

# KIELENKEHITYKSEN ERITYISVAIKEUTEEN JA DYSLEKSIAAN LIITTYVÄT KUULOHAVAINNON KÄSITTELYN POIKKEAMAT

Outi Tuomainen, Division of Psychology and Language Sciences, University College London

Tässä artikkelissa esitellään kielenkehityksen erityisvaikeuden (*Specific Language Impairment, SLI*) ja dysleksian tutkimusta pääasiassa englanninkielisissä maissa. Erään teorian mukaan SLI ja dysleksia ovat kehityksellisiä kielihäiriöitä, joissa kuuloinformaation prosessointitarkkuus on hidastunut tai heikompaa kuin tyypillisesti kehittyvillä lapsilla. Artikkelin tarkoituksena on kriittisesti tarkastella tätä teoriaa tukevia ja vastustavia tutkimustuloksia ja herättää keskustelua SLI:n ja dysleksian suhteesta sekä SLI- ja dysleksiatutkimuksen nykyisistä suuntaviivoista.

**Asiasanat:** Kielenkehityksen erityisvaikeus, dysleksia, kuuloinformaation käsittelytarkkuus, behavioraaliset ja elektrofysiologiset mittarit.

## JOHDANTO

Puhutun ja kirjoitetun kielen sujuva hallinta on tärkeää niin yksittäiselle ihmiselle kuin yhteiskunnallisestikin. Jos ihmisen on vaikea ymmärtää ja tuottaa omaa äidinkieltään ja/tai hallita kirjoitettua kieltä, hänellä on selvä syrjäytymisriski, ja oppimishäiriöinen lapsi onkin usein todellisessa vaarassa syrjäytyä opinnoista ja työelämästä. On arvioitu, että ns. kielenkehityksen erityisvaikeutta, engl. *Specific Language Impairment (SLI)* esiintyy huomattavalla osalla, arviolta 7,4 prosentilla 5–6-vuotiaista englanninkielisistä lapsista (Tomblin ym., 1997) kun taas vastaava luku 0–6-vuotiaiden lasten keskuudessa Suomessa on alle 1 prosenttia ja alle 15-vuotia-

den lasten keskuudessa noin 0,6 prosenttia (Hannus, Kauppila, & Launonen, 2009). Kirjoitetun kielen hallinnan vaikeutta (lukivaikeus eli dysleksia) on arvioitu esiintyvän noin 3–10 prosentilla väestöstä (Snowling, 2000).

Huomattava osa kansainvälisesti julkaistusta SLI-tutkimuksesta onkin tehty englanninkielisillä lapsilla ja tässä artikkelissa käsittelen lähinnä näitä tutkimustuloksia. Selkeyden vuoksi käytän pääasiallisesti englanninkielistä lyhennettä ”SLI” (tai sen suomenkielistä vastinetta ”kielenkehityksen erityisvaikeus”).

Ennen SLI-termin vakiintumista englanninkielisessä tieteellisessä tutkimuksessa käytettiin yleisesti termejä *developmental aphasia*, *dysphasia* tai *developmental dysphasia* puhuttaessa juuri lapsuuden kehityksellisestä kielihäiriöstä. Näistä termeistä kuitenkin vähitellen luovuttiin mm. termeihin ”afasia” ja ”dysfasia” liittyvän neurologiseen traumaan viittaavan lisämerkityksen vuoksi (katso esimerkiksi Leonard, 1998: 7–8). Tällainen termien käytön epäsystematiikka saattaa

Kirjoittajan yhteystiedot:  
Outi Tuomainen  
Division of Psychology and Language Sciences,  
University College London,  
Chandler House, 2 Wakefield Street, London,  
Sähköposti: o.tuomainen@ucl.ac.uk

pahimmillaan johtaa vaikeuteen arvioida ja tulkita aiempia tutkimustuloksia etenkin jos käytetyt ryhmävalintakriteerit on mainittu puutteellisesti. Suomessa SLI:n kaltaisesta kehityksellisestä kielihäiriöstä on käytetty termejä ”Kielenkehityksen erityisvaikeus”, ”dysfasia”, ”Kehityksellinen dysfasia”, ”Erityinen kielenkehityksen vaikeus/häiriö”, ”Poikkeava kielenkehitys” sekä ”Kielellinen erityisvaikeus” (Asikainen, 2007; Hannus ym., 2009).

Tässä artikkelissa esittelen tieteellisiä tutkimustuloksia kuulohavainnon käsittelyyn liittyvistä ongelmista, joita on havaittu tutkittaessa henkilöitä, joilla on SLI ja dysleksia. Esittelen ensin kielenkehityksen erityisvaikeuden määritelmiä ja tieteellisessä tutkimuksessa sovellettavia ryhmävalintakriteerejä, jotka ovat yleisessä käytössä englanninkielisissä maissa. Tämän jälkeen käyn läpi SLI:lle tyypillisiä englannin kielessä ilmeneviä kielellisiä puutteita ja sitten teorioita SLI:n taustasyistä. Lisäksi esittelen lukihäiriön tutkimusta ja käsittelen viimeaikaisia teoreettisia malleja SLI:n ja dysleksian suhteesta. Lopuksi käyn läpi behavioraalisia ja elektrofysiologisia tutkimuksia kuulohavainnon käsittelyn poikkeamista SLI:ssä ja dysleksiassa.

## KIELENKEHITYKSEN ERITYISVAIKEUS (SPECIFIC LANGUAGE IMPAIRMENT, SLI)

SLI on kehityksellinen kielihäiriö, mikä tarkoittaa, että lapsen kyky ymmärtää ja tuottaa äidinkieltään kehittyy hitaasti tai poikkeavalla tavalla ilman erityistä ulkoista selittävää tekijää kuten esimerkiksi aivovauriota, kuulovammaa tai psykiatrasta häiriötä (Bishop, 1997). Lisäksi, jos lapsella todetaan SLI, hänellä täytyy olla normaalit sosiaaliset ja sosioekonomiset edellytykset menestyksensä kielenomaksumiseen, eikä hänen kielellisten ongelmiansa taustalla saa olla muita samanaikaisia kognitiivisia häiriöitä, kuten

esimerkiksi alhaista ei-kielellistä älykkyyttä. Osittain näistä edellä mainituista syistä englannin kielessä on yleisesti alettu suosia termiä *Specific Language Impairment* (”specificity to language”, ks. Leonard, 1998).

SLI on puheen ja kielen tuottamisen ja vastaanoton vaikeus, joka yleensä tieteellisessä tutkimuksessa määritellään käyttäen ns. poissulkumenetelmää. Poissulkukriteereiksi Stark ja Tallal (1981) ehdottavat, että lapsen täytyy läpäistä kuulotesti 250-6000 Hz taajuusalueilla (kuulokynnys vähintään 20-25 dB), hänellä ei saa esiintyä yhtäaikaisia laaja-alaisia kehityshäiriöitä, eikä hänellä saa olla ollut neurologisia ongelmia varhaislapsuudessaan (esim. epilepsiaa). Lisäksi Starkin ja Tallalin (1981) ehdottamiin kriteereihin kuuluu, että lapsen ei-kielellinen älykkyys pitää olla normaalirajoissa (yleensä  $\geq 85$  standardipistemäärä, eli korkeintaan yhden keskihajonnan populaatiokeskiarvon alapuolella, mitattuna joko Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence tai Wechsler Intelligence Scale for Children –testeillä [WPPSI, Wechsler, 1963; WISC, Wechsler, 1992]). Starkin ja Tallalin (1981) määritelmän mukaan SLI:n kriteerit täyttyvät, jos lapsen kielelliset taidot ovat vähintään 12 kuukautta jäljessä ikäodotuksia. Tomblin, Records ja Zhang (1996) taas korostavat ryhmävalintakriteereissä lapsen kielellisten taitojen (puheen vastaanotto ja tuotto) suhdetta odotettuihin ikänormeihin kielen eri osa-alueilla, kuten esimerkiksi sanaston ja kieliopin hallintaa ja vapaata kerrontaa. Heidän mukaansa lapsen normisidonnaisten kielellisten testitulosten (ts. kahden tai useamman osatestin yhdistelmätuloksen, *composite score*) tulee olla vähintään 1,25 keskihajontaa populaation keskiarvon alapuolella (ts. noin 10. persentiilissä), jotta lapsella voidaan sanoa olevan kielenkehityksen erityisvaikeus. Näiden edellä mainittujen kriteerien lisäksi tieteellisessä tutkimuksessa yleisesti käytettyjä poissulkukriteerejä ovat myös lapsen kaksikie-

lisyys ja kehityksellinen puheen apraksia (motorisen suunnittelun häiriö) (Bishop, 1997).

Lapsen kielelliset taidot siis suhteutetaan yleensä sekä hänen ikätovereidensa kykyihin että hänen omaan muuhun kehitykseensä. On huomattu, että SLI-lasten kielelliset taidot eivät välttämättä vastaa suoraan nuorempien, yleensä joillain kielellisillä mittareilla (esim. syntaksi, sanasto tai ilmaisuuden keskipituus, IKP), kaltaistettujen lasten suoritusta (van der Lely & Ullman, 2001; ks. myös Bishop, 1997; Leonard, 1998). Lisäksi monet heidän kielellistä ongelmistaan saattavat jatkua pitkälle lapsuusiän yli, jolloin ei voida varsinaisesti puhua viivästyneestä kielenkehityksestä (Bishop, 1997). SLI-lasten kielelliset valmiudet ovat yleensä myös selvästi jäljessä heidän muiden taitoalueidensa (esimerkiksi ei-kielellisen älykkyyden tai motoristen valmiuksien) kehityksestä (ks. Bishop, 1997; Leonard, 1998; Asikainen, 2007).

### SLI:N ILMENEMISMUODOT

Englanninkielisillä SLI-lapsilla on yleisesti todettu tiettyjen kielen alueiden, kuten syntaksin, morfologian ja fonologian erityisiä ongelmia (Bishop, 1997; Leonard, 1998, ks. suomenkielisten lasten kielellisistä erityisvaikeuksista Asikainen, 2007).

