

Varhaisten aivovasteiden yhteydet lukutaidon kehittymiseen

Nenne Tommiska
Pro gradu -tutkielma
Psykologian laitos
Jyväskylän yliopisto
Heinäkuu 2018

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Psykologian laitos

NENNE TOMMISKA: Varhaisten aivovasteiden yhteydet lukutaidon kehittämiseen

Pro gradu -tutkielma, 28 s.

Ohjaaja: Kaisa Lohvansuu

Psykologia

Heinäkuu 2018

Tiivistelmä

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, onko varhaisilla aivovasteilla mahdollista tehdä ennustuksia kahdeksannen luokan lukemisen nopeudesta. Tutkimuksessani käytin pitkittäisasetelmaa, jossa tutkittavat on jaettu riski- ja kontrolliryhmiin kuuluviin lapsiin ja nuoriin. Selvitin, vaikuttaako lukivaikeuden riskiryhmään kuulumisen lukemisen nopeuteen kahdeksannella luokalla ja eroaako se riski- ja kontrolliryhmän välillä. Koehenkilöt kuuluivat *Longitudinal Study of Dyslexia* -pitkittäistutkimuksen aineistoon, jossa samoja lapsia oli seurattu kuuden kuukauden iästä kahdeksannelle luokalle asti. Regressioanalyysia käyttäen sain tutkimuksessani selville, että varhaisten herätevästeiden ja varhaisten lukemista mittaavien muuttujien avulla on mahdollista tehdä ennustuksia kahdeksannen luokan lukemisen nopeudesta riskiryhmään kuuluvilla tutkittavilla. Tämän ja aiempien tutkimusten perusteella voidaan todeta, että varhaisten herätevästeiden avulla voidaan selvittää myöhempiä lukemisen tasoa ja tehdä ennustuksia lukemisen kehittymisestä.

Avainsanat: dysleksia, lukivaikeus, lukutaito, perinnöllisyys, herätevästeet, pitkittäistutkimus

SISÄLTÖ

JOHDANTO.....	4
Dysleksian taustatekijät.....	5
Dysleksian periytyvyys.....	6
Dysleksian neurobiologia.....	7
Puheen prosessoinnin tutkimuksia.....	8
Kielenkehitys varhaislapsuudessa.....	10
Ennustettavuus ja aiemmat tutkimukset.....	11
Tutkimuskysymykset.....	12
MENETELMÄT.....	13
Tutkittavat.....	13
Mittarit ja muuttujat.....	14
Herätevastemittaukset.....	14
Behavioraaliset tutkimukset.....	15
Aineiston analysointi.....	16
TULOKSET.....	17
POHDINTA.....	21
LÄHTEET.....	24

JOHDANTO

Joillekin lukemaan oppiminen voi tuottaa haasteita, eikä lukemisen opettelu ole sujuvaa. Tällaisissa tapauksissa voidaan puhua dysleksiasta eli lukivaikeudesta, jolla tarkoitetaan neurobiologista heikkoutta oppia lukemaan (Lyon, Shaywitz & Shaywitz, 2003). Lukivaikeus luokitellaan oppimisvaikeudeksi, mutta se on erotettu omaksi ryhmäkseen oppimisvaikeus-käsitteen alle (Lyon, Shaywitz & Shaywitz, 2003). Lukivaikeus ilmenee usein sanojen dekodauksen ja tunnistamisen vaikeutena, mikä voi vaikuttaa negatiivisesti myös lukemaan oppimisen motivaatioon (Lyon, Shaywitz & Shaywitz, 2003). Dekodauksella tarkoitetaan kirjoitettujen sanojen muuttamista äännemuotoon (Høien-Tengesdal & Tønnessen, 2011). Tässä prosessissa lukija hyödyntää aikaisempaa kirjaintietoutta lukiessaan tekstiä (Høien-Tengesdal & Tønnessen, 2011). Lukivaikeudessa sanojen sujuva ja virheetön lukeminen vaikeutuvat, ja kirjoittaminen ja dekodaus jäävät usein heikoksi (Lyon, Shaywitz & Shaywitz, 2003). Dyslektikolle on näin ollen vaikeaa dekodata sanaa ja yrittää tunnistaa sitä (Shaywitz, Shaywitz, Pugh, Fulbright, Mencla, Constable, Skudlarski, Fletcher, Lyon & Gore, 2001).

Suomen kielen erityisen tavurakenteen vuoksi tietyntylaiset tavut voivat aiheuttaa lukivaikeudesta kärsivälle vaikeuksia muodostaa sanoja ja tavupareja (Ahvenainen & Karppi, 1993). Tavujen runsas lukumäärä on tyypillistä suomen kielelle, ja siksi onkin sanan hallinnan kannalta tärkeää, että sanan hahmottaminen tavuiksi onnistuu (Ahvenainen & Karppi, 1993). Sanan alussa voi suomen kielessä olla vain yksi konsonantti, minkä seurauksena kieleen muodostuu tavurajoja ja rakenteita, joiden mukaan sanojen tavuttaminen tapahtuu (Ahvenainen & Karppi, 1993). Vokaalitavurajat eivät lukemisen kannalta ole kuitenkaan välttämättömiä, mutta tarkka ja selkeä tavuttaminen helpottaa tavurytmiä (Ahvenainen & Karppi, 1993). Tavurajojen seurauksena, yksittäinen konsonantti aloittaa aina uuden tavun (Ahvenainen & Karppi, 1993). Konsonanttitavujen tavuttaminen on lukemisen kannalta tärkeää, sillä on eri asia tavuttaa esimerkiksi sana *esine* "es-in-e" kuin "e-si-ne", ja tämä määräytyy juuri kyseisen kielen tavurakennesääntöjen mukaan (Ahvenainen & Karppi, 1993). Diftongit ovat suomen kielelle tyypillisiä äänneitä, jotka muodostuvat kahdesta peräkkäisestä vokaalista, jotka kuuluvat sa-

maan tavuun (Ahvenainen & Karppi, 1993). Diftongiparit voivat aiheuttaa lukemisen pulmia erityisesti dysleksiasta kärsivillä, sillä kirjaimet saattavat vaihtaa paikkaa eli reversoitua, mikä vaikeuttaa lukemista ja sanojen muodostumista (Ahvenainen & Karppi, 1993).

Dysleksian taustatekijät

Lukivaikeuden taustalla voi olla useita tekijöitä, jotka ovat yhteydessä lukemisen ongelmiin (Puolakanaho & Ketonen, 2011). Ongelmat puheen prosessoinnissa, fonologisessa tietoisuudessa, nopeassa nimeämisessä, kirjainten nimeämisessä ja lyhytkestoisessa muistissa voivat vaikeuttaa lukemaan oppimista ja tuoda haasteita koulutielle (Puolakanaho & Ketonen, 2011). Puheen prosessoinnilla tarkoitetaan esimerkiksi puheäänien taajuuksien erottelua, fonologisella tietoisuudella taas tietoisuutta siitä, että sanat muodostuvat erilaisista äänneistä, joita voidaan muokata (Hämäläinen, Leppänen, Lyytinen, 2008, Puolakanaho & Ketonen, 2011). Nopealla nimeämisellä viitataan kykyyn nimetä asioita tai esineitä mahdollisimman nopeasti, kun taas kirjainten nimeäminen tarkoittaa lapsen kykyä tunnistaa myös äänneitä ja koota äänneistä sanoja (Puolakanaho ym., 2007, Puolakanaho & Ketonen, 2011). Lyhytkestoinen muisti on tärkeä oppimisen kannalta, sillä sen osan, fonologisen työmuistin, on katsottu olevan ikään kuin portti pitkäkestoiseen muistiin, jonne kielellinen materiaali lopulta tallentuu (Miettinen, 2004). Näistä taustatekijöistä johtuen dyslektikoille vaikeuksia tuottavat esimerkiksi kirjain-äännevastaavuuksien muodostaminen ja niiden yhdistäminen tavuiksi, tavurajan hahmottaminen, sanan kokoaminen erilaisista tavuista sekä lauseiden ja sanojen merkitysten ymmärtäminen (Ahvenainen & Karppi, 1993). Oppimiskynnys voi muodostua dyslektikoilla jokaisesta edellä mainitusta toiminnosta, sillä sanan muodostaminen tavuista on haasteellista ja erityisesti pitkissä sanoissa nämä vaikeudet usein kasautuvat (Ahvenainen & Karppi, 1993).

