

Proseduraalisen muistin
toiminnan heikkous
kielellisten vaikeuksien taustatekijänä
Pro gradu -tutkielma

Taina McConchie ja Lotta-Sofia Nurmi
Pro gradu -tutkielma
Ohjaaja: Elina Mainela-Arnold
Turun yliopisto
Psykologian ja logopedian laitos
Logopedia
12.10.2018

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

TURUN YLIOPISTO

Psykologian ja logopedian laitos / Yhteiskuntatieteellinen tiedekunta

MCCONCHIE, TAINA & NURMI, LOTTA-SOFIA: Proseduraalisen muistin toiminnan heikkous kielellisten vaikeuksien taustatekijänä

Pro gradu -tutkielma 72 s.

Logopedia

Lokakuu 2018

Tämän tutkielman tavoitteena oli selvittää proseduraalisen muistin toiminnan roolia sekä ohimenevien että pysyvien kielellisten vaikeuksien taustalla. Tutkielman teoreettisena lähtökohtana toimi proseduraalisen muistin hypoteesi (Ullman & Pierpont, 2005), joka pyrkii selittämään kielellisessä erityisvaikeudessa (SLI) esiintyviä kielellisiä vaikeuksia proseduraalisen muistin heikkoudella. Proseduraalisen muistin heikkous saattaisi olla myös kielen kehityksen viiveen taustalla, koska sekä SLI:ssä että kielen kehityksen viiveessä vaikeudet ovat kielellisiä ja osalla lapsista kielen kehityksen viive voi edeltää SLI:tä. Proseduraalisen muistin toiminnan roolia ei ole kuitenkaan tutkittu lapsilla, joilla on kielen kehityksen viive (late talker, LT). Tutkielman hypoteesina oli, että proseduraalisen muistin toiminnassa olisi havaittavissa jatkumo, jossa SLI-lasten proseduraalisen muistin toiminta poikkeaa tyypillisesti kehittyneiden (TK) lasten proseduraalisen muistin toiminnasta LT-lapsia enemmän.

Tutkittavat lapset valikoituivat tutkielman aineistoon NeuroTalk-tutkimusprojektista. TK-ryhmään valikoitui kahdeksan (n = 8), LT-ryhmään kahdeksan (n = 8) ja LT+SLI-ryhmään seitsemän (n = 7) lasta. Proseduraalisen muistin toiminnan eri osa-alueita tutkittiin SRT-, dowel-, suun motoriset sarjat - ja sorminaputustehtävällä.

Dowel-tehtävässä kummatkin LT-taustaiset ryhmät suoriutuivat TK-ryhmää tilastollisesti merkittävästi heikommin. Muissa tehtävissä ryhmien suoriutumisen kesken ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja. Tulokset eivät täysin tue hypoteesia proseduraalisen muistin toiminnan jatkumosta. LT-taustaisten lasten motorinen suunnittelu vaikuttaa kuitenkin olevan tyypillistä heikompaa. Suunnittelun vaikeuden pitäisi kuitenkin olla luonteeltaan kognitiivista, ei pelkästään motoriikkaan rajoittunutta, jotta se voisi selittää LT-taustaisten lasten kielelliset vaikeudet. On siis mahdollista, että ohimenevienkin kielellisten vaikeuksien taustalla saattaa olla kouluikään asti pysyvä kognitiivisen suunnittelun heikkous. Suunnittelun heikkous ei kuitenkaan yksinään riitä selittämään kielellisten vaikeuksien pysyvyyttä, koska sitä oli havaittavissa molemmilla LT-taustaisilla ryhmillä.

Asiasanat

Proseduraalinen muisti, kielellinen erityisvaikeus, kehityksellinen kielihäiriö, viivästynyt kielen kehitys, kielen kehityksen viive

Sisällys

1 Johdanto	1
1.1 Kielellinen erityisvaikeus	1
1.2 Kielen kehityksen viive	3
1.3 Kielellisten vaikeuksien taustatekijät ja pysyvyys	4
1.4 Proseduraalinen muisti ja sen yhteys kielen kehitykseen	6
1.4.1 Proseduraalisesta muistista vastaavat aivorakenteet	8
1.4.2 Proseduraalisen muistin toiminnan tutkiminen	11
1.5 Proseduraalisen muistin heikkouden jatkumo	17
2 Tutkimuskysymykset	20
3 Menetelmät	21
3.1 Tutkittavat	21
3.2 Tutkimusmenetelmät	27
3.2.1 SRT-tehtävä	28
3.2.2 Dowel-tehtävä	29
3.2.3 Suun motoriset sarjat	31
3.2.4 Sorminaputustehtävä	31
3.2.5 Reliabiliteetti	32
3.3 Tutkimusasetelma ja aineiston analysointi	33
3.4 Tutkimuksen eettisyys	34
4 Tulokset	36
4.1 SRT-tehtävä	36
4.2 Dowel-tehtävä	38
4.3 Suun motoriset sarjat	44
4.4 Sorminaputustehtävä	45
4.5 Yhteenveto tuloksista	47
5 Pohdinta	48
5.1 SRT-tehtävä	48
5.2 Dowel-tehtävä	50
5.3 Suun motoriset sarjat	57
5.4 Sorminaputustehtävä	58
5.5 Proseduraalisen heikkouden jatkumo hypoteesina	60
5.6 Havaittujen vaikeuksien neuraaliset vastineet aivoissa	60
5.7 Yhteenveto	61
5.8 Tutkimuksen luotettavuus	62
5.9 Jatkotutkimusehdotukset ja tutkimuksen kliininen merkitys	64
Lähteet	66

1 Johdanto

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli selvittää, liittyvätkö proseduraalisen muistin toiminnan vaikeudet sekä ohimeneviin että pysyviin kielellisiin vaikeuksiin. Tarkoitus oli siis tutkia proseduraalisen muistin toimintaa kouluikäisillä lapsilla, joiden kielen kehitys oli viiveistä 2- tai 3-vuotiaana, ja tyypillisesti kehittyneillä verrokkilapsilla. Lapset, joiden kielen kehitys oli ollut viiveistä 2- tai 3-vuotiaana, jaettiin tutkimushetken kielellisten taitojen mukaan lapsiin, jotka suoriutuivat kielellisistä mittareista ikätasoisesti, ja lapsiin, joiden kielellinen suoriutuminen täytti SLI:n määritelmän mukaiset diagnostiset kriteerit. Tavoitteena oli selvittää, muodostaako tutkittavien proseduraalisen muistin toiminta jatkumon niin, että se on heikointa lapsilla, joilla on pysyviä kielellisiä vaikeuksia, vähemmän heikkoa lapsilla, joiden kielelliset vaikeudet ovat väistyneet, ja vahvinta lapsilla, joiden kielen kehitys on ollut tyypillistä.

Proseduraalisen muistin poikkeavan toiminnan avulla on pyritty selittämään kielellisessä erityisvaikeudessa ilmeneviä kielellisiä ongelmia (Ullman & Pierpont, 2005). Proseduraalisen muistin toimintaa ei ole kuitenkaan tutkittu lapsilla, joilla kielen kehitys on ollut viiveistä varhaislapsuudessa, mutta jotka ovat saavuttaneet ikäodotusten mukaiset kielelliset taidot noin 4–5-vuotiaana (Rescorla, 2011). Aiemmin ei ole myöskään toteutettu vastaavaa tutkimusta pitkittäisaineistolla, jolla voidaan selvittää, liittykö proseduraalisen muistin toiminta kielellisten vaikeuksien pysyvyyteen. Proseduraalisen muistin toimintaa ohimenevissä kielellisissä vaikeuksissa ja sen osuutta kielellisten vaikeuksien pysyvyydessä olisikin tärkeä selvittää, koska tällä hetkellä näistä asioista ei tiedetä tarpeeksi. Sekä kielen kehityksen että sen viiveen kognitiivisia taustamekanismeja voitaisiin ymmärtää entistä paremmin, kun niistä saadaan lisää tietoa. Kun kielellisten vaikeuksien pysyvyyden taustamekanismeja puolestaan tunnetaan paremmin, voidaan kuntoutusresurssejakin kohdistaa tehokkaammin.

1.1 Kielellinen erityisvaikeus

Kaikilla lapsilla kielen kehitys ei etene tyypillisesti. Kielen kehityksen poikkeavuus voi liittyä johonkin neurologiseen tai biologiseen vammaan tai poikkeavuuteen (Beer,

Peters & Pisoni, 2014; Chilosi, 2014; Kim & Lord, 2014). Kielen kehityksen häiriö voi esiintyä myös yksinään, jolloin puhutaan kielellisestä erityisvaikeudesta (*engl. specific language impairment, SLI*; Botting, 2014). Kielellisessä erityisvaikeudessa lasten on vaikea oppia ja käyttää kielen eri osa-alueita tehokkaalla tavalla. Kielelliset vaikeudet voivat näkyä fonologiassa, morfologiassa, syntaksissa, sananlöytämisessä tai semantiikassa (Leonard, 2014). Vaikeudet voivat näkyä vain yhdellä kielen osa-alueella tai niissä kaikissa. Lisäksi vaikeudet voivat ilmetä joko puheen tuotossa tai puheen ymmärtämisessä tai niissä molemmissa. Kielellisessä erityisvaikeudessa kielen kehityksen häiriö ei selity fyysisellä vammalla, älyllisellä kehitysvammalla, kuulovammalla, autismitilalla, tunne-elämän ongelmilla tai ympäristön puutteellisuudella (Bishop, 1992; Botting, 2014). Sen esiintyvyys esikouluikäisillä lapsilla on noin 7 %, ja se on yleisempi pojilla kuin tytöillä (Tomblin ym., 1997). Kielellinen erityisvaikeus voidaan diagnosoida noin neljän vuoden iässä (Kielellinen erityisvaikeus: Käypä hoito -suositus, 2010; Leonard, 2014). Yleensä SLI:n diagnosoimiselle kriteerinä pidetään sitä, että lapsi suoriutuu vähintään kahdella eri kielellisellä osa-alueella vähintään 1.25 keskihajontaa alle ikätason (Tomblin ym., 1997). Tässä työssä käytetään lyhennettä SLI viitattaessa kielelliseen erityisvaikeuteen, koska sitä käytetään yleisesti kirjallisuudessa.

SLI vaikuttaa laajasti lapsen toimintakykyyn, ja SLI:n aiheuttamat vaikeudet vaikuttavat ihmisen koko elämänsäkaareen. SLI:hin liittyvien heikkojen kielellisten taitojen on havaittu ennustavan koulumenestystä, erityisesti tyypillisesti kehittyneitä lapsia heikompaa suoriutumista äidinkielessä (Durkin, Mok & Conti-Ramsden, 2015). On esimerkiksi havaittu, että kouluiässä SLI-lapsilla on tyypillisesti kehittyneitä lapsia enemmän vaikeuksia lukemisessa (Werfel & Krimm, 2017). Pysyvät kielelliset vaikeudet saatetaan havaita vasta kouluiässä, jolloin lukemisen vaikeudet ovat myöskin todennäköisiä (Snowling, Duff, Nash & Hulme, 2016). Kouluiässä SLI on myös yhteydessä toiminnanohjauksen heikkouksiin erityisesti kouluympäristössä (Kuusisto, Nieminen, Helminen & Kleemola, 2017). Lapsen kielelliset taidot kehittyvät lapsen kasvaessa SLI:stä huolimatta, mutta suurella osalla kielellisten taitojen heikkoutta esiintyy vielä nuoruudessa ja aikuisuudessa (Leonard, 2014).

1.2 Kielen kehityksen viive

Alle 4-vuotiailla lapsilla, joilla ei vielä voida luotettavasti puhua SLI:stä, kielen kehitys voi olla viiveistä. Kielen kehityksen viive voi olla sekundääri häiriö jollekin toiselle biologiselle tai neurologiselle häiriölle, tai johtua esimerkiksi ympäristön vakavasta puutteellisuudesta (Rescorla, 2011). Toisaalta lapsen kielen kehitys voi olla viiveistä ilman, että esimerkiksi mikään sensorinen, neurologinen tai kognitiivinen diagnoosi selittäisi sitä (Alt, Meyers, Oglivie, Nicholas & Arizmendi, 2014; Desmarais, Sylvestre, Meyer, Bairati & Rouleau, 2008). Tässä tutkimuksessa keskitytään juuri jälkimmäiseen, eli primaariin kielen kehityksen viiveeseen. Keskeisenä kriteerinä kielen kehityksen viiveelle pidetään tuottavan sanaston viivästymää (Alt ym., 2014). Tyypillisinä kriteereinä kielen kehityksen viiveelle ovat alle 10. persentiilin tulos MCDI-kyselyssä (*MacArthur-Bates Communicative Development Inventories*; Fenson ym., 2006), alle 50 sanan sanasto tai sanayhdistelmien puuttuminen 2-vuotiaana (Rescorla, 2014). Viive voi ilmetä puheen tuottamisen lisäksi myös puheen ymmärtämisen taidoissa (Desmarais ym., 2008). Näihin lapsiin viitataan englanninkielisessä kirjallisuudessa termillä *late talker*, LT (Alt ym., 2014), ja käytämme myös tässä työssä näistä lapsista tätä termiä. Kielen kehityksen viiveestä puolestaan puhutaan kielen kehityksen viiveenä.

Kielen kehitys voidaan luokitella viivästyneeksi noin 24–35 kuukauden ikäisillä lapsilla, joiden puhe kehittyy tyypillistä hitaammin (Alt ym., 2014). Tähän ikään mennessä tyypillisen kielen kehityksen yksilöllisen vaihtelun pitäisi jo tasaantua, mutta toisaalta tämän ikäisiä lapsia pidetään vielä liian nuorina, jotta heillä voitaisiin diagnosoida kielellistä erityisvaikeutta (Alt ym., 2014; Rice, Taylor & Zubrick, 2008). Zubrickin, Taylorin, Ricen ja Slegersin (2007) mukaan kielen kehityksen viivettä todetaan 13,4 %:lla 24 kuukauden ikäistä lapsista ja Collissonin tutkimusryhmän (2016) mukaan sitä esiintyy 12,6 %:lla 24–30 kk ikäisistä lapsista. Kielellisen erityisvaikeuden esiintyvyydeksi esikouluikäisillä on taas arvioitu noin 7 % (Leonard, 2014; Tomblin ym., 1997). Osalla LT-lapsista todetaan siis vanhempana kielellinen erityisvaikeus (Alt ym., 2014). Esimerkiksi Bishop ja kumppanit (2012) arvioivat aiempien tutkimusten pohjalta, että vain noin 25 %:lle LT-lapsista kehittyy myöhemmin vaikea-asteinen SLI. Toisaalta kaikilla lapsilla, joilla on 5-vuotiaana SLI, ei ole ollut viiveistä kielen kehitystä varhaislapsuudessa (Rescorla, 2011). Harvat tutkimukset ovat kuitenkin olleet tutkimusasetmaltaan pitkittäisiä niin, että lapsia olisi tutkittu varhaislapsuudesta kouluikään asti.

Toisin sanoen mahdollisia varhaisvaiheiden kielellisiä vaikeuksia ei olla välttämättä havaittu aiemmissa SLI-tutkimuksissa, koska tutkittavat ovat olleet pääasiassa kouluikäisiä eikä heidän kielellisiä taitojaan ole arvioitu varhaislapsuudessa.

Suurin osa lapsista, joilla on ollut kielen kehityksen viive, suoriutuvat 5–7-vuotiaana normaalivaihtelun puitteissa kielellisistä mittareista, mutta suoriutuvat mittareista silti tyypillisesti kehittyneitä ikätovereitaan heikommin vielä nuoruudessaakin (Rescorla, 2011). Samansuuntaisia tuloksia on saatu myös lukutaitojen ja luetun ymmärtämisen taidoista: Lapset, joiden kielen kehitys on ollut viiveistä, suoriutuvat normaalivaihtelun sisällä, mutta kuitenkin heikommin kuin verrokit (Lyytinen, Eklund & Lyytinen, 2005). Myös Preston kollegoineen (2010) havaitsi, että myöhään puhumaan oppineet lapset suoriutuivat lukutaitoa mittaavista tehtävistä heikommin kuin aikaisin tai ajallaan puhumaan oppineet lapset. Kielen kehityksen viiveeseen liittyvän pienen sanaston on myös todettu ennustavan lapsen heikkoja kouluvalmiuksia 5-vuotiaana (Scheffner Hammer ym., 2017). Lisäksi kouluikäisillä late talker -taustaisilla lapsilla on havaittu kerronnan rakenteiden käytön heikkoutta (Manhardt & Rescorla, 2002). Kielen kehityksen viiveeseen liittyvät kielelliset vaikeudet vaikuttavat siis jatkuvan lievinä vielä kouluikässä ja nuoruudessaakin.

1.3 Kielellisten vaikeuksien taustatekijät ja pysyvyys

Lasten käyttäytymisen tasolla on piirteitä, joiden perusteella voidaan ennustaa kielellisten vaikeuksien pysyvyyttä. On havaittu, että niillä lapsilla, joilla on ollut varhaislapsuudessa puheen tuottamisen lisäksi myös puheen ymmärtämisessä viivettä, kielellisten vaikeuksien jatkuminen on todennäköisempää kuin lapsilla, joilla on ollut viivettä vain puheen tuotossa (Fisher, 2017; Moyle, Stokes & Klee, 2011; Rescorla, 2011). Ymmärtämisen vaikeudet vaikuttavat olevan vahvin yksittäinen kielellisten vaikeuksien pysyvyyttä ennustava tekijä. Myös esimerkiksi LT-lapsen eleiden käytön vähyyden on havaittu ennustavan kielellisten vaikeuksien pysyvyyttä (Moyle ym., 2011). Vaikka käyttäytymisen piirteiden heikkoudet saattavat olla hyviä kielellisten vaikeuksien pysyvyyden ennustajia, niistä ei kuitenkaan suoraan saada tietoa kielellisten vaikeuksien ja niiden pysyvyyden taustatekijöistä.

Sekä kielen kehityksen viiveen että SLI:n taustalla saattaa olla ainakin osittain samoja taustatekijöitä. Molempien taustalla vaikuttavat sekä perimä että ympäristötekijät (Bishop, 2006; Collisson ym., 2016; Scheffner Hammer ym., 2017). Kielen kehityksen viiveen taustalla näyttää siis olevan jossain määrin perimä: kielellisten vaikeuksien esiintyminen perheessä lisää riskiä, että lapsilla kielen kehitys viivästyy (Collisson ym., 2016; Rescorla, 2011). Myös SLI:ssä perimän on havaittu olevan tärkeä taustatekijä esimerkiksi kaksostutkimuksissa (Bishop, 2006). Kielen kehityksen viivettä ja SLI:tä yhdistää myös biologinen tekijä: molempia kielen kehityksen häiriöitä esiintyy enemmän pojilla kuin tytöillä (Collisson ym., 2016; Scheffner Hammer ym., 2017; Korpilah-ti, Kaljonen & Jansson-Verkasalo, 2016; Rescorla, 2011; Tomblin ym., 1997).

Kielellisten vaikeuksien syntyä voidaan siis osittain selittää perimään liittyvillä tekijöil-lä. Useissa tutkimuksissa onkin pyritty selvittämään geenien ja kielellisten taitojen yhteyttä (Bishop, 2006; Lee, Mueller & Tomblin, 2016). Geenien yhteyttä kielellisiin toimintoihin on pyritty selittämään esimerkiksi endofenotyyppien avulla. Ne ovat yksinkertaisempia välittäviä mekanismeja geenien ja havaittavan monimutkaisen käyt-täytymisen taustalla. SLI:ssä tällaiseksi kielellisten taitojen ja geenien yhteyttä selittä-väksi endofenotyyppiksi on ehdotettu esimerkiksi proseduraalisen muistin toimintaa ja sen rakenteita aivoissa (Ullman & Pierpont, 2005).

Geneettiset tekijät ja kielen prosessointitaidot saattavat selittää kielellisten vaikeuksien pysyvyyttä paremmin kuin ympäristötekijät (Rescorla, 2011). Onkin havaittu, että pysy-vien kielellisten vaikeuksien taustalla on todennäköisesti geneettisiä tekijöitä, kun taas ohimeneviä kielellisiä vaikeuksia selittävät paremmin ympäristötekijät (Hawa & Spanoudis, 2014). Toisaalta LT-ryhmän lapset suoriutuvat vielä nuoruudessaakin tyypil-lisesti kehittyneitä ikätovereitaan heikommin kielellisissä tehtävissä (Rescorla, 2011), joten LT-lastenkin kielellisten haasteiden taustalla voisi olla jokin geenivariaatioon liit-tyvä riskitekijä. LT-lapsilla ympäristötekijät pystyvät mahdollisesti kompensoimaan riskitekijän vaikutusta kuitenkin niin, että lapsi saavuttaa ikätasoiset odotukset kielelli-sissä taidoissa. SLI-lapsilla tämä geneettinen riskitekijä sen sijaan olisi niin voimakas, että ympäristötekijät eivät riitä sen kompensoimiseen. Toisaalta voi olla niinkin, että SLI:ssä riskitekijät kasautuvat, jolloin ympäristötekijät yhdessä geneettisen riskitekijän kanssa aiheuttavat pysyviä kielellisiä vaikeuksia. Onkin havaittu, että monen riskiteki-jän kasautuminen lisää pysyvien kielellisten vaikeuksien todennäköisyyttä (Hawa & Spanoudis, 2014).

Monet ympäristön riskitekijät ja suojaavat tekijät vaikuttavatkin siihen, väistyvätkö kielelliset vaikeudet vai jäävätkö ne pysyviksi. Kielen kehitykseen vaikuttavia ympäristötekijöitä ovat esimerkiksi vanhempien kyky tukea lapsensa kielen kehitystä (Roberts & Kaiser, 2011). Kielen kehitykseen vaikuttaa siis vanhemman lapselle tuottama kielellinen syöte, mutta toisaalta myös lapsen kielelliset taidot vaikuttavat vanhemman tuottamaan kielelliseen syötteeseen, eli ne vaikuttavat toisiinsa (D'Souza, D'Souza & Karmiloff-Smith, 2017). Kielen kehityksen viiveeltä suojaavia tekijöitä ovat tutkimustiedon perusteella päiväkotihoido, lapsen vapaisiin leikki-tilanteisiin osallistuminen ja kuvakirjojen katsominen tai lukeminen yhdessä aikuisen kanssa (Collisson ym., 2016). Esimerkiksi äidin matalan koulutustason (Rudolph, 2017) ja perheen sosioekonomisen statuksen (Fisher, 2017) on havaittu olevan kielellisten vaikeuksien pysyvyyden todennäköisyyttä lisääviä ympäristön riskitekijöitä.

1.4 Proseduraalinen muisti ja sen yhteys kielen kehitykseen

SLI:n yhdeksi taustatekijäksi on ehdotettu geenien ohjaamana tapahtuvaa proseduraalisen muistin poikkeavaa kehitystä ja toimintaa (Ullman & Pierpont, 2005). Tätä oletusta kutsutaan proseduraalisen muistin hypoteesiksi (*engl. procedural deficit hypothesis, PDH*). Proseduraalisen muistin hypoteesi perustuu oletukselle, että pitkäkestoinen muisti voidaan jakaa proseduraaliseen muistiin ja deklarativiseen muistiin (Squire, Knowlton & Musen, 1993; Ullman & Pierpont, 2005). Deklaratiivinen muisti vastaa tietoisesta muistamisesta, ja sinne varastoidaan faktoja ja tapahtumia. Proseduraalinen muisti eli taitomuisti vastaa erilaisten ärsykkeiden ja reaktioiden välisten yhteyksien eli proseduurien omaksumisesta (Wilkinson & Jahanshahi, 2015). Proseduraalinen muisti vastaa siis taitojen, esimerkiksi uimaan oppimisen, kannalta tärkeiden motoristen sarjojen oppimisesta. Proseduraalinen muisti liittyy kuitenkin sarjallisen motorisen oppimisen lisäksi myös kognitiiviseen oppimiseen (Ullman & Pierpont, 2005). Taitojen oppiminen proseduraalisen muistin varassa vaatii useita toistoja (Ullman & Pierpont, 2005), mutta vähitellen taito automatisoituu eikä suoritus vaadi tietoista prosessointia (Wilkinson & Jahanshahi, 2015). Proseduraalisen muistin avulla opittuja asioita ja taitoja on usein vaikea kielellistää, koska oppiminen onkin luonteeltaan jossain määrin tiedostamatonta eli implisiittistä (Wilkinson & Jahanshahi, 2015). Proseduraalista muistia tarvitaan näiden taitojen oppimisen lisäksi niiden käyttämiseen.

Proseduraalisen muistin hypoteesi olettaa, että SLI:ssä ilmenevät ongelmat syntaksissa, morfologiassa, fonologiassa sekä sananlöytämisessä johtuvat häiriöstä proseduraalisen muistin toiminnassa (Ullman & Pierpont, 2005). Deklaratiivisen muistin taas oletetaan vastaavan sanojen merkitysten ja niiden välisten yhteyksien oppimisesta ja käytöstä, eli semantiikasta. Zwartin, Vissersin, Kesselsin & Maesin (2017) meta-analyysissä havaittiin, että useissa tutkimuksissa on todettu, että proseduraalisen muistin toiminta on poikkeavaa SLI:ssä. Osassa tutkimuksista proseduraalisen muistin poikkeavaa toimintaa SLI:ssä ei kuitenkaan havaittu. Lisäksi tutkimuksissa on saatu proseduraalisen muistin hypoteesin oletuksia tukevia tuloksia proseduraalisen muistin ja kielen eri osa-alueiden välisistä yhteyksistä (esim. Desmottes, Meulemans & Maillart, 2016a; Hedenius ym., 2011; Mainela-Arnold & Evans, 2014; Mayor-Dubois, Zesiger, Van Der Linden & Roulet-Perez, 2014; Sengottuvel & Rao, 2013), mutta myös sen oletusten kanssa ristiriidassa olevia tuloksia (esim. Desmottes, Maillart & Meulemans, 2016; Hsu & Bishop, 2014; Poll, Miller & van Hell, 2015). Tämän tutkimuksen tuloksista voidaan saada tietoa, joka saattaisi selittää SLI-lasten vaihtelevaa suoriutumista proseduraalisen muistin tehtävissä.

Kielen kehityksen viiveen taustatekijöiden ymmärtäminen voisi auttaa ymmärtämään, miksi tutkimustieto SLI-lasten suoriutumisesta proseduraalisen muistin toiminnasta on ollut ristiriitaista. On mahdollista, että joidenkin tutkimusten SLI-ryhmiin on valikoitunut lapsia, joilla on paremmat kielelliset taidot kuin joidenkin muiden tutkimusten SLI-ryhmien lapsilla. SLI-ryhmien ja verrokkien erojen puuttuminen proseduraalisen muistin toimintaa mittaavassa tehtävässä suoriutumisessa joissakin tutkimuksissa saattaisikin johtua siitä, että lievempiin kielellisiin vaikeuksiin saattaa liittyä lievempi proseduraalisen muistin heikkous. Koska LT-lasten kielelliset taidot ovat paremmat kuin SLI-lasten, mutta kuitenkin verrokkeja heikommat, LT- ja SLI-ryhmän vertailu voisi tuottaa tietoa proseduraalisen muistin toiminnasta eritasoisissa kielellisissä vaikeuksissa. Kielen kehityksen viiveen taustatekijöiden ymmärtäminen saattaa siis auttaa ymmärtämään myös SLI:n taustatekijöitä entistä paremmin.

Proseduraalisen muistin heikkouden on siis esitetty olevan yksi mahdollinen selittäjä SLI:ssä (Ullman & Pierpont, 2005), mutta proseduraalisen muistin toiminnan yhteyttä kielen kehityksen viiveeseen ei ole tutkittu. Proseduraalisen muistin hypoteesi voisi kuitenkin sopia myös LT-lasten pienen sanaston ja ymmärtämisen ongelmien selittäjäksi, sillä myös varhaisessa kielen oppimisessa hyödynnetään proseduraalisen muistin

toimintaan perustuvia prosesseja. Sanaston omaksumisen alkuvaiheessa lapset oppivat sanojen rakenteita, kuten foneemeja, fonotaksia ja sanarajoja seuraamalla ympäristön sarjallisia todennäköisyyksiä (Weiss, 2014). Lapset oppivat myös sanojen semanttisen sisällön yhdistämällä tietyn foneemijonon sen merkitykseen niiden tiheän yhdessä esiintymisen myötä (Smith, Suanda & Yu, 2014; Smith & Yu, 2013; Suanda, Mugwanya & Namy, 2014). Lapset siis oppivat yhdistämään sanan kohteeseensa, kun ne esiintyvät yhdessä erilaisissa konteksteissa. Voidaan olettaa, että proseduraalinen muisti tukee tämän tyyppistä oppimista (Ullman & Pierpont, 2005).