Syntaktisista rakenteista erityisen vaikeiksi on todettu mm. interrogatiivipronominilla (nk. *Wh-words*) alkavien kysymyslauseiden ymmärtäminen ja tuotto. Esimerkiksi muodostettaessa lauseesta ”*Maggie saw someone*” kysymyslauseetta SLI-lapsi saattaa tuottaa ”\**Who did Maggie see someone?*”. Kysymyslauseen ”*What do you think Maggie broke?*” tilalla kielihäiriöinen lapsi saattaa tuottaa ”\**What do you think what Maggie broke?*”. SLI-lapsilla on usein myös ongelmia passiivilauseiden ymmärtämisessä (esim. *The man is pushed by the woman*) sekä anaforisten viittaussuhteiden ymmärtämisessä (esim. *Mowgli says Baloo*

*bear is tickling him/himself*) (Bishop, 1979; Leonard, 1995; van der Lely & Stollwerck, 1997; van der Lely & Battell, 2003; Montgomery & Evans, 2009). Lisäksi englanninkieliset lapset, joilla on kielenkehityksen eritysvaikeus, tekevät yleisesti virheitä englannin taivutusmorfologiassa jättämällä verrokkeja useammin pois mm. englannin säännöllisten verbien imperfektin päätteen *-ed* (*talk - talked*) tai yksikön 3. persoonan suffiksin *-s* (*I walk - Johnny walks*) (Rice & Wexler, 1996; Montgomery & Leonard, 1998; van der Lely & Ullman, 2001; Marshall & van der Lely, 2006). Englannin epäsäännöllisestä imperfektinmuodostuksesta (*sink - sank*) SLI-lapset yleensä suoriutuvat kielitaidoiltaan kaltaistettujen lasten tavoin. On huomattavaa, että SLI-lasten ongelmat englannin säännöllisen imperfektin muodostamisessa ovat niin yleisiä, että eräät tutkijat ovat ehdottaneet tätä SLI:n kliiniseksi tunnusmerkiksi englannin kielessä (Rice & Wexler, 1996; ks. myös Conti-Ramsden & Botting, 2001 SLI:n psykolingvivistisistä tunnusmerkeistä). Syntaktisten ja morfologisten ongelmien lisäksi on huomattu, että SLI-lapsilla on usein rajoittuneemmat foneemi-inventaarit verrattuna samanikäisiin tyypillisesti kehittyviin kontrollilapsiin (Fee, 1995). Lisäksi kielihäiriöiset lapset suoriutuvat huonosti epäsanojen toistotehtävässä (esimerkiksi \**drempe* tai \**glistow*), mikä saattaa viitata fonologisen muistin ongelmiin (Gathercole & Baddeley, 1990; Gathercole & Baddeley, 1996; Gallon, van der Lely & Harris, 2007). Syntaksin, morfologian ja fonologian pulmien lisäksi SLI-lapsilla esiintyy usein merkittäviä leksikaalisia vaikeuksia (McGregor, 1997). Kielihäiriöiset lapset omaksuvat yleensä ensimmäiset sanansa myöhemmin kuin tyypillisesti kehittyvät lapset ja heillä on suppeampi sanavarasto. Lisäksi heillä on havaittu mm. sananlöytämisen vaikeuksia (Riches, Tomasello & Conti-Ramsden, 2005).

Kielellisten ongelmien lisäksi SLI-lapsilla on todettu yleisen (ei-kielellisen) kuuloinformaation käsittelyn hitautta tai vaikeutta (esimerkiksi vaikeutta havaita ääniärsykkeiden erillisyyttä, kyvyttömyyttä sarjoittaa ääniärsykeitä, yleistä kuuloinformaation eroteluvaikeutta) sekä motorisia häiriöitä (Kail, 1994; Tallal ym., 1996; ks. myös Leonard, 1998).

Näistä yleisesti havaituista kielellisistä ja ei-kielellisistä virhepiirteistä huolimatta SLI on heterogeeninen oireyhtymä, minkä vuoksi tutkijat ovat ajoittain ehdottaneet, että katotermin ”Specific Language Impairment” sijaan tiedeyhteisön tulisi keskittyä löytämään homogeenisempia alaryhmiä ja tarkastelemaan näiden luonnetta ja syitä erikseen (Rapin & Allen, 1987; Conti-Ramsden, Crutchlet & Botting, 1997; van der Lely, 2005). Näitä homogeenisiä alaryhmiä voitaisiin soveltaa lähinnä tutkimuskäyttöön, sillä kuten Bishop (1997) ja Bishop ja Snowling (2004) huomauttavat, SLI:n heterogeenisestä luonteesta johtuen tällaiset alaluokat saattavat muodostua ongelmaksi, koska yleensä vain hyvin harva lapsi täyttää vaaditut kriteerit (ks. myös Bishop, Bright, James, & van der Lely, 2000).

## SLI:N TAUSTASYISTÄ

Erityisluonteensa takia SLI on ollut monien eri tieteenalojen kiinnostuksen kohteena, ja SLI:n mahdollisista kognitiivisista taustasyistä onkin pitkään ollut vallalla vahva teoreettinen vastakkainasettelu, ns. DS-DG-väittely (”domain-specific” - ”domain-general”). DS-mallissa SLI:n kielelliset piirteet on kuvattu lingvistisen teorian valossa. Tämän näkökannan mukaan SLI:n kaltainen kielellinen häiriö ei välttämättä vaadi samanaikaista muun kognitiivisen toiminnan häiriötä (Gopnik, 1997; Clahsen, 1999; van der Lely, 2005),

vaan SLI-lapsilla esiintyvät syntaktiset ja morfologiset vaikeudet johtuvat pääasiallisesti jonkin kieliopin osa-alueen erityisestä häiriöstä. Toisin sanoen SLI-lapsilta saat-  
taa esimerkiksi puuttua (tai olla vioittunut) ”yksikkö”, joka on erikoistunut esimerkiksi morfologisten sääntöjen oppimiseen, ja SLI-lapsilla havaitut ei-kielelliset ongelmat ovat toissijaisia näihin kielellisiin ongelmiin nähden, eikä niitä siis esiinny systemaattisesti koko SLI-populaatiossa.

DG-mallin mukaan SLI:n taustalla on luonteeltaan laaja-alainen, esimerkiksi yleiseen kuuloinformaation prosessointiin liittyvä ongelma (esim. kuuloinformaation prosessoinnin hitaus tai epätarkkuus, ks. Kail, 1994; Tallal ym., 1996), muistitoimintoihin liittyvä ongelma (esim. fonologinen lyhytkestoinen muisti, Gathercole & Baddeley, 1990) tai puheen prosessoinnin ongelma, jonka vuoksi lasten fonologiset representaatiot jäävät heikoiksi (Joanisse & Seidenberg, 1998) tai heillä on erityisiä fonologisen tietoisuuden ongelmia, jotka myöhemmin johtavat morfologian ja syntaksin omaksumisen vaikeuksiin (Chiat, 2006). DG-mallia tukevien teorioiden mukaan SLI-lapsilla todetut lingvistiset ongelmat ovat siis seurausta alemman tason auditiivisista ja/tai fonologisista ongelmista.

## DYSLEKSIA

Kehityksellinen lukemisvaikeus, dysleksia, on kirjoitetun kielen hallinnan vaikeus, joka ilmenee yleensä vasta kouluiässä, kun lukeminen ja kirjoittaminen ovat epätarkkaa ja hidasta huolimatta normaalista ei-kielellisestä älykkyystasosta ja normaaleista sosioekonomisista edellytyksistä oppia lukemaan (Velutino, 1979; Snowling, 2000). Lukemisvaikeuksien ilmiasu saattaa vaihdella eri kielissä, ja erityisesti englannin kielessä, joka on kirjoitusjärjestelmältään hyvin epäsäännöllinen,

ongelmat ilmenevät enimmäkseen lukemisen epätarkkuutena (ks. esim. Leppänen, Aro, Hämäläinen, & Vesterinen, 2006).

Lukivaikeuksiin saattaa liittyä laaja joukko erilaisia ongelmia, kuten kielellisiä vaikeuksia (erityisesti fonologisia ongelmia), sensorisia ongelmia (esim. kuuloinformaation prosessointiongelmia tai näköjärjestelmän magnosoluradan toiminnan häiriöitä) ja motorisia häiriöitä (kömpelyys, tasapaino-ongelmat) (Stein & Walsh, 1997; Stein, 2001; Ramus, 2003). Dysleksiatutkimuksessa onkin pitkään ollut vallitsevana teoreettinen kahtiajako dysleksian ydinongelmista. Niin sanotun ”kognitiivisen” näkökulman mukaan dysleksiassa ilmenevät fonologisten taitojen ongelmat (esimerkiksi fonologisen prosessoinnin häiriö tai heikot puheäänteiden representaatiot) nähdään lukemisvaikeuksien ensisijaisena ydinongelmana, joiden yhteydessä saattaa joskus esiintyä muita (esim. sensorisia tai sensomotorisia) alemman tason ongelmia (Ramus, 2003). Vastakkaisen mallin mukaan sensoriset ja/tai motoriset oireet ovat dysleksian ydinongelmia ja fonologiset ongelmat ovat seurausta näistä alemman tason häiriöistä (Stein & Walsh, 1997; Stein, 2001). Nämä kaksi yleistä lähestymistapaa eroavatkin siis nimenomaan siinä, että ns. kognitiivinen malli olettaa fonologisia häiriöitä esiintyvän valtaosalla yksilöillä, joilla todetaan dysleksia, mutta esimerkiksi alemman tason kuuloinformaation käsittelyn häiriötä ei välttämättä löydy kaikilta. Jälkimmäisen mallin mukaan taas sensorinen (joko näköön tai kuuloon tai molempiin liittyvä) ongelma tulisi vastaavasti (jossain kehityksen vaiheessa) löytyä suurella osalla yksilöitä, joilla todetaan dysleksia. (ks. Ramus, 2003; 2004)

## DYSLEKSIAN LUONTEESTA

Monet viimeaikaiset mallit suosivat näkemystä, jossa dysleksia määritellään lähinnä kielellisenä ongelmana ja erityisesti fonologisena häiriönä (Snowling, 2000; Ramus, 2003). Käsite ”fonologinen häiriö” ei ole kuitenkaan aivan yksiselitteinen. Fonologiset ongelmat saattavat ilmetä usealla eri tavalla ja tasolla. Lukemishäiriöisillä lapsilla onkin havaittu ongelmia mm. fonologisessa tietoisuudessa (ts. kyvyssä manipuloida puheäänteitä), automaattisessa muistissa (esimerkiksi kyvyssä nimetä nopeasti kirjaimia, numeroita ja värejä) sekä verbaalisessa lyhytkestoisessa muistissa (esimerkiksi kyvyssä toistaa epäsanoja) (Ramus, 2003; 2004).