Scarborough (1990) tarkasteli tutkimuksessaan varhaisia kielen heikkouksia dysleksiasta kärsivillä lapsilla ja sai selville, että kahden ja puolen vuoden ikäiset lapset, joille kehittyi myöhemmin pulmia lukemisessa, olivat heikompia esimerkiksi puhutun kielen tuottamisessa ja ääntämisen tarkkuudessa, mutta eivät puhutun kielen äänneiden erottelussa tai hallitun sanavaraston laajuudessa. Hän huomasi myös, että nämä lapset olivat heikompia objektien nimeämisessä sekä vastaanottavan sanaston hallinnassa kolmevuotiaana, ja että viisivuotiaana heidän fonologinen tietoisuutensa, objektien

nimeäminen sekä kirjain-äännevastaavuutensa olivat heikommalla tasolla, kontrolliryhmään verrattuna (Scarborough, 1990).

Dysleksian periytyvyys

Tutkijat ovat löytäneet useita dysleksian kandidaattigeenejä, joiden avulla tiedetään, että dysleksia on perinnöllistä (Shaywitz ym., 2009). Tutkimalla perheitä, joissa esiintyy paljon dysleksiaa, on myös saatu tietoa dysleksian periytyvyydestä (Lyytinen ym., 2004) Dysleksian ilmaantuvuuteen voi vaikuttaa esimerkiksi geneettinen alttius, jolla tarkoitetaan lähisuvussa ilmenevää dysleksiadiagnoosia (Lyytinen, 2002). Tutkimuksissa puhutaan usein familiaalisesta dysleksiasta, jolla tarkoitetaan juuri molempien tai vain toisen vanhemman todettua lukivaikeutta ja lisäksi lähisuvussa todettua lukemisen vaikeutta (Lyytinen, 2002). On havaittu, että lukivaikeutta on mahdollista selittää perintötekijöillä, jotka selittävätkin erään tutkimuksen mukaan noin 60% lukivaikeudesta (Lyytinen, 2002). Lukivaikeuden periytyvyyttä tutkittaessa on huomattu, että miessukupuolella esiintyy lukivaikeutta naissukupuoleen verrattuna enemmän (Lyytinen, 2002).

Perintötekijöillä on mahdollista selittää iso osa lukivaikkeuteen liittyvistä riskitekijöistä (Lyytinen, 2002). Kaksostutkimuksilla pyritään selvittämään perimän osuus epäsuorasti ja ne perustuvat kaksospareihin, joista toisen kaksosen mahdollinen lukivaikeus vaikuttaa myös toisen kaksosen lukivaikeuden todennäköisyyteen (Lyytinen, 2002). Tästä tehtyä tutkimusta on suoritettu vertailemalla identtisiä ja epäidenttisiä kaksospareja, joista identtisten kaksosten yhteys lukivaikeuden jakamiseen on todennäköisempää kuin epäidenttisten (Lyytinen, 2002).

Erilaisia dysleksiaan vaikuttavia riskitekijöitä on löydetty myös ympäristöstä aiheutuvista seikoista (Peterson & Pennington, 2012). Puhutun kielen vaikeudet voivat ennakoida vaikeuksia myös lukemisen saralla ja vaikuttavat näin ollen dysleksian diagnosointiin (Thompson ym., 2015). Myös lasten vanhempien matalan koulutuksen, nuoren iän ja esimerkiksi raskauden keskenmenon korkeamman riskin on esitetty olevan riskitekijöitä lukivaikeuden diagnosointiin (Mascheretti ym., 2015). Erilaisia geenejä tutkittaessa on huomattu, että tiettyjen geenien ja lukemiseen erikoistuneiden aivoalueiden välillä olisi jonkinlaisia yhteyksiä (Shaywitz ym., 2009). DYX1-, DYX2- ja DYX9-geenien

sekä lukemiseen erikoistuneiden aivoalueiden välisiä yhteyksiä on pyritty selvittämään geneettisten riskitekijöiden tutkimuksissa (Shaywitz ym., 2009).

Dysleksian neurobiologia

Aivojen neuraalista perustaa ja sen yhteyttä dysleksiaan on tutkittu jo pitkään ja poikkeavuuksia dyslektikoiden ja normaalisti lukevien aivojen rakenteiden ja aivojen toiminnan välillä on löydetty runsaasti (Lyon ym., 2003). Dysleksiaa on tutkittu aivoissa muun muassa tietokonetomografian (CT), magneettikuvantamisen (MRI) sekä positroniemissiotomografian (PET) avulla (Shaywitz ym., 2001). Aivojen toimintaa voidaan tutkia kognitiivisen testin aikana, jolloin tiettyjen aivoalueiden aktiivisuus ja neuraalisten järjestelmien yhteys näihin aivoalueisiin saadaan paikannettua (Shaywitz ym., 2001).

Erilaisissa aivojen rakennetta kuvaavia tutkimusmenetelmiä hyödyntävissä tutkimuksissa on väitetty siitä, millä aivoalueilla olevat poikkeamat ovat yhteydessä dysleksiaan (Shaywitz ym., 2001). On muun muassa ehdotettu, että temporo–parieto–okkipitaali-alueilla olisi dyslektikoiden ja normaalisti lukevien välillä eroja (Shaywitz ym., 2001). Dyslektikoilla on huomattu myös poikkeavuutta visuaalisen järjestelmän rakenteissa, corpus callosumin eli aivokurkiaisien alueella, perisylvian kortikaalisilla alueilla sekä talamuksessa (Zeffiro & Eden, 2000). Tutkijat ovat havainneet, että dyslektikoiden auditorinen temporaalinen prosessointi on heikentynyt (Bedi, 2001). Aivojen lateralisaatiosta on myös esitetty havaintoja, joissa on todettu, että dyslektikoilla aivojen lateralisaatio puhuttuun kieleen on puutteellista tai heikompaa kuin verrokeilla (Habib, 2000). Dyslektikoiden aivojen vasemman puolen lateralisaatiosta onkin esitetty, että sen kehittyminen on viivästynyt ja näin ollen lukemiseen tarvittavat edellytykset eivät kehity normaalisti (Habib, 2000).

Dyslektikoilla on havaittu olevan eroja myös aivojen rakenteessa verrattuna henkilöihin, joilla ei ole todettu dysleksiaa (Rumsey ym., 1999). Eroja on löydetty esimerkiksi ohimolohkon yläosassa sijaitsevasta aivoalueesta, planum temporalesta, jonka tiedetään erikoistuneen kielen käsittelyyn (Lyytinen ym., 2001). On havaittu, että dyslektikoilla vasemman planum temporalen alue olisi samankokoinen tai suurempi kuin oikea (Galaburda ym., 1978). Normaalisti lukevilla tämä alue on suurempi vasemmalla puolella, sillä vasen aivopuolisko on erikoistunut kielelliseen käsittelyyn (Lyytinen, Ahonen, Eklund, Guttorm, Laakso, Leinonen, Leppänen, Lyytinen, Poikkeus, Puolakanaho, Richardson & Viholainen, 2001). Erot planum temporalen alueella on mahdollista huomata jo hyvin varhaisessa vaiheessa sikiökaudella (Lyytinen ym., 2001).

Puheen prosessoinnin tutkimukset

Jyväskyläläisessä pitkittäistutkimuksessa on havaittu, että aivojen herätevasteet eroavat eri aivopuoliskoissa dysleksian kontrolli- ja riskiryhmään kuuluvien lasten välillä (Lyytinen ym., 2001). Riskiryhmään kuuluvien lasten herätevasteet puhe- ja kielellisten ärsykkeiden taajuuksiin ovat usein olleet pienempiä vasemmalla tai suurempia oikealla aivopuoliskolla, kun heitä on verrattu kontrolliryhmän lapsiin (Lyytinen, ym., 2001). EEG-tutkimusten avulla on käytännöllistä selvittää aivoista saatuja herätevasteita (ERPs, event-related-potentials), sillä menetelmässä tutkittavan ei tarvitse tehdä aktiivisesti mitään esitetyn ärsykkeen aikana (Leppänen, 2009). EEG- tutkimusten avulla on voitu selvittää muun muassa sitä, miten eri pituisiin tavuihin reagoiminen eroaa dyslektikoilla ja riskiryhmän lapsilla (Guttorm, Leppänen, Richardson, & Lyytinen, 2001). On tutkittu, että dysleksia vaikuttaa puheen havaitsemiseen ja saatu tuloksia siitä, miten jo kuuden kuukauden iässä vauvojen prosessointi äänten muutoksiin eroaa riski- ja kontrolliryhmään kuuluvien vauvojen välillä (Hämäläinen, Salmiinen & Leppänen, 2013; Leppänen, Richardson, Pihko, Eklund, Guttorm, Aro & Lyytinen, 2002). Jo heti syntymän jälkeen riski- ja kontrolliryhmän vauvoissa on havaittu eroja auditoristen ärsykkeiden havaitsemiseen (Lyytinen ym., 2001). Eräässä pitkittäistutkimuksessa tutkittiin 26 dysleksian riskiryhmään kuuluvaa lasta ja 23 kontrollilasta, joilta mitattiin heti syntymän jälkeen ERP-vasteita ja näiden yhteyksiä myöhäisempiin lukutaitoa mittaaviin muuttujiin 2,5, 3,5 ja 5,5 vuoden iässä (Guttorm, Leppänen, Poikkeus, Eklund, Lyytinen & Lyytinen, 2005). Tutkimuksessa havaittiin, että dysleksian riskiryhmään kuuluvilla lapsilla /ga/- tavuun reagoiminen aiheutti hitaamman polarisaation siirtymän positiivisuudesta negatiivisuuteen oikealla aivopuoliskolla (Guttorm, ym., 2005). Tämän havaittiin molemmissa ryhmissä olevan yhteydessä 2,5-vuotiaana merkittävästi heikompaan ymmärtävään kielitaitoon (Guttorm, ym., 2005). Samassa tutkimuksessa havaittiin myös, että samanlainen ERP-vaste vasemmassa aivopuoliskossa on vuorovaikutuksessa 5,5-vuotiaana heikompiin verbaalisen muistin taitoihin (Guttorm, ym., 2005).