Proseduraalisen muistin hypoteesin taustalla on siis oletus, että pitkäkestoinen muisti voidaan jakaa proseduraaliseen muistiin sekä deklaraatiiviseen muistiin (Squire ym., 1993; Ullman & Pierpont, 2005). Tutkijat olettavat, että nämä muistijärjestelmät toimivat ainakin jossain määrin toisistaan erillään (Squire ym., 1993; Ullman, 2001). Proseduraalisen muistin hypoteesi olettaakin, että vaikka SLI:ssä proseduraalisen muistin toiminta on poikkeavaa, deklaraatiivinen muisti toimii kuitenkin normaalisti (Ullman & Pierpont, 2005). Hypoteesi perustuu myös oletukseen, että nämä muistijärjestelmät vastaavat keskenään erilaisten kielen osa-alueiden oppimisesta ja käyttämisestä (Ullman, 2001; Ullman & Pierpont, 2005). Lisäksi oletetaan, että proseduraalisella ja deklaraatiivisella muistijärjestelmällä on myös ainakin osittain erilainen neuraalinen perusta (Squire ym., 1993; Ullman, 2001).

1.4.1 Proseduraalisesta muistista vastaavat aivorakenteet

Proseduraalisen muistijärjestelmän ymmärtäminen vaatii myös sen taustalla vaikuttavien aivorakenteiden tuntemista. Proseduraalisen muistin toimintaan osallistuu useita aivoalueita (Foerde & Poldrack, 2009; Squire ym., 1993). Tarkkarajaista proseduraalisen muistin toiminnasta vastaavaa neuraalista järjestelmää ei olla kuitenkaan pystytty paikantamaan, sillä sekä proseduraalinen että deklaraatiivinen muisti aktivoivat samoja aivoalueita (Wilkinson & Jahanshahi, 2015). Onkin esitetty, että deklaraatiivinen ja proseduraalinen muistijärjestelmä toimivat vuorovaikutuksessa keskenään. Proseduraalisen muistin toimintaa mittaavat tehtävät aktivoivat yleensä useita aivoalueita. Esimerkiksi SRT-tehtävä (ks. luku 1.4.2.1) aktivoi useita aivokuoren alueita ja aivokuoren alapuolisia alueita sekä niiden välisiä yhteyksiä.

Proseduraalisen muistin varassa tapahtuva oppiminen perustuu toistoihin, harjoitteluun ja harjoittelun aikana saatuun palautteeseen suorituksesta (Wilkinson & Jahanshahi, 2015). Useat eri aivoalueet osallistuvat uuden taidon oppimiseen proseduraalisen muistin varassa. Eri aivoalueita ja niiden merkitystä proseduraalisessa oppimisessa käydään läpi tässä luvussa. Proseduraalisen muistin toiminnan kannalta keskeisiä aivoalueita ovat tyvitumakkeet (*lat. ganglia basalis*), ja erityisesti niihin kuuluva aivojuovio (*lat. corpus striatum*), sekä niiden yhteydet aivokuorelle (*lat. cortex cerebri*) (Foerde & Poldrack, 2009; Squire ym., 1993). Aivojuovioon kuuluvien häntätumakkeen (*lat. nucleus caudatus*) ja aivokuorukan (*lat. putamen*) sekä aivokuoren välisiä yhteyksiä kutsutaan kortikostriataaliseksi järjestelmäksi (Squire ym., 1993). Aivojuovion oletetaan osallistuvan ärsykkeiden ja reaktioiden välisten assosiaatioiden omaksumiseen eli palautteeseen perustuvaan oppimiseen (Foerde & Poldrack, 2009). Tyvitumakkeet osallistuvat myös liikesarjakokonaisuuksien muodostamiseen ja oppimiseen, jolloin opittujen liikkeiden suorittaminen muuttuu nopeammaksi ja varmemmaksi. Tyvitumakkeiden ajatellaan osallistuvan erityisesti oppimiseen, jossa yksilön sisäiset suunnitelmat käynnistävät toiminnan, mutta ulkoiset tekijät ja palaute muokkaavat toimintaa tulevaisuudessa. Kortikostriataalinen järjestelmä osallistuu myös kielellisiin toimintoihin, kuten puhesegmenttien artikulaation oppimiseen sekä monimutkaisten säännönmukaisuuksien oppimiseen puheesta (Krishnan, Watkins & Bishop, 2016).

Aivojuovioon kuuluvan oikeanpuoleisen häntätumakkeen on todettu olevan tilavuudeltaan tyypillistä pienempi SLI:ssä (Badcock, Bishop, Hardiman, Barry & Watkins, 2012). Sama poikkeavuus havaittiin sekä henkilöillä, joilla on SLI, että heidän sisarusillaan. Poikkeavuus saattaa siis olla SLI:n riskitekijä, mutta ei yksin riitä selittämään kielihäiriötä. Toisaalta joissain tutkimuksissa aivokuorukan on todettu olevan SLI:ssä päinvastoin suurempi kuin tyypillisesti (Krishnan ym., 2016). On myös olemassa näyttöä siitä, että aivojuovion osien tilavuuksien poikkeavuudet SLI:ssä normalisoituvat myöhäiseen nuoruusikään mennessä. Oikeanpuoleisen aivokuorukan on puolestaan todettu aktivoituvan tyypillistä heikommin nimeämistehtävän aikana (Badcock ym., 2012). Myös kouluikäisillä lapsilla, jotka ovat oppineet puhumaan myöhään, on havaittu useiden kielen prosessointiin osallistuvien aivoalueiden, mukaan lukien molempien aivokuorukoiden, aliaktivaatiota kielellisten tehtävien aikana (Preston ym., 2010).

Myös aivokuori osallistuu proseduraalisen muistin toimintaan (Foerde & Poldrack, 2009). Aivokuorella keskeisiä alueita ovat esimerkiksi suplementaarinen motorinen

aivokuori eli SMA (*engl. supplementary motor area*), premotoriset alueet ja primaari motorinen aivokuori. Visuaalisia havaintoja vaativaan oppimiseen osallistuvat myös takaraivolohko ja ohimolohkojen visuaaliset alueet. Spatiaalisen informaation käsittelyä vaativassa oppimisessa keskeisiä ovat taas päälaenlohkojen alueet. Etenkin uuden taidon oppimisen alkuvaiheessa myös toiminnanohjaukseen osallistuvat etuotsalohkojen alueet ovat keskeisiä. SLI:ssä on havaittu aivokuoren rakenteessa muutoksia verrattuna tyypilliseen kehitykseen: vasemman otsalohkon alaosa (Brocan alue) on tyypillistä suurempi, kun taas ohimolohkojen yläosat ovat molemmin puolin tyypillistä pienemmät (Badcock ym., 2012). Näiden aivokuoren alueiden on myös todettu aktivoituvan tyypillistä heikommin nimeämistehtävän aikana.

Tyvitumakkeiden ja aivokuoren lisäksi myös pikkuaivot (*lat. cerebellum*) ovat keskeinen rakenne proseduraalisessa oppimisessa (Foerde & Poldrack, 2009). Niiden oletetaan vastaavan taitojen oppimisesta, jossa jatkuva ulkoinen palaute ohjaa toimintaa. Niiden ajatellaan myös osallistuvan oppimiseen, jossa motorisen toiminnan ja visuaalisten vihjeiden välille pitää muodostaa uusia yhteyksiä. Pikkuaivotkin siis osallistuvat palautteen prosessointiin, ja niiden tehtävänä on erityisesti monitoroida ja optimoida liikkeitä samanaikaisen sensorisen palautteen perusteella. Pikkuaivot liittyvät siis myös assosiativiseen oppimiseen, eli esimerkiksi kahden ärsykkeen välisen yhteyden oppimiseen (Timmann ym., 2010). Tutkimusnäyttö viittaa siihen, että pikkuaivot liittyvät assosiativisessa ja sarjallisessa oppimisessa nimenomaan kykyyn ennustaa ärsykkeiden yhteyksiä oikein.

SLI:hin on havaittu liittyvän poikkeavuutta pikkuaivojen eri alueiden koossa ja lateraalisuudessa (Hodge ym., 2010). Pikkuaivoilla onkin todennäköisesti rooli kielen prosessoinnissa motoristen toimintojen koordinaation lisäksi (Murdoch, 2010). Tutkimusnäyttö viittaa siihen, että pikkuaivojen toiminnalla on rooli monissa kielellisissä toiminnoissa, kuten puheen sujuvuudessa, sanahaussa, syntaksissa, lukemisessa ja kirjoittamisessa sekä metakielellisissä taidoissa. Tietyillä pikkuaivojen alueilla onkin kaksisuuntaiset yhteydet aivokuoren korkeammista kielellisistä toiminnoista vastaaville alueille.

1.4.2 Proseduraalisen muistin toiminnan tutkiminen

Proseduraalisen muistin toimintaa on tutkittu erilaisilla tehtävillä, joiden on ajateltu mittaavan proseduraalisen muistin toiminnan eri osa-alueita. Proseduraalisen muistin hypoteesille on saatu tukea useista tutkimuksista, joissa SLI-lasten on havaittu suoriutuvan verrokkeja heikommin proseduraalisen muistin toimintaa mittaavissa tehtävissä (esim. Conti-Ramsden, Ullman & Lum, 2015; Desmottes ym., 2016a; Desmottes, Meulemans & Maillart, 2016b; Hsu & Bishop, 2014; Lukács & Kemény, 2014; Lum, Conti-Ramsden, Page & Ullman, 2012; Mainela-Arnold & Evans, 2014; Poll ym., 2015; Sengottuvel & Rao, 2013; Tomblin, Mainela-Arnold & Zhang, 2007). Tässä luvussa tarkastellaan tiettyjä menetelmiä ja niillä saatuja tutkimustuloksia sen vuoksi, että menetelmät on valikoitu myös tähän tutkimukseen käytettäväksi. Vaikka SLI-lapsista löytyy melko paljon tutkimustietoa näiden menetelmien osalta, LT-lasten proseduraalisen muistin toimintaa ei ole mitattu näillä menetelmillä. LT-lapsia on tärkeä tutkia erilaisilla proseduraalisen muistin tehtävillä, jotta heidän proseduraalisen muistinsa eri osa-alueista saadaan tietoa. Tämä tieto auttaa ymmärtämään kielen kehityksen viiveen taustalla olevia kognitiivisia mekanismeja. Lisäksi saadaan tietoa siitä, voisiko kielellisten vaikeuksien aste tai LT-tausta selittää aiemmin saatuja ristiriitaisia tuloksia SLI-lapsilla.

1.4.2.1 SRT-tehtävä

SRT-tehtävä (*engl. serial reaction time task*) mittaa motorista sarjallista oppimista, sillä siinä reagoidaan tiettyä sarjaa noudattaviin visuaalisiin ärsykkeisiin painamalla ärsykkeen sijaintia vastaavaa näppäintä (Nissen & Bullemer, 1987). Reaktioaikojen lyhentyminen sarjallisena esitettyihin ärsykkeisiin verrattuna satunnaisessa järjestyksessä esitettyihin ärsykkeisiin kuvastaa sarjan motorista oppimista. Erityisesti sarjallisten ärsykkeiden jälkeen esitettävien satunnaisten ärsykkeiden reaktioaikojen hidastumisen on ajateltu kuvastavan hyvin taidon oppimista (Robertson, 2007). Satunnaisten ärsykkeiden reaktioaikojen on ajateltu hidastuvan erityisesti sen vuoksi, että koehenkilö odottaa visuaalisten ärsykkeiden edelleen noudattavan aiempaa sarjaa. SRT-tehtävä ei oikeastaan puhtaasti mittaakaan motorisen taidon oppimista, vaan myös perseptuaalista oppimista. Sarja opitaan siis motorisesti ärsykkeiden reaktioiden sarjana, mutta toisaalta myös visuaalisesti ärsykkeiden sijaintien sarjana. Sarjallinen oppiminen saadaan näky-

viin SRT-tehtävässä, vaikka vastaukset mitattaisiin sormilla painelun sijaan silmänliikkeistä (Vakil, Bloch & Cohen, 2017). Proseduraalisen muistin toimintaan liittyvät siis sarjallinen motorinen ja kognitiivinen oppiminen (Ullman & Pierpont, 2005; Wilkinson & Jahanshahi, 2015), joita SRT-tehtävä mittaa.

SRT-tehtävällä ei ole tutkittu proseduraalisen muistin toimintaa lapsilla, joilla kielen kehitys on ollut viiveistä. SLI-ryhmillä SRT-tehtävää on käytetty laajasti proseduraalisen oppimisen mittaamiseen (Zwart ym., 2017; Lum, Conti-Ramsden, Morgan & Ullman, 2014). Zwartin tutkimusryhmän meta-analyysin mukaan suurin osa SRT-tutkimuksista tukee hypoteesia siitä, että SLI:ssä proseduraalisen muistin toiminta on tyypillistä heikompaa. Toisaalta joissakin tutkimuksissa oli saatu hypoteesin kanssa ristiriitaisia tuloksia, eli proseduraalisen muistin toiminta ei ollut SLI-ryhmillä heikompaa kuin verrokkiryhmillä. Kuitenkaan mikään yksittäinen tekijä, kuten tutkimusryhmien iät tai tutkimusten menetelmälliset erot, ei vaikuta selittävän tutkimustulosten epäjohdonmukaisuutta. Ei kuitenkaan tiedetä, vaikuttaako LT-tausta SRT-tehtävässä suoriutumiseen SLI-ryhmillä, koska LT-taustaa ei ole saatavilla olevan tiedon mukaan kontrolloitu missään SLI-tutkimuksessa.

1.4.2.2 Dowel-tehtävä

Dowel-tehtävä mittaa ennakoivaa motorista suunnittelua (Rosenbaum ym., 1990). Motoristen liikesarjojen suunnittelua vaativissa tehtävissä suoriutumista tukevat taidot, jotka on opittu tiedostamattomasti ja vähitellen toiston myötä (van Swieten, ym., 2010). Motorisen suunnittelun voidaankin siis olettaa tapahtuvan proseduraalisen muistin tukemana (Ullman & Pierpont, 2005; Wilkinson & Jahanshahi, 2015). Motorisen suunnittelun ajatellaan eroavan eksekutiivisesta eli toiminnanohjaukseen liittyvästä suunnittelusta, joka vaatii enemmänkin abstraktia ja ei-toistavaa kognitiivista suunnittelua sekä toiminnan suorittamista ensin kuvitteellisesti mielessä (van Swieten ym., 2010). Eksekutiivisessa suunnittelussa esimerkiksi työmuisti on keskeisessä roolissa.

Dowel-tehtävän oletetaan siis kuitenkin mittaavan nimenomaan motorista suunnittelua (Rosenbaum ym., 1990). Siinä tutkittavien tarkoituksena on tarttua putkeen ja siirtää se alustalle ohjeenmukainen pää tiettyyn suuntaan. Tehtävässä havainnoidaan, tarttuuko tutkittava putkeen niin, että hänen ranteensa asento on liikkeen lopussa mukava. Osassa

siirroista mukava loppuasento vaatii epämukavan asennon liikkeen alussa. Liikkeen alussa mukava lopputila ei ole vielä havaittavissa, joten epämukava aloitusote osoittaa, että tutkittava on muodostanut suunnitelman liikkeiden sarjasta, jossa tavoitteena on mukava lopputila. Tutkittavat eivät siis valitse epämukavaa aloitusotetta, elleivät he ole suunnitelleet liikettä jo ennen sen aloittamista. Tehtävän oletetaan mittaavan tutkittavan kykyä suunnitella liikkeitä tämän ”loppuasennon mukavuus” -periaatteen (*engl. end-state comfort*, ESC) mukaisesti. Vain johdonmukainen ESC-otteiden käyttö kuvastaa tehokasta ennakoivaa motorista suunnittelua.

Wunsch, Henningin, Ascherslebenin ja Weigeltin (2013) meta-analyysissä todetaan, että ESC-periaatteen mukaan toimiminen alkaa noin 3-vuotiailla lapsilla, mutta ei ole tuolloin vielä yleistä. Toiminnan kehitys jatkuu noin 12-vuotiaaksi asti, ja sen on todettu olevan nopeinta noin 5-8-vuotiailla. Lapset käyttävät ESC-otteita sitä enemmän, mitä vanhempia he ovat. Vielä 10-vuotiaillakin kuitenkin ESC-periaatteen mukaan toimiminen on hyvin vaihtelevaa (Wunsch, Weiss, Schack & Weigelt, 2015). Toisin sanoen ennakoivan motorisen suunnittelun kehitys on varsin hidasta.

Tutkijat ovat pohtineet, miksi lapset eivät aina toimi ESC-periaatteen mukaisesti. ESC-periaatteen mukaan toimiminen vaatii liikkeen tavoitteen ja lopputilanteen huomioimista, jotta liikkeen kykenee suunnittelemaan niin, että se on lopussa mukava (Rosenbaum ym., 1990). Liikkeen suunnitteluun ei siis vaikuta vain havaittavissa oleva ärsykeasento, vaan liikesarjan tavoitteena oleva esineen ja sitä kautta käden asento (Johnson-Frey, McCarty & Keen, 2004). Esimerkiksi Stöckel, Hughes ja Schack (2011) olettavatkin, että lapset eivät välttämättä osaa systemaattisesti käyttää ESC-otteita, koska he tukeutuvat liikkeiden suunnittelussa tavoitteellisen järjestelmän sijaan enemmänkin sen kanssa kilpailevaan habituaaliseen järjestelmään. Habituaalinen järjestelmä käyttää hyväkseen opittuja ärsyke-vaste-pareja, jotka ovat aiemmissa tilanteissa johtaneet parhaaseen lopputulokseen (Gešiarz & Crockett, 2015). Tavoitteellinen järjestelmä sen sijaan toimii vähemmän automaattisesti, käyttää hyväkseen vaste-lopputulospareja ja päättelee, mikä vaste tuottaa parhaan lopputuloksen senhetkisten tavoitteiden kannalta. Voidaan siis päätellä, että kun lapset ovat oppineet habituaalisen järjestelmän käyttämiä ärsyke-vaste-pareja, he ovat suunnitelleet liikkeensä jonkin muun kuin ESC-periaatteen mukaan. Tällöin ESC-periaatteen mukaan toimiminen vaatii automatisoituneemman habituaalisen järjestelmän toiminnan estämistä.

Lapset siis voivat käyttää ESC-periaatteen sijaan myös jotakin muuta, varhaisemmin kehittyvää periaatetta liikkeidensä suunnittelussa. Esimerkiksi van Swietenin ja kumppaneiden (2010) mukaan dowel-tehtävässä otteiden motoriseen suunnitteluun voi vaikuttaa ESC-periaatteen lisäksi perseveraatio eli juuttuminen. Lapset saattavat siis kokea edellisen liikkeen toistamisen helpompana kuin uuden suunnittelemisen. Tutkijat olettavat, että ESC-periaatteen vastaiseen toimintaan saattaa vaikuttaa myös minimaalisen rotaation periaate, jossa esineeseen tartutaan siten, että se saadaan siirrettyä mahdollisimman vähäisellä ja lyhyellä käden liikkeellä ja kierrolla. Saattaa siis olla, että lapset eivät halua valita ESC-periaatteen mukaista mukavaa lopetusasentoa, jos se vaatii toteutukseen epämukavan ja työlään aloitusotteen. Toisaalta Comalli kollegoineen (2016) ajatteli, että epäsystemaattiset aloitusotteet kertovat siitä, että lasten on vaikea hahmottaa, miten aloitusote vaikuttaa loppuasentoon. He eivät siis osaa pitää mitään aloitusotetta muita parempana.

Comalli ja kumppanit (2016) olettivat, että jos lapset alkavat tehtävän edetessä käyttää enemmän ESC-periaatteen mukaisia otteita, he kykenevät oppimaan virheistään. Jos he taas eivät muuta toimintaansa, he joko pitävät eri otetta mukavana tai eivät osaa korjata toimintaansa. He havaitsivat tutkimuksessaan, että 4-vuotiaat lapset alkoivat käyttää enemmän ESC-otteita tehtävän edetessä. Myös esimerkiksi Weigeltin ja Schackin (2010) tutkimuksessa 3-vuotiaat tyypillisesti kehittyneet lapset alkoivat käyttää enemmän ESC-otteita tutkimuksen edetessä. Tutkijat eivät kuitenkaan havainneet samaa ilmiötä 4–5-vuotiailla lapsilla. Nuorempien lasten suoriutumisessa on siis nähtävissä kehitystä tehtävän edetessä, kun taas vanhempien lasten suoriutuminen vaikuttaa nuorempiin lapsiin verrattuna tasaisemmalta. Toisaalta vanhemmat lapset käyttävät ESC-otteita nuorempia enemmän koko tehtävän ajan.

ESC-periaatteen mukaan toimimista on tutkittu SLI-lapsilla kirjallisuushakujen perusteella vain yhdessä tutkimuksessa (Sanjeevan, Rosenbaum & Mainela-Arnold, 2018). Tutkijat havaitsivat, että SLI-lapset tarttuivat putkeen epämukavalla aloitusotteella tilanteessa, jossa se mahdollisti mukavan lopetusotteen yhtä usein kuin verrokkilapset. Verrokeista poiketen SLI-lapset kuitenkin tarttuivat putkeen epämukavalla aloitusotteella silloinkin, kun niin ei olisi tarvinnut tehdä. Heillä oli siis epämukava ote sekä liikkeen alussa että lopussa. Tämä ilmiö havaittiin etenkin sellaisten siirtojen jälkeen, joissa epämukava aloitusote oli mahdollistanut mukavan asennon liikkeen lopussa. Tulosten perusteella tutkijat olettivatkin, että SLI-lasten oli verrokkeja vaikeampi muuttaa moto-

rista toimintasuunnitelmaansa, eli heidän toimintansa oli perseveroivaa. Heidän mukaansa SLI-lapsilla saattaakin olla vaikeuksia nimenomaan liikesarjojen suunnittelussa, ei niiden oppimisessa. Tämä saattaisi myös selittää aiemmin saatuja ristiriitaisia tuloksia SLI-lasten proseduraalisen muistin toiminnasta esimerkiksi SRT-tehtävällä mitattuna. Myöskään dowel-tehtävällä ei ole kuitenkaan tutkittu proseduraalisen muistin toimintaa LT-lapsilla.

1.4.2.3 Motorisia toimintoja mittaavat tehtävät

SLI:hin on jo pitkään liitetty motoristen taitojen heikkoutta (Hill, 2001). Motoristen heikkouksien havaitseminen SLI-populaatioissa tukee proseduraalisen muistin hypoteesia, sillä motoristen taitojen ajatellaan kehittyvän proseduraalisen muistin tukemina, koska ne ovat luonteeltaan sarjallisia toimintoja (Ullman & Pierpont, 2005). SLI:n yhteydessä esiintyvät heikkoudet ovat samankaltaisia kuin kehityksellisessä dyspraksiassa (*engl. developmental coordination disorder*, DCD; Hill, 2001). SLI-ryhmillä on havaittu useissa tutkimuksissa heikkoutta motorisissa toiminnoissa, kuten karkeamotoriikassa, hienomotoriikassa ja motorisessa koordinaatiossa (Cheng, Chen, Tsai, Chen & Cherng, 2009; DiDonato Brumbach & Goffman, 2014; Iverson & Braddock, 2011; Marton, 2009; Mürsepp, Aibast, Gapeyeva & Pääsuke, 2012; Mürsepp, Aibast, Gapeyeva & Pääsuke, 2014; Vukovic, Vukovic & Stojanovic, 2010; Webster ym., 2006; Webster ym., 2008; Zelaznik & Goffman, 2010). Lisäksi lapsien, joilla on SLI, on havaittu olevan hitaampia oppimaan uutta motorista taitoa (Adi-Japha, Strulovich-Schwartz & Julius, 2011). On myös näyttöä siitä, että SLI:ssä motorinen kehitys on tyypillisesti kehittyneisiin lapsiin verrattuna jäljessä ja lisäksi se vaikuttaa olevan hitaampaa SLI:ssä (Vukovic ym., 2010).

Lisäksi myös kielen kehityksen viiveeseen liittyy tyypillistä kehitystä useammin heikkouksia hieno- ja karkeamotoriikassa (Chuang ym., 2011). Myös Muluk, Bayoğlu ja Anlar (2014) havaitsivat tutkimuksessaan, että 3-vuotiailla lapsilla kielelliset taidot olivat yhteydessä hieno- ja karkeamotorisiin taitoihin. Gainesin ja Missiunan (2006) tutkimuksessa taas ilmeni, että esikouluikäisistä lapsista, joilla oli nuorempana todettu kielen kehityksen viivettä, lähes puolella oli havaittavissa vähintään kohtalaisia motorisia vaikeuksia. Näistä lapsista 66 %:lla täyttyi kehityksellisen dyspraksian (DCD) diagnostiset kriteerit. Suurimmalla osalla lapsista, joilla nämä kriteerit täyttyivät, oli edel-

leen myös kielellisiä vaikeuksia, eli heillä oli lisäksi kielellinen erityisvaikeus. Osalla lapsista, joilla kriteerit täyttyivät, kielelliset vaikeudet olivat kuitenkin menneet ohi, eli he olivat LT-lapsia. Tutkimukset antavat siis viitteitä siitä, että myös LT-lapsilla proseduraalisen muistin toiminnassa saattaisi olla jonkinlaista heikkoutta.

Jos motorinen vaikeus kohdistuu suun alueelle, lapsen on vaikeampi artikuloida sanoja ja tuottaa ymmärrettävää puhetta (Korkman, Kirk & Kemp, 1997). Esimerkiksi Nepsy:n suun motoriset sarjat -tehtävä arvioi suun motorista koordinaatiota artikulatorisia sarjoja toistettaessa (Korkman ym., 1997). Se arvioi myös puheen tuotossa tarvittavien liikkeiden motorista ohjelmointia (Brooks, Sherman & Strauss, 2010). Tässä tehtävässä tutkijat eivät kuitenkaan havainneet, että kielihäiriöisten lasten suoriutuminen olisi eronnut verrokkilasten suoriutumisesta tilastollisesti merkitsevästi (Korkman ym., 1997). Sen sijaan Heikkilä, Lonka, Ahola, Meronen ja Tiippa (2017) havaitsivat tutkimuksessaan, että SLI-lapset suoriutuivat verrokkeja heikommin tästä tehtävästä. Tutkimustulokset SLI-ryhmien suoriutumisesta suun motorisissa sarjoissa ovat siis olleet tähän mennessä ristiriitaisia. LT-lapsilla suun motorisia sarjoja ei puolestaan ole tutkittu lainkaan.

Motorinen heikkous voi näkyä myös motorisen kontrollin, eli nopeuden ja tarkkuuden säätelyyn, heikkoutena. Tällöin lapsen suoritus esimerkiksi kiirehdityissä motorisissa tehtävissä voi olla hitaampaa ja epätarkempaa (Korkman, 2008). Esimerkiksi Nepsy II:n (*Lasten neuropsykologinen tutkimus II*) sorminaputustehtävä mittaa sorminäppäryyttä, motorista nopeutta sekä nopeaa motorista ohjelmointia. Siinä lapsi naputtaa peukaloaan ja muita sormiaan vastakkain mahdollisimman nopeasti yhdellä kädellä kerrallaan. Tehtävässä on sekä sarjallista että ei-sarjallista naputtamista. LT-lapsilla sorminaputusta ei ole tutkittu. Tutkimustulokset SLI-ryhmien suoriutumisesta sorminaputuksessa ovat olleet ristiriitaisia. Websterin ja kollegoiden (2008) tutkimuksessa SLI-ryhmä suoriutui vastakkaisten sormien naputustehtävästä verrokkeja heikommin. Puolestaan Korkmanin, Kirkin ja Kempin (2008) sekä Brookmanin, McDonaldin, McDonaldin ja Bishopin (2013) tutkimuksissa kielihäiriöisten lasten suoriutuminen tämän tehtävän kummassakaan osassa ei eronnut verrokkilasten suoriutumisesta. Lisäksi Brookman ja kumppanit (2013) havaitsivat tutkimuksessaan, että vain sarjallinen sorminaputus korreloi sarjallisen suun motoristen sarjojen tehtävän kanssa, eli sormien ja suun alueen sarjallisten motoristen toimintojen ohjelmointiin saattavat osallistua keskenään samat neuraaliset järjestelmät. He havaitsivat myös, että sarjallinen sorminaputus korreloi lukemista

mittaavien tehtävien ja lauseiden toistamisen kanssa. Sarjallinen sorminaputus vaikuttaa liittyvän toistavaa sorminaputusta enemmän kielellisiin ja puhemotorisiin toimintoihin.

On olemassa myös muita tutkimuksia, joissa motorista kontrollia SLI-ryhmillä on tutkittu hieman erilaisilla tehtävillä. On esimerkiksi havaittu, että SLI-ryhmät ovat pystyneet naputtamaan pöytään rytmisä yhtä hyvin kuin verrokit (Vuolo, Goffman & Zelaznik, 2017; Zelaznik & Goffman, 2010). Toisaalta käsien yhteentaputustehtävissä ajoituksen tarkkuus oli vaihtelevampaa SLI-ryhmällä kuin verrokeilla (Vuolo ym., 2017). Tutkijat pohtivat, että SLI:ssä motorisen toiminnan ajoituksen säätely olisi säilynyt normaalina, mutta useamman tekijän motorinen koordinointi olisi häiriintynyt.