On ehdotettu, että lukemishäiriöisellä lapsella fonologiset representaatiot olisivat ”heikompia” tai ”kohinaisempia” kun normaalisti lukevilla, joka tarkoittaa sitä, että mm. äidinkielen foneemikategoriat olisivat heikkorajaisempia tai vähemmän kategorisia kuin verrokkilapsilla. Tämä ongelma ilmenee esimerkiksi näiden lasten ikäverrokkejaan heikompana suoriutumisenä kategorisen havaitsemisen tehtävissä (Adlard & Hazan, 1998). Serniclaes, Sprenger-Charolles, Carre ja Demonet (2001) sekä Serniclaes, Heghe, Mousty, Carre ja Sprenger-Charolles (2004) ehdottavatkin että dysleksiassa ongelman ydin on nimenomaan äidinkielen fonologisten kategorioiden poikkeava omaksuminen varhaislapsuudessa. Serniclaen työryhmän (2001; 2004) tulosten mukaan lukemishäiriöisten henkilöiden foneemikategoriat sisältävät äänneympäristöstä riippuvaa (allofonista) variaatiota, joka yleensä häviää tyypillisesti kehittyvillä lapsilla ensimmäisen ikävuoden aikana (ks. esim. Kuhl, 2000). Muiden tutkimusryhmien tulokset eivät kuitenkaan tue Serniclaen työryhmän mallia (ks. Manis ym., 1997; Ramus ym., 2003). Viime aikoina on

myös ehdotettu, että dysleksian ydinongelma ei olisikaan varsinaisella representaatiotasolla vaan nimenomaan fonologisessa prosessoinnissa ja fonologisten representaatioiden haussa (*access to phonological representations*) sekä niiden tietoisessa manipuloinnissa (Ramus & Szenkovits, 2008). Ramus ja Szenkovits (2008) argumentoivat, että ne fonologiset tehtävät, joissa yleensä havaitaan lukihäiriöryhmän ja kontrolliryhmän välillä eroja, rasittavat merkittävästi joko lyhytkestoista muistia (esimerkiksi spoonerismit kuten *lazy dog* → *daisy log*) tai vaativat nopeutta (nopeutettu nimentä), mikä voisi viestittää ongelmista juuri fonologisten representaatioiden käsittelyssä (sekä esileksikaalisella että leksikaalisella tasolla), eikä siis välttämättä varsinaisissa representaatioissa itsessään.

### SLI JA DYSLEKSIA: SAMA VAI ERI YDINONGELMA?

SLI ja dysleksia ovat siis heterogeenisiä kielihäiriöitä eivätkä tutkijat ole aina päässeet yksimielisyyteen edellä mainittujen kielellisten ja ei-kielellisten ongelmien osuudesta SLI:ssä ja dysleksiassa. Lisäksi SLI-lapsilla on todettu –sattumaa useammin– dysleksia, mikä saattaisi viitata näiden kahden kielihäiriön yhteiseen alkuperään (Kamhi & Catts, 1986; McArthur, Hogben, Edwards, Heath, Mengler, 2000; Catts, Adolf, Hogan, Weismer, 2005; Sharma, Purdy & Kelly, 2009).

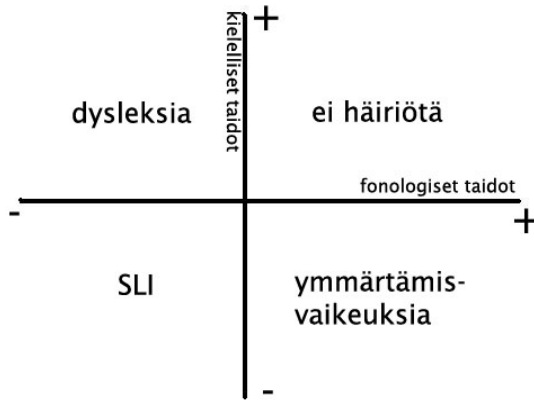
Tutkijat ovat käyneet SLI:n ja dysleksian suhteesta laajalti keskustelua (ks. McArthur ym., 2000; Bishop & Snowling, 2004; Catts ym., 2005; de Bree, 2007; Sharma ym., 2009) ja onkin ehdotettu, että SLI:n ja dysleksian välinen ero olisi lähinnä kvantitatiivinen

(sama häiriö, eri vakavuusaste) eikä kvalitaatiivinen (kaksi erillistä kielihäiriötä) kuten on aiemmin yleisesti oletettu (Kamhi & Catts 1986). Tästä teoreettisesta ristiriidasta johtuen Bishop ja Snowling (2004) ehdottavat, että SLI:n ja dysleksian kokeellisessa tutkimuksessa (ja mahdollisesti jopa diagnosoinnissa) tulisi käyttää yleisesti käytössä olevan psykometrisen lähestymistavan (esim. ristiriita ei-kielellisen älykkyyden ja kielitaidon välillä) sijaan enemmän psykolingvistiisesti painottunutta määrittelytapaa (ks. myös Conti-Ramsden & Botting, 2001). Toisin sanoen heidän mukaansa SLI:n ja dysleksian tutkimuksessa tulisi keskittyä aiempaa enemmän tarkastelemaan näiden kielihäiriöiden taustalla olevia kognitiivisia ongelmia (esim. dysleksiassa fonologisia ongelmia) niiden eri tasoilla.

Bishopin ja Snowlingin (2004) mukaan nykyiset psykometriset diagnoosikriteerit johtavat helposti tilanteeseen, jossa esim. tutkittavassa dysleksiaryhmässä on yksilöitä, joilla osalla on ”puhdas” lukemisvaikeus, osalla lukemisvaikeudesta *johtuvia* kielellisiä ongelmia, ja osalla lukemisvaikeudesta riippumattomia kielellisiä ongelmia.

Bishop ja Snowling (2004) korostavat, että kvantitatiivisten erojen sijasta SLI:n ja dysleksian ero tulisi edelleen nähdä kvalitaatiivisena. Toisin sanoen sellaiset kvantitatiiviset mallit, joissa SLI ja dysleksia sijoitetaan saman häiriöjatkumon (esim. auditiivisen prosessoinnin häiriö; Kamhi & Catts, 1986) eri ääripäihin, eivät kuvaa SLI:n ja dysleksian suhdetta riittävän tarkasti.

Bishop ja Snowling (2004) havainnollistavat SLI:n ja dysleksian suhdetta ns. nelikenttämallissaan (ks. kuva 1).



Kuva 1. Bishopin ja Snowlingin (2004) ”nelikenttämalli” SLI:n ja dysleksian suhteesta. Vaakatasossa on kuvattu fonologiset taidot, pystytasossa ei-fonologiset kielelliset taidot (esim. syntaktiset ja semanttiset taidot, ks. teksti).

Tässä kaksiulotteisessa nelikenttämallissa on kuvattu kaksi erillistä parametria: ”fonologiset taidot” (x-akseli) ja ”muut kielelliset taidot” (y-akseli), jotka voivat saada arvoja jatkumolla ”normaali” (+) tai ”häiriintynyt” (-). Näiden kahden parametrin avulla voidaan kenttään sijoittaa eri kohtiin sekä klassinen dysleksia (=fonologisia ongelmia huolimatta normaaleista muista kielellisistä taidoista) että klassinen SLI (=ongelmia sekä fonologiassa että muissa kielellisissä taidoissa). Kahdesta jäljelle jääneestä kentästä ns. ymmärtämis-vaikeudet (engl. *poor comprehenders*) viittaa semanttisiin ongelmiin, joita esiintyy ilman erityisiä fonologisia ongelmia ja ”ei häiriötä” tyypilliseen kielenkehitykseen. Tämän mallin mukaan SLI ja dysleksia eivät siis muodosta jatkumoa vaan yhtäläisyydet SLI:n ja dysleksian ilmenemismuodoissa johtuvat päällekkäisistä fonologisista vaikeuksista.

SLI:n ja dysleksian ydinongelmat ovat siis edelleen tutkijoille avoin kysymys. Erääksi tutkimustulosten heterogeenisuuden syyksi on ehdotettu yleisesti käytössä olevien mittareiden sensitiivisyyden puutteita ja useiden

mittareiden epämielikkyyttä etenkin kun testataan lapsiryhmiä (Bishop, 1997; McArthur & Bishop, 2001). Perinteisestihän esimerkiksi kuuloinformaation prosessointia on mitattu behavioraalisiin testeihin (esim. reaktioaikamittaukset, erottelu- ja tunnistuskokeet), joissa usein motivaatiolla, lapsen kyvyillä keskittyä tehtävään ja jopa motorisilla valmiuksilla saattaa olla suuri vaikutus siihen, miten lapsi suoriutuu kokeessa. Viime vuosikymmeninä erilaiset elektrofysiologiset mittarit ovat yleistyneet dysleksian ja SLI:n tutkimuksessa. Elektrofysiologisten mittarien etuna on usein se, että ne eivät välttämättä vaadi koehenkilöltä behavioraalista vastausta, ja siksi ne ovat tarjonneet mahdollisuuden saada kattavampi kuva näiden kahden kielihäiriön luonteesta (ks. kuitenkin kriittinen katsaus elektrofysiologisiin tutkimuksiin Bishop, 2007). Alla esittelen lyhyesti sekä behavioraalisia että elektrofysiologisia tutkimustuloksia kielihäiriöisten lasten ja aikuisten (kielellisen ja ei-kielellisen informaation) kuulonvaraisesta hahmottamisesta.

