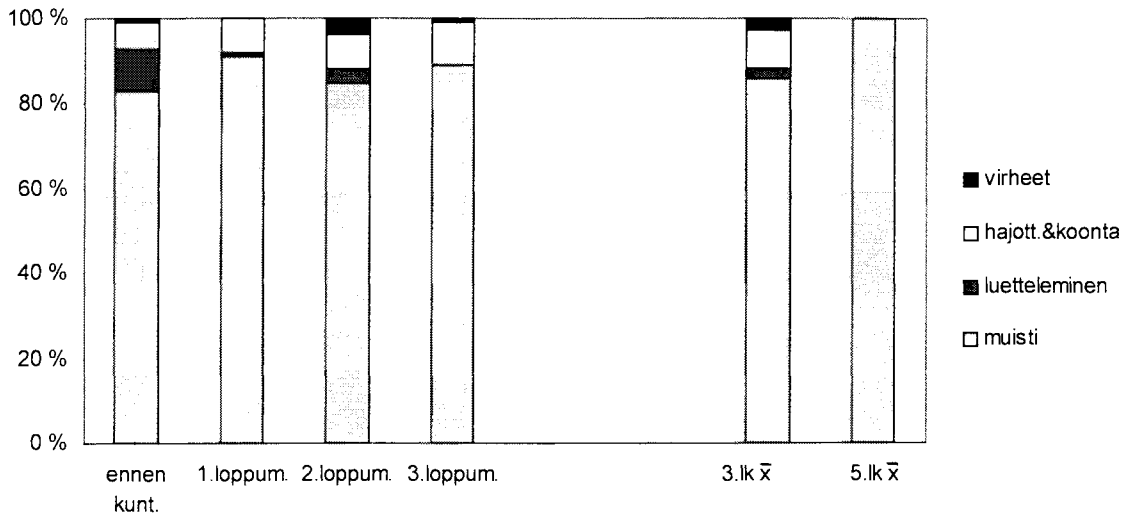
RK:n tulokset eri mittauskerroilla sekä 3.- ja 5.-luokkalaisten verrokkien vaihteluvälit.



KUVIO 4. Oikein annettujen summien reaktioaikojen keskiarvot sekunteina. RK:n eri mittauskerrat ja 3.- ja 5.-luokkalaisten verrokkien vaihteluvälit.

Oikein ratkaistujen laskujen reaktioajat lyhenivät heti kuntoutuksen jälkeen ja nopeutumista laskemisessa tapahtui joka mittauskerralla (kuvio 4). Verrokkilapset olivat yhtä kolmasluokkalaista lasta lukuun ottamatta RK:ta nopeampia, vaikkakin RK:n ajat mahtuivat kolmasluokkalaisten vaihteluväliin. Hän käytti paljon aikaa verrattuna verrokkeihin laskuissa, joita hän ei pystynyt muistamaan. Yhdeksän kuukauden kuluttua kuntoutusjaksosta reaktioajat ylsivät nopeimpien kolmasluokkalaisten tasolle.

Vaikka RK laski hitaasti, hän teki vähän virheitä. Ennen kuntoutusta vain yksi lasku sadasta oli väärin. Laskusta  $5+7$  hän sai 13 luettelemalla. Heti kuntoutusjakson jälkeen virheitä ei ollut ollenkaan ja kuukauden tauon jälkeen hän teki neljä virhettä. Virheitä oli laskuissa  $6+8=15$  (summa saatu luettelemalla),  $3+9=11$  (muistamalla),  $8+6=13$ , jonka itse korjasi viiteentoista (luettelemalla) ja  $9+4=11$  (muistamalla). Yhdeksän kuukauden jälkeisissä mittauksissa virheitä ei esiintynyt. Kolmasluokkalaisten verrokkilapsien tekemien virheiden määrät vaihtelivat nollasta kahdeksaan. Viidesluokkalaisten vain yksi lapsi teki yhden virheen.

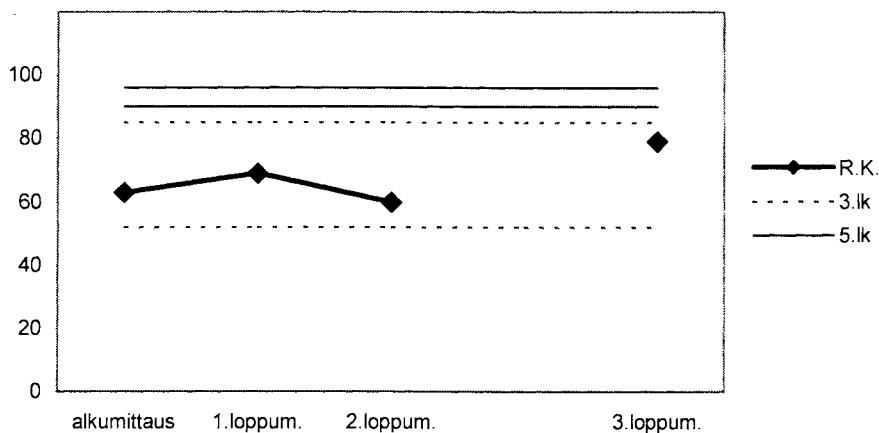


KUVIO 5. Käytetyt strategiat yhteenlaskuissa.  
RK:n eri mittauskerrat sekä 3.- ja 5.-luokkalaisten keskiarvot.