Motorinen heikkous voi siis esiintyä monella tavalla, minkä vuoksi tutkimustietoa on hyvä kerätä useilla eri menetelmillä. Kielellisissä vaikeuksissa motorisia heikkouksia on tutkittu kuitenkin yleisesti ottaen vähän Nepsy:n suun motoristen sarjojen tehtävällä sekä Nepsy II:n sorminaputustehtävällä. Proseduraalisen muistin toimintaa olisi hyvä tutkia mahdollisimman kattavasti usealla eri tehtävällä niin, että tehtävät mittaisivat sarjallista oppimista sekä kognitiivista ja motorista oppimista. Tässä tutkimuksessa käytettiin erilaisia proseduraalisen muistin toimintaa mittaavia motorisia tehtäviä, joissa kaikissa yhteisenä nimittäjänä on sarjallisuus.

1.5 Proseduraalisen muistin heikkouden jatkumo

Proseduraalisen muistin toimintaa on tutkittu SLI-lapsilla, mutta tutkimustulokset ovat olleet ristiriitaisia. LT-lapsilla puolestaan proseduraalisen muistin toimintaa ei ole tutkittu. Kielen kehityksen viiveen mahdollisista vaikutuksista SLI-tutkimusten tuloksiin ei siis ole tietoa. On mahdollista, että sekä SLI:n että viivästyneen kielen kehityksen taustalla olisi heikkoutta proseduraalisen muistin toiminnassa. Tässä tutkimuksessa pyritään siis selvittämään, liittyykö sekä ohimeneviin että pysyviin kielellisiin vaikeuksiin proseduraalisen muistin heikkoutta. Tarkoitus on myös selvittää, onko LT-lasten proseduraalisen muistin heikkous lievempi kuin SLI-lasten. Tavoitteena on siis selvittää, onko kielellisten vaikeuksien taustalla proseduraalisen muistin toiminnan heikkouden jatkumo. On mahdollista, että tuloksilla voitaisiin selittää sitä, miksi proseduraalisen muistin toiminnasta on saatu ristiriitaisia tutkimustuloksia SLI-ryhmillä. Tutkimuk-

siin, joissa ryhmien välillä ei havaittu eroa proseduraalisen muistin toiminnassa, on saat-
tanut valikoitua jostain syystä lapsia, joilla on muihin SLI-ryhmiin verrattuna paremmat
kielelliset taidot ja siten myös mahdollisesti vähemmän selkeä proseduraalisen muistin
heikkous. Proseduraalisen muistin heikkouden ja siten kielellisten taitojen vaikeuksien
jatkumo antaa tilaa yksilöllisille piirteille. Vastaavasti esimerkiksi autismin ja Asperge-
rin oireyhtymän ajatellaan nykyään kuuluvan DSM-V:n luokittelun mukaan jatkumolle
sen sijaan, että niitä tarkasteltaisiin täysin erillisinä häiriöinä.

Sekä kielen kehityksen viiveeseen että SLI:hin liittyy proseduraalisia taitoja vaativien
kielen osa-alueiden heikkouksia. SLI:ssä kielelliset vaikeudet ovat kliinisesti merkittä-
viä (Bishop, 1992; Leonard, 2014), mutta myös LT-lapsien kielelliset haasteet jatkuvat
vielä kouluiässä ja nuoruudessakin (Rescorla, 2011), vaikka ne ovatkin lievempiä kuin
SLI:ssä. Toisin sanoen kielen kehityksen viiveessäkin lapsilla on lieviä pysyviä kielelli-
siä vaikeuksia, vaikka ne eivät kliinisestä näkökulmasta ole niin merkittäviä, että niistä
ajateltaisiin olevan heille merkittävää toimintakykyä alentavaa haittaa. Lisäksi molem-
pia kehityksellisiä häiriöitä näyttäisivät selittävän vahvasti geneettiset riskitekijät.
Proseduraalisen muistin heikkous saattaa olla sekä kielen kehityksen viiveen että SLI:n
taustalla oleva endofenotyyppi. Tällöin siis geneettisten tekijöiden ohjaama aivoaluei-
den kehityksen poikkeavuus ja sen seurauksena syntynyt proseduraalisen muistin
toiminnan heikkous näkyisi käyttäytymisen tasolla tyypillistä heikompana kielellisenä
suoriutumisenä. Tutkimuksen hypoteesina onkin, että sekä ohimenevien että pysyvien
kielellisten vaikeuksien taustalla on proseduraalisen muistin heikkoutta. Oletuksena on,
että proseduraalisen muistin heikkous ja siten myös kielelliset taidot muodostavat erään-
laisen jatkumon niin, että ohimeneviin kielellisiin vaikeuksiin liittyy lievempi prosedu-
raalisen muistin heikkous kuin pysyviin kielellisiin vaikeuksiin.

Tutkimuksestamme saadaan uutta tietoa proseduraalisen muistin toiminnasta kielen
kehityksen viiveessä. Tämän tyyppisen tutkimustiedon pitkän tähtäimen tavoite on saa-
da tietoa siitä, voisiko proseduraalisen muistin toiminta ennustaa kielihäiriöriskiä jo
varhaislapsuudessa. Tämä tieto olisi tärkeää, koska se voisi tulevaisuudessa mahdollis-
taa kuntoutusresurssien tarkemman ja varhaisen kohdistamisen erityisesti lapsiin, joiden
kielen kehityksen viive ei mene ohi itsellään. Varhainen kuntoutus olisi tärkeää, koska
lasten aivot ovat muovautuvammat varhaisessa lapsuudessa, joten tuolloin heidän kehi-
tyskulkuunsa on helpompi vaikuttaa. Varhaisen kuntoutuksen avulla voidaan myös
ehkäistä paremmin kielellisiin vaikeuksiin liittyviä sekundäärisiä ongelmia (Bishop ym.,

2012). Näitä voivat olla esimerkiksi sosiaaliset, emotionaaliset tai käyttäytymisen ongelmat, jotka ovat seurausta kommunikation epäonnistumisesta.

2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää proseduraalisen muistin roolia ohimenevinä pidettyjen ja pysyvien kielellisten vaikeuksien taustatekijänä. Selvitettiin, onko proseduraalisen muistin toiminnassa havaittavissa jatkumoa, jossa SLI-lasten proseduraalisen muistin toiminta poikkeaisi tyypillisesti kehittyneiden (TK) lasten proseduraalisen muistin toiminnasta LT-lapsia enemmän. Tutkimuksessa vastattiin seuraaviin kysymyksiin:

1. Onko LT-ryhmän proseduraalisen muistin toiminta heikompaa kuin TK-ryhmän?
2. Onko LT+SLI-ryhmän proseduraalisen muistin toiminta heikompaa kuin TK-ryhmän ja LT-ryhmän?

3 Menetelmät

3.1 Tutkittavat

Tutkittavat valittiin tutkimukseen tällä hetkellä käynnissä olevasta NeuroTalk-tutkimusprojektista. NeuroTalk-tutkimusprojektiin tutkittavat on pääosin rekrytoitu Hyvän Kasvun Avaimet -tutkimusprojektista (HKA), jossa lapsia on tutkittu sikiövaiheista lähtien (Lagström ym., 2013). Lisäksi NeuroTalk-projektiin on rekrytoitu myös HKA-projektin ulkopuolelta lapsia. Lasten perheille lähetettiin kutsukirjeet, joissa kerrottiin NeuroTalk-projektista ja oheen liitettiin myös suostumuslomakkeet. Jos perhe ilmaisi kiinnostuksensa tutkimukseen osallistumisesta, heille tehtiin puhelimitse alkuhaastattelu, jossa kartoitettiin esimerkiksi lapsen kielisyys. Jos lapsi soveltui alkuhaastattelun perusteella tutkimukseen osallistujaksi, hänelle varattiin tutkimusaikoja. Suostumuslomakkeet palautettiin allekirjoitettuna ennen tutkimuksien alkamista ja vanhemmille annettiin ensimmäisen käyntikerran yhteydessä taustatietolomakkeet täytettäväksi.

Kaikilla tähän graduaineistoon valikoituneilla tutkittavilla lapsilla ei-kiellellisen älykkyyden piti olla normaalin rajoissa. Ei-kiellellinen älykkyys mitattiin WISC-IV:n (Wechsler, 2003) kuutio- ja matriisitehtävillä niin, että molempien tehtävien keskiarvo ei saanut olla enempää kuin kaksi keskihajontaa keskiarvoa heikompaa (-2 SD). Taustatietolomakkeessa ei saanut olla myöskään mainintaa neurologisista kehityksellisistä häiriöistä, kuten autismikirjon häiriöistä. Kaikki tutkittavat määriteltiin yksikielisiksi, koska he eivät vanhempien arvion mukaan altistuneet mahdolliselle toiselle kielelle enempää kuin 20% hereilläoloajasta. Kaikkien tutkittavien piti läpäistä kuuloseula, jossa molempien korvien kuulotason piti olla 20 desibeliä (dB), tai heidän kuulonsa piti olla normaali vanhempien mukaan.

Tutkittavista muodostettiin kolme ryhmää: tyypillisesti kehittyneet lapset (TK-ryhmä), lapset, joilla kielen kehitys on ollut viiveistä 2- tai 3-vuotiaana ja tyypillistä tutkimushetkellä (LT-ryhmä) ja lapset, joilla kielen kehitys on ollut viiveistä 2- tai 3-vuotiaana ja joiden kielelliset taidot viittaavat SLI:hin tutkimushetkellä (LT+SLI-ryhmä). Kaikkien aineistoon valikoitujen lasten kielen kehityksen varhaisvaiheista tuli siis olla saatavilla sellaista tietoa, että heidän kielen kehityksensä pystyttiin määrittelemään joko tyypilliseksi tai viivästyneeksi. Toisin sanoen kaikkien tutkittavien tuli olla osallistunut HKA-tutkimusprojektiin. Kielen kehitys määriteltiin tyypilliseksi, jos lapsi sai ikätasoiset

pisteet kaikista kielellisistä mittareista 2- tai 3-vuotiaana sekä suoriutui korkeintaan yhdessä tutkimushetken kielellisessä mittarissa alle 1.25 keskihajontaa testin normiaineiston keskiarvon. Lisäksi tyypillisesti kehittyneiden lasten vanhemmat eivät tuoneet esiin mitään huolta lapsen puheen tai kielen kehitykseen liittyen varhaislapsuudessa tai tutkimushetkellä. Kielen kehitys määriteltiin viivästyneeksi, jos lapsi sijoittui kaksivuotiaana MCDI-kyselyssä (Lyytinen, 2000) vähintään yhden keskihajonnan alle (-1 SD) HKA-projektin aineiston keskiarvon tai heidän suorituksensa 3-vuotiaana Reynellissä (Reynell & Huntley, 2001) tai Renfrew:n testin nimeämisen tehtävässä (Renfrew, 1995) jäi vähintään yhden keskihajonnan verran alle (-1 SD) testin normiaineiston keskiarvon. LT-lapset jaettiin vielä LT-ryhmään ja LT+SLI-ryhmään sen mukaan, minkälaista heidän kielellinen suoriutuminen oli tutkimushetkellä. LT+SLI-ryhmään kuulumus määriteltiin siten, että lapsen kielen kehitys oli ollut viiveistä 2- tai 3-vuotiaana kuten LT-ryhmällä ja suoriutuminen jäi tutkimushetkellä vähintään kahdessa kielellisessä mittarissa 1.25 keskihajontaa alle ikätason. Vastaavasti LT-lapset, jotka suoriutuivat alle 1.25 keskihajontaa korkeintaan yhdessä tutkimushetken kielellisessä mittarissa, kuuluivat siis LT-ryhmään. Kielellisiä taitoja mitattiin neljällä testillä: Nepsy II:n (Korkman ym., 2008) ohjeiden ymmärtäminen, kertomuksen oppiminen ja lauseiden toistaminen, WISC-IV:n (Wechsler, 2003) sanavarastotehtävä sekä Sananlöytämistesti (Tuovinen, Ahonen & Westerholm, 2008).

Kun tämän tutkimuksen aineiston analysointi aloitettiin, tutkittavia oli kertynyt Neuro-Talk-projektiin yhteensä 33. Tähän tutkimukseen valikoitui yhteensä 23 lasta, jotka täyttivät sisäänottokriteerit. Aineistoon valikoituneet tutkittavat olivat 7–9-vuotiaita lapsia (iän keskiarvo 103,1 kk). Tyttöjä oli 10 (iän keskiarvo 102,8 kk) ja poikia 13 (iän keskiarvo 103,3 kk). Tutkittavista muodostettiin yllä mainittujen kriteerien pohjalta kolme ryhmää.

Taulukossa 1 on kuvattu ryhmien koot, sukupuolijakaumat ja ikäjakaumat. Tutkittavat jakautuivat määrältään ryhmiin tasaisesti. Ryhmissä oli muuten tasaisesti sekä tyttöjä ja poikia, mutta LT+SLI-ryhmässä oli selvästi enemmän poikia. Pojilla kuitenkin esiintyy enemmän SLI:tä kuin tytöillä (Tomblin ym., 1997), joten ryhmän sukupuolijakauma on edustava. LT-ryhmässä oli yksi (n = 1) vasenkätinen ja LT+SLI-ryhmässä yksi (n = 1) molempikätinen lapsi. Suurin osa tutkittavista oli siis oikeakätisiä (n = 21). Taulukossa 2 on kuvattu ei-kielellistä älykkyyttä mittaavien tehtävien pisteet tutkimusryhmittäin.

Taulukko 1. Tutkimusryhmien koko sekä ikä- ja sukupuolijakauma tutkimusryhmittäin

Ryhmä	n	Tytöt n	Pojat n	Ikä* keskiarvo (kk)	Ikä* min-max (kk)
TK	8	4	4	105.63 (SD 4.47)	98–114
LT	8	5	3	101.13 (SD 6.15)	90–107
LT+SLI	7	1	6	102.43 (SD 5.97)	93–110

*Ikä NeuroTalk-tutkimusprojektin ensimmäisellä käyntikerralla

Taulukko 2. Tutkittavien ei-kielellinen älykkyys tutkimusryhmittäin

Ryhmä	WISC matriisit SP			WISC kuutiotehtävä SP		
	keskiarvo	keskihajonta	min-max	keskiarvo	keskihajonta	min-max
TK	11.75	2.61	8–16	11.63	3.62	5–16
LT	10.38	2.83	5–14	10.25	3.81	5–16
LT+SLI	8.57	3.99	3–14	8.29	2.29	5–12

SP = standardipisteet

Haluttiin selvittää, kuinka homogeenisiä ryhmät olivat iän ja ei-kielellisen älykkyyden osalta. Tällä haluttiin varmistaa, että ryhmät olivat keskenään vertailukelpoisia iän ja ei-kielellisen älykkyyden suhteen eikä niillä taustamuuttujilla ollut vaikutusta tuloksiin. Tutkittavien ikää ja ei-kielellistä älykkyyttä tarkasteltiin siis tilastollisesti ryhmittäin. Kaikilla ryhmillä ikä oli normaalisti jakautunut, $p > .05$. Eri ryhmien ikäjakaumat olivat varianssien yhtäsuuruusoletuksen mukaisia Levenen testin mukaan, $p > .05$. Eri ryhmien iän keskiarvoilla ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa yksisuuntaisen varianssi-analyysin perusteella, $F(2) = 1.380$, $p > .05$, $d = .65$. Ei-kielellisen älykkyyden tehtävien pisteet olivat kaikilla ryhmillä normaalisti jakautuneet, $p > .05$, ja jakaumien yhtäsuuruusoletus täyttyi Levenen testin perusteella, $p > .05$. Yksisuuntaisen varianssi-analyysin perusteella ryhmät eivät eronneet toisistaan ei-kielellisen älykkyyden tehtävissä suoriutumisessa matriisitehtävässä, $F(2) = 1.898$, $p > .05$, $d = .792$, tai kuutiotehtävässä $F(2) = 1.860$, $p > .05$, $d = .784$. Vaikutti siis siltä, että ryhmät olivat iän ja ei-kielellisen älykkyyden suhteen vertailukelpoisia. Toisin sanoen voitiin olettaa, että niillä ei olisi merkittävää vaikutusta tuloksiin.

Vertailtiin ryhmien suoriutumista sekä riskivaiheen että tutkimushetken kielellisissä mittareissa. Tällä haluttiin selvittää, kuinka hyvin tutkittavien luokittelu ryhmiin on onnistunut. Jos ryhmäjako on onnistunut, LT- ja LT+SLI-ryhmän pitäisi olla suoriutunut riskivaiheen kielellisistä mittareista TK-ryhmää heikommin, kun taas tutkimushet-

ken kielellisissä mittareissa LT+SLI-ryhmän pitäisi olla suoriutunut sekä TK- että LT-ryhmää heikommin.

Riskivaiheen kielellisistä mittareista Reynellin standardipisteet olivat normaalisti jakautuneet kaikilla ryhmillä, $p > .05$. Renfrew:n raakapisteet olivat puolestaan normaalisti jakautuneet vain TK-ryhmällä, $p > .05$, kun taas LT- ja LT+SLI-ryhmällä jakaumat eivät olleet normaaleja, $p < .05$. MCDI:n raakapisteet olivat jakautuneet normaalisti TK- ja LT-ryhmällä, $p > .05$, kun taas LT+SLI-ryhmällä jakauma ei ollut normaali, $p < .05$. Reynellin ja Renfrew:n pisteistä puuttui arvoja keskenään samoilta tutkittavilta seuraavasti: viideltä TK-ryhmästä ($n = 5$), yhdeltä LT-ryhmästä ($n = 1$) ja neljältä LT+SLI-ryhmästä ($n = 4$). Renfrew:ssä yksi tutkittava LT-ryhmästä ($n = 1$) suoriutui poikkeuksellisen hyvin. MCDI-testin osalta pisteitä puuttui vain kahdelta LT-ryhmän tutkittavalta ($n = 2$). MCDI:ssä yksi tutkittava LT+SLI-ryhmästä ($n = 1$) sai poikkeuksellisen korkeat pisteet eli suoriutui poikkeuksellisen hyvin. Poikkeavia arvoja ei kuitenkaan päädytty poistamaan jatkoanalyseista, koska vertailut haluttiin tehdä koko aineistolla. Puuttuvien arvojen vuoksi tehtävien ryhmäkoot olivat kuitenkin alkuperäisiä pienemmät: Reynellissä ja Renfrew:ssä TK-ryhmässä 3 tutkittavaa ($n = 3$), LT-ryhmässä seitsemän tutkittavaa ($n = 7$) ja LT+SLI-ryhmässä kolme tutkittavaa ($n = 3$); MCDI:ssä TK-ryhmässä kahdeksan tutkittavaa ($n = 8$), LT-ryhmässä kuusi tutkittavaa ($n = 6$) ja LT+SLI-ryhmässä seitsemän tutkittavaa ($n = 7$).

Reynellin standardipisteille tehtiin yksisuuntainen varianssianalyysi, jotta voitiin vertailla ryhmien välisiä eroja suoriutumisessa. Varianssien yhtäsuuruusoletus täyttyi, $p > .05$. Reynellissä ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, $F(2) = 3.078$, $p > .05$, $d = 1.338$. Renfrew:n testin ja MCDI:n raakapisteitä vertailtiin eri ryhmien välillä epäparametrisen Kruskal-Wallis-testin avulla. Testin mukaan Renfrew:n pisteissä ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, $\chi^2(2) = 4.212$, $p > .05$, $\eta^2 = .351$. MCDI-testin pisteissä ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero, $\chi^2(2) = 6.150$, $p < .05$, ja efekti oli suuri, $\eta^2 = .308$. Tilastollisesti merkitsevä ero löytyi vain TK- ja LT+SLI-ryhmän väliltä Bonferroni-korjauksen jälkeenkin, $\chi^2 = 7.821$, $p < .05$, ja efekti oli suuri, $\eta^2 = .559$. Tilastollisesti merkitsevää eroa ei siis ollut TK- ja LT-ryhmän välillä, $\chi^2 = 2.250$, $p > .05$, $\eta^2 = .173$, tai LT- ja LT+SLI-ryhmän välillä, $\chi^2 = 5.571$, $p > .05$, $\eta^2 = .464$.

Riskivaiheen kielellisten mittareiden tilastollisten analyysien perusteella vaikutti siltä, että LT-ryhmään luokittelu ei ole onnistunut, koska ryhmän suoriutuminen ei eronnut missään tehtävässä tilastollisesti merkitsevästi TK-ryhmästä. Toisaalta Taulukossa 3 olevia riskivaiheen kielellisten mittareiden arvoja tarkastelemalla voi huomata, että LT-ryhmän suoriutuminen oli kuitenkin TK-ryhmää heikompaa ja kokonaisuudessaan lähempänä LT+SLI-ryhmän kuin TK-ryhmän suoriutumista. Puolestaan LT+SLI-ryhmän muodostaminen vaikuttaa kuitenkin tilastollisten analyysienkin pohjalta olleen onnistunut, vaikka se erosikin tilastollisesti merkitsevästi TK-ryhmästä vain MCDI:ssä. Muiden tehtävien analyyseihin on kuitenkin todennäköisesti vaikuttanut se, että niissä oli paljon puuttuvia arvoja.

Taulukko 3. Tutkittavien kielelliset taidot 2- ja 3-vuotiaana tutkimusryhmittäin

Ryhmä	Reynell (SP)		Renfrew (RP)		MCDI (RP)	
	keskiarvo	keskihajonta	keskiarvo	keskihajonta	keskiarvo	keskihajonta
TK	109.33	7.1	18.0	2.0	321.63	95.97
LT	97.57	8.1	11.86	7.71	235.33	189.76
LT+SLI	93.67	9.61	9.0	3.46	102.29*	149.29

SP = standardipisteet

RP = raakapisteet

MCDI = MacArthur-Bates Communicative Development Inventories; Varhaisen kommunikaation ja kielen kehityksen arviointimenetelmä

*Tilastollisesti merkitsevä ero ($p < .05$) TK-ryhmään verrattuna

Tutkimushetken kielellisten mittareiden tulokset on koottu Taulukkoon 4. Tutkimushetken kielellisistä mittareista kaikki tehtävät olivat normaalisti jakautuneita kaikilla ryhmillä, $p > .05$, joten ryhmien välisiä eroja voitiin analysoida yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla. Sananlöytämistestin tarkkuuden standardipisteissä varianssien yhtäsuuruusoletus täyttyi, $p > .05$. Ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero sananlöytämisen tarkkuudessa, $F(2) = 3.640$, $p < .05$, ja efekti oli suuri, $d = .994$. Tukeyn testin perusteella tilastollisesti merkitsevä ero sananlöytämisen tarkkuudessa oli vain TK- ja LT+SLI-ryhmän välillä, $p < .05$, ja tilastollisesti merkitsevä ero säilyi myös Bonferroni-korjauksen jälkeen. Muiden ryhmien välillä ei puolestaan ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, $p > .05$. Sananlöytämisen nopeuden standardipisteissä varianssien yhtäsuuruusoletus ei täyttynyt, $p < .05$. Yksisuuntaisen varianssianalyysin mukaan ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa sananlöytämisen nopeudessa, $F(2) = 1.756$, $p > .05$, $d = .686$.

Ohjeiden ymmärtämisen standardipisteissä varianssien yhtäsuuruusoletus täyttyi, $p > .05$. Ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero ohjeiden ymmärtämisessä, $F(2) = 24.488$, $p < .001$, ja efekti oli suuri, $d = 1.548$. Tilastollisesti merkitsevä ero löytyi sekä TK- ja LT+SLI-ryhmän välillä että LT- ja LT+SLI-ryhmän väliltä, $p < .05$. Molemmat erot säilyivät tilastollisesti merkitsevinä Bonferroni-korjauksen jälkeen.

Kertomuksen oppimisen standardipisteissä varianssien yhtäsuuruusoletus täyttyi, $p > .05$. Ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero kertomuksen oppimisessa, $F(2) = 4.937$, $p < .05$, ja efekti oli suuri, $d = 1.114$. Tilastollisesti merkitsevä ero löytyi vain LT- ja LT+SLI-ryhmän väliltä, $p < .05$, ja ero säilyi myös Bonferroni-korjauksen jälkeen. Muiden ryhmien välillä ei siis ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, $p > .05$.

Sanavarastotehtävän standardipisteissä varianssien yhtäsuuruusoletus ei täyttnyt, $p < .05$. Ryhmien väliltä löytyi tilastollisesti merkitsevä ero sanavarastotehtävässä, $F(2) = 6.717$, $p < .05$, ja efekti oli suuri, $d = 1.206$. LT+SLI-ryhmä erosi tilastollisesti merkitsevästi sanavarastotehtävässä suoriutumisessa sekä TK- että LT-ryhmästä Tamhanen T2-testin mukaan, $p < .05$. TK- ja LT-ryhmä eivät siis kuitenkaan eronneet toisistaan sanavarastotehtävässä tilastollisesti merkitsevästi, $p > .05$.

Taulukko 4. Tutkittavien kielelliset taidot tutkimushetkellä tutkimusryhmittäin

Ryhmä	SLT tarkkuus (SP)		SLT nopeus (SP)		NEPSY-II ohjeiden ymmärtäminen (SP)		NEPSY-II kertomuksen oppiminen (SP)		WISC-IV sanavarasto (SP)	
	keskiarvo	keskihajonta	keskiarvo	keskihajonta	keskiarvo	keskihajonta	keskiarvo	keskihajonta	keskiarvo	keskihajonta
TK	102.5*	10.27	91.38	9.75	12.25*	1.98	9.75	2.49	9.88*	1.96
LT	97.13	19.09	92.0	11.75	11.25*	2.44	11.13*	3.72	10.88*	3.4
LT+SLI	81.43	16.07	104.29	21.52	4.29	2.69	6.14	3.08	6.29	1.8

SLT = Sananlöytämistesti

NEPSY-II = Lasten neuropsykologinen tutkimus II

WISC-IV = The Wechsler Intelligence Scale for Children – IV

* Tilastollisesti merkitsevä ero ($p < .05$) LT+SLI-ryhmään verrattuna

Tutkittavien luokittelu ryhmiin vaikutti olevan onnistunut tutkimushetken kielellisten mittareiden osalta. Odotusten mukaisesti TK- ja LT-ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja missään nykyhetken kielellisiä taitoja mittaavassa tehtävässä. Taulu-

kosta 4 näkee, että TK- ja LT-ryhmän suoriutuminen oli keskenään melko saman tasois- ta verrattuna LT+SLI-ryhmään. LT+SLI-ryhmä erosikin johdonmukaisesti vähintään joko TK- tai LT-ryhmästä. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että sananlöytämisen nopeus ei erotellut lasten kielellisiä taitoja, sillä se oli ainoa mittari, jolla ryhmien välillä ei havait- tu lainkaan tilastollisesti merkitseviä eroja.

3.2 Tutkimusmenetelmät

Proseduraalisen muistin toimintaa mittaavista tehtävistä käytettiin SRT-tehtävää (*serial reaction time task*, Nissen & Bullemer, 1987) ja Dowel-tehtävää (Rosenbaum ym., 1990). Lisäksi käytettiin Nepsyn (Korkman ym., 1997) suun motoristen sarjojen tehtä- vää sekä Nepsy II:n (Korkman ym., 2008) sorminaputustehtävää. Nämä tehtävät päädyt- tiin valitsemaan, koska niissä kaikissa vaaditaan sarjallista tuottamista. Sarjallinen oppiminen ja tuottaminen ovat keskeisiä osa-alueita, joista proseduraalinen muistijärjes- telmä vastaa (Ullman & Pierpont, 2005). Lisäksi ne mittaavat proseduraalisen muistin erilaisia prosesseja ja osa-alueita sekä siten täydensivät toisiaan:

- a) SRT-tehtävällä mitattiin sarjallista motorista ja kognitiivista oppimista,
- b) dowel-tehtävällä ennakoivaa motorista suunnittelua,
- c) suun motoristen sarjojen tehtävällä suun motorista koordinaatiota ja puheen tuotossa tarvittavien lihasten motorista koordinaatiota ja
- d) sorminaputustehtävällä sorminäppäryyttä, motorista nopeutta sekä nopeaa motorista ohjelmointia.

Tutkittavat tekivät testiosioita ja tehtäviä kolmella erillisellä käyntikerralla Turun yliopistolla. Käyntikerrat toteutuivat kaikilla aineiston tutkittavilla kahden kuukauden sisällä. Jokaisella käyntikerralla kaksi logopedian opiskelijaa olivat teettäneet testiosiot ja tehtävät sekä pisteyttäneet ne. Kaikissa tehtävissä tutkittavat istuivat tuolilla pöydän ääressä.

