

Tartu Ülikool
Psühholoogia Instituut

Liis Kask

ÜKSIKHÄÄLIKUTE JA VÄLDETE ERISTAMISE SEOS LUGEMISOSKUSEGA:
EEG UURING LASTEAIALASTE JA 1.KLASSI ÕPILASTEGA

Uurimistöo

Juhendajad: Nele Põldver, Astra Schults

Läbiv pealkiri: Lugemisoskus ja MMN keelestimulitele

Tartu 2015

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida lasteaia- ja koolilaste lugemisoskust ning selle seost keelestiimulitele saadud lahkneemisnegatiivsuse (MMN) tulemustega. Uuringus osales 30 last, kellest 20 olid Tartu linna koolidest ja 10 lasteaedadest. Lugemistulemuste vahel ei ilmnunud omavahelisi olulisi korrelatsioone, koostatud regressioonimudeli järgi ennustavad WISC sarnasuste test, RAN piltide nimetamise aeg, RAN tähtede nimetamise aeg ja tähtede tundmise tulemused sõnade lugemist kahe minuti jooksul. MMN tulemused näitasid, et vasakpoolses temporaalsagaras töödeldakse rohkem häälikutevahelist sisulist erinevust ja paremal häälikupikkuse muutust. Läbi viidud ülesannete ja MMN tulemuste vahel ilmnemiseid üksikud seosed RAN piltide ja numbrite ajaga ja piltide nimetamisel tehtud vigadega, samuti WISC tagurpidi jadade testiga, lugemisülesannetest esines korrelatsioon ainult silpide ja pseudosõnade koondskooriga.

Märksõnad: lugemisoskus, lugemisoskust mõõtvad testid, lahkneemisnegatiivsus

ABSTRACT

The connection between reading ability, quantity degrees and single phonemes: EEG study with kindergarten and first grade children

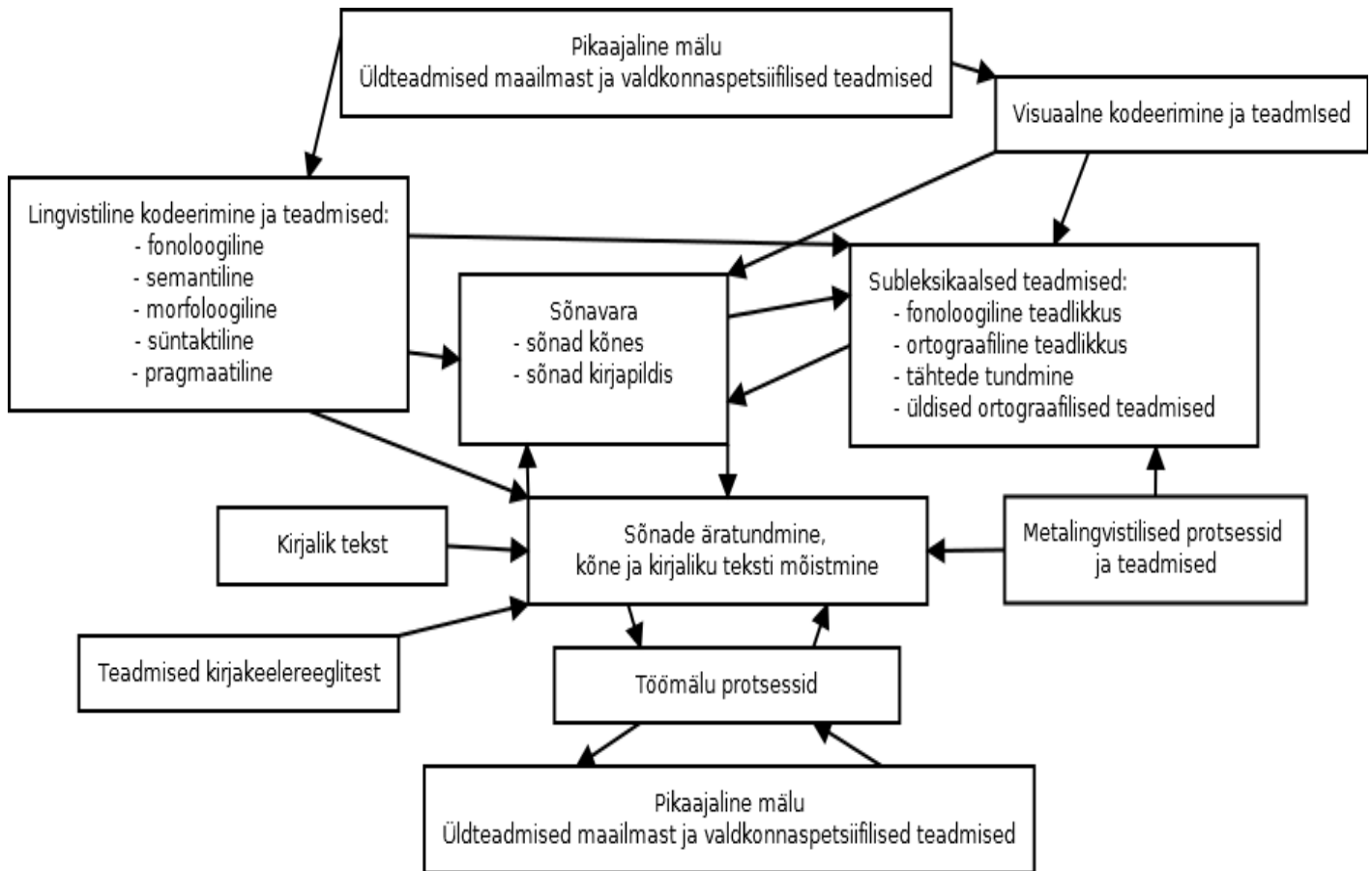
The aim of the present research project was to investigate the reading ability and its relationship to mismatch negativity (MMN) to language stimuli in pre-school and first grade subject sample. 30 children participated in the study, 20 of them from schools, 10 from kindergardens in Tartu. Correlations between different measures indicating reading skills were not significant; the regression model was applied that showed the relationship between WISC similarities, RAN picture naming time, RAN letter naming time and letter reading in estimating the results of word reading ability during 2 minutes (Lukilasse). The MMN results showed that the lexical processing of phonemes in temporal areas was left-lateralized, duration changes were processed more in the right hemisphere. There were only few correlations between MMN and measures of reading ability (RAN and WISC tests, summed score of letter and pseudoword reading).

Key-words: reading skills, reading assessment tests, mismatch negativity

SISSEJUHATUS

Käesolev uurimustöö keskendub lugemisoskuse ja keelestiimulitele tekkiva aju bioelektrilise aktiivsuse seoste uurimisele. PISA (*Programme for International Student Assessment*) on Majandusliku Koostöö ja Arengu Organisatsiooni (OECD) rahvusvaheline õpilaste õpitulemuslikkuse hindamisprogramm (<http://uuringud.ekk.edu.ee/est/pisa/>), mille raamdokumendis (2009) on välja toodud, et lugemisoskus on üks peamisi eeldusi, mis tagab indiviidi arengu hästi toimetulevaks täisväärtuslikuks ühiskonnaliikmeks. Ajaga on lugemisoskus omandanud uue ja keerukama tähenduse, oluline pole enam ainult informatsiooni talletamine, vaid aina tähtsamaks saab oskus seda üles leida ja õigesti kasutada (PISA, 2009). Selleks on kahtlemata esmalt vaja omandada lugemise osaoskused. Lugemisoskuse arendamist alustatakse juba lasteaias. Koolieelse lasteasutuse riikliku õppekava kohaselt peaks 6–7 aastane laps oskama veerida 1–2 silbiga sõnu ja kirjapildis ära tundma mõne sõna (<https://www.riigiteataja.ee/akt/13351772>). Lugemiskuste varane avastamine ja sekkumine võimaldab vältida hilisemaid probleeme (Partanen & Siegel, 2014).

Lugemisoskus on kompleksne oskus, mille selge defineerimine ei ole lihtne, kuna lugemine hõlmab endas erinevaid eesmärke, oskuseid ja strateegiaid (Grabe & Stoller, 2002). Lugemisoskuse aluseks on oskus keelest aru saada ja ladus sõnade äratundmine (Vellutino, Fletcher, Snowling, & Scanlon, 2004). Schatschneider, Carlson, Francis, Foorman ja Fletcher (2004) leidsid oma longituuduuringus, et parimad lugemisoskuse ennustajad on fonoloogiline teadlikkus, tähe ja hääliku vastavuse teadmine ja nimetamiskiirus. Vellutino ja tema kolleegid (2004) on välja toonud, et lugema õppimine sõltub erinevatest teadmistest ja oskustest, mis omakorda tuginevad kognitiivsete võimete eakohasele arengule. Joonis 1 (Vellutino et al., 2004 järgi) kujutab erinevaid lugemise omandamiseks vajalikke eeldusi ning illustreerib, kui kompleksne on lugemisoskuse väljakujunemise protsess.



Joonis 1. Kognitiivsed protsessid ja erinevat tüüpi teadmised, mis on vajalikud lugema õppimiseks Vellutino, Fletcher, Snowling & Scanlon (2004) järgi.