Ennen kuntoutusta ensimmäisellä mittauskerralla RK:n käyttämät strategiat olivat vain luetteleminen ja muistaminen. Kahdella seuraavalla alkumittauskerralla hän otti käyttöön myös lukujen hajottamisen ja koonnin ( kuvio 5). Muistamisen osuus RK:lla lisääntyi kuntoutuksen jälkeen 8 prosenttiyksikköä, kuukauden tauon jälkeen oli enää 2 prosenttiyksikköä alkumittausta enemmän ja yhdeksän kuukauden jälkeen 6 prosenttiyksikköä alkutilannetta enemmän. Luettelemisen vähentyessä hajottamisen ja koonnan osuus lisääntyivät. Strategioiden käytössä alkumittauksissa RK hyödynsi luettelemista enemmän kuin kolmasluokkalaisten, mutta kuntoutusjakson jälkeen hän ei eronnut kolmasluokkalaisten käytettyjen strategioiden suhteen. Kolmasluokkalaisten käyttivät vielä muistamisen lisäksi sekä luettelemista että hajottamista ja koontaa. Viidesluokkalaisten eivät enää tarvinneet muistamisen lisäksi muita strategioita; haku oli nopeaa ja virheetöntä.

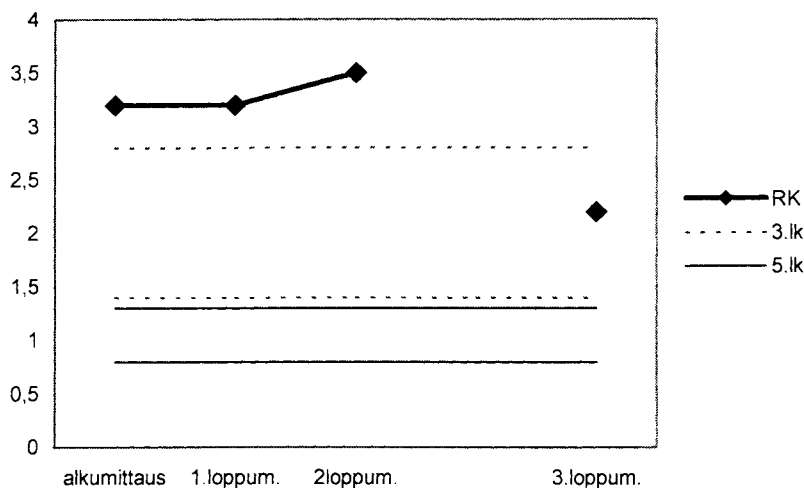
## Vähennyslaskut

Ennen kuntoutusta RK laski oikein 92 vähennyslaskua sadasta (kuvio 6). Virheet kahdeksassa laskussa olivat luettelemisvirheitä, niin että hän päätyi oikean erotuksen viereiseen lukuun. Näistä oikeista erotuksista hän antoi 63 alle kolmessa sekunnissa. Heti kuntoutusjakson jälkeen suoritus oli virheetöntä ja alle kolmessa sekunnissa annettujen erotusten määrä nousi 69:ään. Kuukauden tauon jälkeen suoritus laski lievästi alle alkutason, mutta virheitä oli vain kaksi. Verrattuna kolmasluokkalaisiin verrokkeihin RK:n alle kolmessa sekunnissa annettujen oikeiden erotusten määrä oli lähes sama ja yhdeksän kuukauden kuluttua hän ylsi vahvimpien kolmasluokkalaisten tasolle tehden vain yhden virheen. Kolmasluokkalaisten tekivät enemmän virheitä kuin RK. Virheiden määrä vaihteli välillä 1-23 ja yhtä lasta lukuun ottamatta kaikki tekivät vähintään 7 virhettä. Kaikki viidesluokkalaisten antoivat yli 90 oikeaa vastausta vähennyslaskuissa alle kolmessa sekunnissa ja suoritus oli lähes virheetöntä (virheiden määrä 0-4).