3.2.1 SRT-tehtävä

Ärsykkeet

Tehtävässä käytettiin Dell Latitude E5570 -mallista kannettavaa tietokonetta, ja SRT-tehtävä suoritettiin E-Prime 2.0 -ohjelmistolla. SRT-tehtävässä tietokoneen näytöllä oli vierekkäin neljä tyhjää ruutua, joista yhteen kerrallaan ilmestyi vihreä olio. Ruutujen sijainnit oli koodattu vasemmalta oikealle lukien numerojärjestyksessä 1, 2, 3 ja 4. Vastaukset annettiin erillisellä painikelaitteella (*engl. response box*), jossa on neljä painiketta vierekkäin näytön ruutuja vastaavasti. Koe oli jaettu kolmeen blokkiin: kahteen sarjalliseen ja yhteen satunnaiseen. Ensimmäisessä ja toisessa blokissa olio ilmestyi aina yhteen sijaintiin kerrallaan noudattaen sarjaa 1-3-2-4-4-2-3-4-2-4. Sarja esiintyi molemmissa blokeissa 10 kertaa, eli toistoja oli kussakin blokissa yhteensä 100. Kolmannessa viimeisessä blokissa ärsyke ilmestyi yhteen ruutuun kerrallaan satunnaisessa järjestyksessä yhteensä 100 kertaa. Koko kokeen aikana toistoja oli siis yhteensä 300.

Tutkimuksen kulku

Lapsi istui pöydän ääressä edessään kannettava tietokone ja painikelaatikko. Painikelaatikko oli sijoitettu kannettavan tietokoneen eteen. Lasta ohjeistettiin painamaan nappia, joka vastaa ärsykkeen sijaintia näytöllä olevissa ruuduissa, mahdollisimman nopeasti ja tarkasti. Tutkija ohjeisti lasta asettamaan molempien käsien etusormet ja keskisormet painikkeille, mutta lapsi sai kuitenkin itse valita, millä sormilla painoi painikkeita. Ennen varsinaisen kokeen alkua lapsen annettiin harjoitella kahdeksan (8) ärsykkeen verran. Varsinainen koe alkoi harjoitusosion jälkeen. Jokaisen blokin jälkeen lapselle annettiin pseudopalautetta vastausten nopeudesta. Tietokoneen näytölle ilmestyi nopeutta kuvaava mittari, jossa eri nopeuksia oli havainnollistettu eläimillä (hitain - etana, nopein - gepardi). Kaikki lapset saivat saman pseudopalautteen riippumatta heidän todellisesta nopeudestaan. Palaute ei siis kuvannut lapsen todellista suoritusnopeutta, vaan sen tarkoitus oli kannustaa ja motivoida lasta tekemään tehtävää. Lisäksi tutkija antoi palautetta nopeudesta suullisesti ja kannusti jatkamaan tehtävän tekemistä mahdollisimman nopeasti ja tarkasti. Lapselle annettiin mahdollisuus pitää lyhyt tauko kunkin blokin välissä.

Aineiston analysointi

SRT-tehtävässä riippumaton muuttuja oli blokki, jolla oli kolme tasoa: ensimmäinen sarjallinen blokki (PP1, pattern phase 1), toinen sarjallinen blokki (PP2, pattern phase 2) ja satunnainen blokki (RP, random phase). Blokki oli siis tutkittavien sisäinen riippumaton muuttuja. Toinen riippumaton, tutkittavien välinen muuttuja oli ryhmä (LT+SLI, LT, TK). Tehtävässä riippuvat muuttujat olivat vastauksen oikeellisuus ja reaktioaika. Tehtävässä käytetty ohjelmisto E-Prime 2.0 mittasi reaktioajat, eli kuinka kauan lapsella kesti painaa painiketta ärsykkeen ilmestymisen jälkeen, sekä rekisteröi lapsen vastauksen millisekuntien tarkkuudella. Reaktioaikojen analyysistä poistettiin väärät vastaukset sekä vastaukset, jotka poikkesivat enemmän kuin kaksi keskihajontaa keskiarvosta (± 2 SD). Jäljelle jääneistä reaktioajoista laskettiin kunkin blokin keskiarvot jokaiselle tutkittavalle. Tutkittavien sarjallista oppimista mitattiin käytännössä tilastollisesti vertaamalla sarjallisten ja satunnaisten blokkien reaktioaikoja keskenään. Tarkasteltiin siis, olivatko reaktioajat lyhyempiä sarjallisessa kuin satunnaisessa blokissa. Reaktioaikojen pitäisi sarjallisten blokkien aikana lyhentyä, mutta satunnaisen blokin aikana taas pidentyä. SRT-tehtävän tuloksia analysoitiin tilastollisesti, jotta saatiin selvitettyä blokin ja ryhmän yhteisvaikutus reaktioaikoihin.

Lisäksi SRT-tehtävässä kontrolloitiin lasten vastausten oikeellisuus kussakin blokissa. Vastausten oikeellisuutta vertailtiin eri ryhmien välillä tilastollisesti. Jatkoanalyysistä poistettiin kaksi ($n = 2$) tutkittavaa, koska heidän tarkkuutensa tehtävässä oli alle 80%. Yksi tutkittava oli TK-ryhmästä ja toinen LT-ryhmästä. Vastausten oikeellisuuden haluttiin olevan yleisesti ottaen selvästi arvaustasoa (50%) korkeammalla.

3.2.2 Dowel-tehtävä

Ärsykkeet

Välineistö koostui alustasta, johon on kiinnitetty kolme muovista osittain läpinäkyvää kuppia vierekkäin vaakatasossa. Kupit numeroitiin niin, että vasemmalla on kuppi "1" ja oikealla kuppi "2". Keskellä oleva kuppi nimettiin "koti"-kupiksi. Välineistöön kuului myös putki, jonka toinen pää on vihreä ja toinen musta. Erilaisia osioita oli neljä, joista jokainen esitettiin tehtävän aikana neljä kertaa. Puolet osioista oli niin sanottuja

ESC-tehtäviä, joissa tarkastellaan, pystyykö lapsi suunnittelemaan liikkeensä niin, että käden loppuasento on mukava. ESC-tehtävien suorittaminen vaatii siis ranteen kääntämistä liikkeen aikana. Puolet tehtävistä oli puolestaan kontrollitehtäviä, joissa rannetta ei tarvitse kääntää. Toisin sanoen kontrollitehtävien ei pitäisi vaatia mitään erityistä ennakoivaa motorista suunnittelua ja loppuasennon pitäisi olla niissä aina mukava. Osioiden esitysjärjestys satunnaistettiin jokaiselle tutkimuskäynnille, eli jokaisella lapsella osioiden esitysjärjestys oli eri. Lapselle esitettiin siis tehtävän aikana osioita yhteensä 16 satunnaisessa järjestyksessä.

Tutkimuksen kulku

Dowel-tehtävässä lasta ohjeistettiin tarttumaan putkeen keskeltä yhdellä kädellä ja siirtämään se alustalla olevaan kuppiin “1” tai “2” ohjeenmukainen pää alaspäin. Putki oli tehtävän alussa keskimmäisessä kupissa vihreä pää alaspäin. Lapsen tehtävänä oli siis siirrellä putkea keskimmäisen kupin vasemmalla tai oikealla puolella sijaitsevaan kuppiin tutkijan antamien ohjeiden mukaisesti (esim. “Laita putken musta pää kuppiin 2.”). Jokaisen osion jälkeen putki palautettiin aloitusasentoon keskimmäiseen kuppiin. Lapsen käden valintaa ei kontrolloitu, eli lapsi sai käyttää kumpaa kättä tahansa. Lasta ei myöskään pyydetty käyttämään samaa kättä koko tehtävän ajan. Jos lapsi ei toiminut ohjeistuksen mukaisesti, esimerkiksi käytti kahta kättä tai otti putkesta kiinni ohjeen vastaisesti, ohje toistettiin ja osio tehtiin uudestaan. Muuten lapselle ei annettu palautetta tehtävän aikana.

Aineiston analysointi

Dowel-tehtävässä riippumattomia muuttujia oli kaksi: ryhmä (LT+SLI, LT, TK) ja tehtävätyyppi. Tehtävätyypillä oli kaksi tasoa: ESC ja kontrolli. Riippuva muuttuja oli käden loppuasento, joka oli joko peukalo alaspäin tai ylöspäin. Tehtävässä siis laskettiin, kuinka monta kertaa lopetusasento oli ESC-periaatteen mukainen eli peukalo ylöspäin. Jokaiselle tutkittavalle laskettiin keskiarvo ESC-loppuasentojen määrästä ESC-tehtävissä ja kontrollitehtävissä. Tuloksia analysoitiin tilastollisesti, millä saatiin selvitettyä tehtävätyypin (kontrolli ja ESC) ja ryhmän yhteisvaikutus käden loppuasentoon.

3.2.3 Suun motoriset sarjat

Ärsykkeet

Nepsyn (Korkman ym., 1997) suun motoristen sarjojen tehtävässä ärsykkeinä olivat tutkijan tuottamat tavusarjat (keksitty esimerkki “tip tap”), sanasarjat (“vinksin vonksin”) ja lauseet (“pappilan apupapin papupata”). Lapsen tehtävä oli toistaa kunkin osion ärsyke viisi kertaa. Osioita oli tehtävässä yhteensä 14.

Tutkimuksen kulku

Lapsen tehtävänä oli tuottaa tutkijan mallin mukaan tavusarjoja ja lauseita. Osiot 1–8 esitettiin nopeudella 1 sarja 1 sekunnissa ja osiot 9–14 esitettiin nopeudella 1 sarja 2 sekunnissa. Tehtävä keskeytettiin, jos lapsi sai neljästä peräkkäisestä osiosta nolla pistettä.

Aineiston analysointi

Tehtävässä arvioitiin, montako virheetöntä toistoa tutkittava kykeni tuottamaan peräkkäin kussakin osiossa. Kaikki tehtävässä tuotetut peräkkäisten virheettömien tuotosten määrät laskettiin yhteen ja muunnettiin standardipisteiksi testikäsi­kirjan mukaan. Tehtävässä riippuva muuttuja oli siis peräkkäisten onnistuneiden toistojen määrä. Riippumaton muuttuja oli ryhmä (LT+SLI, LT, TK). Eri ryhmien pistemääriä vertailtiin tilastollisten menetelmien avulla. Analyysit tehtiin sekä raaka- että standardipisteille. Vaikka standardipisteet kontrolloivat iän vaikutusta, tässä tehtävässä analyysit päätettiin tehdä myös raakapisteille, sillä testin normiaineisto on vuodelta 1997 eikä välttämättä enää sovellu lasten suoriutumisen vertailuun.

3.2.4 Sorminaputustehtävä

Ärsykkeet

Nepsy II:n (Korkman ym., 2008) sorminaputustehtävässä ärsykeitä oli kaksi, joista molemmat olivat tutkijan näyttämiä malleja sormien yhteen naputtamisesta. Ensimmäi-

nen oli etusormen ja peukalon yhteen naputtaminen. Toinen oli kaikkien saman käden muiden sormien naputtaminen peukaloa vasten yksi kerrallaan edeten järjestyksessä etusormesta pikkurilliä kohden.

Tutkimuksen kulku

Sorminaputustehtävässä tehtävät tehtiin molemmilla käsillä, mutta yhdellä kädellä kerrallaan. Tehtävien tekeminen aloitettiin dominoivalla kädellä. Tehtävässä lapsi naputti etusormen ja peukalon päitä yhteen kaksikymmentä kertaa mahdollisimman nopeasti. Lisäksi lapsen piti naputtaa sormillaan viisi kertaa sarja, jossa peukaloa vasten naputettiin kaikkia saman käden sormia järjestyksessä.

Aineiston analysointi

Tehtävässä mitattiin, kuinka monta sekuntia tutkittavalla kesti naputtaa sormiaan vaadittava määrä virheettömästi molemmista käsistä erikseen. Riippuva muuttuja oli siis tässä tehtävässä naputukseen kulunut aika. Osatehtävien raakapisteet laskettiin yhteen ja saatu summa muunnettiin standardipisteiksi testikäsi- ja sarjallisuuden mukaisesti. Riippumattomia muuttujia oli kaksi: ryhmä (LT+SLI, LT, TK) ja sarjallisuus (toistava ja sarjallinen). Proseduraalisen muistin hypoteesin (Ullman & Pierpont, 2005) pohjalta voidaan olettaa, että ryhmien välillä havaittaisiin eroja erityisesti tehtävän sarjallisessa osassa. Eri ryhmien suoriutumista vertailtiin tilastollisten menetelmien avulla. Tässä tehtävässä tilastolliset analyysit tehtiin standardipisteille, koska ne kontrolloivat iän vaikutuksen suoriutumiseen. Kun ryhmien suoriutumista tehtävässä vertailtiin erikseen toistavassa ja sarjallisessa osassa, käytettiin raakapisteitä, sillä osatehtäville ei ole olemassa standardipisteitä.

3.2.5 Reliabiliteetti

SRT-tehtävässä käytetty E-Prime 2.0 -ohjelmisto rekisteröi vastaukset tarkasti ja luotettavasti. Nepsy:n ja Nepsy II:n osatehtävät on standardoitu, joten niiden tuloksia ei tarvinnut luotettavuuden vuoksi pisteyttää uudelleen. Dowel-tehtävä on kokeellinen menetelmä, joten sille tehtiin erillinen luotettavuuden arvio. Aineistosta valittiin satunnaisesti 20 % otos, joka pisteytettiin uudestaan niin, ettei uusi arvioija ollut nähnyt

aiempaa pisteytystä. Pisteyttäjien välinen reliabiliteetti oli 100 %. Satunnaisessa otoksessa oli kuitenkin yhdellä tutkittavalla kaksi yksittäistä osiota, joita ei voinut pisteyttää, koska ne oli tehty väärin ja ne olisi pitänyt toistaa.

3.3 Tutkimusasetelma ja aineiston analysointi

Tässä tutkimuksessa käytettiin tutkittavien välistä asetelmaa, jossa vertailtiin TK-ryhmän, LT-ryhmän ja LT+SLI-ryhmän suoriutumista kussakin proseduraalisen muistin toimintaa mittaavassa tehtävässä. Kaikki aineiston tilastolliset analyysit suoritettiin IBM SPSS Statistics 24 -ohjelmistolla. Ennen kuin ryhmien välistä suoriutumista vertailtiin tilastollisilla analyyseilla eri tehtävissä, ryhmien jakaumien normaalisuus tehtävissä tarkastettiin Shapiro-Wilk-testillä. Jos mahdollista, jakaumille tehtiin normalisuutta korjaavia muunnoksia. Jos muunnokset korjasivat jakaumien epänormaalisuuden, ryhmiä vertailtiin parametrisilla testeillä. Jos taas jakaumien epänormaalisuus ei korjaantunut, vertailut tehtiin epäparametrisilla testeillä eli käytännössä Friedmanin testillä tai Kruskal-Wallis-testillä. Jos jakaumat olivat normaaleja, käytettiin parametrisia testejä eli toistettujen mittausten varianssianalyysejä tai yksisuuntaista varianssianalyysejä. Toistettujen mittausten varianssianalyysin yhteydessä tarkistettiin jakauman sfäärisyysoletuksen täyttyminen Mauchlyn testin pohjalta ja yksisuuntaisen varianssianalyysin yhteydessä tarkistettiin varianssien yhtäsuuruusoletuksen täyttyminen Levenen testin pohjalta. Varianssianalyyseistä otettiin myös post hoc -vertailut niin, että sfäärisyys- tai varianssien yhtäsuuruusoletusten täytyttyä tarkasteltiin Tukeyn testiä ja Bonferroni-korjattuja arvoja. Jos taas oletukset eivät täytyneet, tarkasteltiin Tamhanen T2 -testin arvoja. Mahdollisia tutkittavien sisäisiä vertailuja tehtiin parittaisella t-testillä, jos jakaumat olivat normaaleja, tai Wilcoxonin merkittyjen järjestyslukujen testillä, jos jakaumat eivät olleet normaaleja.

Efektikokojen estimaatteja d , r , η_p^2 ja η^2 tulkittiin Lenhardtin ja Lenhardtin (2016) suositusten mukaan, jotka on esitelty Taulukossa 5. Efektikoon estimaattia η_p^2 tulkittiin kuten estimaattia η^2 . Tulkinta perustuu Richardsonin (2011) artikkelin pohjalta Cohenin (1969) suositukseen, jotka ovat samat kuin Taulukossa 5 kohdassa η^2 , eli samat kuin Cohenilla (1988). Näin tehtiin huolimatta siitä, että η_p^2 antaa usein suuremman arvon kuin η^2 (Richardson, 2011). Friedmannin testin pohjalta laskettava Kendall's W tulkit-

tiin Cohenin (1988) efektikoon tulkinnan suositusten mukaisesti (Marshall & Marquier, tarkistanut Knox, Statstutor Community Project). Lähdettä käytetty Creative Commons CC BY-NC-ND 2.0 UK -lisenssin ehtojen mukaisesti.

Taulukko 5. Efektikokojen tulkinta (Lenhardt & Lenhardt, 2016)

d	r*	η^2	Efektikoko (Cohen, 1988)
< 0	< 0	-	Negatiivinen efekti
.0	.00	.000	Ei efektiä
.1	.05	.003	
.2	.10	.010	Pieni efekti
.3	.15	.022	
.4	.2	.039	
.5	.24	.060	Keskisuuri efekti
.6	.29	.083	
.7	.33	.110	
.8	.37	.140	
.9	.41	.168	Suuri efekti
≥ 1.0	.45	.200	

*Cohen (1988) raportoi efektivälit seuraavasti:

.1-.3 pieni efekti, .3-.5 keskisuuri efekti, $\geq .5$ suuri efekti

3.4 Tutkimuksen eettisyys

Tutkimukseen osallistuminen oli täysin vapaaehtoista. Sekä lapsi että lapsen vanhempi on allekirjoittanut suostumuslomakkeen ennen tutkimuksien alkamista. Tutkittavien henkilötietoja sisältävät asiakirjat, testilomakkeet sekä video- ja äänitallenteet säilytetään lukollisessa tilassa, johon ulkopuoliset eivät päässeet. Kaikki lasten tutkimiseen osallistuvat henkilöt ovat sitoutuneet pitämään kaikki tutkimukseen ja tutkittaviin liittyvät tiedot salassa ulkopuolisilta. NeuroTalk-projektilla on Varsinais-Suomen Sairaanhoidopiirin eettisen toimikunnan hyväksyntä Diaarinumerolla ETMK 6/2017.

Tutkittavat saivat osallistumisestaan korvaukseksi elokuvalipun tai lelun. Lisäksi vanhemmilla oli halutessaan mahdollisuus saada maksimissaan 45 euron matkakulukorvaus tutkimuskäynneistä. Perheille toimitettiin tutkimusjakson päätteeksi yhteenveto

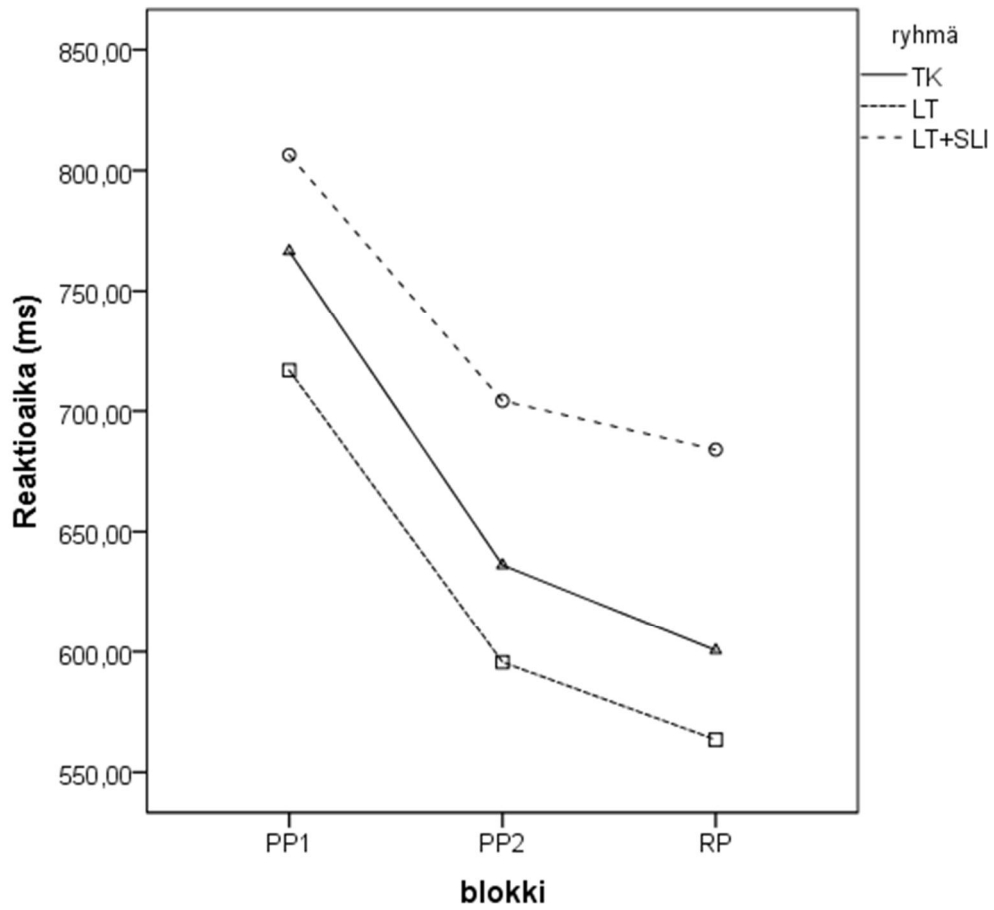
lapsen suoriutumisesta. Jos tutkimusten perusteella epäiltiin, että jollakin lapsista on kuntoutusta vaativa kielellinen tai kehityksellinen häiriö tai jokin sairaus, heille annettiin asianmukaiset suositukset jatkotutkimuksista ja -toimenpiteistä.

4 Tulokset

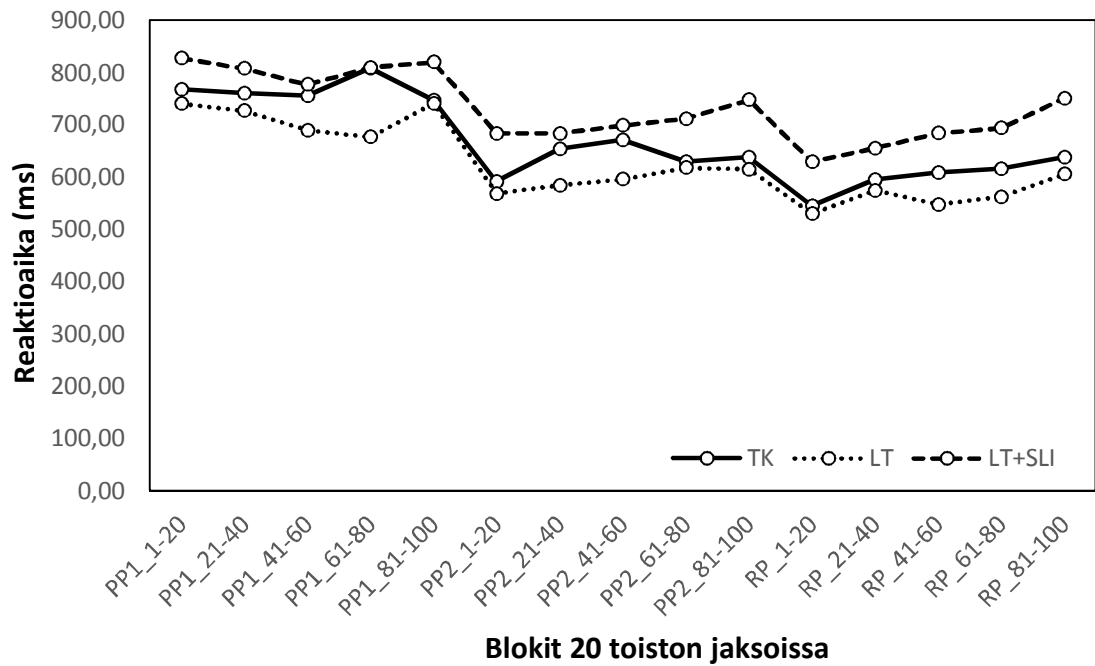
Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tutkia, muodostuuko TK-, LT- ja LT+SLI-ryhmän välille proseduraalisen muistin toiminnan jatkumo niin, että TK-ryhmä suoriutuu muita ryhmiä paremmin proseduraalisen muistin tehtävistä. LT-ryhmän suoriutuminen proseduraalisen muistin tehtävistä olisi puolestaan LT+SLI-ryhmää parempaa, jolloin LT+SLI suoriutuisi siis heikoiten. Käymme seuraavassa läpi tutkimuksen tuloksia tehtävä kerrallaan.

4.1 SRT-tehtävä

Aluksi kontrolloitiin tutkittavien vastausten oikeellisuus, jotta voitiin varmistua siitä, että ryhmät ovat sen suhteen vertailukelpoisia. Tarkasteltiin eri ryhmien oikeiden vastausten suhteellista osuutta blokeittain (sarjalliset PP1 ja PP2 sekä satunnainen RP) ja kaikkien blokkien keskiarvolla. Ryhmien tarkkuus oli yli 80% läpi koko SRT-tehtävän. Jakaumat olivat normaaleja, $p > .05$, lukuun ottamatta PP1- ja RP-blokkia LT+SLI-ryhmällä sekä kaikkien blokkien keskiarvo TK-ryhmällä, $p < .05$. Epäparametrisen Kruskal-Wallis-testin mukaan ryhmien oikeellisuuden keskiarvot koko tehtävässä eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, $\chi^2(2) = 1.808$, $p > .05$, $\eta^2 = .090$. Ryhmien välisiä eroja vastausten oikeellisuudessa kaikissa blokeissa erikseen vertailtiin epäparametrisellä Friedmanin testillä. Vastausten oikeellisuus eri ryhmillä eri blokeissa ei eronnut toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, $\chi^2(2) = 3.432$, $p > .05$, Kendall's $W = .082$.



Kuvaaja 1. SRT-tehtävän reaktioaikojen keskiarvot eri blokeissa ryhmittäin



Kuvaaja 2. SRT-tehtävän reaktioaikojen keskiarvot tutkimusryhmittäin 20 toiston jaksoissa

Oikeellisuuden kontrolloimisen jälkeen siirryttiin tarkastelemaan reaktioaikoja. Reaktioaikojen muutoksia tarkastelemalla voitiin selvittää, oliko tutkittavien suoriutumisessa havaittavissa sarjallista oppimista ja erosiko eri ryhmien suoriutuminen toisistaan. Oletuksena oli, että ainakin TK-ryhmän reaktioajat lyhenisivät PP1- ja PP2-blokin edetessä ja puolestaan pitenisivät RP-blokissa. Aiempien tutkimustulosten perustella samanlaista oletusta ei voitu tehdä LT-taustaisten ryhmien suoriutumisesta. Oletuksena siis oli, että LT-taustaiset lapset suoriutuvat tehtävästä heikommin. Kuten Kuvaajasta 1 näkee, kaikkien ryhmien reaktioaikojen keskiarvot lyhenivät jokaisessa blokissa edelliseen verrattuna. RP-blokissa reaktioajat eivät siis pidentyneet PP2-blokkiin verrattuna. Kuvaajassa 2 on esitetty eri ryhmien reaktioajat 20 toiston jaksojen keskiarvoina. Tutkittavien reaktioajat olivat jokaisen blokin alussa lyhyemmät kuin edellisen blokin lopussa. Taukojen jälkeen reaktioajat siis lyhenivät. Kaikkien ryhmien käyrät näyttävät melko saman muotoisilta ja sijoittuivat lähekkäin. Reaktioajat siis näyttävät kuvaajan perusteella kehittyneen kaikilla ryhmillä melko samalla tavalla tehtävän edetessä.

Kaikkien ryhmien reaktioaikojen keskiarvot kaikissa blokeissa olivat normaalisti jakautuneet, $p > .05$. Ryhmien välisiä eroja kaikissa eri blokeissa vertailtiin toistettujen mittauksen varianssianalyysillä. Jakaumien sfäärisyysoletus täyttyi, $p > .05$. Ryhmät suoriutuivat toisiaan vastaavasti, $F(2) = 1.085$, $p > .05$, $\eta_p^2 = .108$. Blokkien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero reaktioaikojen pituudessa, $F(2) = 29.382$, $p < .001$, ja efekti oli suuri, $\eta_p^2 = .620$. Blokkien välisiä reaktioaikoja vertailtiin vielä parittaisilla t-testeillä. Tilastollisesti merkitsevät erot havaittiin PP1- ja PP2-blokin, $t(20) = 6.137$, $p < .05$, ja efekti oli suuri, $d = 1.339$, sekä PP1- ja RP-blokin välillä, $t(20) = 6.476$, $p < .05$, ja efekti oli suuri, $d = 1.413$. Puolestaan PP2- ja RP-blokin välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa, $t(20) = 1.831$, $p > .05$, $d = .399$. Bonferroni-korjauksen jälkeenkin parittaisten vertailujen merkitsevyydet pysyivät samoina (Bonferroni-korjattu merkitsevyydestä $\approx .017$). Blokin ja ryhmän yhdysvaikutus (blokki*ryhmä) ei ollut tilastollisesti merkitsevä, $F(4) = .208$, $p > .05$, $\eta_p^2 = .023$.