Lugemisoskuse kujunemisel on oluline roll mälu ja taustateadmistel, mis mõjutavad oskust teksti kodeerida ja mõtestada. Taustateadmistena võib mõista kõiki teadmisi, mida kasutatakse lugemisel ja lugemisoskuse omandamisel (tähtede tundmine, fonoloogiline teadlikkus, teadmised õigekirjast, süntaksist ja semantikast) (Clark, 1990). Vellutino ja tema kolleegid (2004) on esile tõstnud, et pikaajalises mälus paiknevad üldteadmised maailmast ja valdkonnaspetsiifilised teadmised, mis muudetakse töömälu kaudu lingvistiliste, visuaalsete ja metalingvistiliste protsesside ning teadmiste abil kirjaliku ja suulise kõne üksusteks (joonis 1). Oluline on mõista ning meeles pidada kirjakeele ülesehitust ja reegleid – kirja pandud sõnad märgivad sõnu kõnes, lugeda tuleks vasakult paremale, sõnade vahet tähistab tühik ja kõik muu selline (Vellutino et al., 2004).

Leitud on seoseid lugemisoskuse ja töömälu vahel. Töömälu on vajalik, et sõna välja ütlemiseks meeles pidada, millised foneemid on juba tuvastatud ja ühendada nad järgnevatega. Efektiivne ja kiire tuttavate sümbolite äratundmine ning leidmine mälust tagab parema lugemisoskuse (Snowling & Stackhouse, 2006). Näätänen, Lehtkoski, Lennese, Cheouri, Huotilainen, Iivonen, Vaino, Alku, Ilmoniemi, Luuk, Allik, Sinkkonen ja Alho (1997) on välja toonud keele õppimisel tekkinud mälujälgede tähtsuse ja mitmed uurimused on leidnud, et

lugemiskustega inimesed sooritavad töömälu teste kontrollgrupist kehvemini (Laasonen, Virsu, Oinonen, Sandbacka, Salakari, & Service, 2012; Perez, Majerus, Mahot, & Poncelet, 2012). WISC teste on efektiivselt kasutatud lugemiskustega laste üldintelligentsuse ja töömälu uurimiseks (Snowling & Stackhouse, 2006). Moura, Simões ja Pereira (2013) kinnitasid WISC-III (*Wechsler Intelligence Scale for Children—Third Edition*) testi sobivust düsleksiaga laste uurimiseks. Nad leidsid, et WISC-III testis on düslektikutel kehvemad skoorid mitmes testi alaosas, sealhulgas ka arvujadade sooritamises ja sarnasuste leidmises, testide kehv sooritus näitab kognitiivseid puudujäärke, mis võivad olla lugemishäire üheks osaks.

Vellutino ja tema kolleegide (2004) järgi võimaldab visuaalne kodeerimine (joonis 1) keskkonnast ära tunda graafilised märgid, mis sümboliseerivad tähti, millest moodustatakse sõnu; lingvistiline kodeerimine on keele omandamise oluline komponent, mis juhib keele kasutamist informatsiooni kodeerimisel, salvestamisel ja leidmisel. Lingvistilise kodeerimise osad on fonoloogiline kodeerimine (kõnes kasutatavate koodide kasutamine teabe edastamiseks sõnana või sõnaosana), semantiline ja morfoloogiline kodeerimine (võime hoiustada teavet sõna või sõnaosa tähenduse kohta), süntaktiline kodeerimine (võime pidada meeles lause ülesehitust puudutavaid reegleid) ja pragmaatiline kodeerimine (teadmised, kuidas erinevaid keelevahendeid kasutada) (Vellutino et al., 2004).

Vellutino jt (2004) on välja toonud, et lingvistiline ja visuaalne kodeerimisprotsess (joonis 1) lihtsustavad suulise ja kirjaliku kõne vahelise ühenduse loomist – laps on võimeline sõna nähes selle tähendust mõistma (leksikaalsed teadmised). Eesti keele ortograafia on foneetiline (tähe ja hääliku vahel on tugev seos) (Hint, 2004). Ortograafilise sügavuse hüpoteesi kohaselt on sõna kodeerimine lihtsam kui täht ja häälik on tugevas vastavuses (mitte ei vasta näiteks ühele tähele mitu häälikut). Reeglipärases keelesüsteemis peetakse seetõttu lugemisoskuse omandamist kergemaks (Grabe & Stoller, 2002). Aro ja Wimmer (2003) võrdlesid Suurbritannia 1.- 4. klassi õpilaste lugemisoskust kuue regulaarsema keelesüsteemiga riikide (Saksa, Hollandi, Rootsi, Prantsuse, Hispaania, Soome) samavanuste õpilastega ning leidsid, et reeglipärasema ortograafiaga keelt kõnelevad lapsed olid pseudosõnade lugemises märksa võimekamad.

Vellutino ja tema kolleegid (2004) toovad lugemisoskuse olulise osana välja veel metalingvistilise analüüsioskuse (joonis 1), mis lihtsustab subleksikaalsete (tähe tasandil) teadmiste omandamist. Fonoloogiline teadlikkus põhineb mõistmisel, et räägitud sõnad koosnevad üksikutest foneemidest ja nende kooslusest. Ortograafiline teadlikkus viitab lapse tundlikkusele, kuidas tähed on kirjakeeles organiseeritud. Nii fonoloogiline, kui ka ortograafiline teadlikkus on vajalikud, et lapsel kujuneks välja üldised teadmised tähtedest ja ortograafiast, mis tähendab arusaama kirjakeelesüsteemist. Lisaks on vajalik süntaktiline teadlikkus, mis hõlmab kirja- või kõnekeele reeglite rikkumise tundlikkust ja vigade leidmise oskust (Vellutino et al., 2004). Chaney (1998)

leidis oma uurimuses, et metalingvistilised oskused on lugemisoskuse seisukohalt olulised, samuti näitas ta fonoloogilise ja süntaktilise teadlikkuse seost lugemisoskusega. Düsleksia tuvastamiseks võib kasutada automaatse kiire nimetamise testi (*Rapid Automatic Naming*, edaspidi RAN) (Clarke, 1990). Selle testi käigus peavad katseisikud kiiresti ära tundma ja nimetama erinevaid stiimuleid, näiteks tähti, numbreid, pilte ja värve. Kiire nimetamine on seotud lugemissoravusega ja aitab ennustada hilisemat lugemisoskuse arengut (Norton & Wolf, 2011). Varasemates uuringutes on seostatud RAN testi fonoloogilise ja ortograafilise teadlikkusega ning töömälu ja infotöötluskiirusega (joonis 1) (Georgiou, Parrila, Kirby, & Stephenson, 2008; Arnell, Klein, Joannis, Busseri, & Tannock, 2009).

2012. aastal läbi viidud rahvusvahelise PISA testi järgi on Eestis 9,1 % 15-aastaste õpilaste lugemisoskus kehvast tasemel (<http://www.stat.ee/71721>). Lugemiskeskuste kahtluste korral on oluline võimalikult varajane sekkumine, et vähendada teiseselt tekkida võivaid õpiraskusi, probleeme kaaslastega läbisaamisega ja õpimotivatsiooniga ning üldise elukvaliteedi langust (Scott, Scherman, & Phillips, 1992). Holloway (1999) on leidnud, et lugemisoskus on põhikoolis ja gümnaasiumis heaks toimetulekuks üks peamisi eeldusi, kuid paljudel õpilastel on ka pärast seitset-kaheksat aastat kooliskäimist raskusi lugemisega. Lugemishäirete ravimata jätmine võib hilisemas eas tuua kaasa palju probleeme, sest aina enam teadmisi ja oskusi antakse edasi kirjalikul teel (Almqvist, Ebeling, Heinälä, Karhu, Kumpulainen, Linna, et al., 2006).

Düsleksia on üks levinumaid õpiraskuseid, Euroopa Düsleksia Assotsiatsiooni kohaselt kannatab düsleksia ja spetsiifiliste õpivõimushäirete all 5-12 % populatsioonist (<http://www.eda-info.eu/dyslexia-in-europe>). Düsleksia on spetsiifiline lugemishäire, mis ilmneb lugemisoskuse omandamise raskusena hoolimata indiviidi normaalsetest intellektuaalsetest võimetest ja normikohasest toimetulekust muudes valdkondades (Lovio, Näätänen, & Kujala, 2010). Lugemiskeskustega lapsi ühendab fonoloogilise teadlikkuse arengu hiline, kuid lisaks võib esineda informatsiooni kognitiivse käsitlemise töötluse puudulikkust (Almqvist et al., 2006). Rahvusvahelise haiguste klassifikatsiooni 10. versiooni (RHK-10) käsiraamatus (Maailma Tervishoiuorganisatsioon, 1993) on spetsiifilise lugemishäire diagnostilistes juhistes välja toodud järgnevad võimalused lugemisoskuse hälbinud arenguks:

- (a) tähtede vahelejätmine, asendamine, moonutamine või teiste sõnade või silpide lisamine;
- (b) aeglane lugemine;
- (c) lugemise valesi alustamine, eelnev pikk kõhklemine, lugemiskeskuste kaotus või lause ebakorrektsus;
- (d) lausetes sõnade või sõnades häälikute ümberpaigutamine või tagurpidi lugemine.

Samuti võib esineda puudulikkust arusaamist loetust, mis ilmneb:

(e) võimetuses meeles pidada loetud fakte;

(f) võimetuses teha loetust järeldusi või kokkuvõtet;

(g) vastates küsimustele loetud jutu kohta lähtutakse oma üldteadmistest, mitte konkreetse jutu sisust.

