

Primjena evociranih potencijala u istraživanju neurofizioloških biljega disleksije

Perkušić Čović, Maja

Doctoral thesis / Disertacija

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, School of Medicine / Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:171:811855>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-07**



Repository / Repozitorij:

[MEFST Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU
MEDICINSKI FAKULTET**

MAJA PERKUŠIĆ ČOVIĆ

**PRIMJENA EVOCIRANIH POTENCIJALA U ISTRAŽIVANJU
NEUROFIZIOLOŠKIH BILJEGA DISLEKSije**

DOKTORSKA DISERTACIJA

SPLIT, 2024.

Ovo istraživanje provedeno je u EEG laboratoriju Poliklinike za rehabilitaciju osoba sa smetnjama u razvoju, Split.

Voditelji rada:

dr. sc. Maja Rogić Vidaković, Zavod za neuroznanost, Laboratorij za humanu i eksperimentalnu neurofiziologiju, Medicinski fakultet, Sveučilište u Splitu

prof. dr. sc. Marijan Palmović, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Zahvala

Od srca velika hvala dragoj mentorici dr.sc. Maji Rogić Vidaković zbog koje sam se zaljubila u znanost i koja me naučila da uvijek težim boljem i kad je izgledalo nemoguće i dragom mentoru prof. dr. sc. Marijanu Palmoviću, koji mi je uvijek bio podrška da nastavim dalje svojim dragocijenim savjetima i podrškom.

Velika hvala mojem predivnom suprugu Siniši, koji mi je bio podrška na čitavom putovanju doktorata, koji je imao puno krivina i uspona, i mojim najdražim kćerkama, Donni i Natali, koje najviše od svih žele da mama ovo putovanje privede kraju.

Velika hvala tati Kruni, mami Nedi, svekrvi Cviti bez kojih bi bilo nemoguće pronaći slobodno vrijeme za dovršiti ovu disertaciju... i svim mojim prijateljicama abecednim redom (Ani, Dajani, Jeleni, Kristini, Petri) koje su uvijek bile tu za mene.

Ovu disertaciju posvećujem uspomeni na pok. svekra Božu (Bracu) Čovića, koji me uvijek bodrio da nastavim dalje i tražio načina da ostvarim svoje snove i kad su se činili nemogućima.

1. UVOD	10
1.1.1. Transparentni i netransparentni jezični sustavi.....	11
1.1.2. Kognitivni mehanizmi čitanja i modeli čitanja.....	13
1.1.3. Anatomski model čitanja (Wernicke-Geschwindov model).....	14
1.1.4. Dvostruki kaskadni model čitanja (DRC)	15
1.1.5. Dvoprocesni model čitanja (CDP).....	18
1.1.6. Model trokuta	19
1.2. DIJAGNOSTIČKI POSTUPCI I OTKRIVANJE DISLEKSIJE	21
1.2.1. Standardizirani bihevioralni testovi u dijagnostici disleksije u	21
europskim zemljama i svijetu	21
1.2.2. Standardizirani bihevioralni testovi u dijagnostici disleksije u Hrvatskoj	27
1.2.3. Primjena tehnologije praćenja pokreta očiju u istraživanju čitanja u	30
osoba s disleksijom.....	30
1.2.4. Primjena EEG/ERP metodologije u dijagnostici disleksije.....	32
1.2.5. Primjena EEG/ERP metodologije u istraživanju osobitosti spavanja osoba s	34
disleksijom.....	34
1.3. GENETSKA ISTRAŽIVANJA DISLEKSIJE	35
1.4. TEORIJSKI MODELI UZROKA DISLEKSIJE	37
1.5. ELEKTROFIZIOLOŠKE STUDIJE I STUDIJE SLIKOVNOG	39
PRIKAZA MOZGA OSOBA S DISLEKSIJOM.....	39
1.5.1. Nalazi studija fMRI i PET za disleksiju	39
1.5.2. Nalazi studija DTI za disleksiju.....	41
1.5.3. Nalazi EEG/ERP studija za disleksiju	43
1.5.4. Nalazi MEG studija za disleksiju	44
1.5.5. Istraživanje čitanja, nalazi studija operacija mozga u budnom stanju.....	46
1.6. NALAZI EEG/ERP STUDIJA DJECE S DISLEKSIJOM.....	48
1.6.1. Istraživanje predleksičke faze čitanja/imenovanja djece s disleksijom.....	48
1.6.2. Istraživanje leksičke faze čitanja/imenovanja djece s disleksijom	51
1.6.3. Istraživanje postleksičke faze čitanja/imenovanja djece s disleksijom	53
1.7. NALAZI EEG/ERP STUDIJA ODRASLIH OSOBA S DISLEKSIJOM	55
1.7.1. Istraživanje predleksičke faze čitanja/imenovanja odraslih s disleksijom	55
1.7.2. Istraživanje leksičke faze čitanja/imenovanja odraslih s disleksijom	57

1.7.3. Istraživanje postleksičke faze čitanja/imenovanja odraslih s disleksijom.....	60
1.8. KRATKI PRIKAZ DOSADAŠNJIH NALAZA ISTRAŽIVANJA NAŠE	63
GRUPE U DJECE S DISLEKSIJOM.....	63
1.8.1. Metodologija.....	63
1.8.2. Rezultati.....	64
1.8.3. Zaključak	66
2. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA	67
2.1. CILJEVI I HIPOTEZE	68
2.1.1. Ciljevi istraživanja.....	68
2.1.2. Hipoteze istraživanja	68
3. MATERIJALI I POSTUPCI	69
3.1. Ispitanici	69
3.2. Materijali i podražaji	70
3.3. Postupci i metode.....	71
3.4. Pred ERP obrada podataka i ERP testiranje	72
3.5. Statistički postupci.....	75
4. REZULTATI.....	76
4.1. Bihevioralni rezultati	76
4.2. ERP rezultati.....	77
4.2.1. Zadatak čitanja-ERP rezultati	80
4.2.2. Zadatak imenovanja – ERP rezultati	82
5. DISKUSIJA	86
5.1. ERP nalazi kod čitanja riječi naglas	86
5.2. ERP nalazi kod imenovanja slika naglas	89
5.3. Ograničenja i nedostaci studije.....	91
5.4. Zaključci studije u odnosu na postavljene hipoteze	92
6. ZAKLJUČAK.....	93
7. SAŽETAK NA HRVATSKOM JEZIKU	94
8. SAŽETAK I NASLOV NA ENGLESKOM JEZIKU	95
9. POPIS LITERATURE	97
10. KRATKI ŽIVOTOPIS	126
PRIVITCI.....	131