4.2 Dowel-tehtävä

Dowel-tehtävän kummankin tehtävätyypin tulosten keskiluvut on esitelty taulukossa 6. Dowel-tehtävässä erityisenä kiinnostuksen kohteena olivat ESC-tehtävät, koska niissä

pitäisi näkyä tutkittavien kyky ennakoivaan motoriseen suunnitteluun. ESC-otteiden järjestelmällinen käyttäminen ESC-tehtävissä siis kuvastaa tehokasta ennakoivaa motorista suunnittelua. Oletuksena oli, että mikään tutkimusryhmistä ei käytä ESC-otteita täysin järjestelmällisesti, koska heidän ikäistensä lasten kyky ennakoivaan motoriseen suunnitteluun on vielä kehitysvaiheessa (Wunsch ym., 2013). LT-taustaisten ryhmien oletettiin kuitenkin suoriutuvan TK-ryhmää heikommin, koska ennakoivan motorisen suunnittelun oletetaan tapahtuvan proseduraalisen muistin tukemana. Lisäksi oletettiin, että LT+SLI-ryhmä suoriutuu LT-ryhmää heikommin. Ryhmien välisiä eroja tarkasteltiin kuitenkin sekä ESC- että kontrollitehtävissä. Myös kontrollitehtävät analysoitiin, koska Sanjeevanin ja kollegoiden (2018) tutkimuksessa SLI-lasten havaittiin käyttävän ESC-otteita turhaan kontrollitehtävissä. Analyyseistä poistettiin kahden tutkittavan arvot, koska heidän havaittiin pitävän suurimman osan ajasta putkesta kiinni irrottamatta välillä, minkä vuoksi heidän suorituksensa ei kuvaa luotettavasti heidän motorista suunnitteluun. Tutkittavat olivat TK- ja LT+SLI-ryhmästä. Kaikilla ryhmillä kontrollitehtävissä oli havaittavissa kattoefekti, eli kontrollitehtävien jakaumat eivät siis olleet normaaleja, $p < .05$. Tehtiin ryhmien välinen vertailu epäparametrisella Kruskal-Wallis-testillä. Sen perusteella ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa kontrollitehtävissä, $\chi^2(2) = .625, p > .05, \eta^2 = .076$.

ESC-tehtävissä kaikkien ryhmien jakaumat olivat normaaleja, $p > .05$. Tarkasteltiin ryhmien välisiä eroja yksisuuntaisella varianssianalyysilla. Levenen testin mukaan varianssien yhtäsuuruusoletus täyttyi, $p > .05$. Yksisuuntaisen varianssianalyysin perusteella ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero ESC-tehtävissä, $F(2) = 4.693, p < .05$, ja efekti oli suuri, $d = 1.052$. Tämän jälkeen ryhmien välisiä eroja tarkasteltiin varianssianalyysin post hoc -testeillä (Tukey ja Bonferroni). LT+SLI- ja LT-ryhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, $p > .05$. TK-ryhmä erosi sekä LT- että LT+SLI-ryhmästä tilastollisesti merkitsevästi, $p < .05$. Toisin sanoen TK-ryhmä pystyi toteuttamaan liikkeet ESC-periaatetta noudattaen paremmin kuin LT- ja LT+SLI-ryhmä. Bonferroni-korjatuilla testituloksilla merkitsevä ero löytyi vain TK-ryhmän ja LT+SLI-ryhmän välillä, $p < .05$, mutta TK- ja LT-ryhmän välinen ero oli lähes tilastollisesti merkitsevä, $p = .56$.

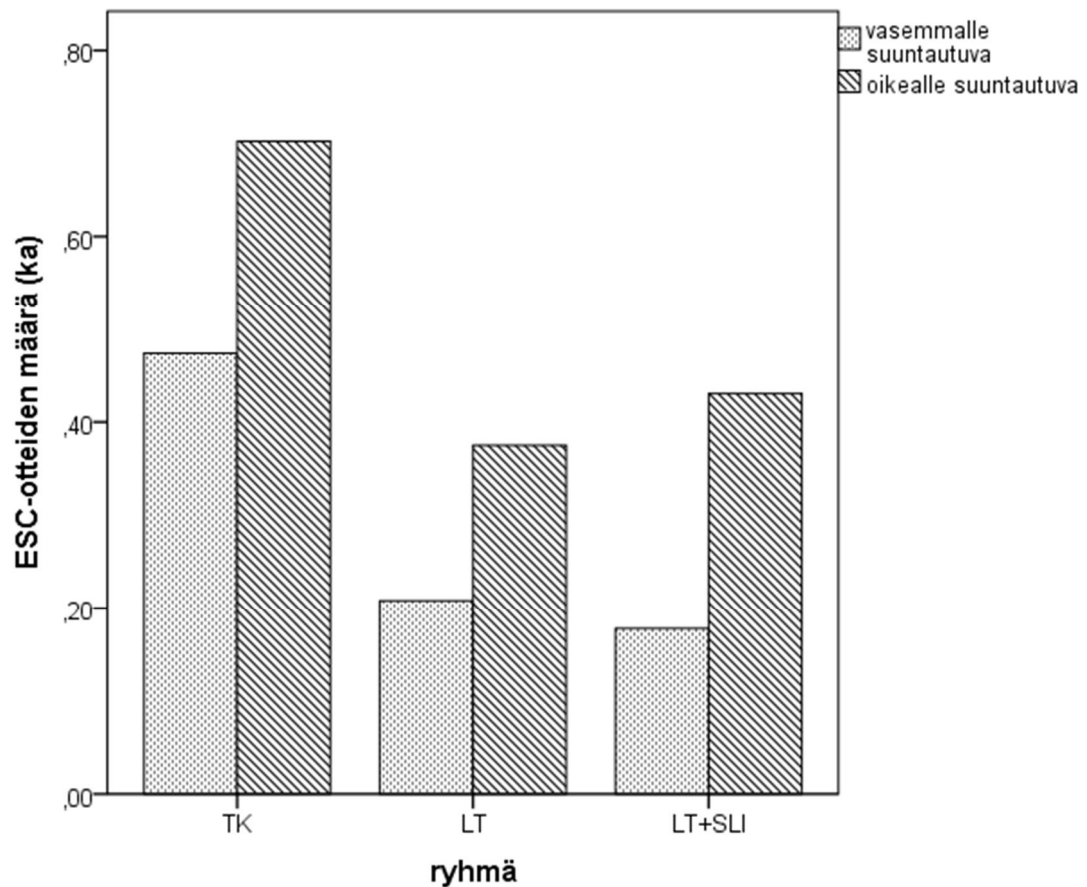
Taulukko 6. ESC-otteiden keskiarvoinen määrä dowel-tehtävän eri tehtävyytyypeissä tutkimusryhmittäin

Ryhmä	kontrolli			ESC		
	keskiarvo	keskihajonta	min-max	keskiarvo	keskihajonta	min-max
TK	.96	.06	.88–1	.61	.22	.25–.88
LT	.98	.04	.88–1	.29*	.23	.0–.57
LT+SLI	.98	.05	.88–1	.25*	.26	.0–.75

*Tilastollisesti merkitsevä ero ($p < .05$) TK-ryhmään verrattuna ennen Bonferroni-korjausta

Kontrolloitiin liikkeen suunta, koska sillä saattaisi olla vaikutusta tuloksiin. Liikkeen suunnan vaikutusta ei ole raportoitu aiemmissa tutkimuksissa, joten ei osattu olettaa, miten liikkeen suunta mahdollisesti vaikuttaisi tuloksiin. Tarkasteltiin liikkeen suunnan vaikutusta kontrollitehtävissä suoriutumiseen eri ryhmillä epäparametrisella Kruskal-Wallis-testillä, koska mikään jakaumista ei ollut normaali, $p < .05$. Ryhmien välillä ei ollut eroa vasemmalle suuntautuvissa kontrollitehtävissä $\chi^2(2) = 1.625$, $p > .05$, $\eta^2 = .021$, eikä oikealle suuntautuvissa kontrollitehtävissä $\chi^2(2) = 2.391$, $p > .05$, $\eta^2 = .022$. Tarkasteltiin liikkeen suunnan vaikutusta myös ESC-tehtävissä suoriutumiseen eri ryhmillä. ESC-tehtävien tulokset eri suuntiin on esitelty Kuvaajassa 3. Jakaumille ei tehty mitään epänormaalisuutta korjaavia muunnoksia, koska jakaumat olivat eri suuntaan vinoja. TK-ryhmän jakaumat olivat normaaleja sekä oikealle että vasemmalle suuntautuvissa liikkeissä, $p > .05$. LT-ryhmällä vasemmalle suuntautuvien liikkeiden jakauma oli normaali, $p > .05$, mutta oikealle suuntautuvien liikkeiden jakauma ei ollut normaali, $p < .05$. Sitä vastoin LT+SLI-ryhmällä vasemmalle suuntautuvien liikkeiden jakauma ei ollut normaali, $p > .05$, mutta oikealle suuntautuvien oli, $p < .05$. Koska osa jakaumista ei ollut normaaleja, päädyttiin tekemään epäparametrinen Kruskal-Wallis-testi. Testin perusteella ryhmien suoriutumisessa ei ollut eroa, kun liike suuntautui oikealle, $\chi^2(2) = 2.913$, $p > .05$, $\eta^2 = .051$. Puolestaan vasemmalle suuntautuvassa liikkeessä ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero, $\chi^2(2) = 6.944$, $p < .05$, ja efekti oli suuri, $\eta^2 = .275$. Vasemmalle suuntautuvan liikkeen osalta tarkasteltiin vielä Kruskal-Wallis-testin parittaisten vertailujen tuloksia. LT+SLI- ja LT-ryhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, $\chi^2 = 1.729$, $p > .05$, $\eta^2 = .061$. TK-ryhmä erosi sekä LT-, $\chi^2 = 6.545$, $p < .05$, $\eta^2 = .427$, että LT+SLI-ryhmästä tilastollisesti merkitsevästi, $\chi^2 = 8.274$, $p < .05$, $\eta^2 = .661$, ja efektit olivat suuria. TK-ryhmä pystyi siis vasemmalle suuntautuvissa ESC-tehtävissä suunnittelemaan liikkeet muita ryhmiä paremmin. Bonferroni-korjatuilla testituloksilla merkitsevä ero

löytyi vain TK-ryhmän ja LT+SLI-ryhmän välillä, $p < .05$. Muiden ryhmien välillä ei siis ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, $p > .05$.



Kuvaaja 3. ESC-otteiden keskiarvoinen määrä dowel-tehtävän ESC-tehtävissä eri suuntaisissa liikkeissä tutkimusryhmittäin

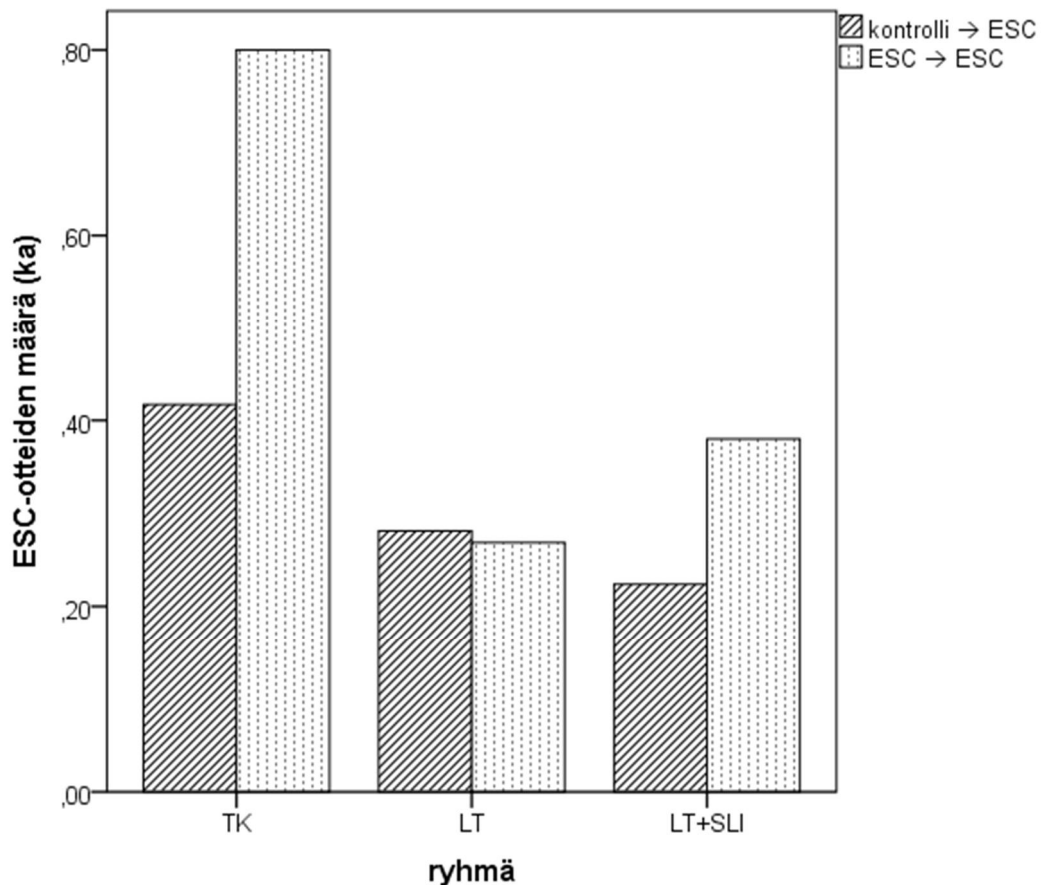
Kuvaajan 3 perusteella näyttää siltä, että kaikkien ryhmien ESC-otteiden käyttö olisi runsaampaa oikealle kuin vasemmalle suuntautuviissa liikkeissä. Päätettiin siis vielä tarkastella liikkeen suunnan vaikutusta ESC-tehtävissä suoriutumiseen eri ryhmien sisällä, koska haluttiin tarkistaa, suoriutuvatko eri ryhmät heikommin jompaan kumpaan suuntaan. TK-ryhmälle tehtiin parittainen t-testi, kun taas muille ryhmille tehtiin epäparametrinen Wilcoxonin merkittyjen järjestyslukujen testi. TK-ryhmän suoriutumisessa vasemmalle ja oikealle suuntautuvien liikkeiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, $t(6) = -1.898$, $p > .05$, $d = .717$. Liikkeen suunta ei vaikuttanut LT-ryhmän suoriutumiseen ESC-tehtävissä tilastollisesti merkitsevästi, $Z = -1.490$, $p > .05$, $r = .527$. Myöskään LT+SLI-ryhmän suoriutumiseen liikkeen suunta ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi, $Z = -1.483$, $p > .05$, $r = .605$. Toisin sanoen liikkeen suun-

nalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta ESC-tehtävissä suoriutumiseen missään ryhmässä, kun suoriutumista vertailtiin ryhmien sisäisesti.

Haluttiin lisäksi tarkastella, miten tutkittavat sopeuttivat toimintaansa edellisen tehtävätyypin pohjalta. Sanjeevanin ja kumppaneiden (2018) tutkimuksessa havaittiin, että SLI-ryhmä perseveroi ESC-otteen käyttämistä tarpeettomasti kontrollitehtävissä. Haluttiin selvittää, onko tässä tutkimuksessa havaittavissa samanlaista ilmiötä. Lisäksi haluttiin selvittää, voisiko motorisen suunnittelun joustamattomuutta ilmetä myös ESC-tehtävissä. Vertailtiin siis eri ryhmien suoriutumista kontrollitehtävissä kontrolli- ja ESC-tehtävien jälkeen. Minkään ryhmän jakauma ei ollut normaali, $p < .05$, vaan kaikilla ryhmillä oli havaittavissa kattoefekti. Epäparametrisen Kruskal-Wallis-testin mukaan ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa sen suhteen, miten edellinen tehtävätyyppi vaikutti kontrollitehtävissä suoriutumiseen kontrollitehtävien jälkeen, $\chi^2(2) = 1.625$, $p > .05$, $\eta^2 = .021$, tai ESC-tehtävien jälkeen, $\chi^2(2) = 2.592$, $p > .05$, $\eta^2 = .033$.

Tarkasteltiin myös sitä, miten edellinen tehtävätyyppi vaikuttaa ESC-tehtävissä suoriutumiseen eri ryhmillä. TK-ryhmän jakauma ESC-tehtävien jälkeisistä ESC-tehtävistä ei ollut normaali, $p < .05$. Muut ESC-tehtävien jakaumat olivat normaaleja, $p > .05$. ESC-tehtävien jälkeisille ESC-tehtäville ei voinut tehdä normaalisuutta korjaavia muunnoksia, koska eri ryhmien jakaumat olivat eri suuntaan vinoja. Kontrollitehtävien jälkeisissä ESC-tehtävissä varianssien yhtäsuuruusoletus täyttyi Levenen testin mukaan, $p > .05$. Yksisuuntaisen varianssianalyysin perusteella kontrollitehtävien jälkeisissä ESC-tehtävissä ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, $F(2) = 1.236$, $p > .05$, $d = .634$. LT+SLI-ryhmän ESC-tehtävien jälkeisten ESC-tehtävien analyysistä poistettiin yhden tutkittavan arvot puuttuvan arvoksi. Arvo puuttui tehtävän satunnaistuksen vuoksi. ESC-tehtävien jälkeisissä ESC-tehtävissä ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero epäparametrisen Kruskal-Wallis-testin mukaan, $\chi^2(2) = 7.567$, $p < .05$, ja efekti oli suuri, $\eta^2 = .327$. Tämän jälkeen tarkasteltiin ESC-tehtävien jälkeisten ESC-tehtävien ryhmien väliset parittaiset vertailut Kruskal-Wallis-testistä. LT+SLI- ja LT-ryhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, $\chi^2 = -1.750$, $p > .05$, $\eta^2 = .25$. TK-ryhmä erosi LT-ryhmästä tilastollisesti merkitsevästi, $\chi^2 = 8.036$, $p < .05$, ja efekti oli suuri, $\eta^2 = .541$. TK ja LT+SLI-ryhmä erosivat lähes tilastollisesti merkitsevästi, $\chi^2 = 6.286$, $p = .065$, ja efekti oli suuri, $\eta^2 = .529$. Toisin sanoen TK-ryhmä pystyi muita ryhmiä paremmin toimimaan ESC-periaatteen mukaisesti ESC-tehtävissä

ESC-tehtävien jälkeen. Bonferroni-korjatuilla testituloksilla merkitsevä ero löytyi edelleen TK-ryhmän ja LT-ryhmän välillä, $p < .05$, mutta ei muiden ryhmien välillä, $p > .05$. Tulokset edellisen tehtävätyypin vaikutuksesta ESC-tehtäviin on esitelty Kuvaajassa 4.



Kuvaaja 4. ESC-otteiden keskiarvoinen määrä dowel-tehtävässä eri tehtävätyyppien jälkeen ESC-tehtävissä tutkimusryhmittäin

Kuvaajan 4 perusteella vaikutti siltä, että TK-ryhmä olisi suoriutunut ESC-tehtävissä paremmin ESC-tehtävien kuin kontrollitehtävien jälkeen. Päätettiin siis vertailla ESC-tehtävässä suoriutumista eri tehtävätyyppien jälkeen ryhmien sisäisesti, koska haluttiin tarkastella, vaikuttaako edellinen tehtävätyyppi yksittäisten ryhmien suoriutumiseen ESC-tehtävissä. TK-ryhmän sisäinen vertailu tehtiin Wilcoxonin merkittyjen järjestyslukujen testillä, koska ESC-tehtävien jälkeisten ESC-tehtävien jakauma ei ollut normaali, $p < .05$. TK-ryhmä suoriutui ESC-tehtävissä tilastollisesti merkitsevästi paremmin ESC-tehtävien jälkeen kuin kontrollitehtävien jälkeen, $Z = -2.197$, $p < .05$, ja efekti oli

suuri, $r = .830$. Muille ryhmille tehtiin parittainen t-testi, koska jakaumat olivat normaaleja. LT-ryhmän suoriutuminen ESC-tehtävissä ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi eri tehtävätyyppien jälkeen, $t(7) = .162, p > .05, d = .057$. LT+SLI-ryhmän ESC-tehtävien analyyseistä poistettiin yhden tutkittavan arvot puuttuvan arvon vuoksi. Myöskään LT+SLI-ryhmän suoriutuminen ESC-tehtävissä ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi eri tehtävätyyppien jälkeen, $t(4) = -.817, p > .05, d = .365$. TK-ryhmä pystyi siis sopeuttamaan toimintaansa ESC-tehtävän vaatimusten mukaiseksi ESC-tehtävän jälkeen, kun taas LT-taustaisilla ryhmillä ei ollut havaittavissa vastaavanlaista sopeutumista.

4.3 Suun motoriset sarjat

Suun motoristen sarjojen tehtävässä suoriutuminen vaatii sarjallista motorista toimintaa, joten tehtävässä suoriutuminen tapahtuu proseduraalisen muistin tukemana. Oletuksena siis oli, että TK-ryhmä suoriutuu LT-taustaisia lapsia paremmin. Lisäksi oletettiin, että LT-ryhmä suoriutuu LT+SLI-ryhmää paremmin. Vertailtiin eri ryhmien suoriutumista tehtävässä sekä raaka- että standardipisteiden pohjalta. Tähän päädyttiin siksi, että tehtävän normiaineisto on vuodelta 1997, eli tutkittavien vertailu pelkästään standardipisteiden pohjalta ei ole mielekästä. Taulukossa 7 on esitetty kaikkien ryhmien suun motoristen sarjojen raaka- ja standardipisteiden keskiluvut. Kaikkien ryhmien raakapistteet olivat normaalisti jakautuneet, $p > .05$. Standardipisteet olivat TK- ja LT-ryhmällä normaalisti jakautuneet, $p > .05$, mutta LT+SLI-ryhmällä eivät, $p < .05$. LT+SLI-ryhmän standardipisteiden jakaumassa oli havaittavissa lattiaefekti. Standardipisteille kokeiltiin tehdä neliöjuuri- ja logaritimuunnos, mutta kumpikaan ei korjannut jakauman normaalisuutta. Eri ryhmien raakapistteitä vertailtiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä, koska varianssien yhtäsuuruusoletus täyttyi, $p > .05$. Analyysin mukaan eri ryhmien raakapistteet eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, $F(2) = 2.462, p > .05, d = .914$. Eri ryhmien standardipisteitä vertailtiin toisiinsa puolestaan epäparametrisella Kruskal-Wallis-testillä. Testin perusteella ryhmien standardipisteet eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, $\chi^2(2) = 4.536, p > .05, \eta^2 = .127$. Taulukosta 7 on kuitenkin havaittavissa, että LT+SLI-ryhmä suoriutui tehtävästä muita ryhmiä heikommin sekä raaka- että standardipisteiden keskiarvon perusteella.

Taulukko 7. Suun motoristen sarjojen raaka- ja standardipisteiden keskiluvut tutkimusryhmittäin

Ryhmä	Raakapisteet			Standardipisteet		
	keskiarvo	keskihajonta	min-max	keskiarvo	keskihajonta	min-max
TK	49.75	5.01	44–57	4.38	3.07	1–9
LT	49.88	15.62	18–68	6.75	4.71	1–15
LT+SLI	37.71	13	15–54	2.43	2.44	1–6

Ryhmiä välisten erojen puuttuminen saattaisi selittyä sillä, että TK-ryhmäkin suoriutui heikosti tehtävästä, kuten taulukossa 7 olevista standardipisteiden keskiluvuista voi huomata. Ryhmän keskiarvo sijoittui yhden keskihajonnan alle (–1 SD) testin normiaineiston keskiarvon. Kolme tutkittavaa ($n = 3$) sijoittui kaksi keskihajontaa alle (–2 SD) ja toiset kolme tutkittavaa yhden keskihajonnan alle (–1 SD) testin normiaineiston keskiarvon. Vain kaksi tutkittavaa TK-ryhmästä ($n = 2$) sijoittui testin normaalivaihteluun. Kaikki ryhmät suoriutuivat siis heikosti suun motorisista sarjoista.

4.4 Sorminaputustehtävä

Sorminaputustehtävä on luonteeltaan motorinen tehtävä ja osittain myös sarjallinen, joten siitä suoriutuminen perustuu proseduraalisen muistin toimintaan. Oletettiin, että ryhmien suoriutumisessa olisi eroja erityisesti sarjallisessa sorminaputuksessa. Toistavan sorminaputuksen osalta aiemmat tutkimustulokset ovat olleet ristiriitaisia SLI-ryhmillä, joten siitä ei voitu tehdä vastaavaa oletusta. Sorminaputustehtävän raaka- ja standardipisteiden keskiluvut on koottu Taulukkoon 8. Ryhmien suoriutumista vertailtiin sorminaputustehtävässä standardipisteiden pohjalta. Tehtävän standardipisteet eivät olleet millään ryhmällä normaalisti jakautuneet, $p < .05$. Kokeiltiin tehdä standardipisteille sekä neliöjuuri- että logaritmuunnos, mutta kumpikaan ei korjannut jakaumien normalisuutta. TK-ryhmän standardipisteissä oli havaittavissa lattiaefekti, koska useilla tutkittavilla oli alin mahdollinen arvo 1. Koska mikään standardipisteiden jakaumista ei ollut normaali, päädyttiin tekemään epäparametrinen Kruskal-Wallis-testi. Testin perusteella ryhmien standardipisteet eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, $\chi^2(2) = .985, p > .05, \eta^2 = .051$.

Taulukko 8. Sorminaputustehtävän raaka- ja standardipisteiden keskiluvut tutkimusryhmittäin

Ryhmä	Raakapisteet *			Standardipisteet		
	keskiarvo	keskihajonta	min-max	keskiarvo	keskihajonta	min-max
TK	123.75	64.32	41–221	3.25	3.49	1–10
LT	115.86	73.44	29–192	5.38	4.98	1–12
LT+SLI	108.0	90.49	45–300	5.0	4.43	1–10

*Raakapisteet kuvastavat aikaa

Taulukosta 8 voidaan havaita, että standardipisteiden mukaan kaikkien ryhmien suoriutuminen oli sorminaputustehtävässä heikkoa. TK-ryhmän standardipisteiden keskiarvo oli kuitenkin kaikista tutkimusryhmistä heikoin. Ryhmän keskiarvo jäi kaksi keskihajontaa (-2 SD) testin normiaineiston keskiarvosta. Viisi tutkittavaa ($n = 5$) jäi kaksi keskihajontaa alle (-2 SD) testin normiaineiston keskiarvon ja heidän standardipisteensä oli alin mahdollinen (SP 1). Yhden tutkittavan ($n = 1$) suoriutuminen jäi yhden keskihajonnan alle (-1 SD) normiaineiston keskiarvon ja vain kahden tutkittavan ($n = 2$) suoriutuminen oli normaalivaihtelun sisällä.

Koska joissakin tutkimuksissa on havaittu, että SLI-ryhmät suoriutuvat verrokkeja heikommin sarjallista oppimista vaativista tehtävistä, päätettiin tarkastella toistavaa ja sarjallista sorminaputusta erikseen (Taulukko 9). Proseduraalisen muistin hypoteesin (Ullman & Pierpont, 2005) ja tämän tutkimuksen hypoteesin pohjalta oletettiin, että LT-taustaiset lapset suoriutuvat TK-ryhmää heikommin erityisesti tehtävän sarjallisessa osuudessa. Lisäksi oletettiin, että LT-ryhmä suoriutuu LT+SLI-ryhmää paremmin. Toistavassa sorminaputuksessa minkään ryhmän jakauma ei ollut normaali, $p < .05$. Sarjallisen sorminaputuksen analyyseistä poistettiin yksi tilastollisesti poikkeava arvo LT+SLI-ryhmästä. Sarjallisessa sorminaputuksessa puolestaan kaikki jakaumat olivat normaaleja, $p > .05$. Toistavaa sorminaputusta vertailtiin ryhmien kesken epäparametrisella Kruskal-Wallis-testillä. Testin perusteella ryhmät eivät eronneet toistavassa sorminaputustehtävässä tilastollisesti merkitsevästi toisistaan, $\chi^2(2) = .860$, $p > .05$, $\eta^2 = .057$. Eri ryhmien sarjallista sorminaputusta vertailtiin yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla, koska varianssien yhtäsuuruusoletus täyttyi, $p > .05$. Testin perusteella ryhmät eivät eronneet toisistaan sarjallisessa sorminaputuksessa, $F(2) = .129$, $p > .05$, $d = .198$.

Vertailtiin ryhmien suorituksia toistavassa ja sarjallisessa sorminaputuksessa ryhmien sisäisesti z-muunnetuilla arvoilla, koska raakapisteet eivät ole vertailtavissa toisiinsa. Z-muunnos toteutettiin vähentämällä kunkin tutkittavan toistavan sorminaputuksen

raakapisteistä koko aineiston keskiarvo ja jakamalla saatu tulos koko aineiston keskihajonnalla. Sama toistettiin sarjallisen sorminaputuksen raakapisteille. Toistavassa sorminaputuksessa kaikkien ryhmien jakaumat eivät olleet normaaleja, $p < .05$, ja sarjallisessa sorminaputuksessa kaikkien ryhmien jakaumat olivat normaaleja, $p > .05$. Päädyttiin siis tekemään Wilcoxonin merkittyjen järjestyslukujen testi kaikille ryhmille. TK-ryhmän suoriutuminen ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi toistavan ja sarjallisen sorminaputuksen välillä, $Z = -.169$, $p > .05$, $r = .060$. Myöskään LT-ryhmän suoriutuminen ei eronnut eri sorminaputustehtävien välillä, $Z = .000$, $p > .05$, $r = 0$. Myös LT+SLI-ryhmä suoriutui toistavassa ja sarjallisessa sorminaputuksessa samalla tavalla, $Z = -.943$, $p > .05$, $r = .356$.