## BEHAVIORAALISIA TUTKIMUSTULOKSIA

Menestyksekkään kielenomaksumisen eräs perusedellytys on, että lapsi omaksuu varhaislapsuudessaan äidinkiensä fonologiset äännekategoriat ja oppii manipuloimaan äidinkiensä merkityksellisiä äänneyksiköitä ongelmitta. Varhaislapsuuden heikot fonologiset taidot saattavat johtaa puhutun ja/tai kirjoitetun kielen omaksumisen vaikeuksiin. Kielihäiriöihin liittyvää kuulojärjestelmän toimintaa ja puheen havaitsemista on tutkittu jo vuosikymmenien ajan erilaisilla behavioraalisilla mittareilla. Näistä mitta-  
reista kansainvälisesti ehkä tunnetuin on nk. TOJ-tehtävä (*Temporal Order Judgement*, Efron, 1963), jossa koehenkilön tulee ilmaista esitettyjen ärsykkeiden ajallinen järjestys. Tutkiessaan auditiivisten taitojen roolia kielihäiriöiden taustalla Tallal ja Piercy (1973) kehittivät tästä tehtävätyypistä version (nk. *Repetition task*), jossa koehenkilö ensin opeteli assosioimaan kahdelle erikseen esitetylle siniääniärsykkeelle (jotka erosivat esim. taajuuden suhteen) kummallekin oman näppäimen. Tämän jälkeen ärsykkeet esitettiin lapselle pareittain, ja lapsen tuli nappia painamalla ilmaista ärsykkeiden esiintymisjärjestys. Lisäksi ärsykkeet esitettiin ajallisesti erilaisilla esiintymisväleillä (nopeilla vs. hitailla). Tallal ja Piercy (1973) huomasivat, että esitystahdin ollessa nopea SLI-lapset suoriutuivat kontrolliryhmää heikommin erottelutehtävässä, kun taas esiintymisvälien ollessa hidat SLI-lasten suoritus ei eronnut kontrolliryhmästä.

Yksinkertaisten siniääneksien lisäksi Tallal ja Piercy (1975) käyttivät vastaavassa tehtävässä myös synteettisiä puheärsykeitä ([ba]– [da]). Näiden ärsykkeiden keskeinen akustinen ero liittyy nopeaan (n. 40 ms) taajuussiiirtymään (formanttitransitio). Tallalin ja Piercyn tulosten mukaan SLI-lapsilla oli vaikeuksia erotella myös näitä ärsykeitä toi-

sistaan, mutta kun formanttitransitiot pidennettiin, heidän suorituksensa parani (Tallal & Piercy, 1975). Samansuuntaisia tuloksia on saatu myös lukemishäiriöisillä lapsilla (Tallal, 1980). Vastaavaa asetelmaa on hyödynnetty myös kielihäiriöisten lasten kuntoutuksessa positiivisin tuloksin (Tallal ym., 1996). Kaikki tutkimusryhmät eivät kuitenkaan ole kyenneet toistamaan näitä tuloksia (Cohen ym., 2005; Gillam ym., 2008).

Näiden tutkimustulosten perusteella Tallal kollegoineen ehdotti, että SLI:n ja dysleksian ydinongelma on vaikeus erotella nopeasti muuttuvia ja lyhytkestoisia auditiivisia tapahtumia (*Rapid Auditory Temporal Processing Disorder*, RATP) (Tallal ym., 1996; Temple ym., 2000).

Tallalin varhaisten tutkimusten jälkeen on kielihäiriöihin ja dysleksiaan liittyvä auditiivinen prosessointi saanut laajalti huomiota. SLI-lasten ja lukihäiriöisten lasten kuuloinformaation prosessointitarkkuutta on tutkittu mm. tarkastelemalla heidän kykyään luokitella ja erotella erilaisia ääniä, jotka eroavat esimerkiksi taajuuden tai keston suhteen (Adlard & Hazan, 1998; Ramus ym., 2003) sekä tarkastelemalla heidän erottelukynnyksiään esimerkiksi taajuusmoduloiduilla ja amplitudimoduloiduilla ärsykkeillä (Witton ym., 1998; Witton, Stein, Stoodley, Rosner, & Talcott, 2000). Tutkimustulokset ovat kuitenkin olleet ristiriitaisia (ks. Farmer & Klein, 1995; Mody, Studdert-Kennedy & Brady, 1997; McArthur & Bishop, 2001; Ramus ym., 2003; Rosen, 2003; Corriveau, Pasquini & Goswami, 2007).

Eräs yleisesti käytetty psykoakustinen menetelmä, jolla tutkitaan kuuloinformaation prosessointia, on ns. kohinapeittoastelma (*noise masking*), jossa testiärsykeen lisäksi esiintyy kohinasta muodostettu peittoärsyke. Tämä peittoärsyke voidaan ajallisesti sijoittaa esiintymään joko testiärsykeen päälle (samaaikainen maskeeraus), sitä ennen (eteen-



päin maskeeraus) tai sen jälkeen (taaksepäin maskeeraus). Tätä menetelmää on sovellettu myös kielihäiriöiden tutkimukseen sillä etenkin taaksepäin maskeerauksen väitetään heijastelevan sentraalisia auditiivisia prosesseja samanaikaista maskeerausta ja eteenpäin maskeerausta paremmin (Elliott, 1971).

Wright ym. (1997) manipuloivat peittoärsyksen ajallista esiintymispaikkaa käyttämällä sekä samanaikaista että eteenpäin ja taaksepäin maskeerausta. Heidän tutkimuksensa paljasti, että ainoastaan taaksepäin maskeeraus tuotti SLI-lapsille ongelmia. He päättelivät, että auditiivisen tason taaksepäin maskeerausongelma saattaa johtaa kuulonvaraisen puhesignaalin käsittelyn ja näin ollen myös fonologisen prosessoinnin ongelmiin. Samansuuntaisia tuloksia on myös saatu lukihäiriöisillä lapsilla. Rosen ja Manganari (2001) tutkivat lukemishäiriöisten nuorten puheen ja ei-puheen prosessointia samantyyppisellä asetelmalla kun Wright ja kollegat (1997) ja myös heidän tulostensa mukaan erilaisista psykoakustisista asetelmista juuri taaksepäin maskeeraus näytti tuottavan ongelmia lukemishäiriöisille nuorille. Mutta jos SLI- ja lukemishäiriöisten lasten havainto-ongelmat taaksepäin maskeeraustilanteessa aiheuttavat puheen havaitsemisen ongelmia, pitäisi näiden ongelmien näkyä nimenomaan esimerkiksi [ba]-[da] tavujen huonompana erottelusuorituksena (konsonanttia seuraava vokaali maskeeraa taaksepäin konsonanttia) verrattuna esimerkiksi [ab]-[ad] tavujen erotteluun (konsonanttia edeltävä vokaali maskeeraa eteenpäin konsonanttia). Rosenin ja Manganarin (2001) tutkimuksen mukaan konsonantti-vokaali -tavujen (KV-tavujen) erottelussa lukemishäiriöiset nuoret suoriutuivat kuitenkin kontrollien tavoin. Nämä tulokset viittaavat siihen, että auditiivisen prosessoinnin suhde (mitattuna perinteisillä psykoakustisilla mittareilla) puheen havaitsemiseen ei ole yksiselitteinen vaan tarvitaan

enemmän perustutkimusta auditiivisen prosessoinnin roolista ja sen tarkkuuden suhteesta puheen prosessointiin ja normaaliin kielenkehitykseen (Rosen & Manganari, 2001).

## ELEKTROFYSIOLOGISIA TUTKIMUSTULOKSIA

Kuten edellä on jo todettu, kuormittavat erilaiset behavioraaliset mittarit kuormittavat mm. lyhytkestoista muistia eri määrissä. Lisäksi motorisilla tekijöillä ja koehenkilön kyvyllä kohdentaa ja ylläpitää tarkkaavaisuutta tehtävän aikana saattaa olla suuri merkitys sille, miten hän suoriutuu tehtävästä. Osittain näistä seikoista johtuen ovat myös aivojen tapahtumasidonnaiset herätevasteet saaneet huomiota kliinisten ryhmien tutkimuksessa (event-related potentials, ERPs, ks. menetelmä esim. Kujala, Huotilainen & Näätänen, 2004).

Aivojen tapahtumasidonnaiset herätevasteet ovat tiettyyn esim. ulkoiseen tapahtumaan liittyviä aivojen sähköisen toiminnan tuottamia jännitevaihteluita, joita voidaan mitata eri modaaliteeteissa esimerkiksi äänille, kuville ja tuntoärsykkeille. Näitä tapahtumasidonnaisia herätevasteita voidaan mitata erilaisille tapahtumille myös tilanteissa, joissa koehenkilö ei aktiivisesti kiinnitä huomiota ärsykkeisiin (esimerkiksi poikkeavuusnegatiivisuusaalto, mismatch negativity, MMN, ks. Näätänen, Paavilainen, Tiitinen & Jiang, 1993). MMN-metodin yhtenä suurena etuna on, että se mahdollistaa erityisesti pienten lasten ja kliinisten ryhmien sensorisen erotteluherkkyyden tarkastelun kognitiivisesti vähemmän kuormittavassa tilanteessa (koehenkilö voi testitilanteessa keskittyä esimerkiksi videon katseluun). Herätevastetutkimuksia (ja erityisesti MMN-tutkimuksia) on sovellettu laajalti eri kielihäiriöiden tutkimukseen. Taulukossa 1 ja 2 on esitetty muutamia keskeisimpiä ERP-tutkimuksia sekä SLI-lapsilla että lukemishäiriöisillä lapsilla.