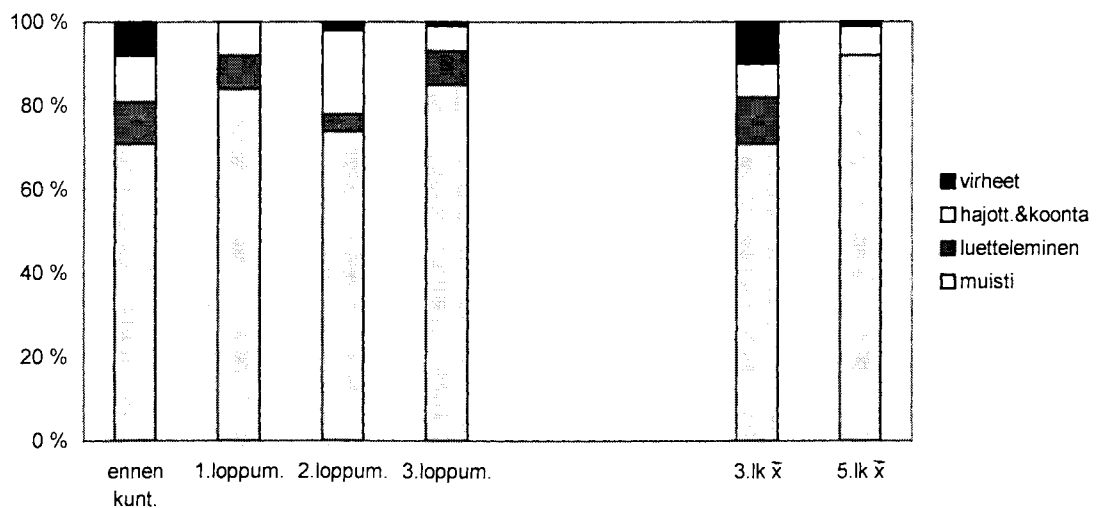


KUVIO 6. Alle kolmessa sekunnissa annettujen vähennyslaskujen oikeiden erotusten määrät. RK:n eri mittauskerrat sekä 3.- ja 5.-luokkalaisten verrokkien vaihteluvälit.

RK:n reaktioajat oikeissa vastauksissa (kuvio 7) eivät muuttuneet kuntoutusjakson jälkeen ja kuukauden tauon jälkeen ne olivat lievästi alkumittausta pidempiä. Yhdeksän kuukauden kuluttua kuntoutusjaksosta reaktioajoissa oli tapahtunut selvää lyhenemistä ja vasta silloin ajat vastasivat kolmasluokkalaisten reaktioaikoja, jääden kuitenkin vielä selvästi viidesluokkalaista pidemmiksi.



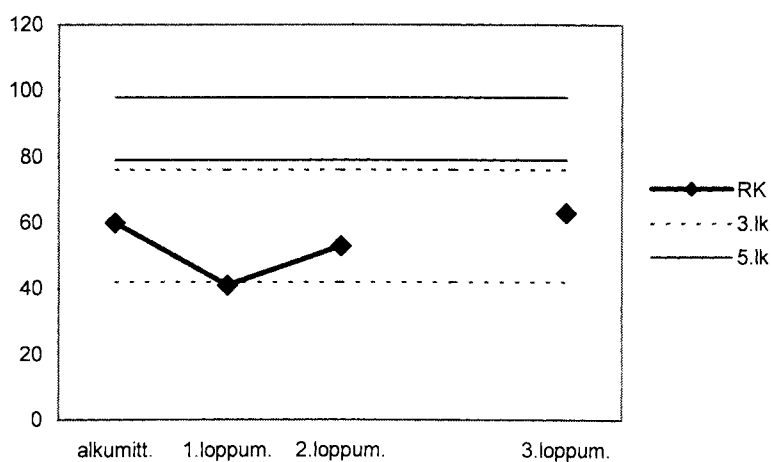
KUVIO 7. Vähennyslaskujen reaktioaikojen keskiarvot. RK:n eri mittauskerrat ja 3.- ja 5.-luokkalaisten vaihteluvälit.



KUVIO 8. Käytetyt strategiat vähennyslaskuissa RK:lla eri mittauskerroilla sekä 3.- ja 5.-luokkalaisten verrokkien keskiarvot.

Muistaminen oli RK:n käytetyin strategia ( kuvio 8). Lähes kaikki ne vähennyslaskut, joissa oli kymmenen alitus, hän joutui laskemaan ja ensimmäisellä alkumittauksella hän käytti vain luettelemista strategiana. Luetteleminen oli hidasta ja virheellistä. Luettelemisen osuus väheni ja hän alkoi hyödyntää hajottamista ja koontaa jo alkumittauksissa. Heti kuntoutuksen jälkeen muistin osuus lisääntyi 13 prosenttiyksiköllä, laski kuukauden tauon aikana lähelle alkumittautasoa ja yhdeksän kuukauden kuluttua oli 15 prosenttiyksikköä alkutasoa enemmän. RK:n strategioiden käyttö vastasi melko hyvin kolmasluokkalaisten strategioita. Heillä vähennyslaskujen erotukset eivät olleet vielä täysin muistissa ja vaihteluväli oli suuri siten, että heikoin verrokeista muisti 60 erotusta oikein sadasta ja vahvin 83. Muistamisen lisäksi he käyttivät sekä luettelemista että hajottamista ja koontaa. Viidesluokkalaisten muistamisstrategian osuus oli kaikilla yli 90 prosenttia ja loppujen laskujen strategiana he käyttivät hajottamista ja koontaa muistin tukena tai hyödynsivät yhteenlaskua, joka tässä on yhdistetty hajottamiseen ja koontaan. Strategioiden käyttö oli huomattavasti nopeampaa kuin RK:lla.