Üheks võimaluseks lugemiraskuseid uurida on kasutada selleks aju bioelektrilise aktiivsuse mõõtmistulemusi, täpsemalt sündmusega seotud potentsiaale (*event related potential* – ERP), mida peetakse efektiivseteks kõne tajumise auditoorsete protsesside näitajateks (Lyytinen et al., 2004). Sündmusega seotud potentsiaalid on elektroentsefalogrammi (EEG) komponendid, mis arvutatakse vastusena esitatud stiimulile. Neid mõõdetakse elektroodiga peanaha pinnalt, elektroodid koguvad andmeid aju elektrilistest signaalidest, mis tulenevad katsekorras esitatud stiimulitest (Lovio et al., 2010). ERP võimaldab hea ajalise täpsusega uurida taju ja tunnetustegevust närvirakkude tasandil, kuid ei näita elektrisignaalide väga täpset asupaika ja liikumist.

Lahknevusnegatiivsus (*mismatch negativity* – MMN) on üks ERP komponentidest, tänu millele on võimalik uurida auditoorseid sensoorse mälu protsesse eristades helide omadusi ja tundes ära hälbed nendes (Kujala, Tervaniemi, & Schröger, 2007). Näätänen (2000) on välja toonud, et lahknevusnegatiivsus on hetkel parim võimalik moodus aju auditoorse töötuse uurimiseks. MMN reaktsiooni ilmnemiseks ei ole oluline katseisiku tähelepanu, mis teeb sellest unikaalse meetme ajutegevuse uurimiseks ka võrreldes mitmete uuemate meetoditega (näiteks PET, fMRI) (Näätänen, 2001). Tänu sellele saab seda meetodit kasutada ka kliiniliste gruppide ja imikute uurimiseks. Heaks katsetingimuseks peetaksegi olukorda, kus katseisiku tähelepanu on suunatud mujale, näiteks auditoorse MMN katse ajal võib katseisik vaadata hääletut filmi või mängida arvutimängu (Näätänen, 2000).

MMN ilmneb kui korduvate identsete stiimulite (standardstiimulid) seeria ajal esitatakse katseisikule vahepeal juhuslikult ka standardist hälbiv stiimul (deviant). See toob esile negatiivse ERP-laine, mille tipp jääb 100 ja 250 ms vahele (Näätänen, 2001). MMN tekkimine põhineb olemasoleval mälujäljel, mis tekib esimesena esitatavate standardstiimulite põhjal ning millest erinev stiimul hiljem automaatselt eristatakse. MMN komponendi võivad esile kutsuda mitmed erinevused standardstiimulist, näiteks muutused helisageduses, -pikkuses, -intensiivsuses või foneemi vahetumine (Näätänen, 2000). Uurimused on leidnud erinevusi auditoorsete stiimulite töötlemisel temporaalsagara erinevates külgedes, paremal pool toimub kestvuse (*duration*) töötlus, vasakul sisuline töötlus (McGettigan, Evans, Rosen, Agnew, Shah, & Scott, 2012).

MMN-i on varasemalt kasutatud mitmete kõne ja keelega seotud uurimuste läbiviimiseks. Näätänen ja kolleegid (1997) on varasemalt uurinud soomlaste ja eestlaste keeletöötlust ja leidsid, et

inimeste keeletöötlus sõltub palju nende emakeelest tekkinud spetsiifilistest mälujälgedest. Kujala jt (2006) on varasemalt leidnud, et düslektikutel on helikõrguste tajumisel MMN laine madalama amplituudiga kui kontrollgrupil. Ka Lovio, Näätänen ja Kujala (2010) leidsid düsleksiaga lastel väiksema amplituudiga MMN laine esinemist kui deviantidena oli stiimulitel muudetud vokaale, vokaalipikkuseid, konsonante ja intensiivsust.

Käesolev töö põhineb varasemal uuringul „Lugemisoskuse arendamine digitaalse õpimängu abil“, mis viidi läbi septembrist 2009 kuni maini 2010. Uuringu eesmärgiks oli testida Graphogame mängu (*Ekapeli*) (Lyytinen, Erskine, Tolvanen, Torppa, Poikkeus, & Lyytinen, 2006) efektiivsust laste lugemisoskuse parandamisel. Antud uuringust saab parema ülevaate Marju Koori (2010) magistritööst. Õpimängu mõjule käesolevas uurimistöös ei keskenduta. Uuringu käigus viidi läbi ka lugemisoskuse testid ning osadel lastel EEG mõõtmised enne ja pärast mängu mängimist. Käesolevas töös vaadatakse EEG mõõtmisel osalenud lasteaia- ning esimese klassi laste mängueelsete testide ning EEG salvestuste andmeid. Viimastes keskendutakse just MMN komponendile. Kõnealuste EEG mõõtmiste tulemused on seni avaldamata (sh tudengitöodes) ning nende seostamine lugemisoskust näitavate testitulemustega esmakordne.

Hüpoteesid:

- Üksikhäälikute ja völdete eristamist näitab MMN vastus temporaalpiirkonnas.
- Parempoolne temporaalsagar on tundlikum deviantstiimulite suhtes, milles on muudetud häälikupikkust.
- Vasakpoolse temporaalsagara MMN-i tulemus seostub lugemisoskusega paremini kui parempoolne.
- Lugemistestide tulemused korreleeruvad RAN ja WISC testidega ja ka omavahel.
- Lasteaialapsed on lugemistestide sooritamisel nõrgemad kui 1. klasside õpilased.

MEETOD

Valim

Valimi moodustasid 30 last vanuses 6-8 eluaastat, kes võtsid uurimuse „Lugemisoskuse arendamine digitaalse õpimängu abil“ raames osa ka EEG mõõtmisest. Nendest 20 olid Tartu 1. klasside õpilased (14 poissi ja 6 tüdrukut) ning 10 lasteaialapsed (7 poissi ja 3 tüdrukut). Katsegrupis olevatel lastel esinesid nende õpetajate hinnangul raskused lugemisoskuse omandamisel. Õpetaja hinnangute usaldusväärsust on varasemalt tõestanud mitmed uurimused (Mantzicopoulos & Morrison, 1994; Taylor, Anselmo, Foreman, Schatschneider, & Angelopoulos, 2000). Lastel ei olnud diagnoositud ega vanemate poolt raporteeritud kuulmisprobleeme, mis oleks takistanud neil helistiimulitega katses osalemist.

EEG katses osalenud laste vanemad andsid selleks eraldi nõusoleku. Katses osalemine oli vabatahtlik ning sellest võis igal hetkel loobuda. Uurimisprojekt oli kooskõlastatud Tartu Ülikooli inimuuringute eetikakomiteega.

Lugemisoskuse testimine

EEG uuringust osa võtnud lapsed sooritasid eelnevalt individuaalselt lugemisülesandeid, RAN alateid (piltide, värvide, tähtede ja numbrite nimetamine) ja WISC III kaks alaosa (sarnasused ja arvujadad). Iga katseisik sooritas 14 erinevat ülesannet ja selleks kulus ühel lapsel 45-60 minut, vajadusel tehti testimisse poole peal paus. Ülesannete tegemine oli jagatud kolme erinevasse järjekorda, et vähendada tulemuste kallutatust ülesannete järjekorra poolt. Testimine viidi läbi vaikselt ja hea valgustusega ruumis. Teiste hulgas viis testimisi läbi Birgit Otsa, kelle seminaritöös (2010) on testimisprotseduur täpsemalt välja toodud.

Kasutatud lugemisülesanded olid: tähtede tundmine; foneemide ühendamine; esimese foneemi nimetamine; esimese foneemi eemaldamine; tähenduseta silpide ja sõnade lugemine; sõnade lugemine kahe minuti jooksul. Lisaks lahendati Raveni progresseeruvaid maatrikseid (Raven, 1956).

Antud uurimustöös kasutatakse ainult esimese ehk õpimängueelse testimise andmeid; välja jäeti korduvtestide tulemused ja nende testide tulemused, millel esines laeefekt (esimese foneemi nimetamine, foneemide ühendamine).

EEG stiimulid ning katse ülesehitus

EEG katses kasutati nn. optimaalset (*optimum*, vt Näätänen, Pakarinen, Rinne, & Takegata, 2004) paradigmat, milles esitatakse ühe korduva standardstiimuli hulgas mitut harvaesinevat ehk deviantstiimulit.

Uurimuses kasutati kahte tüüpi auditoorseid stiimuleid: üksikhäälikud ning stiimuleid, mis representeerivad välteid. Vältestiimulid valiti Lippuse ja tema kolleegide (2009) varasema uurimustöö põhjal ning need olid moodustatud 2. ja 3. vältes olevatest sõnadest. Vältestiimulite puhul varieeriti esimese vokaali pikkust (Tabel 1) ja põhitooni. Vältestiimulid sünteesis Pärtel Lippus programmiga *Praat* (Boersma & Weenink, 2007) ning need kõlavad mehe häälega. Samu vältestiimuleid kasutas ka Käthe-Riin Tull oma seminaritöös (2013), milles ta uuris eestlaste ja soomlaste erinevusi väldete tajumisel. Katses kasutati 4 stiimulit, millest üks oli standard (2. välde, 315 esitust katseseerias) ja kolm devianti (igauhte esitati 100 korda katseseerias). Üks deviantstiimulitest oli 2. vältest sünteesitud, kaks 3. vältes olevas sõnast sünteesitud. Stiimulite 1 ja 2 esimese silbi põhitoon püsib 120–125 Hz vahel. 3. stiimuli põhitoon langeb veidi vähem kui 125 Hz juurest kuni 95–100 Hz. 4. stiimuli põhitoon langes 125 HZ juurest alla 95–100 HZ. Vältestiimulid esitati optimaalses paradigmas ühes seerias, mis kestis orienteeruvalt 9,5 minutit. Stiimulite kestvus on toodud tabelis 1 ning stiimulitevaheline ajaintervall (*ISI, interstimulus interval*) oli 400, 425 või 450 ms.