Familiaalisen dysleksiariskin yhteyttä on tutkinut myös Lyytinen, Eklund & Lyytinen, (2005), jotka saivat selville, että dysleksian riskiryhmään kuuluminen vaikuttaa puheen oppimisen myöhästymiseen, jolloin riskiryhmään kuuluvat lapset oppivat puhumaan myöhemmin kuin ikätoverinsa (Lyytinen ym., 2005). Tutkimuksessa havaittiin, että nämä myöhemmin puhumaan oppineet lapset suoriutuivat luetun ymmärtämistä ja suullista lukemista mittaavista tehtävistä toisen luokan lopulla

keskitasoa heikommin (Lyytinen ym., 2005). Heikommin suoriutuvien lasten tuottavan ja ymmärtävän kielen kehitys oli viivästynyt aiemmin lapsuudessa (Lyytinen, ym., 2005).

Pienten vauvojen aivovasteissa tapahtuu melko suuria muutoksia ensimmäisten elinkuukausien aikana, ja silloin hidas, laaja-alainen aaltomuoto korvautuu selkeän rytmisen rakenteen omaavasta aallonmuodosta (Leppänen, 1999). Aivovaste muistuttaa aikuisen aivoista saatua vastaavaa aallonmuotoa, mutta eroaa kuitenkin siitä (Leppänen, 1999).

Pienten vauvojen aivovasteet eroavat aikuisten aivovasteista selvästi, eikä vauvoilta ole havaittu esimerkiksi N1-vastetta, jota aikuisten aivoista voidaan mitata (Guttorm, Leppänen, Hämäläinen, Eklund, & Lyytinen, 2010). Syntymästä noin kolmen kuukauden ikään saakka vauvojen ERP-vasteet koostuvat hitaista positiivisista vaihtoista, joita seuraa jatkuva negatiivinen poikkeama (Guttorm ym., 2001).

Hollantilaisessa pitkittäistutkimuksessa *Dutch Dyslexia Programme* tutkittiin 180 lasta, joilla oli geneettinen eli familiaalinen riski dysleksiaan ja 120 lasta, jotka kuuluivat vertailtavaan ryhmään, joilla genettistä riskiä ei ollut (van der Leij ym., 2013). Lapsia tutkittiin kahden kuukauden iästä yhdeksään ikävuoteen saakka ja heiltä arvioitiin aivojen herätevasteita puheeseen, ääniin ja visuaalisiin ärsykkeisiin puolen vuoden välein kahden kuukauden ja 3,5 ikävuoden välillä (van der Leij ym., 2013). Tutkittaville tehtiin neurofysiologisten mittausten lisäksi erilaisia testejä, jotka mittasivat non-verbaalia kielen kehitystä, kieltä sekä kognitiivisia valmiuksia, kuten nopeaa nimeämistä, tavaamista ja aritmeettisia taitoja (van der Leij ym., 2013). Lapsista muodostui lopulta kolme ryhmää: dyslektikot, joilla oli familiaalinen riski dysleksiaan; lapset, joilla oli familiaalinen riski, mutta ei todettua dysleksiaa; sekä kontrolliryhmä (van der Leij ym., 2013). Tutkimuksessa saatiin selville, että se ryhmä, joilla oli familiaalinen riski dysleksiaan, mutta ei todettua dysleksiaa, erosivat sekä niistä lapsista, joilla oli todettu dysleksia että kontrolliryhmästä varhaisen puheen ja visuaalisen prosessoinnin myötä (van der Leij ym., 2013). Näissä tuloksissa todettiin, että vanhempien lukutaito ja kyky nimetä objekteja nopeasti olivat yhteydessä heidän lastensa familiaalisen dysleksian tasoon (van der Leij ym., 2013). Tutkimuksessa selvitettiin myös herätevasteiden vaikutuksia myöhempään lukutaidon kehittymiseen (van der Leij ym., 2013). Huomattiin, että mitä suurempi aivovaste saatiin oikean aivopuoliskon elektrodista (F4), sitä paremmat tulokset lapsi sai fonologisissa tehtävissä kolmen ja puolen vuoden iässä, kirjainten nimeämisen tehtävissä viiden vuoden iässä, foneemien keston havaitsemisessa yhdeksän vuoden iässä sekä lukemisen nopeudessa (van der Leij ym., 2013).

Kielen kehitys varhaislapsuudessa

Ensimmäisen kolmen ikävuoden aikana lapsen kielen kehitys on melko nopeaa ja lapsi oppii liittämään yksittäisiä sanoja yhteen ja yhdistämään sanojen vartaloihin taivutuspäätteitä, jotka tarkentavat ilmaisun merkitystä (Lyytinen, 2011). Lasten Kielen Kehitys (LKK) -projektin aineiston mukaan kahden vuoden iässä sanavarastoon kuuluu noin 0-595 sanaa (Lyytinen, 2011).

Varhaisen kielen kehityksen merkityksellisyys on havaittu tutkimuksissa, joissa on tutkittu sen vaikutuksia myöhempään lukutaidon kehittymiseen (Lyytinen, 2011). LKK-aineistosta tehdyssä tutkimuksessa huomattiin, että ne ryhmät, joilla havaittiin varhaisessa kielen kehityksessä poikkeavuutta, suoriutuivat toisen luokan tarkkuutta ja nopeutta mittaavista tehtävistä heikommin kuin ikätasonsa mukaan edenneet verrokkit (Lyytinen, 2011). Onkin todettu, että kun kielen kehitys joillakin lukemiseen liittyvillä alueilla viivästyy, voi lapselle kehittyä lukemisen pulmia, joka voi myöhemmin vaikuttaa oppimiseen (Lyytinen, 2011).

Erilaiset teoriat esittävät toisistaan poikkeavia tapoja, joilla lapsi oppii kieltä (Ahvenainen & Karppi, 1993). Kypsysteorian mukaan perimä säätelee suurimmaksi osaksi kielenoppimista ja erilaiset kielelliset prosessit toimivat biologisesti kypsyneiden kielellisten ärsykkeiden laukaisemana (Ahvenainen & Karppi, 1993). Normaalisti lapsi oppii puheen noin 18 kuukauden iässä, jolloin syntymästä alkanut sensomotorisen kognitiivisen kehityksen kausi päättyy, samaan aikaan kun lapsi oppii muutkin semioottisen ajattelun muodot (Ahvenainen & Karppi, 1993). Ensimmäiset sanat esikielellisellä kaudella liittyvät usein lapsen ympäristöön, ja kuvaavat havaittavissa olevia ilmiöitä, sekä esineitä (Ahvenainen & Karppi, 1993). Näiden sanojen tarkoitus on tyydyttää lapsen perustarpeita (Ahvenainen & Karppi, 1993).

Kun lapsi on täyttämässä kolme vuotta, hänen ajattelunsa ja puheensa vuorovaikutus lisääntyy melko nopeasti ja tämä esioperationaalinen kausi kestää aina seitsemänteen ikävuoteen saakka (Ahvenainen & Karppi, 1993). Kautta kutsutaan semioottisen ajattelun kaudeksi ja sen aikana lapsi oppii ajatteluun, josta vastaavat erilaiset symbolit, ja lapsi oppii myös kielen esittävän merkityksen (Ahvenainen & Karppi, 1993).