Privitak 1. 6. međunarodni kongres logopeda sažetak	131
Privitak 2. Rezultati neverbalnog kognitivnog testa (KNT).....	133
Privitak 3. Slikovni podražaji	134
Privitak 4. Tablice podražaja riječi	137
Privitak 5. Srednje vrijednosti električnog potencijala ERP-a	140
Privitak 6. Prikaz ERP-ova u zadatku čitanja i imenovanja naglas.....	141
ERP-ovi-zadatak čitanja naglas	141
ERP-ovi -zadatak imenovanja naglas	143
Privitak 7. Tablice prosječnih vrijednosti el. potencijala elektroda od interesa u zadatku čitanja.....	145
Privitak 8. Tablice prosječnih vrijednosti el. potencijala elektroda od interesa u zadatku imenovanja.....	147

POPIS OZNAKA I KRATICA

ADHD- hiperkinetički poremećaj pozornosti (eng. *attention hipperactivity disorder*)

APACS- alternativna fonološka svijest (eng. *The alternate phonological awareness composite score*)

CAP- ciklički izmjenični obrazac (eng. *cyclic alternating pattern*)

CDP- dvoprocesni model čitanja (eng. *The connectionist dual-process model of visual word recognition and reading aloud*)

CTOPP-2- Test razumijevanja fonološke obrade (eng. *Comprehensive test of phonological processing*)

DES-direktna električna stimulacija (eng. *direct electric stimulation*)

DRC- dvostruki kaskadni model čitanja (eng. *The dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud*)

DSM-5- Statistički priručnik i dijagnostički priručnik za mentalne poremećaje (eng. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*)

DTI- difuzijski tenzorski prikaz (eng. *diffusion tensor imaging*)

EEG-elektroencefalografija (eng. *electroencephalography*)

ERP-evocirani potencijali povezani s događajem (eng. *evoked related potentials*)

FA-frakcijska anizotropija (eng. *fractional anisotrophy*)

fMRI -funkcionalna magnetska rezonancija (eng. *functional magnetic resonance*)

FRP-fiksacijski povezan potencijal (eng. *fixated related potential*)

GMV-volumena sive tvari (eng. *gray matter volume*)

GORT-5 - Greyov test čitanja naglas (eng. *Gray oral reading test*)

GWAS-genomska svjetska istraživanja (eng. *genome wide-association studies*)

ICA- algoritmom neovisnih komponenata (eng. *independent component analysis*)

IQ-kvocijent inteligencije (eng. *intelligence quotient*)

ITPA- Illinois test psiholingvističkih sposobnosti

KNT- Kognitivni neverbalni test

LORETA-elektromagnetska tomografija niske rezolucije (eng. *low resolution electromagnetic tomography*)

MDDDT-A- višestruki dijagnostički digitalni test procjene disleksije kod odraslih osoba (eng. *The multiple diagnostic digital dyslexia test for adults*)

MEG-magnetoencefalografija (eng. *magnetoencephalography*)

PACS- zadatci fonološke svjesnosti (eng. *Phonological awareness component scores*)

PET- pozitronska emisijska tomografija (eng. *positron emission tomography*)

PMCS- zadatci fonološke memorije (eng. *Phonological memory component scores*)

PPVT-III-HR- Peabody slikovni test rječnika

PredČiP-R- test za procjenjivanje predvještina čitanja i pisanja

REM- brzi pokreti očiju (eng. *rapid eye movements*)

RNNCS-brzo imenovanje nesimbola (eng. *Rapid non-symbolic naming composite score*)

RSNCS -brzo imenovanje simbola (eng. *The rapid symbolic naming composite score*)

SAD- Sjedinjene Američke Države (eng. *United States of America*)

a)

SHY- hipoteza sinaptičke homeostaze (eng. *synaptic homeostasis hypothesis*)

SNPs- pojedinačni nukleotidni polimorfizmi (eng. *single-nucleotide polymorphisms*)

SWA-sporovalna aktivnost (eng. *slow wave activity*)

TOD- test za disleksiju (eng. *Test for dyslexia*)

TOD-C-test koji ispituje razumijevanje (eng. *TOD-Comprehensive*)

TOD-E- test za ranu procjenu disleksije (eng. *TOD-Early*)

TOD-S-trijažni test za procjenu disleksije (eng. *TOD-Screener*)

UK- Ujedinjeno Kraljevstvo (eng. *United Kingdom*)

VARETA-elektromagnetska tomografija varijabilne rezolucije (eng. *variable resolution electromagnetic tomography*).

VBM-morfometrija na bazi vokseli (eng. *voxel-based morphometry*)

VWFA -regija za formiranje vizualnog oblika riječi (eng. *visual word form area*)

WAIS-IV-HR- Wechslerova ljestvica inteligencije za odrasle (engl. Wechsler adult intelligence scale)

WISC-IV-HR-Wechslerova ljestvica inteligencije za djecu (eng. Wechsler Intelligence scale for children)

WRMT-III- Woodcockov napredni test čitanja (eng. *Woodcock reading mastery test*)

1. UVOD

Disleksija se definira kao neurorazvojna teškoća koja se ne može objasniti senzoričkim, kognitivnim deficitima, nedostatnom ili neadekvatnom podukom čitanja [1]. Definira se kao trajna poteškoća čitanja zastupljena podjednako za mušku i žensku populaciju. Disleksija je zastupljena u 4 % odrasle populacije te 5–17 % u djece [1, 2]. Prema *Dijagnostičkom i statističkom priručniku za mentalne poremećaje*, peto izdanje (DSM-5) [3] disleksija se definira kao specifična teškoća neurobiološkog podrijetla koju karakteriziraju poteškoće u točnosti, brzini, fluentnosti, dekodiranju i razumijevanju čitanja [3]. Osobe s disleksijom (djeca i odrasli) mogu biti sporije u brzom automatiziranom imenovanju te imati lošije postignuće u zadacima prepoznavanja i proizvodnje rime, zadacima manipulacije glasovima (glasovna raščlamba, glasovno stapanje), vizualnoj pozornosti i dr [4,5,6]. Sekundarne posljedice mogu dovesti do problema u razumijevanju pročitano i smanjeno iskustvo čitanja, koje može utjecati na usvajanje vokabulara i stjecanje osnovnih znanja [7]. S obzirom na to da su tečnost čitanja i razumijevanje jedni od najvažnijih preduvjeta budućeg akademskog uspjeha [7], čitanje ima temeljnu ulogu u svakodnevnom stjecanju znanja i primjeni naučenih znanja, a što je često otežano osobama s disleksijom zbog kasnog dijagnosticiranja poteškoća čitanja [7]. Te perzistirajuće poteškoće, obično isprepletene sa stalnim obrascem neuspjeha, mogu stvoriti preduvjete za pojavu emocionalnih i psiholoških problema (nisko samopoštovanje, anksioznost, osjećaj izoliranosti) u osoba s disleksijom [8]. Iako se najčešće dijagnosticira u djetinjstvu, disleksija je cjeloživotno stanje, čiji se simptomi mogu pojačati u kombinaciji sa stresnim životnim događajima te nepovoljno utjecati na fenotip osoba s disleksijom [9–11]. Globalna prevalencija disleksije u odraslih i djece iznosi 10–20 % [3]. Podatci prevalencije djece i odraslih s disleksijom u svijetu variraju od zemlje do zemlje te ovise o dijagnostičkim kriterijima i standardiziranim testovima za procjenu disleksije kojima pojedina zemlja raspolaže [12]. Dijagnostika disleksije i pravovremeno utvrđivanje dijagnoze jest nedosljedno kada se uspoređuju različite zemlje s obzirom na alate koji se rabe u definiciji i podršci osobama s disleksijom na lokalnoj i svjetskoj razini [13, 14]. Najveći doprinos istraživanju disleksije dolazi iz zemalja engleskog govornog područja (Sjedinjene Američke Države, SAD i Ujedinjeno kraljevstvo, UK) [15]. U novije vrijeme raste interes za istraživanje disleksije u azijskim zemljama, osobito u Kini, nakon što su brojna znanstvena