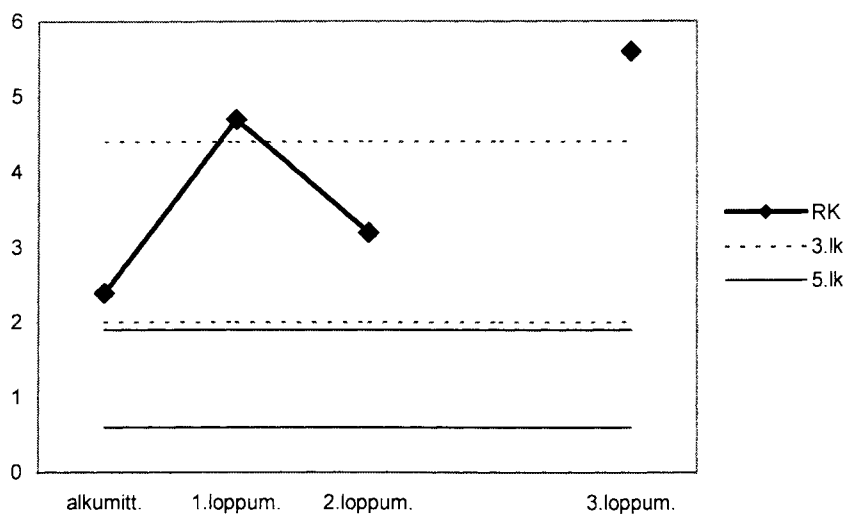
### Kertolaskut



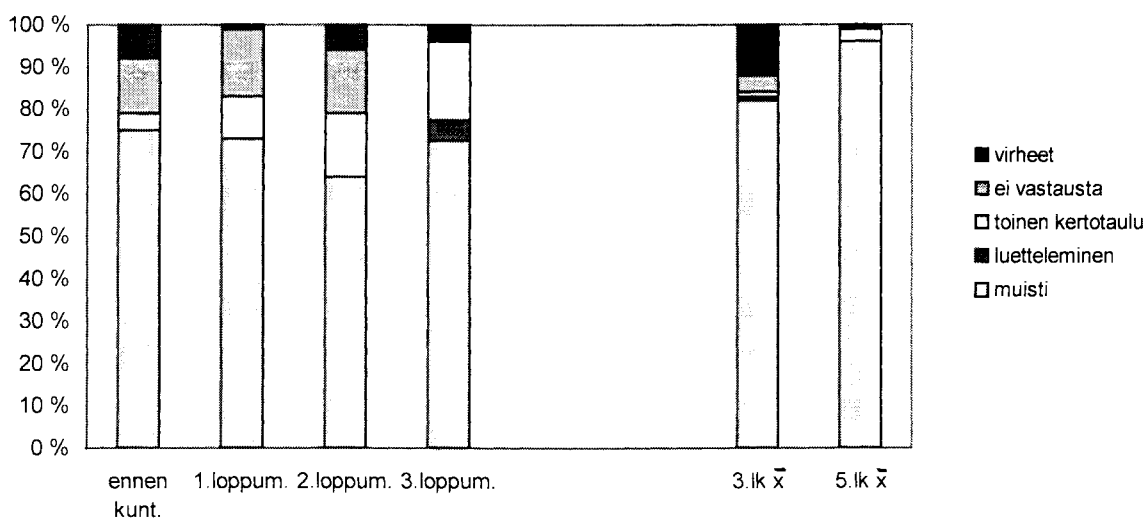
KUVIO 9. Alle kolmessa sekunnissa annettujen kertolaskujen määrät prosentteina. RK:n tulokset ja 3.- ja 5.-luokkalaisten verrokkien vaihteluvälit.



Kertolaskuja tehtiin yhteensä 67 kappaletta. Alle kolmessa sekunnissa annettujen oikeiden tulojen määrä oli RK:lla alkumittauksessa 60 % (kuvio 9). Heti kuntoutuksen jälkeen se laski 42:een % ja nousi yhdeksän kuukauden jälkeen 64:ään %. Tämä suoritus vastasi kolmasluokkalaisten verrokkien keskitasoa. Viidesluokkalaiset antoivat oikeita tuloja 80-98 prosentin välillä.



KUVIO 10. Oikeiden tulojen reaktioajat RK:lla ja 3.- ja 5. luokkalaisten verrokkien vaihteluvälit.



KUVIO 11. Kertolaskuissa käytetyt laskustrategiat, virheet ja puuttuvat vastaukset. RK:n tulokset eri mittauskerroilla ja 3.- ja 5.-luokkalaisten verrokkien keskiarvot.

Alkumittauksessa RK muisti 75 prosenttia kertotauluista (kuvio 11). Ainoastaan 4 prosentissa tehtävistä hän pystyi hyödyntämään toista kertotaulua ja loppuja laskuja hän ei osannut ratkaista. Puuttuvia vastauksia oli 13 ja virheitä 8 prosenttia. Heti kuntoutusjakson jälkeen muistamisen osuus väheni lievästi, mutta toisen kertotaulun hyödyntäminen strategiana lisääntyi ja virheiden määrä putosi 7 prosenttiyksikköä. Kuukauden tauon jälkeen muistamisen osuus laski alle alkumittaustason ja virheiden ja puuttuvien vastausten määrä lisääntyi. Yhdeksän kuukauden jälkeen muistamisen osuus oli 72 prosenttia, mutta hän pystyi antamaan kaikkiin laskuihin vastaukset hyödyntäen luettelemista ja toista kertotaulua ja virheitä oli vain 4 prosenttia. RK muisti vähemmän kertotauluja kuin 3.- ja 5.-luokkalaiset verrokkit ja reaktioajoissa (kuvio 10) hän oli selkeästi verrokkeja hitaampi. RK:n reaktioajat pitenivät 9 kuukauden jälkeisissä mittauksissa, mutta oikeiden vastausten määrä lisääntyi. Kolmasluokkalaiset tekivät enemmän virheitä kuin RK ja strategiana he käyttivät lähes yksinomaan muistamisstrategiaa. Viidesluokkalaiset muistivat lähes kaikki kertotaulut virheettömästi.