Ennustettavuus ja aiemmat tutkimukset

Dysleksian ennustettavuutta selvittäneet tutkimukset antavat viitteitä siitä, että geneettisen alttiuden lukivaikeudelle omaavat lapset kehittyvät kognitiivisilta taidoiltaan heikommin kuin verrokkiryhmä (Eklund, 2017). *Jyväskylä Longitudinal Study of Dyslexia (JLD)* -tutkimuksessa on tutkittu 200 lasta heidän syntymästään saakka, joista noin puolet lapsista kuuluu dysleksian riskiryhmään ja puolet kontrolliryhmään (esim. Eklund, 2017). Tästä aineistosta tehdyistä tutkimuksista on tutkittu dysleksian geneettistä vaikutusta erilaisiin kognitiivisiin taitoihin, esimerkiksi fonologiseen tietoisuuteen, kielitaitoon ja nopeaan sarjalliseen nimeämiseen (Eklund, 2017). Kuten aiemmin johdannossa mainittiin, dysleksia on yleisempää miehillä kuin naisilla (Lyytinen, 2002). Myös Eklundin (2017) tutkimuksessa huomattiin, että 15 vuoden iässä pojilla nämä kognitiiviset taidot ovat heikompia kuin verrokkiryhmän nuorilla. Eklund (2017) toteaa tutkimuksessaan, että pojilla, joilla oli lukivaikeusriski ja lukutaidon kehitys jäänyt yläkoulun lopulla heikolle tasolle, myös kognitiivisten taitojen kehitys oli varhaislapsuudessa heikompaa kuin verrokkien.

Torppa ym. (2011) tutkivat 31 lasta ja vanhempaa yhdessä, joilla kummallakin oli todettu dysleksia, sekä 68 lapsi–vanhempi-paria, joista lapsella ei ollut havaittu dysleksiaa. Tutkimuksessa huomattiin, että ne vanhemmat, joilla sekä itsellään että heidän lapsillaan oli todettu dysleksia, suoriutuivat huonommin epäsanojen lukemis- ja kirjoittamistehtävistä, tekstin sujuvassa lukemisessa sekä nopean sanojen tunnistamisen tehtävissä verrattuna vanhempiin, joiden lapsilla ei ollut todettu dysleksiaa (Torppa ym., 2011). Tuloksista havaittiin myös se, että vanhempien lukivaikeus ja heikommat tulokset lukemista ja tavaamista mittaavissa tehtävissä ennustivat myös lasten heikompia taitoja näillä osa-alueilla (Torppa ym., 2011). Lisäksi tutkimus osoitti, että dyslektikko-lapset ja heidän vanhempansa, joilla oli todettu dysleksia, suoriutuivat kaikilla kielenkehitystä mittaavilla osa-alueilla muita ryhmiä heikommin (Torppa ym., 2011).

Myös Lohvansuu ym. on tarkastellut kuusikuisten vauvojen ERP-vasteiden yhteyttä kahdeksannen vuosiluokan lukemisen nopeuteen tutkimuksessaan *Longitudinal interactions between brain and cognitive measures on reading development from 6 months to 14 years* (2018), jossa havaittiin, että ERP-vasteet olivat yhteydessä kahdeksannen luokan lukemisen nopeuteen viisi ja puoli vuotiaana mitatun nopean nimeämisen välityksellä. Tutkimuksessa käytettiin standardia, useammin toistuvaa tavua /ata/ ja devianttia, harvemmin toistuvaa pidempää variaatiota /atta/ (Lohvansuu ym., 2018).

Tutkimuksessa oletettiin nopean nimeämisen olevan yhteydessä myöhempään lukutaidon nopeuteen, kun taas fonologisten taitojen ennustettiin olevan yhteydessä lukemisen tarkkuuteen (Lohvansuu ym., 2018).

Tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, onko varhaisten herätevastemittausten ja varhaisten kielenkehitystä ja lukemista mittaavien muuttujien avulla mahdollista ennustaa lukutaitoa kahdeksannella luokalla. Hypoteeseina tutkimuksessani on, että varhaisilla aivovasteilla ja lukemista selittävillä muuttujilla voidaan ennustaa lukemisen nopeutta kahdeksannella luokalla. Toisena hypoteesina on oletus, että riski- ja kontrolliryhmiin kuuluvien tutkittavien välillä on eroja lukemisen kehityksessä.

Kolmannes oletukseni on, että varhaiset lukemista ennakoivat muuttujat – Reynellin tuottavaa ja ymmärtävää kieltä mittaava muuttuja sekä sanavarastoa ja nopeaa nimeämistä mittaava Bostonin nimeämistesti – vaikuttavat kahdeksannen luokan lukemisen nopeuteen riskiryhmään kuuluvilla, mutta ei kontrolliryhmään kuuluvilla tutkittavilla. Neljäntenä hypoteesina on, että riskiryhmällä voidaan havaita muuttujia, jotka vaikuttavat kahdeksannen luokan lukemisen nopeuteen ja sen ennustettavuuteen, mutta kontrolliryhmällä ei tällaista ennustettavuutta havaita.

MENETELMÄT

Tutkittavat

Tutkittavat kuuluvat *Jyväskylä Longitudinal Study of Dyslexia* -pitkittäistutkimuksen aineistoon, jossa 200 lasta tutkittiin syntymästä aina kouluikään saakka (Lyytinen ym., 2006). Tässä tutkimuksessa mukana on 43 lasta, joista 24 kuuluvat dysleksian riskiryhmään ja 19 kontrolliryhmään. Tähän tutkimukseen mukaan valikoituivat ne tutkittavat, joille oli tehty aivojen herätevastemittaukset kuuden kuukauden iässä, ja joilta löytyi myös tässä tutkimuksessa käytettyjen lukutaitoa mittaavien testien tulokset. Riskiryhmään kuuluvilla lapsilla oli todettu lähisuvussa dysleksiadiagnoosi eli heillä oli geneettinen riski dysleksialle, kun taas kontrolliryhmän lapsilla lähisuvussa esiintyvää dysleksiaa ei ollut havaittu (Leinonen ym., 2001; Lyytinen ym., 2004). Aineiston kaikki tutkittavat olivat Keski-Suomen alueelta, eivätkä perheet eronneet merkittävästi koulutuksellisesti toisistaan. Lapset rekrytoitiin mukaan tutkimukseen äitiysneuvolassa heidän vanhempiensa välityksellä. (Lyytinen ym., 2001.)

Mittarit ja muuttujat

Herätevastemittaukset

Aivojen herätevastemittaukset (ERP) tehtiin puolen vuoden ikäisille lapsille puheääniärsyksiä käyttäen lasten ollessa hereillä (Pihko, Leppänen, Eklund, Cheour, Guttorm & Lyytinen, 1999). Tehtävässä esiintyi kahdenlaisia tavuja, joista toinen tavu /kaa/ toimi standardiärsyksenä eli yleisemmin toistuvana tavuna ja toinen tavu /ka/ devianttiärsyksenä eli satunnaisesti toistuvana ärsyksenä (Pihko ym., 1999). Esitetyistä ärsyksistä noin 88% oli standardeja, /kaa/-tavuja, jotka olivat kestoltaan 250 millisekuntia ja voimakkuudeltaan 75dB. Noin 12% ärsyksistä oli deviantteja digitaalisesti /kaa/-tavusta lyhennettyjä /ka/-tavuja, jotka olivat kestoltaan 110 millisekuntia (Pihko ym., 1999). Tutkittavat osallistuivat kahteen erilaiseen mittaukseen, jossa standardia tavu /kaa/ ja devianttia tavua /ka/ tutkittiin kahdessa eripituisessa lyhyessä aikaikkunassa (Pihko ym., 1999). Vasteet mitattiin käyttäen kansainvälistä 10–20-elektrodijärjestelmää irtoelektrodein lapsen pään molemmilta puoliskoilta frontaali-, sentraali- ja parietaalialueilta (Pihko ym., 1999). EEG keskiarvoistettiin yksilöllisesti ja **BAND-PASS** oli 0.53- 35Hz (Pihko ym., 1999). Viiden perättäisen datapisteen keskiarvo-ERP:t laskettiin kaikille ärsyketyypeille erikseen yksilöllisistä keskiarvoista käyttäen kaksisuuntaista t-testiä vertailtaessa jokaista jaksoa 130ms-525ms aikaikkunassa eri ärsykkeiden, tilojen ja ryhmien välillä (Pihko ym., 1999). Tilastollisesti merkitseväksi katsottiin vähintään kahden perättäisen 5-datapisteen jaksoilla $P < 0,05$ merkitsevyystasolla tai yhden 5-datapisteen jaksolla $p < 0,01$ merkitsevyystasolla (Pihko ym., 1999).