istraživanja potvrdila da je disleksija sveprisutna u svim zemljama svijeta bez obzira na različitosti jezičnih sustava (transparentni, netransparentni, logografski jezični sustavi) [15].

1.1.1. Transparentni i netransparentni jezični sustavi

S obzirom na transparentnost, jezične sustave možemo podijeliti na transparentne i netransparentne jezične sustave. Transparentnim jezicima smatramo jezike u kojima je veza između grafema/slova (najmanje razlikovne pisane jedinice nekog jezičnog sustava) i fonema/glasa (najmanje glasovne jedinice izgovora odgovarajućeg slova) univerzalna (npr. hrvatski, talijanski, grčki) [16]. Za razliku od transparentnih jezika, u netransparentnim jezicima veza između grafema i fonema nije univerzalna [16]. Postoje različite fonemske varijante izgovora odgovarajućeg sloga, riječi u netransparentnim jezicima (npr. engleski, francuski, portugalski) [16]. Često se u literaturi transparentni jezici zovu jezici s površinskom ortografijom, a netransparentni jezici nazivaju se jezicima s dubokom ortografijom [16]. Prema nalazima studija koje su proučavale individualne razlike transparentnih i netransparentnih jezika, pretpostavlja se da se jezici s pravilnom grafo-fonemskom konverzijom (transparentni jezici) lakše usvajaju nego netransparentni jezici s visokim udjelom nepravilnih i nedosljednih veza između grafema i fonema [17]. Međutim, bez obzira na navedene ključne razlike, postoje individualne razlike unutar različitih jezičnih sustava. Osim fonološke komponente jezika, koja se u literaturi najčešće spominje, jezici se razlikuju slogovnom strukturom [18]. S obzirom na to da se slogovna svjesnost razvija prije fonološke svjesnosti, pretpostavlja se da slogovni sustav odgovarajućeg jezika ima ključnu ulogu u tome koliko će djeca u kasnijoj fazi usvajanja čitanja biti osjetljiva prema fonološkim strukturama jezika [18]. Nadalje, transparentni i netransparentni jezici razlikuju se po svojoj morfološkoj složenosti [18]. U netransparentnim jezicima (npr. engleski, francuski) oko 75 – 85 % riječi koje svakodnevno čitamo bit će morfološki složene [18], a u transparentnim će jezicima udio morfološki složenih riječi ovisiti o individualnim karakteristikama transparentnog jezika koji se proučava [19]. Hrvatski jezik smatramo transparentnim jezikom, površinske ortografije [20]. Međutim, unatoč transparentnosti ubraja se u jedne on najsloženijih transparentnih jezika [20]. Sadržava dvoslove (lj, nj, dž), grafeme s dijakritičkim znakovima (npr. š, ž, č, ć...), složene sustave slogova koji su artikulacijski iznimno zahtjevni za izgovaranje i čitanje, osobito osobama s disleksijom [20].

Nekoliko studija pokušalo je pridonijeti boljem razumijevanju logografskih jezičnih sustava [21–23]. Svi pisani jezici koje danas poznajemo razvili su se iz povijesnih piktograma (slikovnih pisama) [21]. Međutim, tijekom procesa evolucije pisama, alfabetski jezici (transparentni i netransparentni) zadržali su linearnu kombinaciju pisanja slova koja se pišu slijeva nadesno (npr. hrvatski, engleski) [13] ili zdesna na nalijevo (npr. hebrejski i arapski) [21], a logografski su sustavi zadržali neke značajke slikovnih pisama [22]. Za razliku od alfabetskih jezičnih sustava [13], logografski jezični sustavi, npr. kineski, korejski, sadrže nekoliko različitih poteza/jedinica kojima se prikazuje odgovarajući slog, znak ili riječ [21]. S obzirom na složenost prikazanih znakova/simbola, logografski jezični sustavi zahtijevaju veću razinu vizualno-prostorne analize tijekom čitanja u odnosu na alfabetske jezične sustave [21]. Unatoč sličnosti prikazivanja riječi u logografskim jezičnim sustavima, logografski jezični sustavi razlikuju se po načinu pretvorbe morfema u slogove, odnosno znakova u foneme [21].