## POHDINTA

Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää, pystytäänkö lyhyellä kuntoutusjaksolla vahvistamaan strategioiden käyttöä yhteenlaskujen helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi lapsella, jolla aritmeettisen faktatiedon hallinnassa oli puutteita. Samoin tutkittiin, johtuiko puutteellinen faktatiedon hallinta muistamisen vaikeudesta vai proseduurallisesta vaikeudesta. Lisäksi selvitettiin, tukiko yhteenlaskussa käytettyjen strategioiden hallinta vähennyslaskujen ja kertolaskujen suorittamista.

Ennen kuntoutusjaksoa RK suoriutui **yhteenlaskuista** melko virheettömästi, mutta hyvin hitaasti. Kun oman luokkatason lapset antoivat lähes kaikki summat alle kolmessa sekunnissa oikein käyttäen ainoana strategiaanaan muistamista, pystyi RK antamaan vain 82 prosenttia oikeita summia alle kolmessa sekunnissa. Ne laskut, joita hän ei suoraan muistanut, veivät paljon aikaa. Hitaus näkyi sekä laskuissa, joissa summa ei ylittänyt kymmentä ja kymmenen ylitystä vaativissa laskuissa. Esimerkiksi Temple (1997) on kuvannut hitautta faktojen käytössä, mikä liittyy kehitykselliseen dyskalkuliaan. Kaksospojat, joilla oli hankaluuksia matematiikassa, poikkesivat ikäisistään kontrollilapsista selvästi reaktioaikojen suhteen.

Lyhyen kuntoutusjakson aikana ei alle kolmessa sekunnissa annettujen summien määrä lisääntynyt, mutta reaktioajat lyhenivät ja strategian käyttö kehittyi. Ensimmäisellä alkumittauskerralla RK osasi hyödyntää vain luettelemista ja käytti sitä enemmän kuin kolmasluokkalaiset verrokkit. Seuraavilla mittauskerroilla hän alkoi hyödyntää hajottamista ja kokoamista sen perusteella, että eri strategiavaihtoehdot käytiin läpi ennakkoon, vaikka niiden paremmuutta luettelemiseen nähden ei oltu korostettu. Luetteleminen strategiaana vähentyi ja

hajottaminen ja kokoaminen lisääntyivät, jotka nopeampina strategioina selittävät reaktioaikojen lyhenemistä. Vaikka RK:n laskeminen nopeutui strategioiden kehittyessä, ylsi se kolmasluokkalaisten tasolle vasta 9 kuukauden kuluttua kuntoutuksesta, jolloin myös hänen käyttämänsä strategiat vastasivat kolmasluokkalaisten käyttämiä strategioita. Omiin luokkatasoiisiinsa viidesluokkalaisiin nähden RK:n faktojen hallinta yhteenlaskuissa jäi selvästi heikommaksi. Viidesluokkalaiset omaavat hyvin faktatiedon yhteenlaskujen summista, jolloin muistin tueksi ei enää tarvittu muita strategioita ja haku oli nopeaa ja virheetöntä.

**Vähennyslaskuja** RK pystyi palauttamaan mieleensä alle kolmessa sekunnissa enemmän ja virheettömästi kuntoutuksen jälkeen. Strategian käyttö kehittyi siten, että hidas ja virheeltis luetteleminen väheni ja sen korvasi hajottaminen ja kokoaminen silloin, kun hän ei muistanut erotusta. Vaikka hän pystyi palauttamaan mieleensä alle kolmessa sekunnissa useampia erotuksia, ei kokonaisreaktioajoissa tapahtunut kuntoutusjakson aikana muutoksia. Hän oli hitaampi kuin kolmasluokkalaiset ja selvästi viidesluokkalaisia hitaampi. Kolmasluokkalaiset hyödynsivät vielä melko paljon luettelemista ja osalla se oli ainut strategia muistamisen lisäksi. Vaikka viidesluokkalaiset eivät tarvinneet yhteenlaskuissa muistamisen tueksi muita strategioita, he käyttivät vähennyslaskuissa muistamisen lisäksi hajottamista ja kokoamista. Tämän ovat todenneet myös Dehaene ja Cohen (1995).