Tabel 1. Välteseeria stiimulite omadused.

	Konsonant 1	Vokaal 1	Konsonant 2	Vokaal 2	Stiimuli kogukestvus
	/s/	/a/	/d/	/a/	
Stiimul 1 (standard)	100 ms	170 ms	86 ms	101 ms	457 ms
Stiimul 2	93 ms	290 ms	103 ms	74 ms	560 ms
Stiimul 3	93 ms	110 ms	103 ms	74 ms	380 ms
Stiimul 4	100 ms	290 ms	86 ms	101 ms	577 ms

Üksikhäälikud esitati kahes katseseerias, milles varieeriti standardstiimuleid ning häälikute (vokaalide) pikkust: ühes katseseerias oli standard 100 ms pikkune /e/, teises 100 ms pikkune /o/

(Tabel 2). Standardite arv katseseerias oli 507 (neist 7 esitati alguses järjest, et tekiks vastav mälujälg), iga devianti (ühes seerias kokku viis) esitati 100 korda. Analoogselt väldete katseseeriale kasutati ka üksikhäälikute katseseerias juhuslikke stiimulitevahelisi. Kokku kestis üks katseseeria orienteeruvalt 9,3 minutit. Üksikhäälikud olid sisse loetud naise häälega.

Tabel 2. Üksikhäälikute katseseeriade stiimulite omadused.

	100 ms /e/	150 ms /e/	100 ms /o/	150 ms /o/	100 ms /ae/	100 ms /õ/	100 ms /õ/
Katseseeria I	ST	DEV	DEV	-	DEV	DEV	DEV
Katseseeria II	DEV	-	ST	DEV	DEV	DEV	DEV

Märkused: ST – standardstiimul, DEV – deviantstiimul

Katse viidi läbi hämaras ruumis. Helistiimulid esitati Matlab tarkvara abil (Math Works, Inc., Natic, Massachusetts, Ameerika Ühendriigid) programmeeritud juhtprogrammide abil kõrvaklappidesse, samal ajal katses osaleja istus ja vaatas multifilmi, pööramata helistiimulitele tähelepanu. Multifilmi võis laps valida kohapeal olemasolevate seast või ise katsesse tulles kaasa võtta. Heli valjus jäi umbes 80 dB piiresse. Iga testimine viidi läbi individuaalselt ning salvestusessioonid ei kestnud üle ühe tunni. Katseisikul paluti istuda võimalikult rahulikult ning vajadusel sai võtta puhkepause iga katseseeria järel.

Lugemistestide andmetöötlus

Lugemistestide andmetöötlusviidi läbi statistikaprogrammiga SPSS (IBM Corporation, New York, Ameerika Ühendriigid).

Kirjeldavast statistikast vaadeldi testitulemuste keskmist, standardhälvet, miinimum- ja maksimumväärtusi. Läbi viidi ka Pearsoni korrelatsioonianalüüs testide omavaheliste korrelatsioonide leidmiseks ja loodi regressioonimudel, et teada saada, millised lugemistestid ennustavad kõige paremini kahe minuti jooksul loetud sõnade testi tulemust.

EEG andmetöötlus

Aju bioelektrilise aktiivsuse salvestamiseks kasutati aktiivelektroodidega 32 elektroodiga süsteemi BioSemi Active Two (BioSemi, Amsterdam, Holland). Kaks referentselektroodi oli

kinnitatud kõrvade külge ning silmade ümber oli kinnitatud 4 üksikelektroodi silmaliigutuste ja -pilgutuste salvestamiseks. Parema kontakti saamiseks kasutati elektroodide vastava mütsi külge kinnitamisel allergiat mittetekitavat geeli SignaGel. Elektroodid olid paigutatud vastavalt rahvusvahelisele 10/20 süsteemile. EEG andmed salvestati salvestusprogrammis sagedusel 1024 Hz ja kasutades 0,16-100 Hz filtrit.

EEG andmete analüüs viidi läbi programmiga Brain Vision Analyzer 1.05 (Brain Products GmbH, München, Saksamaa). Andmete analüüsimiseks kasutati filtreid 1-30 Hz (48 db/Oct). Salvestamisel tekkinud elektrimüra vähendamiseks rakendati lisaks ka filtrit 50 Hz, silmapilgutustest ja -liigutustest tekkinud müra analüüsiandmetest lahutamiseks kasutati analüüsiprogrammi sisseehitatud Gratton ja Coles'i algoritmi. ERP-kõverate arvutamiseks standard- ja deviantstiimulite kohta valiti stiimuli avaldumise suhtes 700 ms pikkused segmendid, mille algus oli 100 ms enne stiimuli esitamist ja lõpp 600 ms pärast stiimuli esitamist. Baastaseme korrigeerimiseks võrdsustati vältestiimulite katseseerias -99.61 ms kuni 100 ms lõik nulltasemega, üksikhäälikutega katseseerias -99,61 ms kuni 0 ms lõik nulltasemega.

Andmete puhastamise kriteeriumid olid järgmised: kahe järgneva aktiivsuspunkti vaheline maksimaalne lubatud erinevus oli 50 μV , suurimaks lubatud maksimaalse ja minimaalse väärtuse erinevaks tasemeks 100 μV , amplituud võis võnkuda vahemikus -100 μV kuni 100 μV . 100 ms jooksul oli madalaim lubatud aktiivsus 0.50 μV . Elektroodide aktiivsuse keskmistamise teel moodustati seitse huvialust piirkonda: frontaalpiirkond (AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FZ), vasak- (AF3, F3, F7) ja parempoolne (AF4, F4, F8) frontaalpiirkond, keskfrontaalpiirkond (CZ, FC1, FC2), temporaalpiirkond (CP5, CP6, P7, P8, T7, T8), vasak- (CP5, P7, T7) ja parempoolne (CP6, P8, T8) temporaalpiirkond. Kehvad segmendid eemaldati analüüsist.

Standard- ja deviantstiimulite arv võrdsustati võimaluste piires. Kuna standardstiimuleid oli rohkem, siis nende arvu vähendati juhusliku valiku meetodil: vältestiimulitega katseseerias valiti juhuslikult 33% esitustest ning üksikhäälikutega katseseeriates kummaski 20%. Katseisikute iga läbitud katseseeria stiimulite kohta (standard ja deviandid) arvutati välja keskmised ERP tulemused ja seejärel leiti MMN-id (iga deviandi keskmisest aktiivsusest antud seerias lahutati standardi keskmine aktiivsus). Seejärel arvutati üle katseisikute keskmistatud summaarsed ERP kõverad (Grand Average), iga katseseeria standardite ja deviantite ning vastavate MMN-ide kohta.

Edasises analüüsis ajavahemikule 100-400 ms, kuna see on oodatav auditoorse MMN-i esinemise ajavahemik. Näätänen (2001) on välja toonud, et MMN negatiivne väljalöögi tipp paikneb tavaliselt vahemikus 100-250 ms. Varasemad uurimused (Lovio, Pakarinen, Huotilainen,

Alku, Silvennoinen, Näätänen, & Kujala, 2009) on näidanud, et lastel võib MMN esinemise ajavahemik olla pikem. Seetõttu otsustati keskenduda võrdlemisi laiale perioodile.

Analüüsist otsustati liigse müra esinemise tõttu EEG tulemustest välja jätta üks katseisik.

TULEMUSED**Lugemistestide tulemused**

Tabelis 3 on välja toodud erinevate lugemisoskust mõõtvate testide ning nende alaosade tulemused.

Tabel 3. Lugemistestide tulemused.

	Miinimum	Maksimum	Keskmine	Standardhälve
WISC jadad	3	9	5,63	1,189
WISC tagurpidi jadad	0	4	2,37	1,033
WISC sarnasused	0	13	6,27	2,791
RAN piltide nimetamise vead	0	6	2,13	1,655
RAN piltide nimetamise aeg	39	135	69,37	19,613
RAN värvide nimetamise vead	0	7	1,83	2,019
RAN värvide nimetamise aeg	40	120	64,67	19,772
RAN tähtede nimetamise vead	0	12	1,90	2,468
RAN tähtede nimetamise aeg	22	77	45,30	13,754
RAN numbrite nimetamise vead	0	11	1,66	2,676
RAN numbrite nimetamise aeg	35	71	49,76	10,398
Raven	12	31	23,77	4,725
Tähtede tundmine	20	29	25,27	2,083
Silpide lugemine	3	9	7,57	1,633
Pseudosõnade lugemine	0	9	6,57	2,501
Sõnade lugemine	0	60	15,47	12,233
Esimese foneemi kustutamine	0	10	5,83	3,611

Saamaks lugemisoskust mõjutavatest teguritest paremat ülevaadet, tehti lineaarne regressioonanalüüs (tabel 4). Sõltuvaks teguriks oli sõnade õigesti lugemine (kahe minuti jooksul) ja regressioonimudeliga otsiti seda mõjutada võivaid oskusi (uuringus läbi viidud alatestide põhjal). Regressioonanalüüsi kaasati esmalt järgnevate testide tulemused: WISC jadad, WISC sarnasused, tähtede tundmine, pseudosõnade lugemine, esimese foneemi kustutamine, Raven, kõigi RAN alatestide sooritamiseks kulunud ajad ja RAN tähtede nimetamise testi vead. Seejärel eemaldati ükshaaval ebaolulised tegurid.