Behavioraaliset tutkimukset

Reynell. Lasten kielenkehitystä mitattiin myös lasten ollessa puolentoista vuoden ja kahden ja puolen vuoden ikäisiä (Reynell & Huntley, 1987). Puolentoista vuoden iässä lapsille annettiin käsky osoittaa jotakin objektia ("kuka kantaa jotakin?"), jolloin lapsen oli osoitettava kyseistä objektia, tai lasta pyydettiin poimimaan jokin tietty tutkijan haluama objekti, esimerkiksi "ota kupista kaksi nappia". Testin tarkoituksena on mitata lapsen kykyä ymmärtää hänelle esitettyjä pyyntöjä (Reynell & Huntley, 1987; Torppa ym., 2010). Kahden ja puolen vuoden iässä tehtävistä tehdään haastavampia ja lapsen tulee osoittaa esimerkiksi pöydän pisin punainen kynä (Reynell & Huntley, 1987; Torppa ym., 2010). Tuottavaa kieltä tutkivan testin avulla selvitetään, kykeneekö lapsi nimeämään melko yksinkertaisia esineitä, esimerkiksi auton, ja onko lapsella valmiuksia vaativampaan kielen tuottamiseen, jossa lapsen tulee kertoa esimerkiksi kaikki mitä hän tietää hänelle esitetystä kuvasta tai mitä kyseisessä kuvassa tapahtuu (Reynell & Huntley, 1987; Torppa ym., 2010).

RAN. Nopean nimeämisen (*rapid automatized naming, RAN*) taitoja testattiin lapsilta heidän ollessaan kolmen ja puolen vuoden sekä viiden ja puolen vuoden ikäisiä (Duncla & Rudel, 1976; Puolakanaho ym., 2007). Lasten tuli nimetä tuttuja objekteja kolmen ja puolen vuoden iässä ja viiden ja puolen vuoden iässä objektien lisäksi heidän tuli nimetä myös värejä mahdollisimman nopeasti (Torppa ym., 2007). Esitettäviä kuvia oli 30 kappaletta, ja lasten suoriutumista mitattiin sekunteina (Puolakanaho ym., 2007).

Bostonin nimeämistesti. Bostonin nimeämistesti mittaa lapsen kykyä ilmaista sanastoa. Testi koostuu 60 kuvasta, ja lapsen tulee nimetä kunkin kuvan esittämä asia oikein. Testi jatkuu niin kauan, kunnes lapsi tekee kuusi perättäistä virhettä. Testipisteet määräytyvät oikein menneiden asioiden, sekä semanttisen vihjeen avulla tunnistettujen asioiden yhteispisteiden avulla (Torppa ym., 2011; Kaplan, Goodglass, & Weintraub, 1983).

Lukemisen nopeus. Lukemisen nopeutta mitattiin kahdeksannella luokalla erilaisilla testeillä, joissa tutkittavan tuli lukea ääneen normaalia tekstiä, pseudosanoja sisältävää tekstiä ja erilaisia sanalista. Lisäksi tutkittavan tuli tavata pseudosanoja. (Rimkute ym., 2014.) Testeissä tekstit oli tarkoitus lukea mahdollisimman nopeasti, jotta niistä saatettiin mitata kirjainten lukumäärä per sekunti (Rimkute ym., 2014).

Aineiston analysointi

Tämän tutkimuksen analyysit tehtiin IBM SPSS 24 -ohjelmalla. Muuttujien välisten yhteyksien selvittämiseen käytin lineaarista regressioanalyysia, jonka tarkoituksena on muuttujien välisten lineaaristen yhteyksien tarkastelu (Nummenmaa, 2009). Regressioanalyysin avulla on mahdollista tutkia eri muuttujien välisiä yhteyksiä ja tehdä ennustuksia tutkittavien eri mittauksista saatujen tulosten perusteella (Nummenmaa, 2009). Ennustaminen on mahdollista, kun tiedetään joko selittävä muuttuja x tai selitettävä muuttuja y (Nummenmaa, 2009). Usean selittävän muuttujan regressiomallissa puolestaan on mahdollista ottaa tarkemmin huomioon, mitkä kaikki tekijät vaikuttavat selitettävään muuttujaan (Nummenmaa, 2009).

Tässä tutkimuksessa on suurimmaksi osaksi käytetty regressioanalyysin askeltavaa Stepwise-menetelmää, joka poistaa tai lisää muuttujia malliin vaihe kerrallaan (Nummenmaa, 2009). Askeltavan regressiomallin ajatuksena on se, että malliin lisätään ensin jokin muuttuja, ja seuraavalla askelmalla valitaan halutuista muuttujista se, jonka vaikutus selityksasteen kasvuun on suurin (Nummenmaa, 2009). Tämän jälkeen malliin lisätään tai siitä poistetaan muuttujia sen mukaan, miten ne vaikuttavat selityksasteen kasvuun, kunnes saadaan malli, joka on tilastollisesti sopivin (Nummenmaa, 2009). Selityksasteen avulla kuvataan siis sitä, miten suurta osaa kyseisen mallin avulla pystytään selittämään selitettävän muuttujan vaihtelusta (Nummenmaa, 2008).

Enter-menetelmää käytettiin kontrolliryhmään vertailutilanteessa, jossa samat riskiryhmällä olleet muuttujat pakotettiin regressiomalliin. Enter-menetelmässä tutkija pystyy itse määrittämään malliin halutut muuttujat ja testaamaan hypoteesien paikkansapitävyyttä (Nummenmaa, 2009). Malliin voi kuitenkin jäädä myös sellaisia muuttujia, jotka eivät sovi malliin tai eivät paranna sen selityksastetta, minkä vuoksi tutkijan on itse poistettava epäsovikuvat muuttujat mallista ja yrittää tehdä mallit uudelleen (Nummenmaa, 2009).

Tutkimukseni tarkoituksena oli selvittää, voidaanko kuuden kuukauden iässä mitattujen heräteasteiden, kielen kehitystä mittaavien testien ja varhaista lukutaitoa mittaavien testien avulla selittää kahdeksannen luokan lukutaitoa.

TULOKSET

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin, miten kuuden kuukauden iässä mitatut aivojen herätevasteet ovat yhteydessä varhaiseen kielen kehittymiseen sekä myöhempään lukutaitoon. Oletuksena oli, että riskiryhmällä nähdään muuttujia, jotka vaikuttavat kahdeksannen luokan lukemisen nopeuteen, mutta kontrolliryhmällä tätä ennustettavuutta ei nähdä. Selitettävänä muuttujana oli kahdeksannen luokan lukemisen nopeus ja selittävinä muuttujina aivovasteet sekä kielenkehitystä ja lukemista mittaavat muuttujat. Riskiryhmälle tehdyissä analyyseissä käytettiin lineaarisen regressioanalyysin stepwise-metodia, kun taas kontrolliryhmän analyyseissä käytettiin pakotettua enter-metodia, jotta saatiin samat tekijät malliin vertailtaviksi. Merkitsevimmiksi selittäjiksi nousivat aivovaste päälaki- eli parietaalialueen oikealta puolelta mitattuna 280-350ms aikaikkunassa, Reynellin tuottavaa ja ymmärtävää kieltä mittaavien testien tulokset 2,5-vuotiaana, sekä nopean nimeämisen testin tulokset 5,5-vuotiaana.

Taulukosta 1 huomataan, että kuuden kuukauden iässä mitattu aivovaste devianttiin /ka/-taavuun parietaalialueen oikealta puolelta 280-350ms kohdassa ja Reynellin tuottavan kielen testin tulos 2,5-vuotiaana, selittivät yhdessä hieman yli 30% kahdeksannen luokan lukemisen nopeudesta. Kun malliin lisättiin nopean nimeämisen testin muuttuja 5,5-vuotiaana, mallin selitysaste nousi yli 50% ($F_{3,31}=13,007$, $p<,005$) ja tämän mallin selitysaste oli korkein.