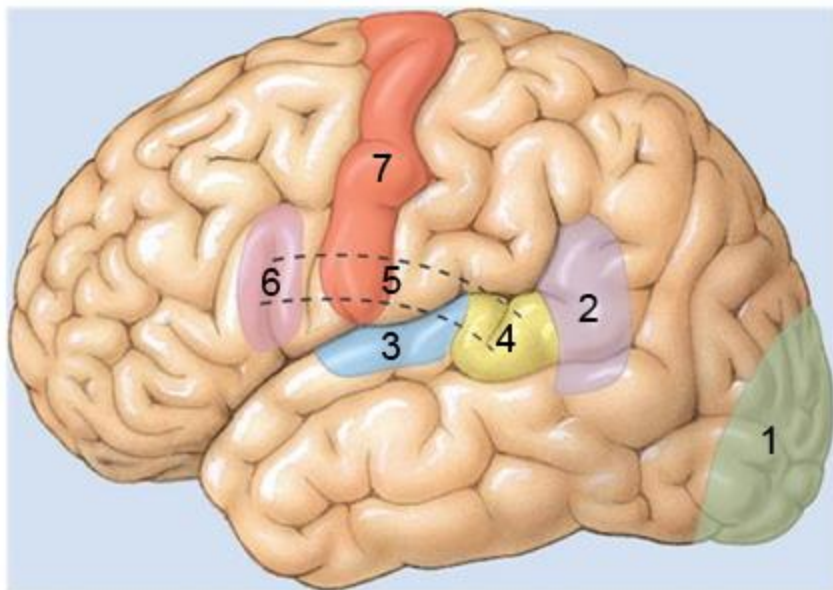
Prema navedenim razlikama kineski je jezik morfo-slogovni sustav u kojem se kineski znakovi mapiraju u smislene morfeme, a npr. korejski jezik upotrebljava sustav slova i fonema u kojem se znakovi preslikavaju u foneme govornog jezika [21]. Kuester-Gruber i sur. [22] pokušali su pridonijeti boljem razumijevanju razlika na zadacima čitanja i imenovanja transparentnog njemačkog jezika u odnosu na čitanje logografskog jezika (kineskog) u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Rezultati studije pokazali su statistički značajne razlike u brzini čitanja alfabetskih riječi u odnosu na čitanje kineskih znakova u djece s disleksijom govornika njemačkog jezika u odnosu na djecu s disleksijom govornike kineskog jezika [22]. Na zadacima imenovanja slika nisu pronađene statistički značajne razlike u imenovanju slika (npr. riba, kišobran) u odnosu na imenovanje kineskih znakova između djece s disleksijom njemačkih govornika u odnosu na djecu s disleksijom govornike kineskog jezika [22]. Brojna su istraživanja pokazala da postoje individualne razlike u usvajanju i automatizaciji čitanja djece i odraslih osoba s disleksijom u odnosu na transparentne i netransparentne jezike [13, 19, 20, 24] te logografske jezične sustave [21, 22, 23].

1.1.2. Kognitivni mehanizmi čitanja i modeli čitanja

Temeljne vještine potrebne za čitanje (fonološka svjesnost i fonemska svjesnost) počinju se razvijati prije formalnog početka obrazovanja i svoj vrhunac razvoja dostižu tijekom trećeg razreda osnovne škole, a nekad i poslije [2]. Fonološka svjesnost ili glasovna osviještenost započinje sviješću djeteta koje počinje uočavati da se riječi sastoje od većih jedinica (slogova) i manjih jedinica (fonema) [2]. Za razliku od fonološke svjesnosti, fonemska svjesnost / glasovna svjesnost podrazumijeva svijest o načinu izgovora odgovarajućeg glasa, prepoznavanje točnog položaja glasa unutar riječi u odnosu na druge glasove u riječi, mogućnost glasovnog raščlanjivanja slijeda glasova od kojih se neka riječ sastoji te različite načine manipulacije glasovima unutar riječi (premještanje glasova, izostavljanje glasova) [2]. U procesu fonološke obrade u osoba s disleksijom uočavaju se tri važne komponente: siromašne vještine fonološke svjesnosti, sporo leksičko prizivanje evidentirano u zadacima brzog automatiziranog imenovanja [4, 25] i lošije verbalno kratkotrajno pamćenje [26, 27]. Prema nekim autorima, poteškoće u prizivanju riječi [4, 28], verbalnom kratkotrajnom pamćenju i poteškoćama imenovanja mogu perzistirati sve do odrasle dobi u osoba s disleksijom [29, 30]. Fonološki nedostaci dugo su godina smatrani najčešćim nedostacima osoba s disleksijom u različitim jezicima i jezičnim sustavima [31]. Nadalje, istraživačima i dalje velik izazov predstavlja kako istražiti i razlikovati sve pojedinačne procese uključene u procese vizualnog prepoznavanja riječi i čitanja [32–35]. Čitanje se najčešće objašnjava kao složeni kognitivni proces dekodiranja ortografskih simbola (ortografija) u pripadajuće grafeme/foneme jezika s ciljem povezivanja simbola s reprezentacijom značenja pohranjena u mentalnom leksikonu (semantika) [36]. Konačni cilj čitanja jest razumijevanje pročitanog teksta [37]. Nekoliko modela čitanja pokušalo je pridonijeti boljem razumijevanju procesa čitanja: anatomski model čitanja (Wernicke-Geschwindov model) [38], bihevioralni modeli čitanja, dvostruki kaskadni model čitanja (eng. *The dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud*, DRC) [32], dvoproceni model čitanja (eng. *The connectionist dual-process model of visual word recognition and reading aloud*, CDP) [39] i model trokuta (eng. *The triangle model*) [40].

1.1.3. Anatomski model čitanja (Wernicke-Geschwindov model)

Razvoj anatomskog Wernicke-Geschwindova modela čitanja možemo zahvaliti istraživanjima Paula Broca (1824-1880), Carla Wernickea (1848-1905) i Normana Geschwinda (1926-1984), koji su proučavali obdukcijske nalaze bolesnika s afazijom [38]. Paul Broca davne je 1861. godine objavio prve nalaze obdukcije dvoje bolesnika s afazijom [38]. U obaju bolesnika bile su pronađene lezije lijeve hemisfere koje su uključivale područje frontalnog korteksa, točnije stražnjeg dijela donjeg frontalnog girusa, koji danas poznajemo kao Brocinu regiju, važnu motoričku regiju uključenu u stvaranje govora [38]. Nadalje, nekoliko godina poslije, 1874. godine, Carl Wernicke na osnovi je deset kliničkih slučajeva obdukcije bolesnika s afazijom zaključio da je područje stražnjeg dijela lijevog temporalnog režnja neposredno iza slušnog korteksa uključeno u proces razumijevanja govora [38]. Na osnovi prvih ideja Paula Broca i Carla Wernickea o lokalizaciji govorno-jezičnih područja, Norman Geschwind sredinom dvadesetog stoljeća, 1970. godine, reinterpretirao je otkrića Paula Broca i Carla Wernickea te je otkrio *arcuate fasciculus*, važan put bijele tvari koji povezuje Brocinu regiju i Wernickeovu regiju [38]. Prema najzastupljenijem anatomskom modelu čitanja, Wernicke-Geschwindovu modelu [38], pretpostavlja se da kad osoba počne čitati u sebi, prvo se aktivira područje primarne vidne kore (eng. *primary visual cortex*) (1) nakon koje slijedi aktivacija angularne vijuge (eng. *angular gyrus*) (2), regije u kojoj se odvija vizualno prepoznavanje riječi. Slijedi aktivacija temporalnog dijela u kojem se aktiviraju dva važna područja: Heschlova vijuga u području primarne slušne kore (eng. *primary auditory cortex*) (3) i Wernickeova regija (eng. *Wernicke's area*) (4), u kojoj se vizualno i slušno prepoznata riječ povezuje sa značenjem pohranjenim u mentalnom leksikonu. Signali se dalje prenose putem lučnoga snopa (lat. *fasciculus arcuatus*) (5) u donji frontalni girus, u kojem slijedi aktivacija Brocine regije (eng. *Broca's area*) (6), motoričke regije govora, a ako se radi o čitanju naglas, nakon aktivacije Brocine regije slijedi aktivacija primarne motoričke kore mozga (eng. *primary motor cortex*) (7). (Slika 1).