Analüüsi käigus ilmnnes, et sõnade lugemisega kahe minuti jooksul on statistiliselt olulisel määral positiivselt seotud RAN tähtede nimetamise aeg, RAN piltide nimetamise aeg, WISC sarnasuste test ja tähtede tundmine. Mitmeseks regressioonianalüüsi kordajaks saadi $R=0.704$, determinatsioonikordajaks $R^2=0.496$ ja parandatud determinatsioonikordajaks $R^2=0.416$. Seega seletavad antud tunnused 41% sõnade lugemise testi tulemustest. Antud mudelis on lugemisoskusega kõige tugevamalt seotud RAN tähtede nimetamisele kulunud aeg ja tähtede tundmine, nõrgemalt mõjutavad lugemisoskust RAN piltide nimetamise aeg ja WISC sarnasuste test.

Tabel 4. Regressioonimudel, mis näitab kuidas WISC sarnasuste testi, RAN piltide nimetamise aeg, RAN tähtede nimetamise aeg ja tähtede tundmise tulemused ennustavad sõnade lugemist kahe minuti jooksul.

	Standardiseerimata kordajad		Standardiseeritud kordajad	t	Sig.
	B	Standardhälve	Beta		
(Konstant)	-70,679	26,237		-2,694	0,012
WISC sarnasused	1,749	0,748	0,399	2,337	0,028
RAN piltide nimetamise aeg	0,345	0,139	0,553	2,491	0,020
RAN tähtede nimetamise aeg	-0,750	0,183	-0,843	-4,090	0,000
Tähtede tundmine	3,372	0,907	0,574	3,717	0,000

Märkused: Sõltuv tunnus: sõnade lugemine kahe minuti jooksul

EEG mõõtmiste tulemused

Standard- ja deviantstiimulite vaheliste erinevuste hindamiseks rakendati programmis Brain Vision Analyzer 1.05 (Brain Products GmbH, München, Saksamaa) sõltumatut t-testi. T-test võimaldab ülevahtlikult näha, millistes ajavahemikes paiknesid olulised erinevused standard- ja deviantstiimuli töötuse vahel. T-testi kriteeriumiteks valiti $t > 5$, $p > 0,05$ ning tehti otsus, kas standardi ja deviantstiimuli ERP-kõverad erinesid selle vahemiku jooksul rohkem või vähem kui 50% (tabelid 5 ja 6). Üldkeskmistatud EEG jooniste vaatluse põhjal otsustati vaadeldav ajavahemik (100-400 ms) jagada parema ülevaate saamiseks 75 ms sammude kaupa neljaks. Kuna varasemad uuringud (Deouell, Bentin, & Giard, 1998) on näidanud, et kuulmisega seotud MMN-e näitavad kõige paremini frontaal- ja temporaalsagar, siis võeti võrdluseks vastavate kokkukeskmistatud alade tulemused. Frontaalpiirkonna puhul ei tehtud parema ja vasaku poole eristamist, sest selle pooluste tulemused ei erinenud vaatlusele tuginedes olulisel määral teineteisest; temporaalpiirkonnas analüüsiti vasakul ja paremal pool toimunud töötust eraldi.

Esimeses üksikhäälikute katseseerias, kus korduv standardstiimuli oli 100 ms pikkune /e/, eristasid lapsed kõige paremini deviantte /o/, /õ/, /ö/ ja kõige halvemini stiimulit /ae/. 150 ms pikkuse /e/ stiimuli eristamine oli võrreldes teiste deviantstiimulitega pigem hilinevad. Frontaalsagaras esineb MMN kõigi deviantstiimulite esinemisel ja peaaegu kogu aja vältel. Vasakus temporaalsagaras oli suurim standard- ja deviantstiimulite vahelise töötuse erinevus perioodil 175-250 ms, deviantite /ae/ ja 150 ms /e/ esitamisel see piirkond väga aktiivne ei olnud. Paremas temporaalsagaras esineb oluline standard- ja deviantstiimulite vahelise töötuse erinevus peaaegu kogu aja vältel, erandiks on deviantstiimul /ae/, mille korral olulist aktiivsust esineb vaid vahemikus 250–325 ms. 150 ms /e/ puhul esineb aktiivsus perioodil 175–325 ms.

Teise üksikhäälikute katseseeria ajal, kus standardiks oli 100 ms pikkune /o/, erines nii frontaal- kui temporaalsagaras standard- ja deviantstiimulite töötus enam varasemal ajaperioodil (100–250 ms). 150 ms /o/ hääliku puhul esines olulist erinevust kogu perioodi vältel frontaalsagaras ja vasakus temporaalsagaras. Deviantstiimul /õ/ ei toonud ajavahemikus 325–400 ms olulist aktiivsust esile kummaski sagaras. Vasaku temporaalsagara aktiivsus on oluline kõigi stiimulite esinemisel vahemikus 100–250 ms, 325–400 ms on see oluline ainult stiimuli 150 ms /o/ tajumisel võrrelduna standardiga.

T-testide tulemused on kantud katseseeriade kaupa tabelitesse 5 ja 6.

Tabel 5. Üksikhäälivate esimese katseseeria T-testide tulemused.

	100-175 ms			175-250 ms			250-325 ms			325-400 ms		
	Front prk.	Temp prk. 1	Temp prk. 2	Front. prk	Temp prk. 1	Temp prk. 2	Front. prk	Temp prk. 1	Temp prk. 2	Front. prk	Temp prk. 1	Temp prk. 2
ST 100e DEV 100o	*	*	**	**	**	-	*	-	*	**	*	*
ST 100e DEV 100õ	**	-	**	**	**	*	**	-	-	*	-	*
ST 100e DEV 100ae	*	-	-	-	-	-	*	-	*	**	-	-
ST 100e DEV 100ö	**	*	*	**	**	*	**	-	*	**	-	*
ST 100e DEV 150e	*	-	-	*	-	*	**	-	**	*	-	*

Märkused: front prk – frontaalpiirkond, temp prk 1 – vasak temporaalpiirkond, temp prk 2 – parem temporaalpiirkond. Oluline erinevus terves piirkonnas **, oluline erinevus > 50% piirkonnas *, oluline erinevus <50% piirkonnas - ($t > 5$, $p < 0,01$). ST – standardstiimul, DEV – deviantstiimul.

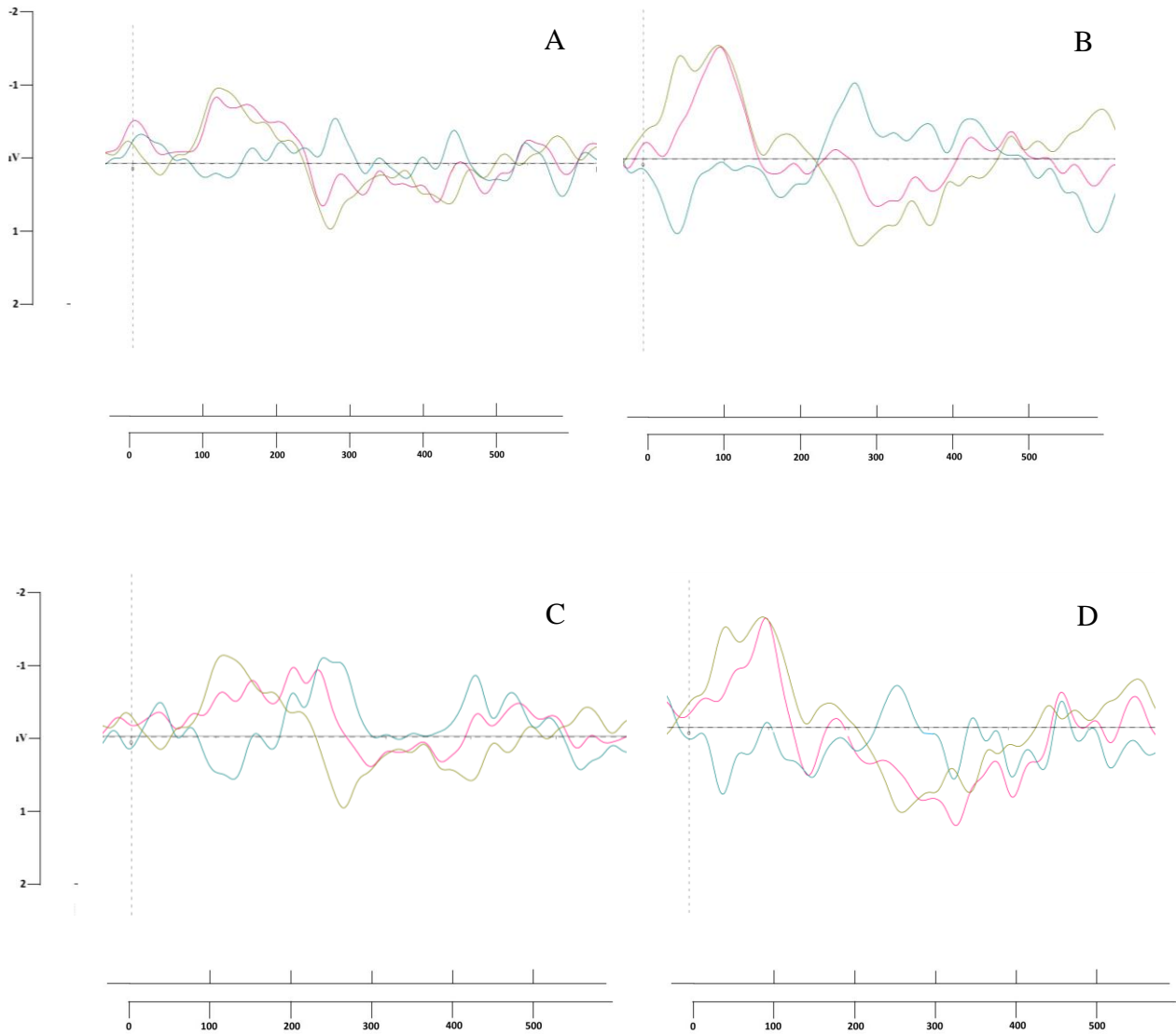
Tabel 6. Üksikhäälikute teise katseseeria T-testide tulemused.