Taulukko 1. Lineaarisen regressioanalyysin tulokset riski- ja kontrolliryhmälle tehtynä

Riippuva muuttuja 8.lk:n lukunopeus								
	R square	F	Sig.	B	Std.error	Beta	t	Sig.
Malli 1	,374	9,577	,001					
Vakiotermin Adj.r² (,335)*				2,449	,858		2,853	,008
ERP oikea 280-350ms*				,139	,050	,394	2,780	,009
Reynell tuott.*				-,075	,026	-,411	-2,900	,007
Malli 2	,557	13,007	,000					
Vakiotermin Adj.r² (,514)**				3,918	,841		4,660	,000
ERP oikea 280-350ms**				,145	,043	,411	3,393	,002
Reynell tuott.**				-,073	,022	-,402	-3,318	,002
RAN **				-,034	,010	-,428	-3,578	,001

p<,005**, ,005<p<,01*

ERP oikea 280-350ms= Parietaalialueen oikealta puolelta mitattu heräteväaste devianttiin /ka/-tavuun 280-350ms aikaikkunassa

Reynell tuott.= Reynellin tuottavan kielen kehityksen testi 2,5-vuotiaana

RAN= Nopean nimeämisen testi 5,5-vuotiaana

Kun testit suoritettiin erikseen riski- ja kontrolliryhmälle, huomattiin, että mallien selitysasteet nousivat hieman riskiryhmälle tehdyissä analyyseissä (taulukko 2). Kun mallissa selittävinä muuttujina olivat aivovaste parietaalialueen oikealta puolelta 280-350ms kohdassa ja Reynellin tuottavan ja ymmärtävän kielen kehitystä 2,5-vuotiaana mittaavien testien tulokset, malli selitti yli 50% (F3,16=8,616, p<,005) kahdeksannen luokan lukemisen nopeudesta. Kun malliin lisättiin vielä nopean nimeämisen testin tulos 5,5-vuotiaana, malli selitti yli 70% (F4,15=15,826, p<,000) kahdeksannen luokan lukemisen nopeudesta. Taulukossa 2 näkyy mallien 1 ja 2 selitysasteen nousu, mikä kertoo nopean nimeämisen lisäävän mallin selityksastetta noin 20%. Kaikki selittävät muuttujat olivat tilastollisesti merkitseviä (p<,01). Tuottavan kielen kehitystä mittaavan muuttujan beta-arvo on myös tässä mallissa negatiivinen (beta= -,579, p<,005). Taulukosta 3 nähdään, että kontrolliryhmällä täl-

laista tulosta ei havaittu, kun muuttujat pakotettiin malliin lineaarisen regressioanalyysin Enter-metodin avulla, eivätkä tulokset olleet merkitseviä ($p > ,01$). Nämä tulokset ovat oletusten mukaiset, ettei kontrolliryhmällä tapahdu merkittäviä muutoksia varhaisten lukutaitoa mittaavien testien ja kahdeksannen luokan lukemisen nopeuden kanssa.

Taulukko 2. Lineaarisen regressioanalyysin tulokset erikseen riskiryhmälle tehtynä

Riippuva muuttuja 8.lk:n lukunopeus								
	R square	F	Sig.	B	Std.error	Beta	t	Sig.
Malli 1	,618	8,616	,001					
Vakiotermit				,633	1,200		,524	,605
Adj.r² (.546)**								
ERP oikea 280-350ms**				,185	,051	,564	3,609	,002
Reynell tuott.*				-,094	,029	-,527	-3,220	,005
Reynell ymm.**				-,064	,030	,352	2,147	,047
Malli 2	,808	15,826	,000					
Vakiotermit				2,132	,959		2,223	,042
Adj.r² (.757)**								
ERP oikea 280-350ms**				,175	,038	,535	4,673	,000
Reynell tuott.**				-,104	,022	-,579	-4,803	,000
Reynell ymm.*				,070	,022	,387	3,220	,006
RAN **				-,031	,008	-,441	-3,865	,002

$p < ,005^{**}$, $,005 < p < ,01^{*}$

ERP oikea 280-350ms= Parietaalialuleen oikealta puolelta mitattu heräteväste devianttiin /ka/-tavuun 280-350ms aikaikkunassa

Reynell tuott.= Reynellin tuottavan kielen kehityksen testi 2,5-vuotiaana

Reynell ymm.= Reynellin ymmärtävän kielen kehityksen testi 2,5-vuotiaana

RAN= Nopean nimeämisen testi 5,5-vuotiaana

Taulukko 3. Lineaarisen regressioanalyysin tulokset erikseen kontrolliryhmälle tehtynä, kun käytettiin pakotettua Enter-metodia.

Riippuva muuttuja 8.lk:n lukunopeus								
	R square	F	Sig.	B	Std.error	Beta	t	Sig.
Malli 1	,239	1,152	,372					
Vakiotermi				1,678	1,177		1,425	,182
Adj.r² (.031)								
ERP oikea 280-350ms				,088	,078	,312	1,425	,182
Reynell tuott.				-,039	,078	-,293	-,803	,439
Reynell ymm.				-,002	,025	,022	-,062	,951
Malli 2	,248	,825	,538					
Vakiotermi				1,955	1,461		1,338	,211
Adj.r² (-,053)								
ERP oikea 280-350ms				,103	,092	,364	1,124	,287
Reynell tuott.				-,031	,057	-,228	-,538	,603
Reynell ymm.				-,005	,028	-,070	-,178	,862
RAN				-,010	,028	-,114	-,349	,735

$p < ,005^{**}$, $,005 < p < ,01^{*}$

ERP oikea 280-350ms= Parietaalialuleen oikealta puolelta mitattu heräteväaste devianttiin /ka/-tavuun 280-350ms aikaikkunassa

Reynell tuott.= Reynellin tuottavan kielenkehityksen testi 2,5-vuotiaana

Reynell ymm.= Reynellin ymmärtävän kielen kehityksen testi 2,5-vuotiaana

RAN= Nopean nimeämisen testi 5,5-vuotiaana

POHDINTA

Tässä tutkimuksessa oli tarkoitus selvittää, voidaanko varhaisten, kuuden kuukauden iässä mitattujen aivovasteiden avulla tehdä ennustuksia lukutaidon nopeudesta kahdeksannella luokalla. Tulosten perusteella aivovasteiden merkitys kahdeksannen luokan lukemisen nopeuteen on merkittävä, kun selittävinä muuttujina aivovasteiden lisäksi ovat Reynellin testin tulokset 2,5-vuotiaana sekä tuottavan että ymmärtävän kielen osalta, ja nopean nimeämisen testin tulokset 5,5-vuotiaana. Kun muuttujia lisättiin lineaariseen regressioanalyysiin, mallien selitysasteet nousivat, mikä kertoo kaikkien edellä mainittujen muuttujien yhteydestä lukutaidon nopeuteen kahdeksannella luokalla.

Ensimmäiseksi lineaarinen regressioanalyysi tehtiin ryhmille samanaikaisesti. Tuloksista kuitenkin selvisi, että vain riskiryhmän tulokset olivat merkitseviä (taulukko 1). Ensimmäisen mallin selitysaste (n.30 %) jäi hieman alhaiseksi, mutta kuitenkin tilastollisesti merkitseväksi. Kun malliin lisättiin herätevasteen ja tuottavaa kieltä 2,5-vuotiaana mittaavien muuttujien lisäksi nopeaa nimeämistä 5,5-vuotiaana mittaava muuttuja, malli selitti yli 50 % lukemisen nopeudesta kahdeksannella luokalla.

Ryhmille erikseen tehdyistä malleista huomattiin, että riskiryhmällä muuttujien lisääminen malliin nosti mallien selitysastetta ja parhaan mallin selitysaste nousi yli 70 %:iin, kun selittävinä muuttujina olivat herätevaste, tuottavaa ja ymmärtävää kieltä 2,5-vuotiaana mittaava muuttuja sekä nopeaa nimeämistä mittaava muuttuja 5,5-vuotiaana. Oletuksen mukaisesti kontrolliryhmille tehdyissä analyysissä tulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä millään mitattujen muuttujien osa-alueilla, ja mallien selitysasteet jäivät alhaisiksi. Tulosten perusteella voidaan todeta, että aivovasteiden, varhaisen kielen ja lukutaidon kehitystä mittaavien muuttujien avulla voidaan tehdä ennustuksia lukutaidon nopeudesta kahdeksannella luokalla riskiryhmällä, sillä nopeaa nimeämistä 5,5-vuotiaana mittaavan muuttujan lisääminen malliin nosti mallin selitysastetta noin 20 %.

Tällä tutkimuksella saatiin myös jatkoa omaan kandidaatintutkielmaani (Ikola & Tommiska, 2016), jossa herätevasteiden yhteyttä tutkittiin varhaisia lukutaitoa ja myöhempää lukemista mittaaviin muuttujiin korrelaatioiden avulla. Myös tässä tutkimuksessa huomattiin, että aivovasteet selittivät kahdeksannen luokan lukemisen nopeutta. Tällä tutkimuksella pystyttiin osoittamaan, että aivovasteet myös selittävät kahdeksannen luokan lukemisen nopeutta yhdessä lukutaitoa ennakoivien muuttujien kanssa.