Slika 1. Anatomski model čitanja (Wernicke-Geschwindov model čitanja) (slika preuzeta i prilagođena prema Pinel i Barnes [38])

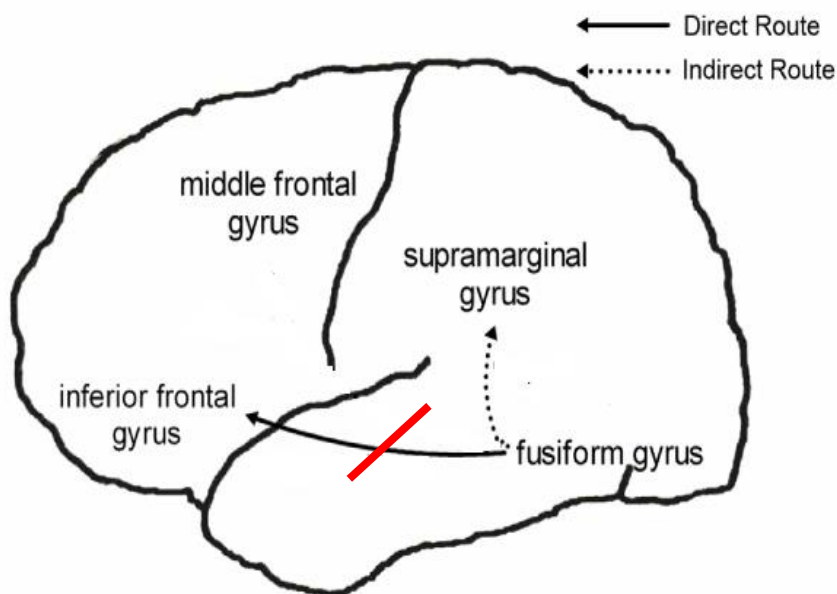
1.1.4. Dvostruki kaskadni model čitanja (DRC)

Prema najprihvaćenijem bihevioralnom modelu čitanja, dvostrukom modelu kaskadnog čitanja (DRC), čitanje se može ostvariti pomoću dvaju različitih putova: direktnog semantičkog puta (leksičkog puta) i indirektnog grafo-fonološkog puta (neleksičkog puta) [32, 35].

Grafo-fonološki put sadržava pravila za pretvorbu grafema u foneme. S obzirom na vrstu jezika (transparentni, netransparentni), grafo-fonološki put omogućava pretvorbu više slova ili kombinacija slova u pripadajuće fonemske varijante [35]. Indirektni grafo-fonološki put (neleksički put) nužan je za čitanje pseudoriječi, a direktni je semantički put (leksički put) nužan za čitanje poznatih riječi i nepravilnih riječi [35]. Nepravilnim riječima smatraju se riječi u kojima veze između fonema i grafema mogu imati više različitih načina čitanja riječi iako dijele sličan niz slova/grafema u riječi (npr. riječ 'imati', eng. *have*, u odnosu na čitanje riječi 'dati', 'mahati', eng. *gave, wave*), ali ih razlikuju fonemska obilježja izgovora riječi, osobito vidljivo u netransparentnim jezicima [35]. S obzirom na to da pseudoriječi ne mogu imati semantičku reprezentaciju, prema modelu DRC pseudoriječi mogu biti pročitane isključivo koristeći se indirektnim grafo-fonološkim putem [35]. Fonološki sustav modela čitanja DRC aktiviran je čitanjem riječi i

pseudoriječi [35]. Međutim, kako direktni semantički put ne može imati izlaz za pseudoriječi, fonološki sustav indirektnog grafo-fonološkog puta ima produženo vrijeme fonološke obrade pseudoriječi tijekom procesa dekodiranja [35]. Proces dekodiranja čitanja riječi direktnim semantičkim putem trebao bi biti brži od dekodiranja pseudoriječi [35].

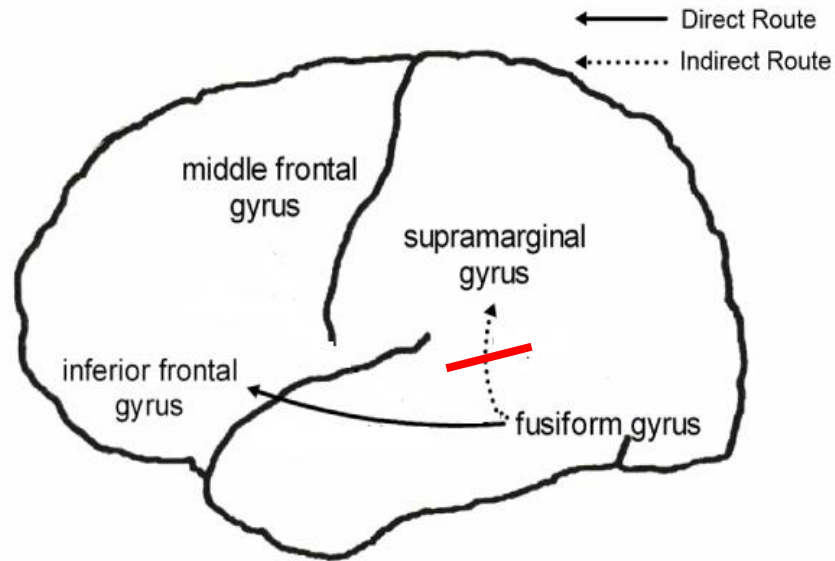
Površinska disleksija i fonološka disleksija literaturi se u najčešće objašnjavaju pomoću modela DRC [32, 35, 41]. Prema modelu DRC, u osoba s površinskom disleksijom sačuvan je indirektni grafo-fonološki put (eng. *indirect grapho-phonological route*), a poteškoće se nalaze u direktnom semantičkom putu (eng. *direct semantic route*) (Slika 2).