	100-175 ms			175-250 ms			250-325 ms			325-400 ms		
	Front prk.	Temp prk. 1	Temp prk. 2	Front prk.	Temp prk. 1	Temp prk. 2	Front prk.	Temp prk. 1	Temp prk. 2	Front prk.	Temp prk. 1	Temp prk. 2
ST 100o DEV 100ae	*	*	*	*	*	-	**	-	-	-	-	**
ST 100o DEV 100e	*	**	*	**	*	-	**	-	-	**	-	-
ST 100o DEV 100õ	*	**	*	-	**	-	-	-	-	**	-	*
ST 100o DEV 100ö	*	**	*	-	**	*	-	*	*	-	-	-
ST 100o DEV 150o	*	**	-	**	**	*	**	*	*	*	*	-

Märkused: front prk – frontaalpiirkond, temp prk 1 – vasak temporaalpiirkond, temp prk 2 – parem temporaalpiirkond. Oluline erinevus terves piirkonnas **, oluline erinevus > 50% piirkonnas *, oluline erinevus <50% piirkonnas - ($t > 5$, $p < 0,01$). ST – standardstiimul, DEV – deviantstiimul.

Üksikhäälikute mõlemas katseseerias ilmnes oluline erinevus parema ja vasaku temporaalsagara MMN kõverate võrdlemisel. Vasakpoolses temporaalpiirkonnas on kõige tugevam MMN väljalöök deviantstiimuli /õ/ puhul, paremal aga töödeldakse kõige suurema amplituudiga stiimuli kestvuse muutust (stiimuliks 150 ms pikkune /e/ võrrelduna 100 ms pikkuse /e/ stiimuliga). Esimeses katseseerias, kus standardiks oli 100 ms pikkune /e/ ja deviantiks 150 ms pikkune /e/, ilmnes parempoolses temporaalsagaras MMN ajavahemikus 215–465 ms (tugevaim negatiivne väljalöök -1,087 μV) ja vasakpoolses ajavahemikus 140–285 ms (tugevaim negatiivne väljalöök -0,666 μV). Kui deviantiks oli 100 ms pikkune /õ/ oli negatiivne väljalöök parempoolses temporaalsagaras ajavahemikus 235–290 ms (-0,617 μV) ja vasakul 175–290 ms (-1,078 μV). 100 ms pikkuse /ae/ korral esines paremas temporaalsagaras MMN perioodil 225–295 ms (-0,727 μV) ja vasakus 170–270 ms (-0,747 μV). Deviantid /o/ (100 ms) korral MMN paremas temporaalpiirkonnas ei avaldu ja EEG kõver jääb peaaegu kogu ulatuses positiivseks, vasakus ilmnes MMN ajavahemikus 175–290 ms (-0,830 μV). Deviantstiimuli /õ/ (100 ms) korral ilmneb MMN paremas

temporaalpiirkonnas ajavahemikus 230–285 ms (-0,363), vasakus perioodil 135–270 ms (-0,737 μ V). Sarnane tulemus ilmneb ka teises üksikhäälikute katseseerias (standard 100 ms /o/), mistõttu edaspidi keskendutakse ainult ühe üksikhäälikute katseseeria (esimese) tulemustele.

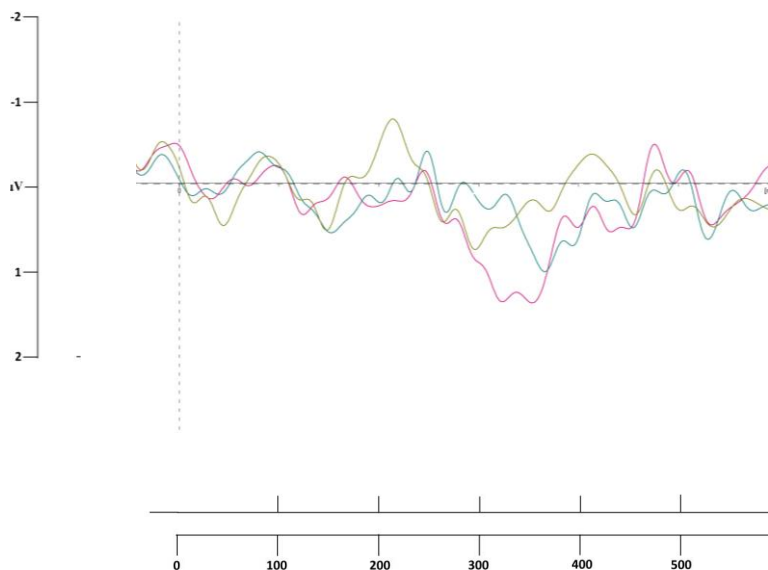


Joonis 2. Esimese üksikhäälikute katseseeria deviantstimulite 150 ms /e/ (ülemised paneelid A ja B) ja 100 ms /ö/ (alumised paneelid C ja D) MMN kõverad koos standardi ja deviandi keskmiste ERP-kõveratega. Paneelid A ja C – vasak temporaalpiirkond, paneelid B ja D – parem temporaalpiirkond. Roheline joon – standardstimul, roosa joon – deviantstimul, sinine joon – MMN.

MMN-kõverate vaatlusel ei ilmnenud töötamise erinevust lasteaia- ja koolilaste tulemuste vahel. Lisaks võib täheldada, et paremas temporaalpiirkonnas ilmneb MMN hiljem kui vasakul.

Üksikhäälikute katseseerias jäid tulemused vahemikku 210–290 ms. Üksikhäälikute katseseeriates järgnes MMNile hiline aktiivsus ajavahemikus 350–550 ms.

Vältestiimulitega katseseerias olid tekkinud MMN-i kõverad madalate amplituudidega kõigis katseseeriates. Ainus suurem negatiivne väljalööök oli 3. deviantstiimulile (mis oli 2. vältest sünteesitud nagu ka standardstiimul, aga esimese silbi kestvus oli pikem, tabel 1) tekkinud MMN-kõveras. Selle MMN väljalöögi kestvus oli 165–250 ms ja kõrgeim negatiivne tipp amplituudiga $-0,758 \mu\text{V}$ (joonis 3). Võrreldes teistele vältestiimulitega tekkinud MMN-laadse aktiivsusega on selle suurema väljalöögi esinemine nihkunud varasemaks.



Joonis 3. Kolme vältestiimulandi MMN-kõverad. Sinine joon – MMN1, lilla joon – MMN2, roheline joon – MMN3.

Lasteaia- ja koolilaste vahel esines vältestiimulitega katseseerias vaatluse põhjal erinevus vasakpoolse temporaalpiirkonna tulemustes. Lasteaialastel esines MMN aktiivsus standardi ja esimese vältestiimulandi (3. vältest sünteesitud) erinevusena ajavahemikus 175–335 ms (amplituud $-1,068 \mu\text{V}$), samas jäi koolilaste tulemus pigem positiivseks ja MMN-i ei ilmnunud. Sama ilmnis ka teise vältestiimulandi võrdluses (150-265 ms, $-1,050 \mu\text{V}$, lasteaialastel jäi MMN-i kõver kogu perioodi ulatuses positiivseks).

Vaatluse käigus ei ilmnenu kahe üksikhäälikutega katseseeria vahel olulisi erinevusi ning vältestiimulite eristamisele tekkinud MMN-kõverad olid madalate amplituudidega, viidates pigem MMN-laadse töötuse puudumisele, siis otsustati lugemistestidega võrdlemiseks kasutada vaid esimese üksikhäälikutega katseseeria tulemusi. MMN tulemuste edasiseks analüüsimiseks ja võrdlemiseks lugemistestide tulemustega valiti välja kaks kõige tugevama MMN-i tulemuse andnud stiimulit: 150 ms pikkune /e/ ja 100 ms pikkune /õ/. Tulenevalt joonisel 2 näidatust valiti välja MMN-kõvera suurema negatiivse aktiivsusega ajavahemik 220-290 ms ning eksporditi selle keskmine amplituud (μV) statistikaprogrammi SPSS (IBM Corporation, New York, Ameerika Ühendriigid). Eksportimiseks valiti eespool vaatluse all olnud ajupiirkonnad: frontaalne, vasak- ja parem temporaalne. Piirkondadele omaseid kirjeldavaid statistikuks saab näha tabelitest 7 ja 8.

Tabel 7. Deviantstiimuli /õ/ (100 ms) MMN-i keskmised amplituudid erinevates piirkondades 220-290 ms ajavahemikus.