Tutkimukset sisältävät usein rajoituksia ja myös tässä tutkimuksessa niitä esiintyy. 43 henkilön otoskoko on melko pieni eikä siksi voida antaa täysin tarkkoja tuloksia lukutaidon ennustettavuudesta. Suuremman otoskoon kanssa saisi luotettavamman tuloksen ja tuloksia voitaisiin varmemmin yleistää. Tulokset tukevat kuitenkin aiempia tutkimuksia, joissa on tutkittu herätevasteiden yhteyttä lukutaidon kehittymiseen (esim. van Zuijen ym., 2012). Tutkimukseni eroaa kuitenkin esimerkin tutkimuksesta lasten iän perusteella, sillä siinä lasten aivovasteet oli mitattu noin 1,5 vuoden iässä, kun taas tässä tutkimuksessa ne oli mitattu kuusikuisilta vauvoilta. Omassa kandidaatintutkielmassani tutkittiin herätevasteiden ja lukutaitomuuttujien välisiä korrelaatioita ja huomattiin, että herätevasteiden ja kahdeksannen luokan lukemisen nopeuden välillä on yhteyttä, mikä tukee van Zuijenin ym. (2012) tutkimuksen tuloksia (Ikola & Tommiska, 2016).

Tulokset ovat samansuuntaisia esimerkiksi Lohvansuun ym. (2018) tutkimuksen kanssa, jossa aivovasteiden yhteydet kahdeksannen luokan lukemisen nopeuteen olivat selvästi nähtävissä. Myös heidän tutkimuksessaan aivovasteiden ja nopean nimeämisen 5,5-vuotiaana todettiin ennakoivan kahdeksannen luokan lukemisen nopeutta riskiryhmään kuuluneilla tutkittavilla. Tässä tutkimuksessa aivovasteiden ja nopean nimeämisen lisäksi varhaiset lukemista ennakoivat muuttujat, kuten tuottavan ja ymmärtävän kielen testin tulokset 2,5-vuotiaana, ennustivat lukemisen nopeutta kahdeksannella luokalla. Oletuksena oli, että kaikki esitellyt kielen ja lukutaidon kehitystä mittaavat muuttujat ennustaisivat lukemisen nopeutta, mutta Bostonin nimeämistesti 3,5-vuotiaana ei kuitenkaan osoittautunut hyväksi ennustajaksi eikä sitä siksi otettu mukaan malleihin.

Tämän tutkimuksen tulokset ovat myös samassa linjassa muun muassa Guttormin ym. (2010) kanssa, jotka tutkivat dysleksian riski- ja kontrolliryhmään kuuluvien lasten puheen prosessoinnin eroja erilaisiin tavuihin. He saivat selville, että ne riskiryhmään kuuluvat vauvat, joilla oli epätyypillinen puheenprosessori oikealla aivopuoliskolla, saivat merkitsevästi alhaisempia tuloksia kontrolliryhmään verrattuna varhaisia lukutaitoa mittaavissa testeissä, kuten nopeassa nimeämisessä, fonologisia taitoja mittaavissa testeissä sekä kirjaintietoudessa (Guttorm ym., 2010). Riskiryhmään kuuluvat tutkittavat, joilla ei ollut epätyypillistä oikeanpuoleista puheenprosessoria, eivät eronneet kontrolliryhmästä, mikä tekee tuloksesta mielenkiintoisen (Guttorm ym., 2010). Myös tässä tutkimuksessa havaittiin, että vauvojen herätevasteilla on yhteyttä myöhempään lukemista mittaaviin muuttujiin 2,5 ja 5,5 vuoden iässä (Guttorm ym., 2005; Guttorm ym., 2010).

Leppänen ym. (2002) tutkivat eroja dysleksian riski- ja kontrolliryhmään kuuluneiden vauvojen puheääniin reagoinnissa. Tutkimuksessa käytettiin tavuja /ata/ ja pidennettyä tavua /atta/, joiden

avulla selvisi, että riskiryhmään kuuluvat vauvat reagoivat eri tavoin kuultuihin tavuihin. Riskiryhmään kuuluvat vauvat erosivat kontrolliryhmään kuuluvista siten, että heidän varhainen reaktionsa puheääniin oli lähtökohtaisesti erilainen kuin kontrolliryhmän vauvojen, ja heidän reaktionsa vaihtuviin tavuihin oli yhteydessä ärsykkeen kontekstiin (Leppänen ym., 2002). Tutkimuksessa saatiin selville, että jo ennen lukemaan oppimista riskiryhmään kuuluvat tutkittavat, joilla oli familiaalinen riski dysleksiaan, prosessoivat eri tavalla puheen auditorisia lyhytaikaisia vihjeitä kuin kontrolliryhmään kuuluvat tutkittavat (Leppänen ym., 2002). Tämän tutkimuksen tulokset eivät ole täysin yhdistettävissä Leppänen ym., (2002) tuloksiin, mutta samansuuntaisina tuloksia voidaan kuitenkin pitää. Voidaan todeta, että dysleksiaa on mahdollista havaita herätevasteiden avulla jo ennen kuin lapsi oppii lukemaan.

Tutkimuksen hyötynä voidaan pitää sitä, että se antaa viitteitä ja tukee aiempia tutkimuksia siitä, että aivovasteiden ja varhaisten lukutaitoa mittaavien muuttujien välillä on todellisia yhteyksiä, ja niiden avulla voidaan tehdä ennustuksia lukutaidon nopeudesta yläkoulussa. Tämä seikka olisi tärkeää ottaa huomioon lukemisen pulmia tutkittaessa. Mahdollisimman varhainen lukivaikkeuden tunnistaminen voisi mahdollisesti helpottaa lukemisen opettelua koulutien alussa etenkin niillä lapsilla, joilla on geneettinen alttius lukivaikkeudelle. Tutkimusten perusteella on saatu selville myös lasten vanhempien lukivaikkeuden yhteys lasten lukemaan oppimiseen ja lukivaikkeuden ilmenemiseen, joten on tärkeää ottaa huomioon myös vanhempien lukemisen sujuvuuden ja fonologisten taitojen taso (Torppa ym., 2011).

Kaikki muut esitetyt hypoteesit saivat vahvistusta tutkimuksesta, paitsi kolmas hypoteesi, jossa oletettiin, että Reynellin tuottavaa ja ymmärtävää kieltä mittaava muuttuja, nopea nimeäminen, sekä sanavarastoa mittaava Bostonin nimeämistesti vaikuttavat kahdeksannen luokan lukemisen nopeuteen riskiryhmään kuuluvilla. Bostonin nimeämistesti ei kuitenkaan ollut mukana malleissa, eikä osoittautunut tarpeeksi hyväksi lukutaitoa ennakoivaksi muuttujaksi.

LÄHTEET

- Ahvenainen, O. & Karppi, S. (1993). Lasten lukemis- ja kirjoittamisvaikeudet. Kirjapaino Oma Ky. Jyväskylä, 9-13, 95-100.
- Bedi, G. C. (2001). Experience-dependent plasticity and the treatment of children with specific language impairment or dyslexia. Teoksessa Nelson, C. A. & Luciana, M. (toim.) Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience. (309) Massachusetts Institute of Technology.
- Denckla, M. B., & Rudel, R. G. (1976). Rapid "automatized" naming (R.A.N.): Dyslexia differentiated from other learning disabilities. *Neuropsychologia*, 14, 471-479.
- Eklund, K. (2017). School-aged Reading Skills of Children with Family History of Dyslexia – predictors, development and outcome. Jyväskylä.
- Galaburda, A. M., LeMay, M., Kemper, T. L., & Geschwind, N. (1978). Right-left asymmetries in the brain. *Science*, 199, 852-856.
- Guttorm, T. K., Leppänen, P. H. T., Richardson, U., & Lyytinen, H. (2001). Event-related potentials and consonant differentiation in newborns with familial risk for dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, 34, 534–544.
- Guttorm, T. K., Leppänen, P. H. T., Poikkeus, A-M., Eklund, K. M., Lyytinen, P., & Lyytinen, H. (2005). Brain event-related potentials (ERPs) measured at birth predict later language development in children with and without familial risk for dyslexia. *Cortex*, 41, 291- 303.
- Guttorm, T.K., Leppänen, P. H. T., Hämäläinen, J. A., Eklund, K. M., & Lyytinen, H. J. (2010). Newborn Event-Related-Potentials Predict Poorer Pre-Reading Skills in Children at Risk for Dyslexia. *Journal of Learning Disabilities* 43 (5) 391-401.
- Habib, M. (2000). The neurological basis of developmental dyslexia. An overview and working hypothesis. *Brain. A Journal of Neurology*, Volume 123, Issue 12, 2373 - 2399.
- Høien-Tengesdal, I., & Tønnessen, F. (2011). The relationship between phonological skills and word decoding. *Scandinavian Journal of Psychology*, 52(1), 93-103. Hämäläinen, J.A., Guttorm, T.K., Richardson, U., Alku, P., Lyytinen, H. & Leppänen, P.H.T. (2013) Auditory Event-Related Potentials Measured in Kindergarten Predict Later Reading Problems at School Age, *Developmental Neuropsychology*, 38:8, 550-566, DOI: 10.1080/87565641.2012.718817