Slika 2. Površinska disleksija prema modelu čitanja DRC (Slika priređena i prilagođena prema Coltheart i sur. [32]).

Osobe s površinskom disleksijom imaju lošije verbalno radno pamćenje, siromašan vokabular, lošiji su u razumijevanju pročitano g teksta [30, 41]. Nemaju poteškoća sa stvaranjem trajne veze između grafema/fonema. Primjenjuju jednake strategije čitanja pravih riječi i pseudoriječi. Odlikuje ih monotono, jednolično čitanje [30, 41]. Često relativno kasno budu prepoznati kao osobe s disleksijom (krajem četvrtog razreda, prelaskom u više razrede osnovne škole).

Prema modelu DRC [32], u osoba s fonološkom disleksijom sačuvan je direktni semantički put (eng. *direct semantic route*), a poteškoće se nalaze u indirektnom grafo-fonološkom putu (eng. *indirect grapho-phonological route*) (slika 3).

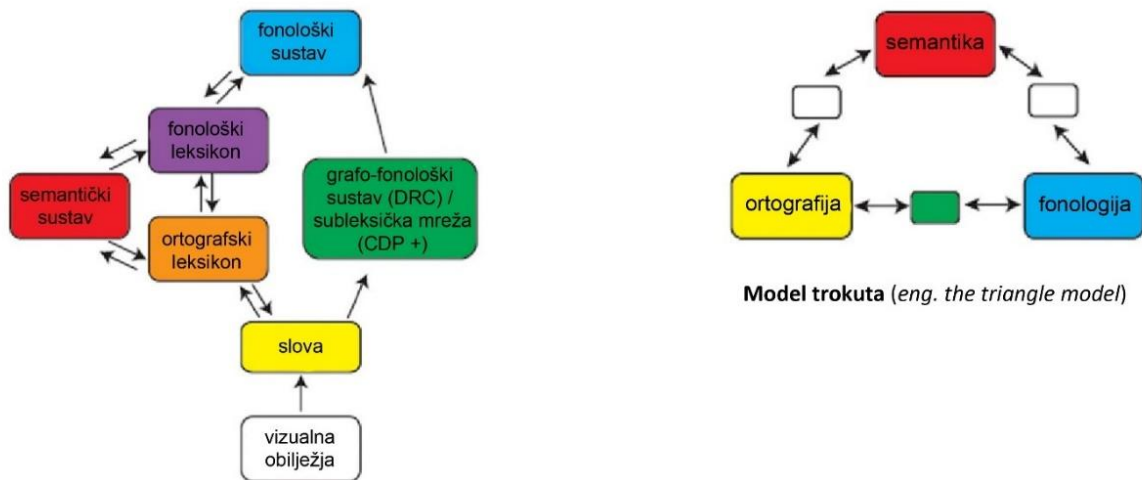


Slika 3. Fonološka disleksija prema modelu čitanja DRC (Slika priređena i prilagođena prema Coltheart i sur. [32])

Osobe s fonološkom disleksijom imaju poteškoće u stvaranju trajnih veza između grafema/fonema. Nadalje, prisutne su izražene poteškoće u ponavljanju i čitanju pseudoriječi [30, 41]. U čitanju se zamjećuju poteškoće zamjene grafema bliskih po izgledu i zvučnosti. Unatoč izraženim poteškoćama tečnog i brzog čitanja, osobe s fonološkom disleksijom imaju sačuvano razumijevanje i bogat vokabular [30, 41]. Zbog izraženih poteškoća u usvajanju čitanja u nižim razredima osnovne škole, veoma rano su prepoznate kao osobe s disleksijom.

1.1.5. Dvoprocetni model čitanja (CDP)

Prema dvoprocetnom modelu čitanja (CDP) [39], čitanje se također promatra kroz dva različita puta, direktnog semantičkog puta i indirektnog puta nazvanog „subleksička mreža“ (eng. *sublexical network*), koji je potreban u dekodiranju grafema u pripadajuće foneme. Za razliku od modela čitanja DRC [32], model čitanja CDP ima još jedan dodatni kanal, „grafemski amortizer“ (eng. *graphemic buffer*), koji je potreban u čitanju manje učestalih, artikulacijski zahtjevnih riječi, riječi sa složenim fonemskim varijantama [35]. Pretpostavlja se da je dvoprocetni model čitanja (CDP) više zastupljen u čitanju manje učestalih riječi u netransparentnim jezicima (npr. engleski, francuski) [35]. Model čitanja CDP nije usko vezan za pojedinačne korespondencije grafema i fonema [35]. Direktni semantički put modela CDP omogućava čitanje učestalih, pravilnih i nepravilnih riječi. Indirektna „subleksička mreža“ modela čitanja CDP ima ulogu moderatora ortografsko-fonemske dosljednosti te omogućava da se lako automatizira čitanje riječi koje sadržavaju npr. otvornik *a* u sredini u engleskim riječima (eng. *hat – šešir, cat – mačka*) ili nauče pravila čitanja riječi koje sadrže otvornik *a* u sredini nakon kojeg slijedi „*ll*“ u engleskim riječima (eng. *tall – visok, ball – balon*). Nadalje, „subleksička mreža“ potrebna je za čitanje pseudoriječi u kojima odgovarajući grafem može imati više fonemskih varijanti izgovora te nije moguće primijeniti naučena pravila čitanja riječi koje sadrže uobičajene grafo-fonemske dosljednosti [35]. Tijekom čitanja riječi za koje čitatelj u prvom trenutku nije siguran radi li se o pravoj riječi, nepravilnoj ili pseudoriječi paralelno se aktiviraju oba puta, direktni semantički put i „indirektna subleksička mreža“. Ukoliko proces čitanja odgovarajuće riječi nije mogao biti dovršen na razini direktnog i indirektnog puta, utoliko se čitanje završava u dodatnom kanalu, međuspremniku fonološkog izlaza „grafemskom amortizeru“, koji dodatno analizira fonemska i ortografska obilježja riječi koje se slično pišu, a različito izgovaraju, kao i grafo-fonološka obilježja svih riječi, nepravilnih riječi i pseudoriječi (Slika 4) [35].