Taulukko 9. Sorminaputustehtävän toistavan ja sarjallisen naputuksen raakapisteiden keskiluvut tutkimusryhmittäin

Ryhmä	Toistava			Sarjallinen		
	keskiarvo	keskihajonta	min-max	keskiarvo	keskihajonta	min-max
TK	41.0	37.42	14-120	82.88	50.93	27-180
LT	27.75	20.81	12-69	83.25	62.60	15-180
LT+SLI	24.5	12.79	15-49	69.86	58.35	21-180

4.5 Yhteenveto tuloksista

Proseduraalisen muistin toiminnan havaittiin eroavan tilastollisesti merkitsevästi ryhmien kesken ainoastaan dowel-tehtävässä. Siinä TK-ryhmä suoriutui muita ryhmiä tilastollisesti merkitsevästi paremmin ESC-tehtävissä yleisesti ja myös, kun liikkeen suunta ja edellinen tehtävätyyppi otettiin analyysissä huomioon. SRT-tehtävässä, suun motorisissa sarjoissa ja sorminaputuksessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. SRT-tehtävässä hypoteeseja ei pystytty testaamaan, koska tehtävä ei toiminut odotetulla tavalla. Kaikilla ryhmillä reaktioajat lyhenivät jokaisessa blokissa edelliseen verrattuna, vaikka reaktioaikojen oletetaan lyhentyvän vain sarjallisten blokkien edetessä ja puolestaan pidentyvän viimeisessä eli satunnaisessa blokissa. Suun motorisissa sarjoissa ja sorminaputustehtävässä puolestaan kaikki ryhmät suoriutuivat heikosti.

5 Pohdinta

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, selittääkö proseduraalisen muistin toiminnan heikkous kielellisten vaikeuksien pysyvyyttä. Hypoteesina oli, että proseduraalisen muistin toiminta muodostaisi jatkumon kielellisten taitojen tason mukaan. TK-ryhmällä proseduraalisen muistin toiminta olisi siis normaalia, LT-ryhmällä heikompaa ja LT+SLI-ryhmällä heikointa. Proseduraalisen muistin toimintaa mitattiin SRT-, dowel-, suun motoriset sarjat - ja sorminaputustehtävällä. Ne mittaavat sarjallista motorista ja kognitiivista oppimista, ennakoivaa motorista suunnittelua, sarjallista suun puhemotoriikkaa sekä toistavaa ja sarjallista nopeaa motorista ohjelmointia. Kaikkia tehtäviä kuitenkin yhdistää sarjallinen toiminta. Proseduraalisen muistin toiminnan havaittiin eroavan tilastollisesti merkitsevästi ryhmien välillä ainoastaan dowel-tehtävässä. Siinä TK-ryhmä suoriutui muita ryhmiä paremmin silloinkin, kun liikkeen suunta ja edellinen tehtävätyyppi otettiin analyysissä huomioon. SRT-tehtävässä, suun motorisissa sarjoissa ja sorminaputuksessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä.

5.1 SRT-tehtävä

SRT-tehtävä mittaa sarjallista motorista ja kognitiivista oppimista. SRT-tehtävässä ei päästy testaamaan hypoteeseja, koska tehtävä ei toiminut oletetulla tavalla. Kaikilla ryhmillä reaktioajat lyhenivät jokaisessa blokissa edelliseen verrattuna, vaikka reaktioaikojen oletetaan lyhentyvän vain sarjallisten blokkien edetessä ja puolestaan pidentyvän viimeisessä eli satunnaisessa blokissa. Reaktioajat lyhenivät odotetusti PP1- ja PP2-blokin välillä, mikä saattaisi viitata sarjalliseen oppimiseen. Reaktioaikojen lyhentymisen hidastui PP2- ja RP-blokin välillä. PP2- ja RP-blokin välillä tapahtuneen reaktioaikojen lyhentymisen voisi ajatella johtuvan esimerkiksi yleisestä tehtävään tottumisesta, koska RP-blokissa sarjallinen oppiminen ei ole mahdollista. Onkin mahdollista, että SRT-tehtävän aikana on tapahtunut sekä sarjallista että yleistä motorista oppimista. Sengottuvelin ja Raon (2013) tutkimuksessa mainitaan Sengottuvelin väitöskirjasta, jossa todettiin, että yleinen motorinen oppiminen saavutti katon jo ensimmäisessä satunnaisessa blokissa, kun sekä tehtävän alussa että lopussa oli satunnainen blokki. Tämän tutkimuksen tulokset eivät siis tue edellä mainittuja havaintoja. Vaikuttaa siltä, että yleinen motorinen oppiminen SRT-tehtävässä ei ole tässä tutkimuksessa saavuttanut

kattoa ainakaan ennen RP-blokkia. On kuitenkin siis mahdollista, että yleinen motorinen oppiminen on saavuttanut katon RP-blokin aikana. Siitä ei voida kuitenkaan olla varmoja, koska SRT-tehtävä päättyi siihen.

On kuitenkin epätodennäköistä, että tehtävän pituus olisi vaikuttanut sarjallisen oppimisen havaitsemiseen. Useissa SRT-tutkimuksissa on käytetty samanmittaista tehtävää, eli yhteensä 300 toistoa (Clark & Lum, 2017; Lum & Bleses, 2012; Sengottuvel & Rao, 2013), kuten tässäkin tutkimuksessa, ja niissä kaikissa sarjallista oppimista on havaittu eli SRT-tehtävän perusoletukset ovat täyttyneet. Toisaalta sekä Clarkin ja Lumin (2017) että Lumin ja Bleseksen (2012) tutkimuksissa toistot oli jaettu viiteen 60 toiston mittaiseen blokkiin, joista yksi oli näennäisesti satunnainen. Toisin sanoen sarjallisia toistoja oli näissä tutkimuksissa 40 enemmän kuin tässä tutkimuksessa. Vakilin ja kollegoiden (2017) tutkimuksessa reaktioaikojen kuvaajan perusteella vaikuttaa siltä, että reaktioajat olisivat saattaneet jatkaa lyhentymistään vielä satunnaisessakin blokissa, jos sarjallisia blokkeja olisi ollut vain kaksi ennen sitä, kuten omassa tutkimuksessamme. He saivat kuitenkin SRT-tehtävän oletusten mukaisia tuloksia, koska sarjallisia blokkeja oli yhteensä seitsemän. On siis mahdollista, että jos tutkimuksessamme olisi ollut enemmän kuin kaksi sarjallista blokkia, reaktioajat olisivat pidentyneet satunnaisessa blokissa. Siten yleinen motorinen oppiminen olisi todennäköisemmin ehtinyt saavuttaa katon tehtävän aikana, ja sarjallisen oppimisen vaikutus reaktioaikoihin olisi näkynyt selvemmin.

Toisaalta SRT-tehtävässä havaitut tulokset saattaisivat selittyä sillä, että lapset löysivät tehokkaan vastaamistekniikan kesken tehtävän. Useat lapset vaihtoivat vastaamisessa käytettäviä sormia kesken tehtävän. Vastaamistekniikkaa ei ole kuitenkaan kirjattu ylös systemaattisesti, joten sen vaikutusta ei voitu arvioida luotettavasti. On kuitenkin mahdollista, että sormien käyttö ja vaihtaminen olisi tässä tutkimuksessa “väliintuleva” muuttuja, joka voisi mahdollisesti selittää PP2- ja RP-blokin välillä jatkuneen reaktioaikojen lyhenemisen. SRT-tehtävän sarjalliseen oppimiseen liittyvät oletukset ovat nimittäin täyttyneet tehtävän variaatiossa, jossa sormien sijaan vastaus annettiin vain silmänliikkeillä (Vakil ym., 2017).

SRT-tehtävässä reaktioajat lyhenivät selkeästi taukojen jälkeen edellisen blokin loppuosan reaktioaikoihin verrattuna. Yleisesti blokkien välillä tapahtunut reaktioaikojen lyhentymisen saattaa johtua kunkin blokin jälkeen annetusta kuvallisesta ja suullisesta

motivoinnista. Motivointi saattaa selittää erityisesti tehtävän oletusten vastaisia tuloksia, eli PP2- ja RP-blokin välillä tapahtunutta reaktioaikojen lyhentymistä. SRT-tehtävässä ei ole yleisesti tapana kannustaa lasta näin voimakkaasti, minkä vuoksi tämän tutkimuksen tulokset saattavat poiketa aiemmista tutkimustuloksista. Tosin Clarkin ja Lumin (2017) SRT-tutkimuksessa lapsille annettiin identtistä kuvallista pseudopalautea ja sarjallinen oppiminen oli silti havaittavissa. Tässä tutkimuksessa blokkien sisällä reaktioajat kasvoivat loppua kohden, eli voi olla, että lapset väsyivät tehtävään. Toisaalta voi olla, että pseudopalauteen ja motivoinnin vaikutus näkyi blokin alussa, mutta alkoi heikentyä blokin edetessä.

SRT-tehtävässä ei havaittu eroja ryhmien suoriutumisessa. Kaikilla ryhmillä reaktioajat jatkoivat systemaattisesti lyhentymistä satunnaisessakin blokissa. TK-ryhmässäkin vain kahdella tutkittavalla reaktioajat pitenevät PP2- ja RP-blokin välillä. Reaktioaikojen lyhentymisen systemaattisuuden vuoksi voisi olettaa, että tulokset eivät ole sattumanvaraisia. Ryhmäkokojen suurentaminen ei siis välttämättä olisi muuttanut tehtävässä saatuja tuloksia. Ei olekaan mielekästä pohtia enempää ryhmien välisten tilastollisten erojen puuttumisen syitä, koska tehtävän perusoletukset eivät täytyneet. SRT-tehtävän luotettavuus saattaakin olla kyseenalainen. Esimerkiksi West, Vadillo, Shanks & Hulme (2018) havaitsivat tutkimuksessaan, että implisiittisen oppimisen mittareilla oli heikko reliabiliteetti, vaikka oppimista olikin havaittu.

5.2 Dowel-tehtävä

Dowel-tehtävän tulokset olivat odotetun suuntaisia, sillä TK-ryhmä suoriutui muita ryhmiä paremmin. Toisaalta molemmat LT-taustaiset ryhmät suoriutuivat toisiaan vastaavasti, joten tulokset eivät tue hypoteesia proseduraalisen muistin toiminnan jatkumosta. Tosin Bonferroni-korjatuilla tuloksilla vain TK- ja LT+SLI-ryhmän välinen ero oli tilastollisesti merkitsevä ESC-tehtävissä yleisesti ja vasemmalle suuntautuviissa ESC-liikkeissä. Kontrollitehtävien jälkeisissä ESC-tehtävissä kaikki ryhmät suoriutuivat samantasoisesti. Sen sijaan ESC-tehtävien jälkeisissä ESC-tehtävissä ainoastaan TK-ryhmä suoriutui kontrollitehtävien jälkeisiä ESC-tehtäviä paremmin. Vaikuttaa siis siltä, että TK-ryhmä pystyi muita ryhmiä paremmin suunnittelemaan liikkeensä. Vaikka

TK-ryhmä suoriutui muita paremmin, niin heidän eivät aina toimineet ESC-periaatteen mukaisesti.

Tässä tutkimuksessa tulokset siis viittaavat siihen, että tutkittavat eivät osanneet korjata toimintaansa paremmaksi tehtävän edetessä. Ei ole kuitenkaan poikkeavaa, että tässä tutkimuksessa TK-ryhmäkään ei käyttänyt ESC-otteita systemaattisesti, sillä lapset osaavat toimia ESC-periaatteen mukaan aikuisten lailla vasta noin 12-vuotiaana (Comalli ym., 2016). Vielä 10-vuotiailla lapsillakin ESC-periaatteen mukaan toimiminen on vaihtelevaa (Wunsch ym., 2015). Saattaa siis olla, että lasten kehitys on siirtymävaiheessa, jossa he kykenevät ESC-periaatteen mukaiseen suunnitteluun, mutta he eivät kuitenkaan priorisoi ESC-periaatteen mukaan toimimista (Comalli ym., 2016). Tehtävien järjestyksellä ei ollut tässä tutkimuksessa silmämääräisesti tarkasteltuna vaikutusta siihen, missä vaiheessa tehtävää toimittiin ESC-periaatteen vastaisesti. Toisin sanoen ESC-periaatteen mukaiset liikkeet eivät lisääntyneet tehtävän loppua kohden, vaan niitä tehtiin epäsystemaattisesti koko tehtävän ajan. Weigelt ja Schack (2010) pohtivat, että saattaisi olla mahdollista, että vanhemmat lapset osoittaisivat oppimista tehtävän aikana, jos tehtävä olisi pidempi. Heidän tutkimuksessaan lapset tekivät siirtoja yhteensä 18. Omassa tutkimuksessamme siirtoja oli 16, eli ESC-periaatteen mukaisia liikkeitä oli ainoastaan 8. Voi olla, että tutkittavat olisivat oppineet toimimaan paremmin ESC-periaatteen mukaisesti tehtävän edetessä, jos tehtävä olisi ollut pidempi. Toisaalta toistojen määrä tässä tutkimuksessa ei poikkea suuresti aiemmista tutkimuksista (Wunsch ym., 2013). Tehtävän voidaankin ajatella mitanneen tässä tutkimuksessa mahdollisimman puhtaasti motorista suunnittelua, koska motorista oppimista ei vaikuta tapahtuneen. Sen voidaan ajatella olevan tämän tutkimuksen vahvuus.

Tutkimuksen tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että LT-taustaiset lapset eivät pysty joustavasti muokkaamaan motorista suunnitelmaansa dowel-tehtävässä. LT-taustaiset lapset käyttivät ylipäättään vähemmän ESC-otteita kuin verrokkit. He eivät myöskään pystyneet sopeuttamaan motorista suunnitelmaansa ESC-tehtävissä yhtä hyvin kuin verrokkit, kun edellinen tehtävä oli ESC-tehtävä. He eivät siis hyötynneet edellisestä ESC-tehtävästä ESC-tehtävissä, eli joko jatkaneet ESC-otteen käyttöä tai korjanneet otettaan ESC-periaatteen mukaiseksi. Sanjeevanin ja kumppaneiden (2018) tutkimuksessa SLI-ryhmä teki puolestaan perseveroivia virheitä ESC-tehtävien jälkeisissä kontrollitehtävissä. Vaikka heidän tuloksensa poikkeavat tämän tutkimuksen tuloksista, voidaan molempien ajatella tukevan ajatusta siitä, että kielellisiin vaikeuksiin liittyy

ei-kielellisen motorisen suunnittelun joustamattomuutta. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella vaikuttaa siis siltä, että LT-taustaisia lapsia yhdistää motorisen suunnittelun heikkous tai joustamattomuus.

Yksi täydentävä tulkintatapa LT-taustaisten lasten proseduraalisen oppimisen heikkouden ja motorisen suunnittelun joustamattomuuden taustatekijöistä on kehon asennoista ja sen liikkeistä saatavan tiedon käsittelyn heikkous tai poikkeavuus, eli poikkeava tai heikko proprioseptiikka tai kinesiikka. Lapsilla yleisesti saattaa olla aikuisista poikkeava käsitys siitä, minkälainen asento tuntuu mukavalta, mikä saattaisi selittää ESC-periaatteen mukaan toimimisen kehittymisen hitautta (Wunsch ym., 2015). Stöckel ja kumppanit (2011) havaitsivatkin, että lasten kyky erotella visuaalisesti mukavat käden asennot epämukavista asennoista on yhteydessä siihen, kuinka hyvin he osaavat toimia ESC-periaatteen mukaisesti dowel-tehtävässä. Voi olla, että lasten asentojen mukavuuden visuaalisen havainnoinnin vaikeuden taustalla olisi kuitenkin proprioseptiikkaan ja kinesiikkaan liittyvä havaitseminen. Heidän on siis visuaalisesti hankala havaita muidenkaan ihmisten käsien asentojen mukavuutta, jos heidän kokemuksensa oman kehon asennoista tai sen liikkeistä on puutteellista. On mahdollista, että LT-taustaisilla lapsilla olisikin tyypillistä heikommat proprioseptiikan tai kinesiikan kyvyt, jolloin heidän on vaikea havaita, milloin asento tai liike tuntuu mukavalta tai epämukavalta. LT-taustaisille lapsille ei siis ehkä tule tarvetta suunnitella liikkeitään toisella tavalla, koska he eivät havaitse ruumiinosiensa sijaintia tai liikkeitä tyypillisellä tavalla. Sanjeevanin ja kumppaneiden (2018) tutkimuksessa SLI-ryhmä käytti epämukavaa aloitusotetta kontrollitehtävissä, mikä saattaa myös kertoa siitä, että SLI:hin liittyy proprioseptiikan ja kinesiikan poikkeavuutta. Voi olla, että LT-taustaiset lapset olisivat pystyneet näissä tutkimuksissa suunnittelemaan liikkeensä ESC-periaatteen mukaisesti, jos he olisivat saaneet voimakkaampaa palautetta liikkeen onnistumisesta esimerkiksi liikkeen vaatiman tarkkuuden tai esineen käyttötarkoituksen avulla.

Liikkeen suunnittelun tehokkuuteen voi siis vaikuttaa myös tartuttavan esineen käyttötarkoitus ja toiminnan tavoite (Comalli ym., 2016; Jovanovic & Schwarzer, 2017). Esineen käyttötarkoitus vaikuttaa esineeseen tarttumiseen niin, että peukalo yleensä suunnataan kohti esineen toiminnallista päätä (Jovanovic & Schwarzer, 2017). Sekä lapset että aikuiset siis tekevät enemmän ESC-periaatteen mukaisia liikkeitä silloin, kun esineen toiminnallinen pää osoittaa alaspäin. Toisin sanoen, jos esinettä on tarkoitus käyttää välineenä jossain toiminnossa (esim. vasaralla lyöminen), lapset saattavat suun-

nitella liikkeensä tehokkaammin, jotta esineen lopullinen käyttö onnistuu helposti. Tässä tutkimuksessa dowel-tehtävässä putkella ei ollut mitään välinearvoa, vaan sitä vain siirreltiin paikasta toiseen. Tämän tutkimuksen vahvuutena voidaankin pitää sitä, että siirreltävä esine oli neutraali eli sillä ei ollut mitään selkeää käyttötarkoitusta, eikä kumpikaan esineen päistä ollut niin sanotusti väärä. Jos tässä tutkimuksessa käytetyllä esineellä olisi ollut jokin käyttötarkoitus, tutkittavat olisivat mahdollisesti oppineet, miten esineeseen kannattaa tarttua, jotta toiminta olisi mahdollisimman tehokasta.

Motorista suunnittelua onkin siis pystytty tässä tutkimuksessa tarkastelemaan ilman ennakkokäsityksiä esineen käyttötarkoituksesta ja esineen käyttöön liittyviä rutiineja, koska tutkimuksessa käytetty esine oli neutraali putki eikä esimerkiksi tuttu arkipäivän esine, kuten lasi tai muki, jota lapset ovat jo tottuneet käsittelemään. Esimerkiksi Knudsenin, Henningin, Wunschlin, Weigeltin ja Ascherslebenin (2012) tutkimuksessa ESC-periaatteen mukaan toimiminen erosi eri ikäryhmien välillä vähemmän tehtävässä, jossa piti siirtää lasia kuin tehtävässä, jossa piti siirtää putkea. 3–4-vuotiaat lapset siis suoriutuivat lasin siirtämistä vaativasta tehtävästä paremmin kuin putken siirtämistä vaativasta. Sen sijaan 5–8-vuotiaat lapset suoriutuivat molemmista tehtävistä yhtä hyvin. Voisi siis ajatella, että tässäkin tutkimuksessa siirreltävän esineen tuttuus ei olisi vaikuttanut tyypillisesti kehittyneiden lasten tuloksiin. Toisin sanoen heidän suoriutumisensa olisi saattanut olla sama riippumatta siitä, käytetäänkö esineenä neutraalia esinettä vai tuttua arkipäivän esinettä. Esineen tuttuus olisi kuitenkin saattanut vaikuttaa LT-ryhmien suoriutumiseen positiivisesti, eli ryhmien väliset erot olisivat saattaneet olla pienempiä tutulla esineellä. LT-ryhmät olisivat mahdollisesti nojautuneet enemmänkin esineen käyttöön muodostuneisiin rutiineihin, jos esine olisi ollut tuttu arkipäivän esine. Esineen tuttuuden kontrolloiminen dowel-tehtävässä on siis todennäköisesti yksi tämän tutkimuksen vahvuuksista.

Tutkittavien suoriutumiseen saattoi vaikuttaa myös se, minkä he itse kokivat putken loppuasentona. Osa lapsista nimittäin siirsi putken itse takaisin alustan keskellä olevaan ”koti”-kuppiin. On siis mahdollista, että lapset suunnittelivat liikkeensä ottaen huomioon myös paluuliikkeen keskimmäiseen kuppiin. ”Koti”-kupin mieltäminen tavoitesijainniksi on saattanut vähentää ESC-otteiden käyttöä, mutta vain pieni osa tutkittavista toimi näin. Voidaan siis olettaa, että tämän vaikutus tuloksiin on vähäinen.

Putken siirtäminen kuppiin ei myöskään vaatinut erityistä tarkkuutta. Jos esine pitää asettaa esimerkiksi sen kokoon nähden pieneen reikään, tehtävän vaatima tarkkuus lisää ESC-periaatteen noudattamista (Rosenbaum, van Heugten & Caldwell, 1996). Senkään vuoksi loppuasennon mukavuus ei välttämättä ollut tässä tutkimuksessa tutkittavien näkökulmasta olennaista. Jos dowel-tehtävä olisi vaatinut tässä tutkimuksessa enemmän tarkkuutta, voi olla, että ryhmien väliset erot olisivat tasoittuneet. Tässä tutkimuksessa ennakoivaa motorista ohjelmointia voitiin siis mitata ilman erityisen tarkkuuden vaatimuksen vaikutusta, joka siis olisi mahdollisesti lisännyt ESC-otteiden käyttöä.

LT-taustaiset lapset saattavat käyttää verrokkeja enemmän minimaalisen rotaation periaatetta suunnitellessaan liikkeitä. Liikkeet siis mahdollisesti suunnitellaan niin, että niiden toteuttaminen on mahdollisimman helppoa ja vaivatonta. Toisaalta on myös mahdollista, että LT-taustaiset lapset suunnittelevat liikkeensä niin, että he priorisoivat esineen suoraviivaisen liikkeen loppuasennon mukavuuden tai käden liikkeen helppouden sijaan. Putken ja käden liikkeen kannalta ESC-tehtävä vasemmalle on helppo tehdä ESC-periaatteen vastaisesti, koska putken matka kuppiin on mahdollisimman lyhyt ja suora, käden liike on vähäinen ja liike tehdään dominoivalla kädellä. LT-taustaisille lapsille erityisesti vasemmalle suuntautuvat liikkeet olivat tässä tutkimuksessa vaikeita. Tulokset siis sopivat ajatukseen siitä, että ESC-tehtävät vasemmalle on helppo tehdä ESC-periaatteen vastaisesti. Tässä tutkimuksessa vasemmalle suuntautuva ESC-liike siis erotteli ryhmiä paremmin kuin oikealle suuntautuva.

ESC-periaatteen vastainen toiminta voi siis johtua siitä, että lapset toimivat jonkin varhaisemmin kehittyvän periaatteen, kuten minimaalisen rotaation periaatteen, mukaan. On siis mahdollista, että LT-taustaisten lasten toiminta perustuu minimaalisen rotaation periaatteeseen tyypillisesti kehittyneitä pidempään. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että LT-taustaiset lapset eivät kykene TK-lasten tavalla estämään sen mukaan toimimista ja kehittämään uutta toimintamallia. Stöckelin ja kumppaneiden (2011) mukaan aloitusasennon valintaan voidaankin käyttää joko habituaalista tai tavoitteellista järjestelmää, jotka kilpailevat keskenään. Jotta lapset voivat ESC-tehtävissä tarttua putkeen ESC-periaatteen mukaisella otteella, heidän täytyy inhiboida habituaalisen järjestelmän mukainen ESC-periaatteen vastainen ote. LT-taustaisilla lapsilla saattaa siis olla verrokkeja heikommat kyvyt inhiboida habituaalisen järjestelmän toimintaa ja ensimmäisenä mieleen tulevaa motorista suunnitelmaa, jolloin he käyttävät tavoitteellisen järjestelmän ja ESC-periaatteen sijaan habituaalisen järjestelmän ohjaamana jotakin

varhaisemmin kehittyvää periaatetta, esimerkiksi minimaalisen rotaation periaatetta. Lisäksi LT-taustaisten lasten perseveroiva toiminta voisi liittyä siihen, että he eivät kykene inhiboimaan motorista suunnitelmaa, joka heillä on jo mielessään aktiivisena.

Liikkeiden systemaattisuuteen saattaa liittyä käden loppuasennon lisäksi myös se, kumpaa kättä lapsi käyttää. Tutkimuksessamme neljä tutkittavaa (kaikista eri ryhmistä) vaihtoi välillä kättä tehtävän aikana. Suurin osa tutkittavista siis kuitenkin käytti vain yhtä kättä liikkeiden suorittamiseen. Tutkittavat eivät valinneet systemaattisesti kättä sen mukaan, mihin suuntaan putkea piti siirtää. Tutkittavat vaihtoivat kättään sekä ESC-että kontrollitehtävissä. Suurin osa ei-dominoivalla kädellä tehdyistä siirroista oli kuitenkin ESC-tehtäviä (12 vs. 4). Myös Comalli ja kumppanit (2016) havaitsivat, että ESC-otetta vaativissa liikkeissä lapset käyttivät enemmän ei-dominoivaa kättään kuin liikkeissä, jotka eivät vaatineet ESC-otetta. Lapset siis ehkä kokevat ESC-tehtävät kontrollitehtäviä haastavammiksi ja kokeilevat niissä erilaisia toimintamalleja. Käden vaihtamisella ei kuitenkaan näyttänyt olevan vaikutusta siihen, oliko tutkittavan käden asento liikkeen lopussa mukava. Knudsen kollegoineen (2012) tutki, miten tyyppillisesti kehittyneet lapset tarttuivat lasiin, jota piti siirrellä kuten dowel-tehtävässä. He pysyivät tutkittavia suorittamaan puolet tehtävistä dominoivalla kädellä ja puolet ei-dominoivalla kädellä. He eivät kuitenkaan havainneet eroa suoriutumisessa huolimatta siitä, kumpaa kättä lapset käyttivät. Myös Hughes, Reißig & Seegelke (2011) havaitsivat, että ESC-otteiden käyttö eli motorinen suunnittelu oli aikuisilla samantasoista riippumatta käti-syydestä tai siitä, kumpaa kättä he käyttivät tehtävässä. Käden valinnan tai käti-syyden vaikutus ESC-otteiden käyttöön ei siis todennäköisesti ole tässäkään tutkimuksessa ollut merkittävä.

Lisäksi tutkittavien suoriutumiseen saattoi vaikuttaa tutkijan antama malli. Tässä tutkimuksessa tutkittavat näkivät, miten tutkijat siirsivät putkea näyttäessään mallia tehtävän alussa sekä siirtäessään putkea tehtävän aikana takaisin "koti"-kuppiin. Tutkimuksessa ei kontrolloitu, käyttivätkö tutkijat ESC-periaatteen mukaisia vai vastaisia otteita. Tutkijat käyttivät molempia otteita. Sen sijaan esimerkiksi Knudsenin ja kollegoiden (2012) tutkimuksessa, jossa käytettiin muunnelmaa dowel-tehtävästä, tutkittaville näytettiin malli aloitusasennosta ja tavoitteena olevasta lopetusasennosta, mutta tutkittavat eivät nähneet, miten tutkijat suorittivat liikkeet näiden asentojen aikaansaamiseksi.