- Hämäläinen, J. A., Leppänen, P. H. T. & Lyytinen, H. (2008). Kuulotiedon käsittelyn pulmat lukihäiriön yhteydessä – katsaus teorioihin. *NMI- Bulletin*, 18, 2.
- Hämäläinen, J. A., Salminen, H. K., & Leppänen, P. H. T. (2013). Basic auditory processing deficits in dyslexia systematic review of the behavioral and event-related potential/field evidence. *Journal of Learning Disabilities*, 46, 413–427.
- Ikola, E. & Tommiska, N. (2016). Varhaisen puheen prosessoinnin ja kielen yhteydet lukutaitoon. Kandidaatintutkielma. Psykologian laitos, Jyväskylä.
- Leinonen, S., Müller, K., Leppänen, P. H. T., Aro, M., Ahonen, T. & Lyytinen, H. (2001). Heterogeneity in adult dyslexic readers: Relating processing skills to the speed and accuracy of oral text reading. *Reading and Writing*, 14(3), 265-296.
- Leppänen, P. H. T., Pihko, E., Eklund, K., & Lyytinen, H. (1999). Cortical responses of infants with and without a genetic risk for dyslexia: II. Group effects. *NeuroReport*, in press, 10 (5).
- Leppänen, P. H. T., Richardson, U., Pihko, E., Eklund, K. M., Guttorm, T. K., Aro, M., & Lyytinen, H. (2002). Brain responses to changes in speech sound durations differ between infants with and without familial risk for dyslexia. *Developmental Neuropsychology*, 22, 407–422.
- Leppänen, P. (2009). Lukihäiriön varhaisimpia ennusmerkkejä etsimässä. *NMI Bulletin*, 9, 4- 14.
- Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2003). A definition of dyslexia. *Annals of dyslexia*, 53, 1-14.
- Lyytinen, H., Ahonen, T., Eklund, K., Guttorm, T. K., Laakso, M-L., Leinonen, S., Leppänen, P. H. T., Lyytinen, P., Poikkeus, A-M., Puolakanaho, A., Richardson, U. & Viholainen, H. (2001). Developmental Pathways of Children With and Without Familial Risk for Dyslexia During the First Years of Life. *Developmental Neuropsychology*, 20(2), pp. 535-554.
- Lyytinen, H. (2002). Oppimisvaikeudet : neuropsykologinen näkökulma. Helsinki: WSOY 2002. pp.138-145.

- Lyytinen, H., Aro, M., Eklund, K., Erskine, J., Guttorm, T., Laakso, M-L., Leppänen, P. H. T., Lyytinen, P., Poikkeus, A-M., Richardson, U. & Torppa, M. (2004). The development of children at familial risk for dyslexia: Birth to early school age. *Annals of Dyslexia*, 54(2), 184-220.
- 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*, Vol. 55, Nro. 2.
- Lyytinen, H., Erskine, J., Tolvanen, A., Torppa, M., Poikkeus, A-M. & Lyytinen, P. (2006). Trajectories of Reading Development: A Follow-up From Birth to School Age of Children With and Without Risk for Dyslexia. University of Jyväskylä, Finland. *MERRILL-PALMER QUARTERLY*, VOL. 52, NO. 3
- Lyytinen, P. (2011). Varhainen kielen kehitys lukemaan oppimisen ennustajana. *Psykologia*, 46 (02-03), 99-105. <http://elektra.helsinki.fi/se/p/0355-1067/46/2-3/varhaine.pdf>
- Mascheretti, S., Marino, C., Simone, D., Quadrelli, E., Riva, V., Cellino, M. R., Maziade, M., Brombin, C. & Battaglia, M. (2015). Putative risk factors in developmental dyslexia: A case-control study of Italian children. *Journal of Learning Disabilities*, 48(2), 120-129. doi://dx.doi.org.ezproxy.jyu.fi/10.1177/0022219413492853
- Muikku-Werner, P. & Stotesbury, H. (toim.) (2004). Minä ja kielitiede- soveltajan arki. Miettinen, H. *Fonologinen työmuisti ja kielenoppiminen: katsaus aiempaan tutkimukseen*. (2004). AFinLAN vuosikirja 2004. Suomen soveltavan kielitieteen yhdistyksen julkaisuja no. 62. Jyväskylä. 13-28
- Nummenmaa, L. (2009). Käyttäytymistieteiden tilastolliset menetelmät. Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu. 309-320.
- Nummenmaa, L. 4.painos. (2008). Käyttäytymistieteiden tilastolliset menetelmät. Tekijä ja kustannus- osakeyhtiö Tammi, 2004. Vammalan Kirjapaino Oy (2008). 297-309.
- Peterson, R. L., & Pennington, B. F. (2012). Developmental dyslexia. *The Lancet*, 379(9830), 1997-2007.
- Pihko, E., Leppänen, P. H. T., Eklund, K. M., Cheour, M., Guttorm, T. K. & Lyytinen, H. (1999). Cortical responses of infants with and without a genetic risk for dyslexia: I. age effects. *Neuroreport*, 10(5), 901-905.
- Puolakanaho, A., Ahonen, T., Aro, M., Eklund, K., Leppänen, P. H. T., Poikkeus, A-M., Tolvanen, A., Torppa, M. & Lyytinen, H. (2007). Very early phonological and language skills: Estimating individual risk of reading disability. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48(9), 923-931.

- Puolakanaho, A. & Ketonen, R. (2011). Fonologinen tietoisuus ja lukutaito. *Psykologia : tiedepoliittinen aikakauslehti*, 46(2), 138.
- Reynell, J., K., & Huntley, M. (1987). Reynell Developmental Language Scales Manual (2nd ed.). Windsor, UK: NFER-Nelson
- Rimkute, L., Torppa, M., Eklund, K., Nurmi J-E. & Lyytinen, H. (2014). The impact of adolescents' dyslexia on parents' and their own educational expectations. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 27(7), 1231-1253.
- Rumsey, M. J., Horowitz, B., Donohue, C. B., Nace, L. K., Maisog, M. J. & Andreason, P. A Functional Lesion in Developmental Dyslexia: Left Angular Gyral Blood Flow Predicts Severity. *Brain and Language* 70, 187–204 (1999) Article ID brln.1999.2158
- Shaywitz, S. E., Gruen, J. R., Mody, M. & Shaywitz, B. A. Dyslexia. (2009). Teoksessa Schwartz, R. G. (toim.) *Handbook of child language disorders*. (s.118-120) Iso-Britannia: Psychology Press.
- Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Pugh, K. A., Fulbright, R.K, Mencla, E., Constable, T., Skudlarski, P., Fletcher, J.M., Lyon, G.R. & Gore, J.C. (2001). Neurobiology in dyslexia. *Clinical neuroscience research*, 291-299.
- Scarborough, H. S. (1990). Very early language deficits in dyslexic children. *Child Development*, 61, 1728-2743.
- Thompson, P. A., Hulme, C., Nash, H. M., Gooch, D., Hayiou-Thomas, E., & Snowling, M. J. (2015). Developmental dyslexia: Predicting individual risk. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 56(9), 976-987.
- Torppa, M., Tolvanen, A., Poikkeus, A.M., Eklund, K., Lerkkanen, M-K. Leskinen, E. & Lyytinen, H. (2007) Reading development subtypes and their early characteristics. *Annals of Dyslexia* 57:3 32, 12. DOI 10.1007/S11881-007-0003-0
- Torppa, M., Lyytinen, P., Erskine, J., Eklund, K. & Lyytinen, H. (2010). Language development, literacy skills, and predictive connections to reading in Finnish children with and without familial risk for dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, 43(4), 308-321.

- Torppa, M., Eklund, K., van Bergen, E., Lyytinen, H. (2011). Parental literacy predicts children's literacy: A longitudinal family-risk study. *Dyslexia*, 17,339-355.
- Van der Leij, A., van Bergen, E., van Zuijlen, T., de Jong, P., Maurits, N. & Maassen, B. (2013). Precursors of developmental dyslexia: An overview of the longitudinal Dutch Dyslexia Programme Study. *Dyslexia* 19: 191-213 (2013).
- Zeffiro, T. & Eden, G. (2000). The Neural Basis of Developmental Dyslexia. *Annals of Dyslexia*, Vol. 50, 2000.
- Tropper, B. & Schwartz, R.G. (2009). *Neurobiology of Child Language Disorders*. Teoksessa Schwartz, R. G. (toim.) *Handbook of child language disorders*. (175) Iso-Britannia: Psychology Press.