Taulukko 1. ERP-tutkimuksia lapsilla ja aikuisilla, joilla on SLI. ÄO tarkoittaa ei-kielellistä älykkyyttä, \*vastaa aikuisten N100-komponenttia \*\*ryhmää ei ole kaltaistettu älykkyyden suhteen \*\*\*kliininen ryhmä koostui SLI-lasten vanhemmista.

Tekijät	KLIINIINEN RYHMÄ			KONTROLLIRYHMÄ			Ärsyke (toistuva/kohde)	
	kieli	ikä	N	ÄO	ikä	N		ERP
1. Neville ym. (1993)	engl.	8-10	22	>85	8-10	12	>85	N140*
2. Korpilahti & Lang (1994)	suomi	7-13	14	>80	7-13	12	>80	MMN
3. Kraus ym. (1996)	engl.	6-15	91	>85	6-15	90	>85	MMN
4. Holopainen ym. (1997)	suomi	3-6	10		3-7	14		MMN
5. Holopainen ym. (1998)	suomi	5-9	13		5-9	10		MMN
6. Uwer ym. (2002)	saksa	5-10	42	>85	5-10	21	>85	MMN
7. Marler ym. (2002)	engl.	8-10	10	>75	8-10	10	**	MMN
8. Shafer ym. (2005)	engl.	9:3	8	>80	8:11	11	>80	MMN
9. Rinker ym. (2007)	saksa	7-11	13	>85	7-11	13	>85	MMN
10. Barry ym. (2008)***	engl.	35-56	30	>85	34-56	29	>85	MMN
11. Cardy ym. (2008)	engl.	7-18	5	>76	7-18	16	>76	M50, M100

Taulukko 2. ERP-tutkimuksia lapsilla ja aikuisilla, joilla on dysleksia. ÄO tarkoittaa ei-kielellistä älykkyyttä.

Tekijät	KLIINIINEN RYHMÄ			KONTROLLIRYHMÄ			Ärsyke (toistuva/kohde)	
	kieli	ikä	N	ÄO	ikä	N		ERP
1. Schulte-Körne ym. (1998)	saksa	12:5	19	>90	12:5	15	>90	MMN
2. Nagarajan ym. (1999)	engl.	18-42	7		23-41	7		M100
3. Baldeweg ym. (1999)	engl.	20-51	10		20-50	10		MMN
4. Schulte-Körne ym. (1999)	saksa	22:3	15	118	25:9	20	124	MMN
5. Kujala ym. (2000)	suomi	19-39	8		22-39	8		MMN
6. Schulte-Körne ym. (2001)	saksa	30:5	12	>85	29:0	13	>85	MMN
7. Helenius ym. (2002)	suomi	28-50	10	>80	28-40	9	>80	M100
8. Kujala ym. (2003)	suomi	20-39	8		18-44	8		MMN
9. Renvall & Hari (2003)	suomi	30	8		29	11		MMNm
10. Lachmann ym. (2005)	saksa	8-11	16	96	12	104		MMN
11. Kujala ym. (2006)	suomi	19-40	9		18-39	9		MMN

Neville, Coffey, Holcomb ja Tallal (1993) tarkastelivat SLI- ja verrokkilasten suoriutumista yksinkertaisten siniäänesten erottelussa sekä aktiivisessa (behavioraalinen tehtävä) että passiivisessa tilanteessa (ERP-koe). Alustavien ERP-tulosten mukaan koe- ja kontrolliryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Kun SLI-ryhmä jaettiin uudelleen sen perusteella, miten he olivat suoriutuneet behavioraalissa TOJ-tehtävässä, Neville ym. (1993) huomasivat kuitenkin, että behavioraalinen erottelutarkkuus heijastui herätevasteen amplitudissa. Nevillen ym. (1993) tutkimuksen ärsykkeiden väliset akustiset erot olivat kuitenkin valtavia (toistuva ärsyke 1000 Hz ja poikkeava ärsyke 2000 Hz, ts. äänen välinen intervalli oli oktaavi), mikä heikentää sekä mahdollisten ryhmäerojen löytymistä että tulosten teoreettista merkitystä (Rinker ym., 2007). Korpilahti ja Lang (1994) ja Holopainen, Korpilahti, Juottonen, Lang ja Sillanpää (1997; 1998) tutkivat keston ja taajuuden erottelua erikäisillä suomalaisilla SLI- ja verrokkilapsilla käyttämällä yksinkertaisia siniääneksiä, jotka erosivat taajuuden (500 Hz ja 553 Hz) ja keston (50, 110 ja 500 ms) suhteen. Korpilahti ja Lang (1994) sekä Holopainen ym. (1997; 1998) huomasivat, että SLI-lasten MMN-herätevasteen huippuamplitudi oli vaimentunut verrattuna kontrolleihin taajuusinformaation erottelussa kun taas keston erottelussa ryhmät erosivat vain tilanteessa, jossa ärsykkeiden välinen kontrastin oli suuri (50 ja 500 ms) viitaten havainto-ongelmien sijaan ongelmiin esimerkiksi tarkkaavaisuudessa.

Kraus ym. (1996) tarkastelivat puheäänteiden erottelua esitietoisessa (MMN) ja tietoisessa erottelutehtävässä. Kokeessa tarkasteltiin kielihäiriöisiksi luokiteltujen (*Language Impaired*) koehenkilöiden erotteluherkkyttä synteesisille [ba]-[ga] ja [ba]-[wa] tavuille, joissa akustiset erot perustuvat formanttitransition taajuuteen ([ba]-[ga]) ja transition kes-

toon ([ba]-[wa]). Kraus ym. (1996) huomasivat, että kielihäiriöryhmä erotteli kontrolleja heikommin transiitoltaan nopeita ([ba]-[ga]) tavuja sekä behavioraalisesti että herätevaste-mittauksissa.

Uwer, Albrecht ja von Suchodoletz (2002) taas tutkivat yksinkertaisten ei-puheärsykkeiden (1000 vs 1200 Hz siniääneksiä) ja kompleksisempien puheärsykkeiden ([ba] - [da] - [ga]) prosessointia SLI-lapsilla. Yksinkertaisten siniääneksien passiivisessa erottelussa SLI-ryhmä ei eronnut verrokkiryhmästä, mutta SLI-ryhmän ERP-vasteet olivat puheärsykkeille pienempiä, mikä viittaisi puhespesifeihin ongelmiin SLI:ssä. Vastavia (puhespesifejä) tuloksia raportoivat myös Shafer, Morr, Datta, Kurtzberg ja Schwartz (2005) käyttäen vokaaleita. Audititiivisten ja puhespesifien ongelmien lisäksi tutkijat ovat raportoineet muistiin liittyviä ongelmia (Marler, Champlin & Gillam, 2002; Barry ym., 2008).

Vastavia tutkimuksia on tehty myös lukihäiriöisillä koehenkilöillä (ks. taulukko 2). Baldeweg, Richardson, Watkins, Foale ja Gruzelier (1999) tutkivat taajuuden ja keston erottelua aktiivisessa ja passiivisessa tilanteessa englanninkielisillä aikuisilla, joilla oli todettu dysleksia. Baldeweg ym. (1999) huomasivat, että lukemishäiriöiset aikuiset eivät eronneet kontrolliryhmästä keston erottelussa, mutta taajuuden erottelussa (ja akustisten erojen ollessa pieniä) kliinisen ryhmän MMN-vasteen amplitudi oli vaimentunut. Lisäksi lukemishäiriöisten aikuisten (audititiivinen) taajuusinformaation erottelun ongelma korreloi heidän fonologisten taitojensa kanssa. Kujala työryhmineen (Kujala, Myllyviita, Tervaniemi, Alho, Kallio & Näätänen, 2000; Kujala, Belitz, Tervaniemi & Näätänen, 2003; Kujala, Lovio, Lepistö, Laasonen & Näätänen, 2006) on tutkinut suomenkielisten lukihäiriöisten aikuisten kuulohavainnon käsittelytarkkuutta sekä esitietoisella (MMN-vaste) että tietoi-

sella (erottelutehtävä) tasolla. Tutkimuksissaan Kujala ym. (2000; 2003; 2006) käyttivät komplekseja siniäänes kuvioita, jotka erosivat toisistaan ääneksien esiintymisvälien suhteen (Kujala ym., 2000), taaksepäin maskeerausasetelmaa (Kujala ym., 2003) ja keston erottelua epäsanan ja ei-puheärsyksen sisällä (Kujala ym., 2006). Kujala ja työryhmä (2000; 2003; 2006) raportoivat aiempia behavioraalisia ja elektrofysiologisia tutkimuksia mukailleen, että tiettyjen ärsykepiirteiden (kuten taajuuden) erottelu on ongelmallista dysleksiassa ja tämä ongelma heijastuu myös esitietoisessa prosessoinnissa (MMN-vaste). Lisäksi Kujala ja kollegat (2006) argumentoivat, että myös muut ärsykepiirteet (kuten kesto) voivat olla ongelmallisia lukihäiriöisille, mikäli ne esiintyvät kompleksissa ärsykekontekstissa, kuten esimerkiksi sanan tai epäsanan sisällä (ks. myös Schulte-Körne, Deimel, Bartling & Remschmidt, 1999, jotka raportoivat samansuuntaisia tuloksia). Schulte-Körne, Deimel, Bartling ja Remschmidt (1998; 2001) taas raportoivat, että nimenomaan puheäänteiden piirteiden prosessointi (eikä niinkään alemman tason auditiivisessa prosessointi) on ongelmallista henkilöille, joilla on dysleksia tai tietylle alaryhmälle lukemishäiriöisiä (Lachmann, Berti, Kujala & Schröger, 2005, ks. samansuuntaisia tuloksia myös Helenius, Salmelin, Richardson, Leinonen & Lyytinen, 2002).