Vaikka dowel-tehtävässä tutkittaville annetaan moniosaisia ohjeita, jotka saattavat kuormittaa työmuistia, voidaan tehtävän kuitenkin olettaa mittaavan nimenomaan motorista suunnittelua (Rosenbaum ym., 1990). Tätä oletusta tukee se, että molemmat LT-ryhmät pärjäsivät yhtä huonosti dowel-tehtävässä, mutta vain LT+SLI-ryhmässä oli Nepsy II:n ohjeiden ymmärtämisen tehtävästä heikosti suoriutuneita lapsia: LT+SLI-ryhmän lapsista kolme ($n = 3$) suoriutui yhden keskihajonnan alle (-1 SD), kolme lasta ($n = 3$) suoriutui kaksi keskihajontaa alle (-2 SD) testin normiaineiston keskiarvon ja yksi lapsi ($n = 1$) sijoittui normaalivaihtelun sisälle ohjeiden ymmärtämisen tehtävässä. Lisäksi ohjeet olivat vaikeudeltaan vastaavia sekä kontrolli- että ESC-tehtävissä, eikä kontrollitehtävissä ollut havaittavissa tulkinnan vaikeutta. Tehtävä ei siis todennäköisesti vaatinut juurikaan eksekutiivista suunnittelua tai kuormittanut työmuistia (van Swieten ym., 2010). Tätä oletusta tukee Suchyn ja Kraybillin (2007) havainto siitä, että eksekutiiviset toiminnot olivat yhteydessä motoriseen oppimiseen ja motoriseen kontrolliin, mutta eivät motoriseen suunnitteluun.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että LT-taustaisilla lapsilla motorinen suunnittelu on heikompaa kuin verrokeilla. On mahdollista, että heikot motorisen suunnittelun taidot saattaisivat ilmentää näillä lapsilla yleistä kognitiivisen suunnittelun vaikeutta ja selittää kielen kehityksen viivästymistä, koska se on tämän tutkimuksen tulosten perusteella tyypillistä heikompaa LT-taustaisilla lapsilla riippumatta kielellisten taitojen tilasta kouluiässä. Suunnittelun vaikeuden on oltava luonteeltaan yleistä eikä vain motorisiin toimintoihin rajoittunutta, jotta se voisi selittää myös kielellisiä vaikeuksia. Tämä löydös on kiinnostava, sillä se osoittaa, että LT-taustaisilla lapsilla, joiden kielelliset taidot ovat kouluiässä ikätasoiset, on edelleen havaittavissa yleisen kognitiivisen suunnittelukyvyyn heikkoutta, joka ilmeni tässä tutkimuksessa vaikeutena käyttää ESC-periaatteen mukaisia otteita dowel-tehtävässä. Jopa valkotöytätamariineilta on löytynyt kyky ESC-periaatteen mukaiseen suunnitteluun (Weiss, Wark & Rosenbaum, 2007). Lisäksi Wunsch ja kumppanit (2015) toteavat tutkimuksessaan, että 10-vuotiaat lapset vaikuttavat käyttävän ESC-periaatetta liikkeiden suunnittelussa tamariineja heikommin. Tässä tutkimuksessa LT-taustaiset lapset suoriutuivat kuitenkin vielä tyypillisesti kehittyneitä verrokkejakin heikommin dowel-tehtävästä. Tämän tyyppinen löydös LT-taustaisten lasten motorisen suunnittelun taidoista vaikuttaakin siis merkittävältä erityisesti, koska suoriutuminen oli heikkoa myös LT-lapsilla, jotka olivat kielellisesti ikätasoisia tutkimushetkellä.

Kielen kehityksen viivettä selittävä endofenotyyppi saattaa siis dowel-tehtävän tulosten perusteella olla motorisen suunnittelun heikkous. Löydös tukee ajatusta siitä, että motorisen suunnittelun taidot vaikuttavat kielen kehitykseen ainakin varhaislapsuudessa. LT-taustaisilla lapsilla esiintyviä kielellisiä vaikeuksia selittäisi kuitenkin motorisen suunnittelun heikkoutta paremmin yleisemmän tason kognitiivinen suunnittelun heikkous. Motorisen suunnittelun heikkouden ja mahdollisesti myös kognitiivisen suunnittelun heikkouden voidaan siis ajatella olevan riskitekijä ainakin kielen kehityksen viiveelle. Suunnittelun heikkous ei kuitenkaan yksinään riitä selittämään kielellisten vaikeuksien pysyvyyttä, koska molemmat LT-taustaiset ryhmät suoriutuivat samantasoisesti dowel-tehtävästä. LT-ryhmällä ei ollut SLI:n määritelmän täyttäviä kielellisiä vaikeuksia, joten suunnittelun heikkous ei voi yksinään selittää kielellisten vaikeuksien pysyvyyttä. Suunnittelun heikkouden lisäksi jokin muu tai muut riskitekijät tai suojaavat tekijät johtavat kielellisten vaikeuksien jatkumiseen tai väistymiseen. Tulosten perusteella kielen kehityksen viivekään ei johdu vain esimerkiksi varhaisesta neurologisesta kypsymättömyydestä, vaan sen taustalla saattaa olla vielä kouluiässäkin havaittava kognitiivisen taustamekanismin heikkous. Kielen kehityksen viiveeseen saattaakin siis liittyä pysyvämpiä vaikeuksia kuin tähän asti on uskottu.

5.3 Suun motoriset sarjat

Ryhmiä välillä ei ollut eroa suun motoristen sarjojen tehtävässä ja kaikki ryhmät suoriutuivat kaiken kaikkiaan heikosti. Kaikkien ryhmien standardipisteiden keskiarvot olivat vähintään yhden keskihajonnan alle testin normiaineiston keskiarvon. Tulokset olivat yllättäviä, koska LT+SLI-ryhmän olisi oletettavasti suoriutuvan heikommin tehtävästä sen kielellisen luonteenkin vuoksi. Yllättävää oli myös, että LT-ryhmä suoriutui kaikista ryhmistä parhaiten. Toisaalta TK-ryhmän oletettua heikompi suoriutuminen tehtävässä saattaa selittää sitä, ettei ryhmien välillä havaittu eroja. Mahdollisesti jotkut testaustilanteeseen liittyvät tekijät aiheuttivat erityisesti TK-ryhmän näennäisesti heikon suoriutumisen tehtävässä.

Englanninkielisessä Nepsy II -testissä suun motoriset sarjat on pidetty mukana testipaketissa (Brooks ym., 2010), toisin kuin suomenkielisessä testiversiossa (Korkman ym., 2008). Englanninkielisessä NEPSY-II:ssa suun motoristen sarjojen tehtävän normiai-

neisto on kuitenkin sama kuin alkuperäisessä NEPSY-testissä (Brooks ym., 2010). Koska suun motoriset sarjat -tehtävä mittaa motorisia taitoja, kulttuuristen muutosten ei oleteta vaikuttavan oleellisesti vanhojen normien käyttökelpoisuuteen (Korkman ym., 2008). Suomenkielisestä versiosta tehtävä on todennäköisesti jätetty pois sen vuoksi, että se ei ole ollut riittävän luotettava.

5.4 Sorminaputustehtävä

Sorminaputustehtävässä ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja. Kaikki ryhmät suoriutuivat tehtävästä heikosti: standardipisteiden perusteella kaikki ryhmät sijoittuivat vähintään yhden keskihajonnan alle testin normiaineiston keskiarvon. Standardipisteiden perusteella TK-ryhmä suoriutui yllättävästi tehtävästä heikoiten. Tavallaan tämän tutkimuksen tulokset ovat samanlaisia kuin Korkmanin ja kumppaneiden (2008), sillä heidänkään tutkimuksessaan ryhmien välillä ei havaittu eroa sorminaputuksessa. Toisaalta tässä tutkimuksessa TK-ryhmä suoriutui yhtä heikosti kuin LT-taustaiset ryhmät, joten tulos ei vastaa täysin testin normiaineistolla saatuja tuloksia. Jos TK-ryhmä olisi suoriutunut tässä tutkimuksessa yhtä hyvin kuin normiaineiston lapset, tulokset olisivat saattaneet olla siis enemmänkin sen kaltaisia kuin Websterin tutkimusryhmällä (2008), jossa SLI-lapset suoriutuivat verrokkeja heikommin kahden vastakkaisen sormen yhteen naputtamisesta.

Tuloksiin on saattanut vaikuttaa se, että tutkijat kokivat tehtävän pisteyttämisen vaikeaksi huolimatta siitä, että tehtävä on osa standardoitua testiä. Tutkijat olivat ainakin joskus myös eri mieltä hyväksyttävistä suorituksista testitilanteessa. Saattaa siis olla, että jotkut aineistoon kuuluvat tutkittavat eivät tehneet liikkeitä täysin oikein. Toisaalta voi olla, että joku tutkittava saattoi tehdä liikkeen oikein, mutta tutkija ei hyväksynyt suoritusta, jolloin tutkittavan ajasta tuli pidempi. Sorminaputustehtävän luotettavuus ylipäätään saattaa siis olla oletettua heikompi. Tulokset saattavatkin olla sattumanvaraisia, jos tehtävän luotettavuus on heikko.

Saattaisi myös olla mahdollista, että TK-ryhmä teki liikkeitä muita ryhmiä tarkemmin, jolloin heidän suorituksensa hidastui. Esimerkiksi Sanjeevan ja Mainela-Arnold (2017) havaitsivat tutkimuksessaan, että TK-lapset ja SLI-lapset suoriutuivat solmujen tekemis-

tä vaativasta tehtävästä yhtä nopeasti, mutta SLI-ryhmän lapset tekivät enemmän virheitä. SLI-lapset tekivät enemmän virheitä monimutkaista solmua tehdessään, mutta eivät yksinkertaisempaa solmua tehdessään. Tutkijat olettivat, että ryhmät käyttivät erilaisia strategioita tehtävän suorittamisessa; TK-lapset painottivat tarkkuutta ja SLI-lapset nopeutta. He olettivat, että ryhmien erot painotuksissa saattaisivat johtua esimerkiksi siitä, että SLI-ryhmä ei kyennyt TK-ryhmän lailla hyödyntämään tehtävässä verbaalista strategiaa, eli tukemaan suoritustaan kertaamalla sanallisesti solmun tekoon vaadittavia ohjeita. Tämän he olettivat johtuvat esimerkiksi siitä, että SLI-lapsilla on havaittu verbaalisen työmuistin kapasiteetin rajoitteita. Kun omassa tutkimuksessamme muutama TK-lapsen suoriutumista tarkasteltiin videolta, havaittiin kuitenkin, että heidänkään sormiensa asennot eivät olleet täysin mallin mukaisia. Luultavasti tarkkuuden painottaminen nopeuden sijaan ei siis selitä sitä, miksi TK-lapset suoriutuivat tehtävästä muita lapsia heikommin.

Vaikka oletuksena oli, että ryhmien suoriutuminen eroaisi erityisesti sarjallisessa sorminaputuksessa, tässä tehtävässä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä kummassakaan tehtävän osassa. Voi olla, että tehtävä ei ole hienomotorisesti tarpeeksi vaativa, jotta LT-taustaisten lasten motoriset vaikeudet tulisivat esille. Lisäksi sarjallisessa sorminaputuksessa esiintyvä sarja on hyvin helppo ja ennustettava (Brookman ym., 2013). Toisin sanoen tässä tutkimuksessa käytetyn sorminaputustehtävän sarjallisen osan ei oletettu olevan motorisesti kovin vaativa. Brookman ja kumppanit (2013) havaitsivat myös tutkimuksessaan, että kielihäiriöiset lapset suoriutuivat verrokkeja heikommin motorista nopeutta vaativista tehtävistä vain, jos tehtävä vaati nopeuden lisäksi vaativampien hienomotoristen liikkeiden suorittamista. TK-ryhmän heikko suoriutuminen tämän tutkimuksen sorminaputuksesta kuitenkin viittaa enemmän siihen, että tehtävä on ollut jopa liiankin motorisesti vaativa. Kaikkien ryhmien heikon suoriutumisen perusteella vaikuttaa siltä, että sormien yhteen naputtaminen ei ollut millään ryhmällä johdonmukaisesti automatisoitunut tai kaikkien ryhmien lapsilla oli vaikeuksia liikkeiden koordinaatiossa.

5.5 Proseduraalisen heikkouden jatkumo hypoteesina

Tämän tutkimuksen tulokset eivät tue hypoteesia proseduraalisen muistijärjestelmän heikkouden jatkumosta, sillä vain dowel-tehtävässä havaittiin ryhmien kesken tilastollisesti merkitseviä eroja. Lisäksi sekä LT- että LT+SLI-ryhmä vaikuttivat suoriutuvan tehtävästä keskenään hyvin samalla tavalla, eli molemmat erosivat TK-ryhmästä selvästi, mutta eivät toisistaan. SRT-tehtävässä, suun motorisissa sarjoissa ja LT-ryhmä suoriutui yllättävästi parhaiten, vaikka erot minkään ryhmien välillä eivät olleetkaan tilastollisesti merkitseviä. Erityisesti LT- ja LT+SLI-ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa missään tehtävässä. Toisaalta TK-ryhmä suoriutui suun motorisissa sarjoissa ja sorminaputuksessa odotettua heikommin, eli testien normiaineistojakin heikommin. Onkin mahdollista, että LT-taustaiset lapset olisivat suoriutuneet verrokkeja heikommin tässäkin tutkimuksessa, jos TK-ryhmä olisi suoriutunut testien normiaineistoihin verrattavasti. Loppujen lopuksi ryhmien suoriutuminen ei kuitenkaan muodostanut missään tehtävässä selkeää hypoteesia vastaavaa proseduraalisen heikkouden jatkumoa.

5.6 Havaittujen vaikeuksien neuraaliset vastineet aivoissa

Tässä tutkimuksessa ei suoraan mitattu tutkittavien aivojen toimintaa tehtävien aikana käyttämällä esimerkiksi jotakin kuvantamismenetelmää. Tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, että LT-taustaisten lasten suoriutuminen proseduraalisen muistin toimintaa mittaavissa tehtävissä erosi tilastollisesti merkitsevästi verrokkien suoriutumisesta dowel-tehtävässä, jonka oletetaan mittaavan motorista suunnittelua. Voitaisiin siis olettaa, että motoriseen suunnitteluun osallistuvat aivoalueet saattaisivat toimia jotenkin tyypillisestä poikkeavasti LT-taustaisilla lapsilla. Yhtenä motorisen suunnittelun kannalta keskeisenä aivoalueena pidetään suplementaarista motorista aluetta, SMA (Makoshi, Kroliczak & van Donkelaar, 2011). Tutkijoiden mukaan se osallistuu ainakin liikkeen sensoristen seurausten ennakkointiin jo ennen liikkeen aloittamista. ESC-otteiden käyttäminen dowel-tehtävässä vaatiikin nimenomaan liikkeiden sensoristen seurausten ennakkointia, jotta tutkittavat osaavat valita aloitusasennon, joka johtaa mukavaan asentoon liikkeen lopussa. On myös esitetty, että erityisesti pre-SMA olisi keskeinen, kun pitää valita mahdollisten kilpailevien liikkeiden väliltä (Nachev, Wydell, O'Neill,

Husain & Kennard, 2007). Saattaakin olla, että dowel-tehtävässä tutkittavat joutuvat inhiboimaan automaattisemman ja ESC-periaatteen vastaisen aloitusotteen, jotta he voivat toteuttaa ESC-periaatteen mukaisen liikkeen. Tällöin voitaisiin olettaa, että myös pre-SMA voisi olla myös tästä näkökulmasta keskeinen alue dowel-tehtävässä suoriutumisen kannalta.

5.7 Yhteenveto

LT-taustaisilla lapsilla vaikuttaa olevan tämän tutkimuksen perusteella heikkouksia motorisessa suunnittelussa ja joustavuudessa, ei niinkään sarjallisessa motorisessa oppimisessa. Tulosten perusteella voidaan olettaa, että sarjallisuus ei ole olennainen tekijä LT-taustaisten lasten proseduraalisen muistin toimintaan pohjautuvissa vaikeuksissa, sillä tässä tutkimuksessa heidän suoriutumisensa erosi tilastollisesti merkitsevästi verrokkien suoriutumisesta ainoastaan dowel-tehtävässä, vaikka kaikkien tehtävien oletettiin mittaavan sarjallista oppimista. Lisäksi LT-taustaisten lasten suoriutuminen sorminaputustehtävän sarjallisessa osassa ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi heidän suoriutumisestaan tehtävän toistavassa osassa. Dowel-tehtävässä TK-ryhmä suoriutui LT-taustaisia ryhmiä paremmin ja pystyi mukauttamaan toimintaansa edellisen tehtävän pohjalta joustavammin kuin LT-taustaiset ryhmät. Voi siis olla, että LT-taustaisilla lapsilla ennakoiva motorinen suunnittelu on joustamattomampaa ja perseveroivampaa kuin tyypillisesti kehittyneillä lapsilla. Toisin sanoen LT-taustaiset lapset eivät pysty verrokkien lailla ennakoivasti suunnittelemaan liikkeitään tilanteen kannalta optimaalisesti.

Kielen kehityksen viivettä selittävä endofenotyyppi saattaakin tämän tutkimuksen tulosten perusteella olla yleinen kognitiivinen suunnittelun heikkous, koska kognitiiviset taustamekanismit selittävät kielellisten vaikeuksien ilmenemistä paremmin kuin puhtaasti motorisiin toimintoihin liittyvät taustamekanismit. Tutkimuksessa ei kuitenkaan löydetty mitään kielellisten vaikeuksien pysyvyyttä selittävää endofenotyyppiä. Kaikille LT-lapsille ei jää pysyviä SLI:n kriteerejä täyttäviä kielellisiä vaikeuksia (Alt ym., 2014), ja toisaalta kaikilla SLI-lapsilla ei ole ollut kielen kehityksen viivettä (Rescorla, 2011). Lisäksi lapset, joilla on SLI, muodostavat kielellisten vaikeuksien suhteen hyvin heterogeenisen ryhmän (Leonard, 2014). Voi olla, että LT-taustaisia lapsia siis yhdistää jokin endofenotyyppi, kuten kognitiivinen suunnittelun heikkous,

mutta SLI-lapsia ei välttämättä yhdistä mikään yksittäinen taustamekanismi. Tämän tutkimuksen tulosten pohjalta voisi ajatella, että SLI:n ilmenemiseen ei ole vain yhtä ainoaa reittiä, vaan niitä on useita erilaisia. Tämä voisi selittää SLI-lapsilla saatuja ristiriitaisia tutkimustuloksia proseduraalisen muistin toiminnasta.

Proseduraalisen muistin hypoteesi ei siis tämän hetkisessä muodossaan kykene selittämään SLI:ssä esiintyviä kielellisiä vaikeuksia. Koska kaikilla LT-taustaisilla lapsilla vaikuttaa tämän tutkimuksen tulosten perusteella olevan heikkoutta proseduraalisen muistin toimintaan perustuvassa motorisessa suunnittelussa ja mahdollisesti kognitiivisessa suunnittelussa, mutta vain osalla heistä on SLI, proseduraalisen muistin toiminta yksinään ei voi selittää kielellisten vaikeuksien pysyvyyttä. Proseduraalisen muistin hypoteesin pitäisi siis SLI:n lisäksi kattaa myös kielen kehityksen viive, koska senkin taustalla vaikuttaa olevan proseduraalisen muistin toiminnan heikkoutta ainakin motorisen suunnittelun osa-alueella. Hypoteesin pitäisi ottaa myös kantaa siihen, miksi proseduraalisen muistin heikkous ei aina johda pysyviin tai kliinisesti merkittäviin kielellisiin vaikeuksiin. Tämän tutkimuksen perusteella proseduraalisen muistin hypoteesia ei voida kuitenkaan täydentää sen osalta, vaan tutkimustietoa tarvitaan lisää. Lisäksi proseduraalisen muistin hypoteesin oletusten mukaan SLI-lapsien pitäisi suoriutua verrokkeja heikommin kaikista proseduraalisen muistin toimintaa mittaavista tehtävistä. Tässä tutkimuksessa SLI-lapset suoriutuivat tilastollisesti merkitsevästi verrokkeja heikommin vain motorista suunnittelua mittaavassa dowel-tehtävässä. Saattaa siis olla, että hypoteesin oletusta koko proseduraalisen muistijärjestelmän heikkoudesta pitäisi tarkentaa. Hypoteesia pitäisi tämän tutkimuksen tulosten perusteella muokata niin, että koko proseduraalinen muistijärjestelmä ei toimi poikkeavasti, vaan vain jokin tai jotkut osa-alueet ovat heikkoja.

5.8 Tutkimuksen luotettavuus

Koska tämän tutkimuksen aineisto on niin pieni, sen tilastollinen voima on heikko. Isommalla aineistolla puuttuvatkin ryhmien väliset erot olisivat saattaneet muodostua tilastollisesti merkitseviksi. Toisaalta tutkimuksen vahvuutena voidaan pitää sitä, että se on väestöpohjainen kohorttitutkimus, eli koko ikäryhmästä on rekrytoitu tutkittavia. Kliinisen aineiston pohjalta tehdyssä tutkimuksessa puolestaan on se ongelma, että

häiriöryhmillä esiintyy todennäköisemmin myös muita vaikeuksia, jotka saattavat vaikuttaa tuloksiin. Esimerkiksi Mueller ja Tomblin (2012) havaitsivat tutkimuksessaan, että SLI ja ADHD ovat yhteydessä toisiinsa. Cheng kollegoineen (2009) taas havaitsi SLI:n ja kehityksellisen dyspraksian välillä yhteyden. Lisäksi kohorttitutkimuksen otoksen voidaan ajatella edustavan tutkimuksen kohteena olevaa populaatiota paremmin kuin kliinisestä aineistosta poimitun otoksen.

Ryhmät eivät eronneet toisistaan iän tai ei-kielellinen älykkyyden suhteen. Ne eivät siis todennäköisesti ole vaikuttaneet tämän tutkimuksen tuloksiin. LT+SLI-ryhmässä oli enemmän poikia kuin tyttöjä (tytöt $n = 1$, pojat $n = 6$). Ryhmien vertailtavuuden kannalta olisi ollut parempi, jos LT+SLI-ryhmän sukupuolijakauma olisi ollut tasaisempi. Toisaalta SLI on yleisempää pojilla kuin tytöillä (Tomblin ym., 1997), joten SLI-ryhmän voidaan ajatella olleen populaatiota edustava.

Tutkimuksessa LT+SLI-ryhmään luokiteltiin lapset, jotka suoriutuivat vähintään kahdessa kielellisessä tehtävässä 1.25 keskihajontaa alle normiaineiston keskiarvon. Oli siis mahdollista, että TK-ryhmään saattoi päätyä lapsia, jotka suoriutuivat yhdessä tehtävässä tyypillistä heikommin. TK-ryhmään kuitenkin päätyi vain yksi tällainen lapsi. LT-ryhmässä tällaisia lapsia oli neljä. Tavallaan on kuitenkin odotusten mukaista, että LT-lapset suoriutuvat vielä kouluikässä tyypillisesti kehittyneitä lapsia heikommin kielellisistä tehtävistä (Rescorla, 2011). Tässä tutkimuksessa ryhmiin luokittelu vaikutti kuitenkin olleen onnistunut (ks. 3.1 Tutkittavat).

TK-ryhmä suoriutui tässä tutkimuksessa yllättävän heikosti suun motorisissa sarjoissa ja sorminaputustehtävässä. On todennäköistä, että TK-ryhmään on valikoitunut sattumalta lapsia, joiden motoriset taidot ovat tyypillistä heikompia. Tulosten tulkintaa vaikeuttaa siis se, ettei motorisia taitoja olla kontrolloitu, eli lasten motorisia ei olla mitattu osana tutkittavien valintaprosessia. Motoriset taidot saattavatkin olla väliintuleva muuttuja, joka selittäisi erityisesti TK-ryhmän heikkoa suoriutumista.

Vaikka tässä tutkimuksessa tutkittiin proseduraalisen muistin toimintaa usealla tehtävällä, on mahdollista, että jokin keskeinen proseduraalisen muistin toiminnan osa-alue jäi tutkimatta. Saattaa esimerkiksi olla, että LT- ja SLI-ryhmä olisivat eronneet toisistaan jollain tutkimatta jääneellä proseduraalisen muistin toiminnan osa-alueella. On siis

mahdollista, että proseduraalisen muistin jokin osa-alue on kielellisten vaikeuksien pysyvyyden taustalla.

5.9 Jatkotutkimusehdotukset ja tutkimuksen kliininen merkitys

Motorisen suunnittelun heikkous ja mahdollisesti kognitiivinen suunnittelun heikkous vaikuttaa tämän tutkimuksen perusteella olevan sellainen endofenotyyppi, joka yhdistää kaikkia LT-taustaisia lapsia. Se saattaa siis olla riskitekijä kliinisesti merkittävien kielellisten vaikeuksien kehittymiselle. Suunnittelun heikkous vaikuttaa olevan kielen kehityksen viiveen taustalla, mutta ei yksinään riitä selittämään kielellisten vaikeuksien pysyvyyttä. Tosin myös LT-lapsien kielellinen suoriutuminen kouluikässä ja jopa nuoruudessa on heikompaa kuin lapsilla, joilla ei ole ollut kielen kehityksen viivettä (Rescorla, 2011). Suunnittelun heikkous saattaisikin olla LT-lapsien verrokkeja heikomman, joskin usein normaalivaihteluun sijoittuvan kielellisen suoriutumisen taustalla. Kielen kehityksen viive ei siis välttämättä ole vain kehityksellinen viive tai johdu varhaisesta neurologisesta kypsyttömyydestä, vaan sen taustalla vaikuttaa olevan mitattavissa oleva ja ainakin kouluikään jatkuva proseduraalisen muistin toiminnan heikkous. LT-lasten kielen kehityksen varhainen tukeminen olisi siis tärkeää, jotta jopa kielellisten vaikeuksien kauaskantoisia negatiivisia vaikutuksia voitaisiin ennaltaehkäistä.

SLI:n Käypä hoito -suosituksen (Kielellinen erityisvaikeus: Käypä hoito -suositus, 2010) mukaan puheen kehityksen viive on tärkeä tunnistaa neuvolassa 2–2,5-vuotiaalla lapsella. Jos herää epäily siitä, että kielen ja puheen kehitys ei etene tyypillisesti, lapsen tukitoimia tulee tehostaa ja hänet pitää ohjata tarkempaan arvioon. Tyypillisesti kehittyneillä lapsilla on kaksivuotiaana jo ”runsas sanasto”, kun taas late talker -lapsilla on heihin verrattuna hyvin pieni sanasto. Kielen kehityksen viive onkin siis jo havaittavissa kaksivuotiaalla lapsella. Seulontaan voisi käyttää esimerkiksi juuri suomeksi julkaistua Sanaseulaa, joka on MCDI-menetelmäperheen lyhyt versio, jolla voi seuloa sanaston kokoa 9–18 tai 18–24 kuukauden ikäisiltä lapsilta (Stolt & Vehkavuori, 2018).

LT-taustaisia lapsia tulisi jatkossa tutkia laajemmin ja suuremmalla aineistolla, jotta kielen kehityksen viiveen taustalla olevista mekanismeista saataisiin tarkempaa tietoa.

Tämän tutkimuksen tulokset on saatu niin pienellä aineistolla, että tuloksia voidaan tulkita lähinnä suuntaa-antaviksi. Lisäksi tarvitaan lisää tutkimustietoa siitä, mikä tai mitkä tekijät selittävät kliinisesti merkittäviä kielellisiä vaikeuksia. Tämän tutkimuksen perusteella vaikuttaa siltä, että LT-taustaisia lapsia yhdistää motorisen suunnittelun heikkous ja mahdollisesti kognitiivinen suunnittelun heikkous. Motorista suunnittelua olisi kuitenkin hyvä tutkia myös vanhemmilla LT-taustaisilla lapsilla ja nuorilla, sillä esimerkiksi Wunsch ja kumppaneiden (2013) mukaan ESC-periaatteen mukaan toimiminen alkaa olla vakiintunutta vasta noin 12-vuotiailla lapsilla. Ainakin siis vähintään 12-vuotiaiden tyypillisesti kehittyneiden verrokkien pitäisi käyttää ESC-periaatetta motorisessa suunnittelussa johdonmukaisesti. Ei kuitenkaan tiedetä, mikä tai mitkä taustatekijät johtavat pysyviin tai kliinisesti merkittäviin kielellisiin vaikeuksiin. Koska SLI-lasten proseduraalisen muistin toiminnasta on saatu ristiriitaisia tutkimustuloksia, jatkossa olisikin hyvä verrata SLI-lapsia, joiden kielen kehitys on ollut varhaisvaiheessa tyypillistä, SLI-lapsiin, joiden kielen kehitys on ollut viiveistä. Näin saataisiin tietoa kielen kehityksen viiveen vaikutuksesta SLI:n ilmiösuun. Lisäksi voitaisiin saada tietoa siitä, onko LT-taustaisilla SLI-lapsilla jotenkin erilainen proseduraalisen muistin heikkous kuin muilla SLI-lapsilla.

Lisäksi olisi hyvä kontrolloida lasten motoriset taidot, kun tutkitaan kielellisiä vaikeuksia. Näin voitaisiin välttyä siltä, että TK-ryhmään valikoituu lapsia, joilla on tyypillistä heikommat motoriset taidot. Motoristen taitojen kontrolloiminen helpottaa myös tulosten tulkintaa, koska silloin niidenkin vaikutus tuloksiin voidaan huomioida. Tässä tutkimuksessa ei voitu testata proseduraalisen muistin hypoteesin oletuksia siitä, miten proseduraalisen muistin heikkous on yhteydessä kielen eri osa-alueisiin. Aiemmissa tutkimuksissa näistä yhteyksistä SLI-ryhmillä on saatu ristiriitaisia tuloksia, kun taas LT-lapsilla niitä ei ole tutkittu lainkaan. Jatkossa olisikin hyvä tutkia proseduraalisen muistin toiminnan yhteyttä kielen eri osa-alueisiin erityisesti LT-ryhmillä, tai ainakin ottaen huomioon lasten LT-taustan.