**Kertolaskuja** RK muisti parhaiten alkumittauksissa, mitä saattaa selittää se, että kyseisenä aikana koulussa opeteltiin kertotauluja. Jos hän ei muistanut tiettyä tuloa, hänellä ei ollut käytettävissä muuta strategiaa, mistä syystä virheitä ja puuttuvia vastauksia oli 23 prosenttia. Vaikka kuntoutusjakso ei sisältänyt kertolaskuja eikä kertolaskun käsitteen harjoittelua, hän pystyi heti kuntoutuksen jälkeen hyödyntämään toista kertotaulua enemmän ja virheiden määrä laski. Tämä vei kuitenkin enemmän aikaa, mikä näkyi reaktioajoissa ja yhdeksän kuukauden jälkeen ne muuttuivat alkumittaukseen nähden huomattavasti pidemmiksi. Tällöin hän kuitenkin pystyi antamaan vastauksen kaikkiin laskuihin ja virheiden määrä oli pieni. Strategiana hän hyödynsi

luettelemista ja toista kertotaulua. Neuropsykologisessa kuntoutuksessa oli syksyn aikana käyty läpi kertotaulun käsitettä ja harjoiteltu luettelemista strategiana, minkä vaikutus näkyi viimeisessä mittauksessa. Kolmasluokkalaiset olivat vasta opetelleet kaikki kertotaulut koulussa, mutta hallitsivat niitä jo paremmin kuin RK. He antoivat alle kolmessa sekunnissa lähes saman määrän oikeita tuloja. He tekivät kuitenkin enemmän virheitä kuin RK ja muistaminen oli ainoa strategia. Ehkä koulussa kertotaulujen muistamisen opettelu perustuu lähinnä ulkoa oppimiseen eikä kertolaskun käsitettä ja muita strategioita opetella muistamisen tueksi riittävästi. Viidesluokkalaiset omasivat faktatiedon kertotauluista hyvin ja he pystyivät palauttamaan ne mieleensä nopeasti ja virheettömästi.

McCloskeyn, ym.(1985) malliin sovellettuna RK:n kehityksellinen dyskalkulia oli seurausta ensisijaisesti faktojen hallinnan vaikeudesta. Neuropsykologisessa tutkimuksessa kielellisen assosiativisen oppimisen vaikeus korostui, millä mm. Temple (1997) on selittänyt faktojen oppimisen hankaluutta. Primaarivaikeuden ja kuntoutusjakson lyhyiden takia ei faktatietoa pyritty opettamaan ulkoa RK:lle. Hän ei ollut myöskään koulussa lähes neljän vuoden aikana oppinut kaikkia summia ja erotuksia lukualueella 0-20, joten 9 kerran kuntoutusjaksokaan ei niitä olisi pystynyt tallentamaan pitkäkestoiseen muistiin. Faktatiedon määrä ei kuntoutuksen jälkeen lisääntyneenkään, mutta strategiat kehittyivät. Ennen kuntoutusta RK:n käytössä olevat strategiat olivat kehittymättömiä verrokkilapsiin nähden, minkä mm. Geary (1993) on todennut tyypilliseksi kehityksellisissä dyskalkulioissa. Hän osasi hyödyntää ainoastaan luettelemista; yhteenlaskuissa ja vähennyslaskuissa ja kertolaskuissa muistin tukena ei ollut muita strategioita. Luetteleminen oli hidasta ja osin virheellistä. Lyhyen kuntoutusjakson jälkeen hän pystyi hyödyntämään kehittyneempiä strategioita, jolloin virheet vähenivät tai poistuivat ja laskeminen nopeutui. Tämä puoltaisi käsitystä siitä, että faktojen hallinnan vaikeus RK:lla liittyi muistamisen vaikeuteen eikä proseduuralliseen vaikeuteen.

Kuten myös aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet (esimerkiksi Hiebert & Wearne, 1992 ja Nunes & Bryant, 1996) käsitteiden kehittäminen matematiikassa on tärkeämpää kuin faktojen ulkoaoppiminen. Yhdeksän kuukauden kuluttua kokeellisesta kuntoutusjaksosta, minä aikana neuropsykologista kuntoutusta oli ollut, RK:n laskeminen oli varmempaa kaikissa laskutoimituksissa. Neuropsykologisen kuntoutusjakson kertolaskuihin kohdentuvat harjoitukset mahdollisesti selittävät kertolaskujen paremman osaamisen. Yhteen- ja vähennyslaskuja ei harjoiteltu, silti kehittymistä oli tapahtunut verrattuna aikaisempiin mittauskertoihin.

Aikuistutkimukset osoittavat, että hankituissa dyskalkulioissa on saatu melko lyhyillä kuntoutusjaksoilla ja drillauksella hyviä tuloksia faktojen oppimisessa (mm. Hittmair-Delazer, Semenza & Denes, 1994). Eroa tässä tutkimuksessa saatuun tulokseen ehkä selittää se, että kehityksellisessä dyskalkuliassa ei faktoja ole koskaan opittu täydellisesti, jolloin lyhyt jakso ja drillaus eivät riitä, vaan tarvitaan muita keinoja vaikeuden kuntouttamiseksi.

Vaikka verrokkiaineisto oli pieni, tulokset ovat hyvin samansuuntaisia kuin aiemmissa tutkimuksissa (mm. Ashcraft ja Fierman, 1982 ja Temple, 1997) lasten käyttämistä strategioista. Kolmasluokkalaisilla lapsilla oli jo melko paljon summia muistissa ja he pystyivät nopeasti ratkaisemaan summat joko luettelemista tai hajottamista ja kokoamista hyödyntäen. Vähennyslaskujen erotuksia heillä oli muistissa vähemmän ja niissä luettelemisen osuus oli suurempi. Viidesluokkalaiset muistivat hyvin summia ja erotuksia. Myös kolmasluokkalaisten ja viidesluokkalaisten suoritustasot eivät missään laskutoimituksissa menneet päällekkäin.