Dvostruki model kaskadnog čitanja (eng. *the dual-route cascaded model of reading aloud, DRC*)

Dvoprocetni model čitanja na glas (eng. *the connectionist dual-process model of reading aloud, CDP*)

Slika 4. Bihevioralni modeli čitanja (slika preuzeta i prilagođena prema izvornoj slici iz Taylor i sur. [35])

1.1.6. Model trokuta

Za razliku od modela čitanja DRC [32], prema modelu trokuta (eng. *Triangle model*) [40], proces čitanja nikad se ne odvija čitanjem cijele riječi kao što je bilo moguće u modelu DRC tijekom čitanja poznatih riječi direktnim semantičkim putem [32]. Ortografska i fonemska obilježja riječi i pseudoriječi prikazuju se preko zajedničkog skupa ortografskih i fonoloških jedinica koje se zasebno analiziraju (Slika 4). Čitanju riječi i pseudoriječi pristupa se „stupnjevito“ umjesto direktnom podjelom čitanja na dva zasebna puta (direktnog i indirektnog) kao što je ranije bilo objašnjeno u modelima čitanja DRC [32] i CDP [39]. Model trokuta [40] objašnjava čitanje kao vezu između ortografije i fonologije putem koje se dolazi do razumijevanja (semantike) te drugog načina koji promatra čitanje kao vezu fonologije i semantike [35]. Nadalje, ortografsko-fonološka veza u modelu trokuta [40] iznimno je osjetljiva na kontekst te se vodi računa o tome koliko se neko slovo često izgovara na određeni način s obzirom na druga slova koja ga okružuju [35]. Osim kvantitativnog udjela zastupljenosti odgovarajućeg grafema/fonema u riječi, važniji je podatak

dosljednost izgovora neke riječi s drugim riječima koje se slično pišu [35]. Dosljednost izgovora neke riječi najčešće se određuje prema broju suglasnika i samoglasnika u riječima te njihovu međusobnom položaju u riječima [35]. Modelom trokuta [40] mogu se kodirati različite varijante izgovora riječi koje se isto pišu (ortografija), ali različito izgovaraju (fonologija). Pretpostavlja se da ortografski slične pseudoriječi aktiviraju semantičku reprezentaciju izvorne riječi kojoj je pseudoriječ najbližija [35]. Prave riječi uvijek će aktivirati semantički sustav, a aktivacija će semantičkog sustava pseudoriječima ovisiti o svojstvima riječi kojima su pseudoriječi najbližije [35]. S obzirom na to da je semantička obrada zahtjevnija, očekuje se veća neuralna aktivnost u semantičkim regijama na zadacima čitanja manje učestalih riječi, a manja neuralna aktivnost na zadacima čitanja učestalih riječi [35].

1.2. DIJAGNOSTIČKI POSTUPCI I OTKRIVANJE DISLEKSIIJE

1.2.1. Standardizirani bihevioralni testovi u dijagnostici disleksije u europskim zemljama i svijetu

Bihevioralni testovi ispituju kognitivne mehanizme uključene u proces čitanja i imenovanja. Testovima se najčešće ispituje fonološka svjesnost (eng. *phonological awareness*), brzo automatizirano imenovanje (eng. *rapid automatized naming*) te brzina, točnost i razumijevanje čitanja [4, 9, 10]. U većini zemalja svijeta razvijeni su standardizirani bihevioralni testovi za procjenu disleksije u djece školske dobi [42]. Međutim, testovi za potvrđivanje disleksije u odrasloj dobi još su uvijek u manjini u većini zemalja [43]. Pretpostavlja se da postignuće na testovima brzog automatiziranog imenovanja može biti značajan prediktor razvoja čitanja u transparentnim jezicima [44, 45], a postignuće se na testovima fonološke svjesnosti smatra najjačim prediktorom vještina dekodiranja u različitim jezičnim sustavima (transparentnim, netransparentnim, logografskim) [46]. Postavljanju dijagnoze pristupa se multidisciplinarno uvažavajući rezultate psihologijskog testiranja, liječničke procjene i opsežne logopedске dijagnostike [3]. Prema *Dijagnostičkom i statističkom priručniku za mentalne poremećaje*, DSM-V (eng. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders DSM-V*) [3] za standardiziranu procjenu potrebna je -1,5 standardna devijacija ispod prosjeka koja se smatra preporučenom *dijagnostičkom sigurnošću* za specifične teškoće učenja [3]. Međutim, logopedu se dopušta procjena za -1 standardnu devijaciju ispod prosjeka s drugim dokazima koji bi upućivali na dijagnozu specifičnih teškoća učenja (npr. disleksije, disgrafije, diskalkulije) [3]. Razlike su prisutne u odnosu na stopu prevalencije te se uočavaju nešto niže stope učestalosti disleksije u transparentnijim jezicima [47]. Standardizirane bihevioralne testove koji se primjenjuju u dijagnostici disleksije možemo podijeliti na testove koji ispituju rani razvoj čitanja i prediktore disleksije [48], standardizirane testove čitanja i imenovanja u dijagnostici disleksije djece [42, 48] te standardizirane testove čitanja i imenovanja u dijagnostici disleksije u odraslih osoba [48, 49]. u djece i mlađih odraslih osoba s disleksijom u SAD-u i UK-u u dijagnostici disleksije najčešće se primjenjuje Greyov test čitanja naglas (eng. *Gray oral reading test, GORT-5*) [50], test

razumijevanja fonološke obrade (eng. *Comprehensive test of phonological processing, CTOPP-2*) [51] i Woodcockov napredni test čitanja (eng. *Woodcock reading mastery test, WRMT-III*) [52].

Greyov test čitanja naglas (GORT-5) individualni je test procjene čitanja naglas u djece, adolescenata i mladih odraslih osoba 6 do 11 godina [50]. Sadržava dva ekvivalentna obrasca: Obrazac A i Obrazac B. Svaki od obrazaca sadržava 16 razvojno odabranih odlomaka za čitanje s pet pitanja za razumijevanje pročitano g teksta. Nadalje, omogućuje rezultate brzine, točnosti i tečnosti čitanja te razumijevanje i indeks usmenog čitanja (kompozit tečnosti i razumijevanja). U testu je stručnjacima koji sudjeluju u dijagnostičkom procesu omogućen izborni sustav analize pogrešaka za analizu pogrešaka u čitanju i prilagodbu intervencija specifičnim potrebama učenika [50].