Edellä käsiteltyjen EEG-tutkimusten (elektroenkefalografia, EEG) lisäksi on viime aikoina tehty vastaavia tutkimuksia myös käyttämällä magnetoenkefalografiaa (MEG, ks. taulukot 1 ja 2). MEG mittaa aivojen hermosolujen sähköisen toiminnan luomia heikkoja magneettikenttiä. Koska aivoja ympäröivät kudokset eivät vaikuta magneettikenttien etenemiseen, MEG:llä voidaan paikantaa aivokuoren aktiivinen alue EEG:tä tarkemmin. MEG:n etuna on lisäksi se, että

kuten EEG:llä, MEG:llä saavutetaan alle millisekunnin aikatarkkuus. Cardy, Flagg, Roberts ja Roberts (2005) tutkivat kuuloinformaation prosessointitarkkuutta kolmessa eri kliinisessä ryhmässä (SLI, Autismi ja Aspergerin oireyhtymä). Cardy ym. (2005) esittivät passiivisessa tilanteessa koehenkilöille pareittain lyhyitä 1000 Hz:n siniääneksiä 150 ms esiintymisvälillä. Heidän tuloksensa mukaan sekä SLI- että Autismiryhmien herätevasteet (event-related fields, ERF) erosivat ryhmätasolla kontroleista sekä ryhmästä, jolla oli todettu Aspergerin oireyhtymä. Toisin sanoen ne kliiniset ryhmät, joilla oli todettu kielellisiä ongelmia, erosivat kuulohavainnon prosessointitarkkuudessa siitä ryhmästä, jolla ei ollut kielellisiä ongelmia. Vastaavia tuloksia on saatu tutkimalla lukihäiriöisiä aikuisia ja tyypillisesti kehittyviä verrokkeja (Nagarajan, Mah & Merzenich, 1999; Renvall & Hari, 2003).

Edellä esitettyjen behavioraalisten ja ERP/F-tulosten perusteella on edelleen melko vaikeaa muodostaa selkeää kuvaa SLI:n ja dysleksian prosessointiongelmista ja näiden kielihäiriöiden välisestä suhteesta. Erityisesti tutkimustulokset SLI-lasten auditiivisen prosessoinnin tarkkuudesta ovat ristiriitaisia (ks. McArthur & Bishop, 2001, Rosen, 2003; Bishop, 2007). Eräs keskeinen ongelma saattaa olla käytettyjen mittarien ja menetelmien kirjavuus (McArthur & Bishop, 2001). Eri tutkijaryhmät ovat käyttäneet hyvin erilaisia ärsykeitä (esim. akustiset erot standardin ja deviantin välillä), erilaisia riippuvia muuttujia (reaktioajat, virheiden määrät, d-pilkku, herätevasteen keskiarvoamplitudi, huippuamplitudi ja latenssi) ja myös vaihtelevia kriteerejä koehenkilöryhmien valinnassa. Lisäksi suurimassa osassa tutkimuksia tutkitaan edelleen joko lukihäiriöisten lasten tai SLI-lasten prosessointiongelmia, jolloin päätelmiä SLI:n ja dysleksian suhteesta on vaikea tehdä.

## YHTEENVETO

Edellä esitetyissä tutkimuksissa käsiteltiin SLI:hin ja dysleksiaan liittyviä kuulohavainnon käsittelyn poikkeamia. Behavioraaliset tutkimukset ovat osoittaneet, että kuulonvaraisen informaation prosessointi (mitattuna tietyillä mittareilla) saattaa olla poikkeavaa jos ihmisellä on kielihäiriö tai dysleksia. Tämän perusteella on päätelty, että SLI:n ja/tai dysleksian ydinongelmana on auditiivisen tai auditiivis-fonologisen informaation prosessointihäiriö. Ongelmana tässä päättelyssä on, että mikäli oletamme SLI:n ja/tai dysleksian johtuvan auditiivisesta tai auditiivis-fonologisesta prosessointiongelmasta, tulisi prosessointiongelmia havaita valtaosalla yksilöitä (jossain kehityksen vaiheessa), joilla todetaan ko. häiriö. Lisäksi vastaavaa prosessointiongelmia ei pitäisi löytyä lapsilla, joiden kielenkehitys seuraa normaalia rataa. Voisimme lisäksi olettaa, että tietyillä auditiivisilla ja fonologisilla mittareilla saadut tulokset korreloisivat keskeisten kielitaitomittarien tulosten kanssa. Suuri osa behavioraalisista SLI- ja dysleksiatutkimuksista kuitenkin osoittaa (joskus jopa ryhmätason eroista huolimatta) juuri päinvastaista: kaikilla lapsilla, joilla on SLI ja dysleksia, ei ole ongelmia suoriutua auditiivisissa ja/tai fonologisissa tehtävissä (Mody ym., 1997; Adlard & Hazan, 1998; McArthur & Bishop, 2001; Ramus ym., 2003; Coady, Kluender & Evans, 2005; White ym., 2006; Rosen, Adlard, & van der Lely, 2009). Lisäksi lapsilla, joilla on ongelmia kuullun informaation prosessoinnissa, ei välttämättä ole kielellisiä ongelmia (Halliday & Bishop, 2006) ja osa terveistä verrokkikoehenkilöistä suoriutuu kielihäiriölapsia heikommin auditiivisissa tehtävissä (White ym., 2006; Rosen ym., 2009). Lisäksi Ramus (2003) vertaili kymmentä viimeaikaista dysleksiatutkimusta ja huomasi, että lukihäiriöisistä ihmisistä yhteensä vain n. 40 prosentilla oli ongelmia au-

ditiivisissa tehtävissä. Kaikissa tutkimuksissa ei ole myöskään löydetty selvää korrelaatiota auditiivisten, fonologisten ja kielitaitomittarien välillä (ks. esim. Bishop, Carlyon, Deeks & Bishop, 1999; Ramus ym., 2003; Rosen, 2003; van der Lely, Rosen & Adlard, 2004).

Tallal (1980) on esittänyt, että SLI:n ja dysleksian ydinongelma on ”temporaalisen prosessoinnin häiriö”. Tämä prosessointihäiriö ilmenee selkeimmin kun käytetään Tallalin *repetition task* –tehtävää (ks. yllä). Kuitenkin, kuten esim. Rosen (2003) huomauttaa, tällä tehtävällä saadut merkitsevät tulokset näyttävät kuitenkin johtuvan ”tilastollisesta harhasta”, ts. kun ärsykeitä esitetään pitkillä esiintymisväleillä, kaikki koehenkilöt suoriutuvat yleensä virheettää (”kattoefekti”), jolloin pienetkin erot nopeilla esiintymisväleillä saattavat tulla merkitseväksi. Lisäksi SLI- ja dysleksia-ryhmät pärjäävät verrokkien tavoin useassa muussa tehtävässä, joka myös mittaa ”temporaalista prosessointia” (kuten esimerkiksi eteenpäin maskeeraus) (Rosen, 2003).

On kuitenkin mahdollista, että varhaislapsuudessa esiintynyt auditiivisen prosessoinnin häiriö häviää iän mukana (Bishop & Snowling, 2004). Lyytinen ym. (2004) ovatkin useiden vuosien ajan tutkineet eri menetelmiä käyttäen lukihäiriöisten lasten prosessointiongelmia *Lapsen kielen kehitys ja suvuittain esiintyvä lukivaikeuksien riski* – pitkäaikaistutkimuksessa (ks. esimerkiksi Puolakanaho ym., 2007; Richardson, Kulju, Nieminen & Torvelainen, 2008). Heidän projektissaan on tutkittu muun muassa riskiperheiden vauvojen aivosähkötoimintaa tarkastelemalla KV-tavujen, vokaalien ja konsonanttien kestoerojen sekä yksinkertaisten siniäänneksien taajuuserojen prosessointia (Leppänen, Pihko, Eklund & Lyytinen, 1999). Lapsen kielen kehitystä seuraava pitkäaikaistutkimus on raportoinut kuulohavainnon prosessoinnin poikkeamia riskiperheiden vauvoilla jo hyvin varhaisessa vaiheessa sekä erityisesti kuulohavainnon

prosessointiin liittyviä aivopuoliskoeroja riski- ja verrokkilasten välillä (ks. Leppänen ym., 2006).

Kun siis behavioraalisten tulosten pohjalta on ryhdytty keskustelemaan kuuloinformaation prosessointiongelmien merkityksestä SLI:ssä ja dysleksiassa (McArthur & Bishop, 2001; Rosen, 2003), ovat viimeaikaiset elektrofysiologiset tutkimukset taas usein tukevat auditiivista mallia (Neville ym., 1993; Korpilahti & Lang, 1994; Baldeweg ym., 1999; Rinker ym., 2007). Elektrofysiologisten tutkimusten vertailua kuitenkin heikentää käytössä olevien analyysimenetelmien ja testiärsykkeiden kirjo (ks. esim. Bishop, 2007). Lisäksi useimmissa tutkimuksissa verrataan puheen prosessointia ei-puheen prosessointiin käyttämällä edellisessä tilanteessa esim. synteettisiä KV-tavuja ja jälkimmäisessä tilanteessa esim. yksinkertaisia siniääneksiä. Tällaisessa astelemassa tutkitaan siis myös puheeseen liittyvien prosessointierojen lisäksi akustiseen kompleksisuuteen liittyviä prosessointieroja, eikä siis ole välttämättä selvää kumpaa mahdollisesti löydetty ryhmäerot siis heijastelevat (Bishop, 2007).

Edellä esitettyjen tutkimustulosten valossa näyttää siltä, että sen sijaan, että pohdittaisiin johtuuko SLI/dysleksia auditiivisesta tai auditiivis-fonologisesta prosessointihäiriöstä, tulisikin kysyä *mitkä* auditiiviset ja fonologiset taidot ovat poikkeavia SLI:ssä ja dysleksiassa (Bishop & Snowling, 2004). Lisäksi mielekkäämpää on kysyä, *kuinka suuressa osassa* SLI- ja dysleksialapsia nämä taidot ovat häiriintyneet ja miten ne heijastuvat heidän kielellisiin ja muihin ei-kielellisiin taitoihinsa (Rosen, 2003, ks. myös yksilödatan raportoinnista Ramus ym., 2003; White ym., 2006) ja miten nämä taidot muuttuvat iän funktiona (Thomas ym., 2009).