	Keskmine (μV)	Standardhälve
Frontaalpiirkond	0,036076	4,1341897
Vasak temporaalpiirkond	-0,651734	2,1145377
Parem temporaalpiirkond	0,453893	2,8356909

Tabel 8. Deviantstiimuli /e/ (150 ms) MMN-i keskmised amplituudid erinevates piirkondades 220-290 ms ajavahemikus.

	Keskmine (μV)	Standardhälve
Frontaalpiirkond	0,650224	1,7941920
Vasak temporaalpiirkond	0,193021	1,8828511
Parem temporaalpiirkond	-0,275679	2,5476169

Paired Samples T-testi abil kontrolliti vasaku ja parema temporaalpiirkonna MMN-kõvera keskmisi amplituude valitud intervallis mõlema deviantstiimuli korral. T-test näitas statistiliselt olulist erinevust ($p=0,044$) vasaku ja parema temporaalpiirkonna vahel /õ/ hääliku korral. Kui stiimuliks oli 150 ms pikkune /e/, siis olulist erinevust ei ilmnenu ($p=0,303$).

Lugemistestide- ja MMN tulemuste võrdlemine

Lugemisoskuse parimaks näitajaks võeti sõnade kahe minuti jooksul lugemise ülesanne ja

otsiti selle tulemuste korrelatsioone vasaku- ja parema temporaalpiirkonna MMN-idega. Olulisi korrelatsioone nende vahel ei ilmnenud. Korrelatsioone kontrolliti ka teiste sooritatud ülesannete ja MMN tulemuste vahel. Pearsoni korrelatsioonanalüüs näitas, et korrelatsioon esineb frontaalpiirkonna deviant /ö/ MMN-i ja WISC tagurpidi jada ning RAN numbrite nimetamise aja vahel. Temporaalpiirkonnas avaldusid korrelatsioonid deviantstiimuli /e/ korral, paremal RAN piltide nimetamise aja suhtes ja vasakul RAN piltide nimetamise aja suhtes.

Tabel 9. MMN tulemuste ja lugemisülesannete korrelatsioonid ning p-väärtused.

	DEV /ö/ Frontaalpiirkond	DEV /e/ Vasak temporaalpiirkond	DEV /e/ Parem temporaalpiirkond
WISC tagurpidi jasad	-0,372* 0,047	0,126 0,514	-0,153 0,428
RAN piltide nimetamise aeg	-0,227 0,236	0,440* 0,017	0,201 0,295
RAN piltide nimetamise vead	-0,007 0,970	-0,004 0,982	-0,391* 0,036
RAN numbrite nimetamise aeg	-0,501** 0,007	0,316 0,102	-0,077 0,697
Silpide ja pseudosõnade lugemine kokku	0,320 0,091	-0,318 0,092	-0,464* 0,011

Märkused: DEV – deviant. N=29. ** p < 0,01, * p < 0,05.

ARUTELU

Uurimustöö eesmärgiks oli uurida seoseid lugemisoskuse ja MMN tulemuste vahel. Selleks võrreldi eelnevalt sooritatud lugemisülesannete tulemusi MMN mõõtmise tulemustega. Varasemale kirjandusele (Belin, Zilbovicius, Crozier, Thivard, & Fontaine, 1998) tuginedes eeldati, et vasakpoolne temporaalsagar on tundlikum häälikute sisulistele muutusele ja parem häälikupikkuse muutusele. Samuti eeldati, et temporaalsagara vasaku poole MMN-i tulemused korreleeruvad paremast poolest paremini lugemisülesandega, kus tuli kahe minuti jooksul lugeda sõnu.

Uurimustöö põhines 2009-2010 aastal läbi viidud uuringu tulemustel, milles uuriti lugemismängu Graphogame mõju koolieelikute ja esimese klassi laste lugemisoskusele. Selle raames sooritasid katseisikud erinevad lugemisülesanded, WISC arvujadad ja sarnasused ning RAN alatestid. Mängueelselt läbiviidud lugemistestide tulemuste vahel antud töös statistiliselt olulisi seoseid ei leitud, kuid selle põhjuseks võis olla liiga väike valim (30 last). Birgit Otsa seminaritöö (2010) olid koostatud sama uuringu raames, aga veidi suuremal valimil (38) ja ta leidis statistiliselt olulisi korrelatsioone kõigi lugemisega seotud üle ülesannete tulemuste vahel, välja arvatud silpide lugemise ja foneemi kustutamise ülesannete omavahelised tulemused.

Koostatud mitmese regressioonmudeli järgi ilmnes, et RAN tähtede nimetamise aeg, RAN piltide nimetamise aeg, WISC sarnasuste test ja tähtede tundmine seletavad statistiliselt olulisel määral tulemusi sõnade lugemisel kahe minuti jooksul. Järelikult on lugemisel oluline mälu töötlemiskiirus, tähtede kiire äratundmine ja seostamine häälikuga ning normikohase arenguga kognitiivsed protsessid. Saadud mudel sobib Vellutino ja tema kolleegide loodud erinevaid lugemisoskust mõjutavate teadmisi kujutava mudeliga (2004) (joonis 1).

Keele areng toimub juba väga varases eas ja emakeelele vastavad mälujäljed on olemas juba 1-aastaselt väikelapsel (Cheour, Ceponiene, Lehtokoski, Luuk, Allik, Alho, & Näätänen, 1998). Reili Argus on oma artiklis "Kuidas eesti laps vormimoodustuse omandab" välja toonud vältekontrastide väga varase omandamise (Argus, 2008). Antud uurimustöös ei ilmnunud vältekatses lastel olulisel määral erinevust standardi ja deviantstiimulite töötlemise vahel (väljendatuna madala negatiivse amplituudiga või pigem positiivse MMN-kõvera näol), mis võib viidata väldete tajumise probleemidele. On ka võimalik, et katses kasutatud sünteesitud vältestiimulid olid laste jaoks liiga rasked. Kasutatud standardstiimul peaks eestlastele enamasti kõlama 2. vältes, esimene deviantstiimul 3. vältes, teine deviant 3. vältes ja kolmas 2. vältes, kuid kõik ei taju neid ühtemoodi. Ainsana andis tugevama negatiivse MMN väljalöögi kolmas deviant, mis sarnaselt standardile peaks kõlama 2. vältes ja oleks pidanud standardile kõige lähedasemalt kõlama. Järelikult võis MMN esinemise põhjuseks olla erinev silbi pikkus.

Ühe hüpoteesina eeldasime, et parempoolne temporaalpiirkond on tundlikum häälikupikkuse muutusele ja vasakpoolne sisulistele häälikumuutustele. Käesoleva töö kõige olulisema tulemusena leidsime, et parempoolse temporaalpiirkonna MMN oli kõige suurem siis kui deviantstiimuli pikkust oli muudetud (deviant oli 150 ms /e/), vasakpoolse temporaalpiirkonna MMN aga tuli paremini esile sisult eristuva hääliku korral (deviant oli 100 ms /ö/). Antud uurimustöö tulemused ühtivad varasemate uurimustöödega (Belin, Zilbovicius, Crozier, Thivard, & Fontaine, 1998; Zatorre & Belin, 2001), mille kohaselt on temporaalsagara küljed orienteeritud erinevate ülesannete täitmisele: vasakus temporaalsagaras on olulisel kohal foneemide ja sõnade sisuline külg, parem on aga tundlik häälikupikkuse muutustele. Vasakus temporaalpiirkonnas eristus üksikhäälikute katseseeriate MMN-mõõtmistel deviantstiimulite hulgast võrrelduna standardiga kõige paremini /ö/ häälik.

Varasemates uurimustes on välja toodud, et laste MMN esinemisaeg võib olla pikem kui täiskasvanutel, näiteks Lovio ja tema kolleegid (2009) on leidnud, et stiimulitega, millega täiskasvanutel oli MMN komponendi latentsusaeg 120–250 ms, oli latentsusaeg 6-aastastel lastel 258–328 ms. Käesolevas uurimustöös laste pikem MMN latentsusaeg niivõrd ei väljendunud, aga esines hilist aktiivsust. See ühtib varasemate uuringutega, kus on lastel leidnud ka hilist MMN-i aktiivsust vahemikus 350–500 ms ja seostanud seda leksikaalsete tunnuste automaatse tuvastamisega (Korpilahti, Krause, Holopainen, & Lang, 2001).

MMN mõõtmiste ja lugemistestide tulemuste võrdlus ei avaldanud nende vahel süstemaatilist seost. MMN tulemustega korreleerusid pigem töömälu ja üldintelligentsust mõõtvad testid (RAN, WISC). Mõlemat testi kasutatakse ka lugemisoskuse hindamiseks (Norton & Wolf, 2011; Moura, Simões, & Pereira, 2013) ja mõlemad on olulised lugemisoskuse omandamisel (joonis 1). Tulemust võib seostada ka liiga väikese valimiga lugemistestide läbiviimiseks. Katses osalenud lapsed olid oma lugemisoskuselt üsna sarnased ja lugemisraskuseid ei ilmnenu. Lugemistestid ei pruugi tabada väikeseid probleeme, selle võimaluse võib anda MMN. MMN võimaldab varakult märgata ja sekkuda probleemide ilmnemisel, mistõttu võib sellest olla abi lugemisraskuste avastamisel (Näätänen, 2000).

Kasutatud kirjandus:

Almqvist, F., Ebeling, H., Heinälä, P., Karhu, P. J., Kumpulainen, K., Linna, S.-L., ... Westerinen, H. (2006). Toim. J. Liivamägi, K. Hallas. *Laste- ja noortepsühhiaatria*. Tallinn: Medicina.