Lähteet

- Adi-Japha, E., Strulovich-Schwartz, O. & Julius, M. (2011). Delayed motor skill acquisition in kindergarten children with language impairment. *Research in Developmental Disabilities*, 32, 2963–2971. doi: 10.1016/j.ridd.2011.05.005
- Alt, M., Meyers, C., Oglivie, T., Nicholas, K. & Arizmendi, G. (2014). Cross-situational statistically based word learning intervention for late-talking toddlers. *Journal of Communication Disorders*, 52, 207–220. doi: 10.1016/j.jcomdis.2014.07.002
- Badcock, N. A., Bishop, D. V. M., Hardiman, M. J., Barry, J. G. & Watkins, K. E. (2012). Co-localisation of abnormal brain structure and function in specific language impairment. *Brain & Language*, 120, 310–320. doi: 10.1016/j.bandl.2011.10.006
- Beer, J., Peters, K. & Pisoni, D.B. (2014). Language development in children with cochlear implants. Teoksessa P. J. Brooks & V. Kempe (toim.), *Encyclopedia of Language Development*. doi: 10.4135/9781483346441.n97
- Bishop, D. V. M. (1992). The underlying nature of specific language impairment. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 33, 3–66. doi: 10.1111/j.1469-7610.1992.tb00858.x
- Bishop, D. V. M. (2006). What causes specific language impairment in children?. *Current Direction in Psychological Science*, 15, 217–221. doi: 10.1111/j.1467-8721.2006.00439.x
- Bishop, D. V. M., Holt, G., Line, E., McDonald, D., McDonald, S. & Watt, H. (2012). Parental phonological memory contributes to prediction of outcome of late talkers from 20 months to 4 years: A longitudinal study of precursors of specific language impairment. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 4. doi: 10.1186/1866-1955-4-3
- Botting, N. (2014). Specific language impairment (overview). Teoksessa P. J. Brooks & V. Kempe (toim.), *Encyclopedia of Language Development*. doi: 10.4135/9781483346441.n181
- Brookman, A., McDonald, S., McDonald, D., & Bishop, D. V. M. (2013). Fine motor deficits in reading disability and language impairment: Same or different? *PeerJ*, 1:e217. doi: 10.7717/peerj.217
- Brooks, B., Sherman, E. & Strauss, E. (2010). NEPSY-II: A developmental neuropsychological assessment. Second edition. *Child neuropsychology*, 16(1), 80–101. doi: 10.1080/09297040903146966
- Cheng, H.-C., Chen, H.-Y., Tsai, C.-L., Chen, Y.-J. & Cherng, R.-J. (2009). Comorbidity of motor and language impairments in preschool children of Taiwan. *Research in Developmental Disabilities* 30, 1054–1061. doi: 10.1016/j.ridd.2009.02.008
- Chilosi, A.M. (2014). Focal lesions and language development. Teoksessa P. J. Brooks & V. Kempe (toim.), *Encyclopedia of Language Development*. doi: 10.4135/9781483346441.n70
- Chuang, Y.-C., Hsu, C.-Y., Chiu, N.-C., Lin, S.-P., Tzang, R.-F. & Yang, C.-C. (2011). Other impairment associated with developmental language delay in preschool-aged children. *Journal of Child Neurology*, 26(6), 714–716. doi: 10.1177/0883073810389331
- Clark, G. M. & Lum, J. A. G. (2017). First-order and higher order sequence learning in specific language impairment. *Neuropsychology*, 31(2), 149–159. doi: 10.1037/neu0000316
- Collisson, B. A., Graham, S. A., Preston, J. L., Rose, M. S., McDonald, S. & Tough, S. (2016). Risk and protective factors for late talking: An epidemiologic investigation. *The Journal of Pediatrics*, 172, 168–174. doi: 10.1016/j.jpeds.2016.02.020
- Comalli, D.M., Keen, R., Abraham, E.S., Foo, V. J., Lee, M.-H. & Adolph, K. E. (2016). The development of tool use: Planning for end-state comfort. *Developmental Psychology*, 52(11), 1878–1892. doi: 10.1037/dev0000207
- Conti-Ramsden, G., Ullman, M. T. & Lum, J. A. G. (2015). The relation between receptive grammar and procedural, declarative, and working memory in specific language impairment. *Frontiers in Psychology*, 6, 1090. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01090
- Desmarais, C., Sylvestre, A., Meyer, F., Bairati, I. & Rouleau, R. (2008). Systematic review of the literature on characteristics of late-talking toddlers. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 43, 361–389. doi: 10.1080/13682820701546854

- Desmottes, L., Maillart, C. & Meulemans, T. (2016). Memory consolidation in children with specific language impairment: Delayed gains and susceptibility to interference in implicit sequence learning. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *39*, 265–285. doi: 10.1080/13803395.2016.1223279
- Desmottes, L., Meulemans, T. & Maillart, C. (2016a). Later learning stages in procedural memory are impaired in children with specific language impairment. *Research in Developmental Disabilities*, *48*, 53–68. doi: 10.1016/j.ridd.2015.10.010
- Desmottes, L., Meulemans, T. & Maillart, C. (2016b). Implicit spoken words and motor sequences learning are impaired in children with specific language impairment. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *22*, 520–529. doi: 10.1017/S135561771600028X
- DiDonato Brumbach, A. C. & Goffman, L. (2014). Interaction of language processing and motor skill in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *57*, 158–171. doi: 10.1044/1092-4388(2013/12-0215)
- D'Souza, D., D'Souza, H. & Karmiloff-Smith, A. (2017). Precursors to language development in typically and atypically developing infants and toddlers: The importance of embracing complexity. *Journal of Child Language*, *44*, 591–627. doi: 10.1017/S030500091700006X
- Durkin, K., Mok, P. L. H. & Conti-Ramsden, G. (2015). Core subjects at the end of primary school: Identifying and explaining relative strengths of children with specific language impairment (SLI). *International Journal of Language and Communication Disorders*, *50*(2), 226–240. doi: 10.1111/1460-6984.12137
- Fenson, L., Marchman, V. A., Thal, D. J., Dale, P. S., Reznick, J. S. & Bates, E. (2006). *The MacArthur-Bates Communicative Development Inventories User's Guide and Technical Manual* (2. painos). Baltimore, MD: Brookes Publishing
- Fisher, E. L. (2017). A systematic review and meta-analysis of predictors of expressive-language outcomes among late talkers. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *60*, 2935–2948. doi: 10.1044/2017_JSLHR-L-16-0310
- Foerde, K. & Poldrack, R. A. (2009). Procedural learning in humans. Teoksessa L. R. Squire (toim.), *Encyclopedia of Neuroscience*, 1083–1091. Elsevier Ltd
- Gaines, R. & Missiuna, C. (2006). Early identification: Are speech/language-impaired toddlers at increased risk for developmental coordination disorder? *Child: care, health and development*, *33*, 325–332. doi:10.1111/j.1365-2214.2006.00677.x
- Geşiarz, F., & Crockett, M. J. (2015). Goal-directed, habitual and Pavlovian prosocial behavior. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, *9*, 135-153. doi: 10.3389/fnbeh.2015.00135
- Hawa, V. V. & Spanoudis, G. (2014). Toddlers with delayed expressive language: An overview of the characteristics, risk factors and language outcomes. *Research in Developmental Disabilities*, *35*, 400–407. doi: 10.1016/j.ridd.2013.10.027
- Hedenius, M., Persson, J., Tremblay, A., Adi-Japha, E., Verissimo, J., Dye, C. D., Alm, P., Jennische, M., Tomblin, J. B. & Ullman, M. T. (2011). Grammar predicts procedural learning and consolidation deficits in children with specific language impairment. *Research in Developmental Disabilities*, *32*, 2362–2375. doi: 10.1016/j.ridd.2011.07.026
- Heikkilä, J., Lonka, E., Ahola, S., Meronen, A. & Tiippana, K. (2017). Lipreading ability and its cognitive correlates in typically developing children and children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *60*, 485–493. doi:10.1044/2016_JSLHR-S-15-0071
- Heiser, M., Iacoboni, M., Maeda, F., Marcus, J. & Mazziotta, J.C. (2003). The essential role of Broca's area in imitation. *European Journal of Neuroscience*, *17*, 1123–1128. doi: 10.1046/j.1460-9568.2003.02530.x
- Hill, E. L. (2001). Non-specific nature of specific language impairment: A review of the literature with regard to concomitant motor impairments. *International Journal of Language and Communication Disorders*, *36*(2), 149–171. doi: 10.1080/1368282001001987 4
- Hodge, S. M., Makris, N., Kennedy, D. N., Caviness Jr., V. S., Howard, J., McGrath, L., Steele, S., Frazier, J. A., Tager-Flusberg, H. & Harris, G. J. (2010). Cerebellum, language, and cognition in autism and specific language impairment. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *40*, 300–316. doi: 10.1007/s10803-009-0872-7

- Hsu, H. J. & Bishop, D. V. M. (2014). Sequence-specific procedural learning deficits in children with specific language impairment. *Developmental Science*, *17*, 352–365. doi: 10.1111/desc.12125
- Hughes, C. M. L., Reißig, P. & Seegelker, C. (2011). Motor planning and execution in left- and right-handed individuals during a bimanual grasping and placing task. *Acta Psychologica*, *138*, 111–118. doi: 10.1016/j.actpsy.2011.05.013
- Iverson, J. M. & Braddock, B. A. (2011). Gesture and motor skill in relation to language in children with language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *54*, 72–86. doi: 10.1044/1092-4388(2010/08-0197)
- Johnson-Frey, S. H., McCarty, M. E. & Keen, R. (2004). Reaching beyond spatial perception: Effects of intended future actions on visually guided prehension. *Visual Cognition*, *11*, 371–399. doi: 10.1080/13506280344000329
- Jovanovic, B. & Schwarzer, G. (2017). The influence of grasping habits and object orientation on motor planning in children and adults. *Developmental Psychobiology*, *59*, 949–957. doi: 10.1002/dev.21573
- Kim, S.H. & Lord, C. (2014). Autism and language development. Teoksessa P. J. Brooks & V. Kempe (toim.), *Encyclopedia of Language Development*. doi: 10.4135/9781483346441.n13
- Knudsen, B., Henning, A., Wunsch, K., Weigelt, M., & Aschersleben, G. (2012). The end-state comfort effect in 3- to 8-year-old children in two object manipulation tasks. *Frontiers in Psychology*, *3*, 1–10. doi:10.3389/fpsyg.2012.00445
- Korkman, M., Kirk, U. & Kemp, S.L. (1997). *Nepsy - lasten neuropsykologinen tutkimus*. Helsinki: Psykologien kustannus Oy.
- Korkman, M. (2008). *NEPSY-II - Lasten neuropsykologinen tutkimus. Käsikirja II: Kehittely, käyttö ja psykometriset tiedot*. Helsinki: Psykologien kustannus Oy.
- Korkman, M., Kirk, U. & Kemp, S.L. (2008). *Nepsy II - lasten neuropsykologinen tutkimus*. Helsinki: Psykologien kustannus Oy.
- Korpilahti, P., Kaljonen, A. & Jansson-Verkasalo, E. (2016). Identification of biological and environmental risk factors for language delay: The Let's Talk STEPS study. *Infant Behavior & Development*, *42*, 27–35. doi: 10.1016/j.infbeh.2015.08.008
- Krishnan, S., Watkins, K. E. & Bishop, D. V. M. (2016). Neurobiological basis of language learning difficulties. *Trends in Cognitive Sciences*, *20*(9), 701–714. doi: 10.1016/j.tics.2016.06.012
- Kuusisto, M., Nieminen, P., Helminen, M. & Kleemola, L. (2017). Executive and intellectual functioning in school-aged children with specific language impairment. *International Journal of Language and Communication Disorders*, *52*, 127–136. doi: 10.1111/1460-6984.12263
- Lagström, H., Rautava, P., Kaljonen, A., Räihä, H., Pihlaja, P., Korpilahti, P. (2013). Cohort Profile: STEPS to the healthy development and well-being of children (STEPS study). *International Journal of Epidemiology*, *42*, 1273–1284. doi: 10.1093/ije/dys150
- Lee, J. C., Mueller, K. L. & Tomblin, J. B. (2016). Examining procedural learning and corticostriatal pathways for individual differences in language: testing endophenotypes of DRD2/ANKK1. *Language, Cognition and Neuroscience*, *31*, 1098–1114. doi: 10.1080/23273798.2015.1089359
- Lenhardt, W. & Lenhardt, A. (2016). *Calculation of Effect Sizes*. Dettelbach, Germany: Psychometrica. doi: 10.13140/RG.2.1.3478.4245. Haettu osoitteesta https://www.psychometrica.de/effect_size.html 24.5.2018.
- Leonard, L. (2014). *Children with specific language impairment*. Massachusetts: The MIT Press.
- Lukács, Á. & Kemény, F. (2014). Domain-general sequence learning deficit in specific language impairment. *Neuropsychology*, *28*, 472–483. doi: 10.1037/neu0000052
- Lum, J. A. G. & Bleses, D. (2012). Declarative and procedural memory in Danish speaking children with specific language impairment. *Journal of Communication Disorders*, *45*, 46–58. doi: 10.1016/j.jcomdis.2011.09.001

- Lum, J. A. G., Conti-Ramsden, G., Morgan, A. T. & Ullman, M. T. (2014). Procedural learning deficits in specific language impairment (SLI): A meta-analysis of serial reaction time task performance. *Cortex*, *51*, 1–10. doi: 10.1016/j.cortex.2013.10.011
- Lum, J. A. G., Conti-Ramsden, G., Page, D., & Ullman, M. T. (2012). Working, declarative and procedural memory in specific language impairment. *Cortex*, *48*, 1138–1154. doi: 10.1016/j.cortex.2011.06.001
- Lyytinen, P. (2000). *Varhaisen kommunikaation ja kielen kehityksen arviointimenetelmä*. Niilo Mäki Instituutti & Jyväskylän yliopiston lapsitutkimuskeskus.
- Lyytinen, P., Eklund, K. & Lyytinen, H. (2005). Language development and literacy skills in late-talking toddlers with and without familial risk for dyslexia. *Annals of Dyslexia*, *55*(2), 166–192. doi: 10.1007/s11881-005-0010-y
- Mainela-Arnold, E. & Evans, J. (2014). Do statistical segmentation abilities predict lexical-phonological and lexical-semantic abilities in children with and without SLI? *Journal of Child Language*, *41*, 327–351. doi:10.1017/S0305000912000736
- Makoshi, Z., Kroliczak, G. & van Donkelaar, P. (2011). Human supplementary motor area contribution to predictive motor planning. *Journal of Motor Behavior*, *43*, 303–309. doi: 10.1080/00222895.2011.584085
- Manhardt, J. & Rescorla, J. (2002). Oral narrative skills of late talkers at ages 8 and 9. *Applied Psycholinguistics*, *23*, 1–21. doi: 10.1017/S0142716402000012
- Marshall, E. & Marquier, B. Tarkistanut Knox, C. *Friedman test in SPSS*. Statstutor Community Project. Haettu osoitteesta https://www.sheffield.ac.uk/polopoly_fs/1.714575!/file/stcp-marshall-FriedmanS.pdf 21.9.2018. Käytetty Creative Commons CC BY-NC-ND 2.0 UK -lisenssin ehtojen mukaisesti (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/uk>).
- Marton, K. (2009). Imitation of body postures and hand movements in children with specific language impairment. *Journal of Experimental Child Psychology*, *102*, 1–13. doi: 10.1016/j.jecp.2008.07.007
- Mayor-Dubois, C., Zesiger, P., Van der Linden, M. & Roulet-Perez, E. (2014). Nondeclarative learning in children with specific language impairment: Predicting regularities in the visuomotor, phonological, and cognitive domains. *Child Neuropsychology*, *20*, 14–22. doi: 10.1080/09297049.2012.734293
- Moyle, J. Stokes, S. F. & Klee, T. (2011). Early language delay and specific language impairment. *Developmental Disabilities Research Reviews*, *17*, 160–169. doi: 10.1002/ddrr.1110
- Mueller, K. L. & Tombkin, B. J. (2012). Examining the comorbidity of language disorders and ADHD. *Topics in Language Disorders*, *32*, 228–246. doi: 10.1097/TLD.0b013e318262010d
- Muluk, N.B., Bayoğlu, B. ja Anlar, B. (2014). Language development and affecting factors in 3- to 6-year-old children. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, *271*, 871–878. doi: 10.1007/s00405-013-2567-0
- Murdoch, B. E. (2010). The cerebellum and language: Historical perspective and review. *Cortex*, *46*, 858–868. doi: 10.1016/j.cortex.2009.07.018
- Müürsepp, I., Aibast, H., Gapeyeva, H. & Pääsuke, M. (2012). Motor skills, haptic perception and social abilities in children with mild speech disorders. *Brain & Development*, *34*, 128–132. doi: 10.1016/j.braindev.2011.02.002
- Müürsepp, I., Aibast, H., Gapeyeva, H. & Pääsuke, M. (2014). Sensorimotor function in preschool-aged children with expressive language disorder. *Research in Developmental Disabilities*, *35*, 1237–1243. doi: 10.1016/j.ridd.2014.03.007
- Nachev, P., Wydell, H., O'Neill, K., Husain, M. & Kennard, C. (2007). The role of the pre-supplementary motor area in the control of action. *NeuroImage*, *36*, 155–163. doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.03.034
- Nissen, M. & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, *19*, 1–32. doi: 10.1016/0010-0285(87)90002-8
- Poll, G. H., Miller, C. A. & van Hell, J. G. (2015). Evidence of compensatory processing in adults with developmental language impairment: Testing the predictions of the procedural deficit hypothesis. *Journal of Communication Disorders*, *53*, 84–102. doi: 10.1016/j.jcomdis.2015.01.004

- Preston, J. L., Frost, S. J., Wencl, W. E., Fulbright, R. K., Landi, N., Grigorenko, E., Jacobsen, L. & Pugh, K. R. (2010). Early and late talkers: School-age language, literacy and neurolinguistics differences. *Brain*, *133*, 2185–2195. doi: 10.1093/brain/awq163
- Renfrew, C. (1995). *Word Finding Vocabulary Test*. 4. painos. Bicester: Speechmark Publishing
- Rescorla, L. (2011). Late talkers: Do good predictors of outcome exist? *Developmental Disabilities Research Reviews*, *17*, 141–150. doi: 10.1002/ddrr.1108
- Rescorla, L. (2014). Late talkers. Teoksessa P. J. Brooks & V. Kempe (toim.) *Encyclopedia of Language Development*. doi: 10.4135/9781483346441.n106
- Reynell, J. K., Huntley, M. (2001). *Reynell Developmental Language Scales III*. Windsor: NFER-Nelson Publishing Company. Korttesmaa, M., Heimonen, K., Merikoski, H., Warma, M. L. & Varpela, V. Helsinki: Psykologien Kustannus.
- Rice, M. L., Taylor, C. L. & Zubrick, S. R. (2008). Language outcomes of 7-year-old children with or without a history of late language emergence at 24 months. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, *51*, 394–407. doi: 0.1044/1092-4388(2008/029)
- Richardson, J. T. E. (2011). Eta squared and partial eta squared as measures of effect in educational research. *Educational Research Review*, *6*, 135–147. doi: 10.1016/j.edurev.2010.12.001
- Roberts, M. Y. & Kaiser, A. P. (2011). The effectiveness of parent-implemented language interventions: A meta-analysis. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *20*, 180–199. doi: 10.1044/1058-0360(2011/10-0055)
- Robertson, E. M. (2007). The serial reaction time task: Implicit motor skill learning? *The Journal of Neuroscience*, *27*(38), 10073–10075. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2747-07.2007
- Rosenbaum, D. A., Marchak, F., Barnes, H. J., Vaughan, J., Slotta, J. D. & Jorgensen, M. J. (1990). Constraints for action selection: overhand versus underhand grips. Teoksessa M. Jeannerod (toim.), *Attention and Performance XIII: Motor representation and control*, 321–342. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Rosenbaum, D. A., van Heugten, C. M. & Caldwell, G. E. (1996). From cognition to biomechanics and back: The end-state comfort effect and the middle-is-faster effect. *Acta Psychologica*, *94*, 59–85. doi: 10.1016/0001-6918(95)00062-3
- Rudolph, J. M. (2017). Case history risk factors for specific language impairment: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *26*, 991–1010. doi: 10.1044/2016_AJSLP-15-0181
- Sanjeevan, T. & Mainela-Arnold, E. (2017). Procedural motor learning in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *60*(11), 3259–3269. doi: 10.1044/2017_JSLHR-L-16-0457
- Sanjeevan, T., Rosenbaum, A. D. & Mainela-Arnold, E. (2018). Planning deficits in children with specific language impairment (SLI) are reflected in unnecessarily awkward grasps. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, *61*, 887–896. doi: 10.1044/2017_JSLHR-L-17-0246
- Scheffner Hammer, C., Morgan, P., Farkas, G., Hillemeier, M., Bitetti, D. & Maczuga, S. (2017). Late talkers: A population-based study of risk factors and school readiness consequences. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *60*, 607–626. doi: 10.1044/2016_JSLHR-L-15-0417
- Sengottuvel, K. & Rao, P. K. S. (2013). Aspects of grammar sensitive to procedural memory deficits in children with specific language impairment. *Research in Developmental Disabilities*, *34*, 3317–3331. doi: 10.1016/j.ridd.2013.06.036
- Smith, L. B., Suanda, S. H. & Yu, C. (2014). The unrealized promise of infant statistical word-referent learning. *Trends in Cognitive Sciences*, *18*(5), 251–258. doi: 10.1016/j.tics.2014.02.007
- Smith, L. B. & Yu, C. (2013). Visual attention is not enough: Individual differences in statistical word-referent learning in infants. *Language Learning and Development*, *9*(1). doi: 10.1080/15475441.2012.707104
- Snowling, M. J., Duff, F. J., Nash, H. M. & Hulme, C. (2016). Language profiles and literacy outcomes of children with resolving, emerging or persisting language impairments. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *57*(12), 1360–1369. doi: 10.1111/jcpp.12497

- Squire, L.R., Knowlton, B. & Musen, G. (1993). The structure and organization of memory. *Annual Review of Psychology*, 44, 453–495. doi: 10.1146/annurev.ps.44.020193.002321
- Stolt, S. & Vehkavuori, S. (2018). SANASEULA – Lapsen varhaisen sanaston kehityksen seurantamenetelmä (MacArthur-Bates Communicative Development Inventories -arviointimenetelmän lyhyt, suomalainen versio). Niilo Mäki Instituutti.
- Stöckel, T., Hughes, C.M.L. & Schack, T. (2011). Representation of grasp postures and anticipatory motor planning in children. *Psychological Research*, 76, 768–76. doi: 10.1007/s00426-011-0387-7
- Suanda, S. H., Mugwanya, N. & Namy, L. L. (2014). Cross-situational statistical word learning in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 126, 395–411. doi: 10.1016/j.jecp.2014.06.003
- Suchy, Y. & Kraybill, M. (2007). The relationship between motor programming and executive abilities: Constructs measured by the Push–Turn–Taptap task from the Behavioral Dyscontrol Scale–Electronic Version. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 29(6), 648–659. doi: 10.1080/13803390600910506
- Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Foniatri ry:n ja Suomen Lastenneurologisen yhdistyksen asettama työryhmä. (2010). *Kielellinen erityisvaikeus (dysfasia, lapset ja nuoret)*. Käypä hoito -suositus. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Haettu osoitteesta <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suositukses/suositus?id=hoi50085> 21.5.2018.
- Timmann, D., Drepper, J., Frings, M., Maschke, M., Richter, S., Gerwig, M. & Kolb, F. P. (2010). The human cerebellum contributes to motor, emotional and cognitive associative learning: A review. *Cortex*, 46, 845–857. doi: 10.1016/j.cortex.2009.06.009
- Tomblin, J. B., Mainela-Arnold, E. & Zhang, X. (2007). Procedural learning in adolescents with and without specific language impairment. *Language Learning and Development*, 3, 269–293. doi: 10.1080/15475440701377477.
- Tomblin, J. B., Records, N. L., 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. doi: 10.1044/jslhr.4006.1245
- Tuovinen, S., Ahonen, T. & Westerholm, J. *Sananlöytämistesti*. Niilo Mäki Instituutti & Haukarannan koulu.
- Ullman, M. T. (2001). The declarative/procedural model of lexicon and grammar. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30, 37–69. doi: 10.1023/A:1005204207369
- Ullman, M. (2004). Contributions of memory circuits to language: The declarative/procedural model. *Cognition*, 92, 231–270. doi: 10.1016/j.cognition.2003.10.008
- Ullman, M. & Pierpont, E. (2005). Specific language impairment is not specific to language: The procedural deficit hypothesis. *Cortex*, 41, 399–433. doi: 10.1016/S0010-9452(08)70276-4
- Vakil, E., Bloch, A. & Cohen, H. (2017). Anticipation measures of sequence learning: manual versus oculomotor versions of the serial reaction time task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 70(3), 579–589. doi: 10.1080/17470218.2016.1172095
- van Swieten, L.M., van Bergen, E., Williams, J.H., Wilson, A.D., Plumb, M.S., Kent, S.W. & Mon-Williams, M.A. (2010). A test of motor (not executive) planning in developmental coordination disorder and autism. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36(2), 493–499. doi: 10.1037/a0017177
- Vukovic, M., Vukovic, I. & Stojanovic, V. (2010). Investigation of language and motor skills in Serbian speaking children with specific language impairment and in typically developing children. *Research in Developmental Disabilities*, 31, 1633–1644. doi: 10.1016/j.ridd.2010.04.020
- Vuolo, J., Goffman, L., Zelaznik, H. N. (2017). Deficits in coordinative bimanual timing precision in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 60, 393–405. doi: 10.1044/2016_JSLHR-L-15-0100
- Webster, R.I., Erdos, C., Evans, K., Majnemer, A., Kehayia, E., Thordardottir, E., Evans, A. & Shevell, M.I. (2006). The clinical spectrum of developmental language impairment in school-aged children: Language, cognitive, and motor findings. *Pediatrics*, 118(5), 1541–1549. doi: 10.1542/peds.2005-2761

- Webster, R. I., Erdos, C., Evans, K., Majnemer, A., Saigal, G., Kehayia, E., Thordardottir, E., Evans, A. & Shevell, A. I. (2008). Neurological and magnetic resonance imaging findings in children with developmental language impairment. *Journal of Child Neurology*, 23(8), 870–877. doi: 10.1177/0883073808315620
- Wechsler, D. (2003). *Wechsler Intelligence Scale for Children - Fourth edition*. San Antonio, TX: Harcourt Assessment. Helsinki: Psykologien kustannus.
- Weigelt, M. & Schack, T. (2010). The development of end-state comfort planning in preschool children. *Experimental Psychology*, 57(6), 476–482 doi: 10.1027/1618-3169/a000059
- Weiss, D. J. (2014). Statistical Learning. Teoksessa P. J. Brooks & V. Kempe (toim.), *Encyclopedia of Language Development*. doi: 10.4135/9781483346441.n191
- Weiss, D. J., Wark, J. D. & Rosenbaum, D. A. (2007). Monkey see, monkey plan, monkey do. The end-state comfort effect in cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). *Psychological Science*, 18(12), 1063–1068. doi: 10.1111/j.1467-9280.2007.02026.x
- Werfel, K. L. & Krimm, H. (2017). A preliminary comparison of reading subtypes in a clinical sample of children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 60, 2680–2268. doi: 10.1044/2017_JSLHR-L-17-0059
- West, G., Vadillo, M. A., Shanks, D. R. & Hulme, C. (2018). The procedural learning deficit hypothesis of language learning disorders: We see some problems. *Developmental Science*, 21: e12552. doi: 10.1111/desc.12552
- Wilkinson, L. & Jahanshahi, M. (2015). Non declarative (procedural) memory. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 2, 844–850. doi: 10.1016/B978-0-08-097086-8.51052-6
- Wunsch, K., Henning, A., Aschersleben, G. & Weigelt, M. (2013). A systematic review of the end-state comfort effect in normally developing children and in children with developmental disorders. *Journal of Motor Learning and Development*, 1, 59–76. doi: 10.1123/jmld.1.3.59
- Wunsch, K., Weiss, D. J., Schack, T. & Weigelt, M. (2015). Second-order motor planning in children: Insights from a cup-manipulation-task. *Psychological Research*, 79, 669–677. doi: 10.1007/s00426-014-0596-y
- Zelaznik, H. N. & Goffman, L. (2010). Generalized motor abilities and timing behavior in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53, 383–393. doi: 10.1044/1092-4388(2009/08-0204)
- Zubrick S. R., Taylor, C. L., Rice, M. L. & Slegers, D. W. (2007). Late language emergence at 24 months: An epidemiological study of prevalence, predictors, and covariates. *Speech Language and Hearing Research*, 50, 1562–1592. doi: 10.1044/1092-4388(2007/106).
- Zwart, F. S., Vissers, C. T. W. M., Kessels, R. P. C. & Maes, J. H. R. (2017). Procedural learning across the lifespan: A systematic review with implications for atypical development. *Journal of Neuropsychology*. doi:10.1111/jnp.12139