## VIITTEET

- Adlard, A. & Hazan, V. (1998). Speech perception in children with specific reading difficulties (dyslexia). *Quarterly Journal of Experimental Psychology: A*, 51, 153–177.
- Asikainen, M. (2007). Dysfasia –Mitä se käytännössä merkitsee? *Virittäjä*, 2, 162–181.
- Baldeweg, T., Richardson, A., Watkins, S., Foale, C. & Gruzelier, J. (1999). Impaired auditory frequency discrimination in dyslexia detected with mismatch evoked potentials. *Annals of Neurology*, 45, 495–503.
- Barry, J., Hardiman, M., Line, E., White, K., Yasin, I. & Bishop, D. (2008). Duration of auditory sensory memory in parents of children with SLI: A mismatch negativity study. *Brain and Language*, 104, 75–88.
- Bishop, D. (1979). Comprehension in developmental language disorders. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 21, 225–238.
- Bishop, D. (1997). *Uncommon understanding: Comprehension in specific language impairment*. Hove: Psychology Press.
- Bishop, D. (2007). Using mismatch negativity to study central auditory processing in developmental language and literacy impairments: where are we, and where should we be going? *Psychological Bulletin*, 133, 651–672.
- Bishop, D., Bright, P., James, C. & van der Lely, H. (2000). Grammatical SLI: A distinct subtype of developmental language disorder. *Applied Psycholinguistics*, 21, 159–181.
- Bishop, D., Carlyon, R., Deeks, J. & Bishop, S. (1999). Auditory temporal processing impairment: neither necessary nor sufficient for causing language impairment in children. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 42, 1295–1310.
- Bishop, D. & Snowling, M. (2004). Developmental dyslexia and specific language impairment: Same or different? *Psychological Bulletin*, 1, 858–886.
- Cardy, OJE., Flagg, EJ., Roberts, W. & Roberts, TPL. (2008). Auditory evoked fields predict language ability and impairment in children. *International Journal of Psychophysiology*, 68, 170–175.

- Catts, H., Adlof, S., Hogan, T & Weismer, S. (2005). Are Specific Language Impairment and Dyslexia Distinct Disorders? *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 48, 1378–1396.
- Chiat, S. (2006). The developmental trajectory of nonword repetition. *Applied Psycholinguistics*, 27, 552–556.
- Clahsen, H. (1999). Linguistic perspectives on specific language impairment. Teoksessa WC. Ritchie. & EK. Bahtia (toim.), *Handbook of Child Language Acquisition* (s. 675–704). London: Academic Press.
- Coady, J., Kluender, K. & Evans J. (2005). Categorical perception of speech by children with Specific Language Impairments. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 48, 944–959.
- Cohen, W., Hodson, A., O'Hare, A., Boyle, J., Durrani, T. & McCartney, E., ym. (2005). Effects of computer-based intervention through acoustically modified speech (Fast Forward) in severe mixed receptive–expressive language impairment: Outcomes from a randomized controlled trial. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48, 715–729.
- Conti-Ramsden, G. & Botting, N. (2001). Psycholinguistic markers for Specific Language Impairment (SLI). *Journal of Child Psychiatry*, 42, 741–748.
- Conti-Ramsden, G., Crutchlet, A. & Botting, N. (1997). The extent to which psychometric tests differentiate subgroups of children with SLI. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 40, 765–777.
- Corriveau, K., Pasquini, E. & Goswami, U. (2007). Basic Auditory Processing Skills and Specific Language Impairment: A New Look at an Old Hypothesis. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50, 647–666.
- de Bree, E. (2007). *Dyslexia and Phonology: A study of the phonological abilities of Dutch children at-risk of dyslexia*. [Julkaisematon väitöskirja] Utrecht: University of Utrecht.
- Efron, R. (1963). Temporal perception, aphasia and déjà vu. *Brain*, 86, 403–424.
- Elliott, L. (1971). Backward and Forward Masking. *International Journal of Audiology*, 10, 65–76.
- Farmer, M. & Klein, R. (1995). The evidence for a temporal processing deficit linked to dyslexia: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2, 460–493.
- Fee, E. (1995). The phonological system of a specifically language-impaired population. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 9, 189–209.
- Gallon, N., Harris, J. & van der Lely, H. (2007). Non-word repetition: An investigation of phonological complexity in children with Grammatical SLI. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 21, 435–455.
- Gathercole, S. & Baddeley, A. (1990). Phonological memory deficits in language disordered children: Is there a causal connection? *Journal of Memory and Language*, 29, 336–360.
- Gathercole, S. & Baddeley, A. (1996). *The Children's Test of Non-Word Repetition*. London: The Psychological Corporation.
- Gopnik, M. (1997). Language deficits and genetic factors. *Trends in Cognitive Sciences*, 1, 5–9.
- Gillam, R., Loeb, D., Hoffman, L., Bohman, T., Champlin, C. & Thibodeau, L., ym. (2008). The Efficacy of Fast ForWord Language Intervention in School-Age Children With Language Impairment: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51, 97–119.
- Halliday, LF & Bishop, D. (2006). Auditory frequency discrimination in children with dyslexia. *Journal of Research in Reading*, 29, 213–228.
- Hannus, S., Kauppila, T. & Launonen, K. (2009). Increasing prevalence of specific language impairment (SLI) in primary healthcare of a Finnish town, 1989–99. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 44, 79–97.
- Helenius, P., Salmelin, T., Richardson, U., Leinonen, S. & Lyytinen, H. (2002) Abnormal Auditory Cortical Activation in Dyslexia 100 msec after Speech Onset. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 603–617.
- Holopainen, IE., Korpilahti, P., Juottonen, K., Lang, H. & Sillanpää, M. (1997). Attenuated auditory event-related potential (mismatch negativity) in children with developmental dysphasia. *Neuropediatrics*, 28, 253–256.

- Holopainen, I.E., Korpilahti, P., Juottonen, K., Lang, H. & Sillanpää, M. (1998). Abnormal frequency mismatch negativity in mentally retarded children and in children with developmental dysphasia. *Journal of Child Neurology*, 13, 178–183.
- Joanisse, M. & Seidenberg, M. (1998). Specific language impairment: a deficit in grammar or processing? *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 240–247.
- Kail, R. (1994). A method for studying the generalized slowing hypothesis in children with specific language impairment. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37, 418–421.
- Kamhi, A. & Catts, H. (1986). Towards an understanding of developmental language and reading disorders. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 51, 337–347.
- Korpilahti, P. & Lang, H. (1994). Auditory ERP components and mismatch negativity in dysphasic children. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 91, 256–264.
- Kraus, N., McGee, T., Carrell, T., Zecker, S., Nicol, T. & Koch, D. (1996). Auditory neurophysiologic responses and discrimination deficits in children with learning problems. *Science*, 273, 971–973.
- Kuhl, P. (2000). A new view of language acquisition. *Proceedings of National Academy of Sciences, USA*, 97, 11850–11857.
- Kujala, T., Belitz, S., Tervaniemi, M. & Näätänen, R., 2003. Auditory sensory memory disorder in dyslexic adults as indexed by the mismatch negativity. *European Journal of Neuroscience*, 17, 1323–1327.
- Kujala, T., Huottilainen, M. & Näätänen, R. (2004). Mismatch Negativity (MMN) -vaste puheen havaitsemisen heijastajana. *Puhe ja Kieli*, 24, 41–54.
- Kujala, T., Lovio, R., Lepistö, T., Laasonen, M. & Näätänen, R. (2006). Evaluation of multi-attribute auditory discrimination in dyslexia with the mismatch negativity. *Clinical Neurophysiology*, 117, 885–893.
- Kujala, T., Myllyviita, K., Tervaniemi, M., Alho, K., Kallio, J. & Näätänen, R. (2000). Basic auditory dysfunction in dyslexia as demonstrated by brain activity measurements. *Psychophysiology*, 37, 262–266.
- Lachmann, T., Berti, S., Kujala, T. & Schröger, E. (2005). Diagnostic subgroups of developmental dyslexia have different deficits in neural processing of tones and phonemes. *International Journal of Psychophysiology*, 56, 105–120.
- Leonard, L. (1995). Functional categories in the grammars of children with specific language impairment. *Journal of Speech & Hearing Research*, 38, 1270–1283.
- Leonard, L. (1998). Children with specific language impairment. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Leppänen PHT, Pihko E, Eklund KM. & Lyytinen H. (1999) Cortical responses of infants with and without a genetic risk for dyslexia: II. Group effects. *NeuroReport*, 10, 969–973.
- Leppänen, PHT., Aro, M., Hämäläinen, J. & Vesterinen, M. (2006). Dysleksia -kehityksellinen lukemisen vaikeus. Teoksessa H. Hämäläinen, M. Laine, O. Aaltonen & A. Revonsuo (toim.), *Mieli ja Aivot* (s. 380–389). Turku: Turun yliopisto, Kognitiivisen neurotieteen tutkimuskeskus.
- Lyytinen H., Aro M., Eklund K., Erskine J., Guttorm T., & Laakso ML., ym. (2004). The development of children at familial risk for dyslexia: Birth to early school age. *Annals of Dyslexia*, 54, 184–220.
- Manis, F., McBride-Chang, C., Seidenberg, M., Keating, P., Doi L. & Munson, B. ym. (1997) Are speech perception deficits associated with developmental dyslexia? *Journal of Experimental Child Psychology*, 66, 211–235.
- Marler, J., Champlin, C. & Gillam, R. (2002). Auditory memory for backward masking signals in children with language impairment. *Psychophysiology*, 39, 767–780.
- Marshall, C. & van der Lely, H. (2006). A challenge to current models of past tense inflection: the impact of phonotactics. *Cognition*, 100, 302–320.
- McArthur, G. & Bishop, D. (2001). Auditory perceptual processing in people with reading and oral language impairments: Current issues and recommendations. *Dyslexia*, 7, 150–170.
- McArthur, G., Hogben, J., Edwards, V., Heath, S. & Mengler, E. (2000). On the "specifics" of specific reading disability and specific language impairment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 41, 869–874.