Kuntoutus suunniteltiin lyhyeksi ja tiiviiksi, jotta väliin tulevia muuttujia voitaisiin kontrolloida eli muut tekijät, esimerkiksi koulun opetus ja normaali kehitys, eivät vaikuttaisi kuntoutuksen tuloksellisuuteen. Voi kuitenkin miettiä oliko yhdeksän kertaa riittävän pitkä kuntoutusjakso vai olisiko pidempi kuntoutusjakso tuottanut parempia tuloksia. Aikuisilla tehdyissä kuntoutustutkimuksissa jaksot ovat myös olleet lyhyitä ja silti tuloksellisia.

Lyhyellä kuntoutusjaksolla tuntui olevan merkitystä tehokkaampien strategioiden hankkimiseksi, mutta se ei lisännyt muistista suoraan haettavan faktatiedon määrää. Koska vaikeutta oli kielellisen muistin ja assosiativisen muistin alueella, olisi ollut mielenkiintoista nähdä, millaisilla harjoituksilla näihin vaikeuksiin olisi voitu vaikuttaa. Pitkäkestoisempi neuropsykologinen kuntoutus, jossa harjoiteltiin laajemmin erilaisia perustaitoja, vakiinnutti lyhyellä kuntoutusjaksolla omaksuttuja taitoja. Tämä tutkimus antaa viitteitä siitä, että kun vaikeus matematiikassa on merkittävä, tarvitaan tiivistä ja pitkäkestoista kuntoutusta tai harjoitusta, jossa pysytellään hyvin kapea-alaisten osatehtävien parissa toistaen niitä määrällisesti paljon. Myös Girelli & Seron (2001) ovat todenneet, että kuntoutusohjelma pitää suunnata aluksi yksinkertaisiin ja perustaviin taitoihin, esimerkiksi yhteen- ja vähennyslaskuihin ja myöhemmin monimutkaisempiin taitoihin. Jos vaikeutta on kaikissa laskutoimituksissa, on hyvä aloittaa yhteen- ja vähennyslaskuista, joiden avulla myös kertolaskuja pystytään suorittamaan (esimerkiksi  $3 \times 5 = 5+5+5$  ja  $9 \times 5 = 10 \times 5 - 5$ ).

**Lähteet:**

- Ahonen, T., Tuovinen, S. & Leppäsaari, T. (1999). Nopean sarjallisen nimeämisen testi. Jyväskylä: Niilo Mäki instituutti ja Haukkarannan koulu.
- Ahonen, T., & Räsänen, P. (1995). Matematiikan oppimisvaikeudet. Teoksessa H. Lyytinen, T. Ahonen, T. Korhonen, M. Korkman & T. Riita (toim.), *Oppimisvaikeudet. Neuropsykologinen näkökulma* (s.209-246). Juva: WSOY.
- Adams, J.H. & Hitch, G.J. (1997). Working Memory and children's mental addition. *Journal of experimental child psychology* 67, 21-38.
- Ashcraft, M., Battaglia, J. (1978). Cognitive arithmetic: Evidence for retrieval and decision processes in mental addition. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 4, 527-538.
- Ashcraft, M., & Fierman, B. (1982). Mental addition in third, fourth and sixth graders. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33, 216-234.
- Badian, N.A. (1983). Dyscalculia and nonverbal disorders of learning. In H.R. Myklebust (Ed.), *Progress in learning disabilities* ( Vol. 5, pp.235-264). New York: Stratton.
- Barrouillet, P., Fayol, M., & Lathuliere, E. (1997). Selecting between competitors in multiplication tasks: An explanation of errors produced by adolescents with learning disabilities. *International Journal of Behavioral Development*, 21, 253-275.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995) . Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical cognition* , 1(1), 83-120.
- Deloche, G., Ferrand, I., Naud, E., Baeta, E., Vendrell, J., & Claros-Salinas, D. (1992). Differential effects of covert and overt training of the syntactic component of verbal processing and generalisations to other tasks: A single-case study. *Neuropsychological Rehabilitation*, 2(4), 257-281.
- Deloche, G., Seron, X., Ferrand, I. (1989). Reeducation of number transcoding mechanism: A procedural approach. In X. Seron & G. Deloche (Eds.), *Cognitive approach in neuropsychological rehabilitation*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum associates Inc.
- Geary, D.C. (1993). Mathematical disabilities: Cognition, neuropsychological and genetic components. *Psychological Bulletin*, 114, 345-362.
- Geary, D.C. (1996). The Problem-size effect in mental Addition: Developmental and cross-national trends. *Mathematical Cognition*, 2(1), 63-93.
- Geary, D.C., Brown, S.C., & Samaranyake, 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, 787-797.
- Gerstman , J. (1940). Syndrome of finger agnosia, disorientation for right and left, agraphia and acalculia. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 44, 398-408.