Argus, R. (2008). Kuidas eesti laps vormimoodustuse omandab. *Oma Keel*, 16, 16-26.

Arnell, K.M., Klein, R.M., Joanisse, M.F., Busseri, M.A., & Tannock, R. (2009). Decomposing the Relation Between Rapid Automated Naming (RAN) and Reading Ability. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 63 (3), 173-184.

Aro, M., & Wimmer, H. (2003). Learning to read: English in comparison to six more regular orthographies. *Applied Psycholinguistics*, 24, 621-635.

Belin, P., Zilbovicius, M., Crozier, S., Thivard, L., & Fontaine, A. (1998). Lateralization of speech and auditory temporal processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10 (4), 536-540.

Boersma, P., & Weenink, D. (2007). Praat: Doing phonetics by computer, Version 4.6.02 [Arvutiprogramm] <http://www.praat.org/>

Chaney, C. (1998). Preschool language and metalinguistic skills are links to reading success. *Applied Psycholinguistics*, 19, 433-446.

Cheour, M., Ceponiene, Lehtokoski, R. A., Luuk, A., Allik, J., Alho, K., & Näätänen, R. (1998). Development of language-specific phoneme representations in the infant brain. *Nature Neuroscience*, 1, 351-353

Clarke, D. B. (1990). *Dyslexia: Theory & Practice of Remedial Instruction*. Parkton, Maryland: York Press.

Deouell, L. Y., Bentin, S., & Giard, M. H. (1998). Mismatch negativity in dichotic listening: Evidence for interhemispheric differences and multiple generators. *Psychophysiology*, 35, 355-365.

Eesti statistika: Õpilaste vähene lugemisoskus. <http://www.stat.ee/71721> (külastatud 10.05)

Georgiou, G. K., Parrila, R., Kirby J. R. & Stephenson, K. (2008). Rapid Naming Components and Their Relationship with Phonological Awareness, Orthographic Knowledge, Speed of Processing, and Different Reading Outcomes. *Scientific Studies of Reading*, 12 (4), 325-350.

Grabe, W. & Stoller, F. L. (2002). *Teaching and Researching: Reading*. Harlow: Pearson Education Longman.

Holloway, J. H. (1999). Improving the reading skills of adolescents. *Educational Leadership*, 57(2), 80-82.

Koolieelse lasteasutuse riiklik õppekava: <https://www.riigiteataja.ee/akt/13351772> (külastatud 07.05.2015).

Koor, M. (2010). Koolieelikute ja 1. klassi õpilaste lugemisoskusega seotud tegurid ning arvutipõhise õppemängu mõju lugemiskustega laste lugemisoskusele. *Magistritöö*. Tartu Ülikool.

Korpilahti, P., Krause, C. M., Holopainen, I., & Lang, A. H. (2001). Early and Late Mismatch Negativity Elicited by Words and Speech-Like Stimuli in Children. *Brain and Language*, 76, 332–339.

Kujala, T., Lovio, R., Lepistö, T., Laasonen, M. & Näätänen, R. (2006). Evaluation of multi-attribute auditory discrimination in dyslexia with the mismatch negativity. *Clinical Neurophysiology*, 117, 885-893.

Kujala, T., Tervaniemi, M., & Schröger, E. (2007). The mismatch negativity in cognitive and clinical neuroscience: Theoretical and methodological considerations. *Biological Psychology*, 74, 1-19.

Laasonen, M., Virsu, V., Oinonen, S., Sandbacka, M., Salakari, A., & Service, E. (2012). Phonological and sensory short-term memory are correlates and both affected in developmental dyslexia. *Reading and Writing*, 25 (9), 2247-2273.

Lippus, P., Allik, J., & Pajusalu, K. (2009). The tonal component of Estonian quantity in native and non-native perception. *Journal of Phonetics*, 37, 388–396.

Lovio, R., Näätänen, R., & Kujala, T. (2010). Abnormal pattern of cortical speech feature discrimination in 6-year-old children at risk for dyslexia. *Brain Research*, 1335, 53-62.

Lovio R., Pakarinen S., Huutilainen M., Alku P., Silvennoinen S., Näätänen, R., & Kujala, T. (2009). Auditory discrimination profiles of speech sound changes in 6-year-old children as determined with the multi-feature MMN paradigm. *Clinical Neurophysiology*, 120(5), 916-21.

Lugemisoskus: PISA 2009 Raamdokument. (2008). Kättesaadav veebis: http://uuringud.ekk.edu.ee/fileadmin/user_upload/documents/Lugemisoskus__PISA_2009__Raamdokument.pdf.

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. *Merrill-Palmer Quarterly*, 52 (3), 514–546.

Lyytinen, H., Guttorm, T. K., Huttunen, T., Hämäläinen, J., Leppänen, P. H. T., & Vesterinen, M. (2004). Psychophysiology of developmental dyslexia: a review of findings including studies of children at risk for dyslexia. *Journal of Neurolinguistics*, *18*, 167-195.

Maailma Tervishoiuorganisatsioon. (1993). *Psüühika- ja käitumishäirete klassifikatsioon RHK-10: kliinilised kirjeldused ja diagnostilised juhised* (TÜ Psühhiaatriakliinik, tõlge). Tartu Ülikool. (Originaal avaldatud 1992).

Mantzicopoulos, P. Y., & Morrison, D. (1994). Early prediction of reading achievement: Exploring the relationship of cognitive and noncognitive measures to inaccurate classifications of at-risk status. *Remedial and Special Education*, *15*(4), 244–251.

McGettigan, C., Evans, S., Rosen, S., Agnew, Z. K., Shah, P., & Scott, S. K. (2012). An application of univariate and multivariate approaches in fMRI to quantifying the hemispheric lateralization of acoustic and linguistic processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *24* (3), 636–652.

Norton, E. S., & Wolf, M. (2011). Rapid Automated Naming (RAN) and Reading Fluency: Implications for Understanding and Treatment of Reading Disabilities. *Annual Review of Psychology*, *63*, 427-452.

Näätänen, R. (2000). Mismatch negativity (MMN): perspectives for application. *International Journal of Psychophysiology*, *37*, 3-10.

Näätänen, R. (2001). The perception of speech sounds by the human brain as reflected by the mismatch negativity (MMN) and its magnetic equivalent (MMNm). *Psychophysiology*, *38*, 1-21.

Näätänen, R., Lehtokoski, A., Lennesse, M., Cheour, M., Huotilainen, M., Iivonen, A., Vainio, M., Alku, P., Ilmoniemi, R.J., Luuk, A., Allik, J., Sinkkonen J., & Alho, K. (1997). Language-specific phoneme representations revealed by electric and magnetic brain responses. *Letters to Nature*, *385*, 432-434.

Näätänen, R., Pakarinen, S., Rinne, T., & Takegata, R. (2004). The mismatch negativity (MMN): towards the optimal paradigm. *Clinical Neurophysiology*, *115*, 140-144.

Otsa, B. (2010). Arvutipõhise lugemismängu mõju lugemiskustega laste lugemisoskusele esimeses klassis. *Seminaritöö*. Tartu Ülikool.

Partanen, M., & Siegel, L. S. (2014). Long-term outcome of the early identification and intervention of reading disabilities. *Reading and Writing*, *27*(4), 665-684.

Rahvusvahelised haridusuuringud: <http://uuringud.ekk.edu.ee/est/pisa/> (külastatud 05.05).

Raven, J.C.(1956). Coloured progressive matrices. Oxford. Information Press.

Schatschneider, C., Carlson, C. D., Francis, D. J., Foorman, B. R., & Fletcher, J. M. (2002). Relationship of rapid automatized naming and phonological awareness in early reading development: Implications for the double deficit hypothesis. *Journal of Learning Disabilities, 35*, 245–256.

Scott, M. E., Scherman, A., & Phillips, H. (1992). Helping individuals with dyslexia succeed in adulthood: Emerging keys for effective parenting, education and development of positive self concept. *Journal of Instructional Psychology, 19*(3), 197-204.

Snowling, M. J., Stackhouse, J. (Eds.). (2006). *Dyslexia, Speech and Language: A Practitioner's Handbook*. London, Philadelphia: Whurr Publishers.

Zatorre, R. J., & Belin, P. (2001). Spectral and temporal processing in human auditory cortex. *Cerebral Cortex, 11* (10), 946–953.

Taylor, H. G., Anselmo, M., Foreman, A. L., Schatschneider, C., & Angelopoulos, J. (2000). Utility of kindergarten Teacher Judgments in Identifying Early Learning Problems. *Journal of Learning Disabilities, 33* (2), 200 – 210.

Tull, K.-R. (2013). Eestlaste ja soomlaste vahelised erinevused pika ja ülipika välte eristamisel: EEG uurimus. *Seminaritöö*. Tartu Ülikool.

Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M. J., & Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades? *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 45* (1), 2-40.

Wechsler, D. (1999). Wechsler Intelligence Scale for Children - III (WISC-III) (Finnish). Helsinki: Pyskologien Kustannus.

Käesolevaga kinnitan, et olen korrektselt viidanud kõigile oma töös kasutatud teiste autorite poolt loodud kirjalikele töödele, lausetele, mõtetele, ideedele või andmetele.

Olen nõus oma töö avaldamisega Tartu Ülikooli digitaalarhiivis Dspace.

Liis Kask