- McGregor, K. (1997). The Nature of Word-Finding Errors of Preschoolers With and Without Word Finding Deficits *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 40, 1232–1244.
- Mody, M., Studdert-Kennedy, M. & Brady, S. (1997). Speech perception deficits in poor readers: auditory processing or phonological coding? *Journal of Experimental Child Psychology*, 64, 199–231.
- Montgomery, J. & Evans, J.L. (2009). Complex sentence comprehension and working memory in children with Specific Language Impairment. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 52, 269–288.
- Montgomery, J. & Leonard, L. (1998). Real-time inflectional processing by children with specific language impairments: Effects of phonetic substance. *Journal of Speech and Hearing Research*, 41, 1432–1443.
- Nagarajan, S., Mah, H. & Merzenich, M. (1999). Cortical auditory signal processing in poor readers. *Proceedings of National Academy of Sciences, USA*, 96, 6483–6488.
- Neville, H., Coffey, S., Holcomb, P. & Tallal, P. (1993). The neurobiology of sensory and language processing in language-impaired children. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 235–253.
- Näätänen, R., Paavilainen, P., Tiitinen, H. & Jiang, D. (1993). Attention and mismatch negativity. *Psychophysiology*, 30, 436–450.
- Puolakanaho, A., Ahonen, T., Aro, M., Eklund, K., Leppänen, P. & Poikkeus, A. ym. (2007). Very early phonological and language skills: estimating individual risk of reading disability. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48, 923–931.
- Ramus, F. (2003). Developmental dyslexia: specific phonological deficit or general sensorimotor dysfunction? *Current Opinion in Neurobiology*, 13, 212–218.
- Ramus, F. (2004). Neurobiology of dyslexia: a reinterpretation of the data. *Trends in Neurosciences*, 27, 720–726.
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S., Day, B., Castellote, J. & White, S., ym. (2003). Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, 126, 841–865.
- Ramus, F. & Szenkovits, G. (2008). What phonological deficit? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 129–141.
- Rapin, I. & Allen, D. (1987). Developmental dysphasia and autism in pre-school children: Characteristics and subtypes. *Proceedings of the first international symposium on specific speech and language disorders in children*. London: Association for All Speech Impaired Children.
- Renvall, H. & Hari, R. (2003). Diminished Auditory Mismatch in Dyslexic Adults. *Annals of Neurology*, 53, 551–557.
- Rice, M. & Wexler, K. (1996). Toward tense as a clinical marker of specific language impairment in English-speaking children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 39, 1239–1257.
- Richardson, U., Kulju, P., Nieminen, L. & Torvelainen, P. (2008). Dysleksialasten puheen ja kielen prosessoinnista. *Puhe ja Kieli*, 28, 101–116.
- Riches, N.G., Tomasello, M. & Conti-Ramsden, G. (2005). Verb Learning in Children with SLI: Frequency and Spacing Effects. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48, 1397–1411.
- Rinker, T., Kohls, G., Richter, C., Maas, V., Schulz, E. & Schecker, M. (2007). Abnormal frequency discrimination in children with SLI as indexed by mismatch negativity (MMN). *Neuroscience Letters*, 413, 99–104.
- Rosen, S. (2003). Auditory processing in dyslexia and specific language impairment: Is there a deficit? What is its nature? Does it explain anything? *Journal of Phonetics*, 31, 509–527.
- Rosen, S., Adlard, A. & van der Lely, H. (2009). Backward and Simultaneous Masking in Children with Grammatical Specific Language Impairment: No Simple Link Between Auditory and Language Abilities. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 52, 396–411.
- Rosen, S. & Manganiari, E. (2001). Is there a relationship between speech and nonspeech auditory processing in children with dyslexia? *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 44, 720–736.
- Schulte-Körne, G., Deimel, W., Bartling, J. & Remschmidt, H. (1998). Auditory processing and dyslexia: evidence for a specific speech processing deficit. *Neuroreport*, 9, 337–340.

- Schulte-Körne, G., Deimel, W., Bartling, J. & Remschmidt, H. (1999). Pre-attentive processing of auditory patterns in dyslexic human subjects. *Neuroscience Letters*, 276, 41–43.
- Schulte-Körne, G., Deimel, W., Bartling, J. & Remschmidt, H. (2001). Speech perception deficit in dyslexic adults as measured by mismatch negativity (MMN). *International Journal of Psychophysiology*, 40, 77–87.
- Serniclaes, W., Heghe, S., Mousty, P., Carre, R. & Sprenger-Charolles, L. (2004). Allophonic mode of speech perception in dyslexia. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87, 336–361.
- Serniclaes, W., Sprenger-Charolles, L., Carre, R. & Demonet, J. (2001). Perceptual discrimination of speech and sounds in developmental dyslexia. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 44, 384–399.
- Shafer, V., Morr, M., Datta, H., Kurtzberg, D. & Schwartz, R. (2005). Neurophysiological indexes of speech processing deficits in children with Specific Language Impairment. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 1168–1180.
- Sharma, M., Purdy, S. & Kelly, A. (2009). Comorbidity of Auditory Processing, Language, and Reading Disorders. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 52, 706–722.
- Snowling, M. (2000). *Dyslexia*. Oxford: Blackwell.
- Stark, R.E. & Tallal, P. (1981). Selection of Children with Specific Language Deficits. *Journal of Speech & Hearing Disorders*, 46, 114–122.
- Stein, J. (2001). The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia*, 7, 12–36.
- Stein, J. & Walsh, V. (1997). To see but not to read; the magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neurosciences*, 20, 147–152.
- Tallal, P. (1980). Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and Language*, 9, 182–198.
- Tallal, P., Miller, S., Bedi, G., Byma, G., Wang, X. & Nagarajan, S., ym. (1996). Language comprehension in language-learning impaired children improved with acoustically modified speech. *Science*, 271, 81–83.
- Tallal, P. & Piercy, M. (1973). Defects of non-verbal auditory perception in children with developmental aphasia. *Nature*, 241, 468–469.
- Tallal, P. & Piercy, M. (1975). Developmental aphasia: The perception of brief vowels and extended stop consonants. *Neuropsychologia*, 13, 69–74.
- Temple, E., Poldrack, R., Salidis, J., Deutsch, G., Tallal, P. & Merzenich, M. ym. (2001). Disrupted neural responses to phonological and orthographic processing in dyslexic children. An fMRI study. *NeuroReport*, 12, 299–307.
- Thomas, M., Annaz, D., Ansari, D., Scerif, G., Jarrold, C., & Karmiloff-Smith, A. (2009). Using developmental trajectories to understand developmental disorders. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52, 336–358.
- Tomblin, J., Records, N., Buckwalter, P., Zhang, X., Smith, E. & O'Brien, M. (1997). Prevalence of Specific Language Impairment in Kindergarten Children. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 40, 1245–1260.
- Tomblin, J., Records, N. & Zhang, X. (1996). A System for the Diagnosis of Specific Language Impairment in Kindergarten Children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 39, 1284–1294.
- Uwer, R., Albrecht, R. & von Suchodoletz, W. (2002). Automatic processing of tones and speech stimuli in children with specific language impairment. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 44, 527–532.
- van der Lely, H. (2005). Domain-specific cognitive systems: Insight from Grammatical specific language impairment. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 53–59.
- van der Lely, H. & Battell, J. (2003). Wh-movements in children with grammatical SLI: a test of RDDR hypothesis. *Language*, 79, 153–181.
- van der Lely, H., Rosen, S. & Adlard, A. (2004). Grammatical language impairment and the specificity of cognitive domains: relations between auditory and language abilities. *Cognition*, 94, 167–183.
- van der Lely, H. & Stollwerck, L. (1997). Binding theory and specifically language impaired children. *Cognition*, 52, 245–290.
- van der Lely, H. & Ullman, M. (2001). Past tense morphology in specifically language impaired children and normally developing children. *Language and Cognitive Processes*, 16, 177–217.
- Vellutino, FR. (1979). *Dyslexia: Research and Theory*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Wechsler, D. (1963). Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence. New York: The Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1992). The Wechsler Intelligence Scale for Children, 3rd edition. London: The Psychological Corporation.
- White, S., Milne, E., Rosen, S., Hansen, P., Swettenham, J. & Frith, U., ym. (2006). The role of sensorimotor impairments in dyslexia: A multiple case study of dyslexic children. *Developmental Science*, 9, 237–255.
- Witton, C., Stein, J., Stoodley, C., Rosner, B. & Talcott, J. (2002). Separate Influences of Acoustic AM and FM Sensitivity on the Phonological Decoding Skills of Impaired and Normal Readers. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 866–874.
- Witton, C., Talcott, J., Hansen, P., Richardson, A., Griffiths, T. & Rees, A., ym. (1998). Sensitivity to dynamic auditory and visual stimuli predicts nonword reading ability in both dyslexic and normal readers. *Current Biology*, 8, 791–797.
- Wright, B., Lombardino, L., King, W., Puranik, C., Leonard, C. & Merzenich, M. (1997). Deficits in auditory temporal and spectral resolution in language-impaired children. *Nature*, 387, 176–178.

### **AUDITORY AND SPEECH PROCESSING IN SPECIFIC LANGUAGE IMPAIRMENT (SLI) AND DYSLEXIA.**

*Otti Tuomainen, Division of Psychology and Language Sciences, University College London*

There is much controversy about the causes and nature of Specific Language Impairment (SLI) and Specific Reading Disability (SRD or dyslexia). One influential theory proposes that SLI and dyslexia stem from subtle deficits in lower-level auditory processing. This article presents a review of behavioural and electrophysiological evidence for and against that theory and outlines some directions for future research on the nature and relationship of SLI and dyslexia.

**Key words:** Specific Language Impairment (SLI), dyslexia, auditory processing, behavioural and electrophysiological measures.