- Girelli, L., Delazer, M., Semenza, C., & Denes, G. (1996). The representation of arithmetical facts: Evidence from two rehabilitation studies. *Cortex*, 32, 49-66.
- Girelli, L., & Seron, X. (2001). Rehabilitation of number processing and calculation skills. *Aphasiology*, 15 (1), 695-712.
- Groen, G.J., & Parkman, J.M. (1972). A chronometric analysis of simple addition. *Psychological Review*, 79, 329-343.
- Gross-Tsur, V., Manor, O., & Shalev, R.S. (1996). Developmental dyscalculia: prevalence and demographic features. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 38, 25-33.
- Hermansson, J. (1992). Matematiikan oppimisvaikeuksien ja karkeamotoriikan hallinnan yhteyksiä. Kasvatustieteen syventävien opintojen tutkielma. Helsingin yliopisto. Luokanopettajan poikkeuskoulutus.
- Hierbert, J., & Wearne, D. (1992). Links between teaching and learning place value with understanding in first grade. *Journal for Research in Mathematics Education*, 23, 98-122.
- Hittmair-Delazer, M., Semenza, C., & Denes, F. (1994). Concepts and facts in calculation. *Brain*, 117, 715-728.
- Ho, C.S.H., & Cheng, F.S.F. (1997). Training in Place-Value Concepts Improves Children's Addition skills. *Contemporary Educational Psychology* 22, 495-506.
- Ikäheimo, H., Putkonen, H. & Voutilainen, E. (1988). MAKEKO: Matematiikan keskeisen oppiaineen kokeet luokille 1-9. Helsinki: Oy Opperi Ab. Jyväskylä.
- Korkman, M. (1997). Lasten neuropsykologinen tutkimus (NEPSY). Helsinki. Psykologien Kustannus oy.
- Kosc, L. (1974). Developmental dyscalculia. *Journal of Learning Disabilities*, 7, 164-177.
- McCloskey, M., (1992). Cognitive mechanism in numerical processing: Evidence from acquired dyscalculia. *Cognition*, 44, 107-157.
- McCloskey, M., Caramazza, A., & Basili, A. (1985). Cognitive mechanism in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, 4, 171-196.
- McCloskey, M., Harley, W., & Sokol, S.,M. (1991). Models of arithmetic fact retrieval: An evaluation in light of findings from normal and brain-damaged subjects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, memory, and Cognition*, Vol.17, No.3, 377-397.
- Miller, K., M., & Keating, D. (1984). Cognitive arithmetic: Comparison of operations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10(1), 40-60.
- Nunes, T., & Bryant, P. (1996). *Children doing mathematics*. Oxford: Blackwell.

- Siegler, R.S. (1987). The perils of averaging data over strategies: An example from children's addition. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116(3), 250-264.
- Stakes (1999). *Tautiluokitus ICD-10. Suomalainen 2.uudistettu painos Maailman terveystajärjestön luokituksesta*. Turenki.
- Stazyk, E.H., Ashcraft, M.H., & Hamann, M.S. (1982). A network approach to simple multiplication. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17, 355-376.
- Sullivan, K.S., Macaruso, P., & Sokol, S.M. (1996). Remediation of Arabic Numeral Processing in a Case of Developmental dyscalculia.
- Temple, C.M. (1989). Digit dyslexia: A category-specific disorder in developmental dyscalculia. *Cognitive Neuropsychology*, 6, 93-116.
- Temple, C.M. (1991). Procedural dyscalculia and number fact dyscalculia: Double dissociation in developmental dyscalculia. *Cognitive Neuropsychology*, 8, 155-176.
- Temple, C.M. (1994). The cognitive neuropsychology of the developmental dyscalculia. *Current Psychology of Cognition*, 13(3), 351-370.
- Temple, C.M. (1997). Cognitive neuropsychology and its application to children. *Journal of child psychology and psychiatry*, 38(1), 27-52.
- Temple, C.M. (1998). Arithmetic Ability and Disability in Turner's Syndrome: A Cognitive Neuropsychological Analysis. *Developmental Neuropsychology*, 14(1), 47-67.
- Trites, R.C. (1977). *Neuropsychological test Manual*. Ottawa, Ontario: Royal Ottawa Hospital.
- Wechsler, D. (1984). *Wechsler Intelligence Scale For Children – Revised*. Helsinki. Psykologien Kustannus Oy.
- Wechsler, D. (1996). *Wechsler Memory Scale - Revised*. Helsinki. Psykologien Kustannus Oy.
- Wheeler, L.R., (1939). A comparative study of the difficulty of the 100 addition combinations. *Journal of Genetic Psychology*, 54, 295-312.

- Trites, R.C. (1977). Neuropsychological test Manual. Ottawa, Ontario: Royal Ottawa Hospital.
- Wechsler, D. (1984). Wechsler Intelligence Scale For Children – Revised. Helsinki. Psykologien Kustannus Oy.
- Wechsler, D. (1996). Wechsler Memory Scale - Revised. Helsinki. Psykologien Kustannus Oy.
- Wheeler, L.R., (1939). A comparative study of the difficulty of the 100 addition combinations. *Journal of Genetic Psychology*, 54, 295-312.