Test razumijevanja fonološke obrade (CTOPP-2) sadržava dvanaest podtestova s uključenim dodatnim testovima za procjenu specifičnih fonoloških snaga i slabosti. Primjenjuje se u dvije dobne razine: 4 – 6 godina i 7 – 24 godine [51]. Sadržava pet razina koje se ispituju:

1. zadatci fonološke svjesnosti (eng. *Phonological awareness component scores, PACS*) kojima se ispituje fonološka svjesnost i pristup fonološkim strukturama usmenog govora
2. zadatci fonološke memorije (eng. *Phonological memory component scores, PMCS*) kojima se ispituje mogućnost fonološkog kodiranja informacije trenutačno pohranjene u kratkotrajnom pamćenju
3. brzo imenovanje simbola (eng. *The rapid symbolic naming composite score, RSNCS*) mjeri sposobnost uključivanja učinkovitog pronalaženja fonoloških informacija iz dugoročne ili trajne memorije i brzog i opetovanog izvršavanja niza operacija
4. brzo imenovanje nesimbola (eng. *Rapid non-symbolic naming composite score, RNNCS*) mjeri sposobnost uključivanja učinkovitog pronalaženja fonoloških informacija iz dugoročne ili trajne memorije i izvršavanja slijeda operacija brzo i opetovano imenovanjem objekata i boja
5. alternativna fonološka svijest (eng. *The alternate phonological awareness composite score APACS*) alternativni je alat za mjerenje fonološke svijesti dostupan samo za osobe od 7 do

24 godine; APACS mjeri fonološku svijest isključivo s neriječima, pamćenjem, kao i sposobnošću brzog i opetovanog izvršavanja niza operacija.

Woodcockov napredni test čitanja (WRMT-III) mjeri fonološku svijest, fonemsku svjesnost, vokabular, tečnost čitanja i razumijevanje teksta. Individualno se primjenjuje u djece, odraslih i adolescenata od 4 – 6 do 7 – 11 godina [52].

U Španjolskoj se u dijagnostici disleksije primjenjuju testovi Prolec R, Proesc, Prolec SE i Tale [48]. Prolec R ispituje čitanje i razumijevanje djece, a Prolec SE ispituje kognitivne procese i sposobnost čitanja učenika od 12 do 18 godina govornika španjolskog jezika [48]. Testom Proesc vrednuje se poznavanje pravopisnih pravila, interpunkcijskih znakova, poznavanje pravopisa i razumijevanje pročitano teksta učenika nižih razreda osnovne škole govornika španjolskog jezika [48]. Nadalje, test Tale upotrebljava se u procjeni djetetove razine vještine čitanja naglas, razumijevanja i vještina rukopisa i otkrivanju specifičnih teškoća u čitanju i pisanju u španjolskom jeziku [48].

U netransparentnim jezicima (norveški, švedski) i transparentnom jeziku (njemački) u dijagnostici disleksije upotrebljava se test Lireate/Dysmate [48]. Test Lireate/Dysmate probirni je test za otkrivanje poteškoća čitanja i pisanja u djece, mladih i odraslih [48]. Upotrebljava se u testiranju fonoloških sposobnosti, verbalnog radnog pamćenja i brzine obrade govorno-jezičnih informacija. Može se provoditi individualno ili grupno [48]. Osim prethodno spomenutog testa, test Lireate/Dysmate [48], jedan od najčešće korištenih testova u dijagnostici disleksije u Norveškoj jest test Logos [48]. Test Logos upotrebljava se za procjenu sposobnosti čitanja i dijagnosticiranje disleksije u učenika i studenata govornika norveškog jezika. Ima tri dijela od kojih je svaki prilagođen dobi i području koje se ispituje [48].

Nadalje, u procjeni čitanja često se upotrebljavaju standardizirani testovi brzog čitanja riječi i pseudoriječi u djece i odraslih koji još uvijek predstavljaju zlatni standard brzog razlikovanja čitanja djece s disleksijom [53], odraslih osoba s disleksijom [43] u odnosu na kontrolne ispitanike. Jednominutni test čitanja riječi i jednominutni test čitanja pseudoriječi primjenjuje se u Ujedinjenom Kraljevstvu [53]. Norme su razvijene za primjenu u engleskom govornom području [53] djece u dobi od 6. godine do 2. razreda osnovne škole. Od ispitanika se traži da čitaju naglas riječi i pseudoriječi koje variraju po složenosti [53]. Rezultat predstavlja broj točno pročitanih

riječi i pseudoriječi u jednoj minuti [53]. U Njemačkoj se primjenjuje test čitanja Klepel-R [54]. Od ispitanika se traži da čitaju naglas pseudoriječi, čija složenost varira po težini. Mjeri broj točno pročitanih pseudoriječi naglas u dvije minute. Razvijene su norme za djecu i mlađe osobe od 7 do 14 godina [54].

Odnedavno se u Ujedinjenom Kraljevstvu primjenjuje i test za disleksiju (eng. *Test for dyslexia TOD*) [55] u djece i odraslih s disleksijom, koji sadržava tri podtesta: TOD trijažni test za procjenu disleksije (eng. *TOD-Screener, TOD-S*), TOD test koji ispituje razumijevanje (eng. *TOD-Comprehensive, TOD-C*) i TOD test za ranu procjenu disleksije (eng. *TOD-Early, TOD-E*) [55].

TOD trijažni test za procjenu disleksije, TOD-S [55], primjenjuje se individualno ili grupno od 5,0 godina do 89,11 godina u papirnoj ili digitalnoj verziji. TOD-S ispituje receptivni rječnik, prepoznavanje slova i riječi, tečnost čitanja djece i odraslih govornika engleskog jezika.

TOD test razumijevanja, TOD-C [55], primjenjuje se individualno u papirnoj ili digitalnoj verziji od 6,0 godina do 89,11 godina u djece i odraslih govornika engleskog jezika. TOD-C sadržava 23 subtesta kojima se ispituje: slikovni rječnik, prepoznavanje slova i riječi, tečnost čitanja pitanja, fonološka svjesnost, nepravilan pravopis riječi, brzo imenovanje slova, čitanje pseudoriječi, odabir uzorka riječi, pamćenje riječi, slikovne analogije, nepravilno čitanje riječi, učinkovitost čitanja naglas, učinkovitost čitanja u sebi, brzo imenovanje brojeva i slova, imenovanje, pamćenje slova, brzo čitanje pseudoriječi, brzo čitanje nepravilnih riječi, auditivno prepoznavanje simbola, auditivni rječnik, geometrijske analogije.

TOD test za ranu procjenu disleksije, TOD-E [55], primjenjuje se individualno ili grupno od 5,0 godina do 9,3 godina. TOD-E sadržava devet subtestova kojima se ispituje: vizualno dekodiranje slova i riječi, tečnost čitanja riječi, auditivno i vizualno dekodiranje pseudoriječi, prepoznavanje rime, rano brzo imenovanje brojeva i slova, rana glasovna raščlamba, prepoznavanje grafema/fonema.

Studija Tambour i sur. [43] također je dala svoj doprinos razvijanju baterije testova za procjenu disleksije u odraslih u nizozemskom jeziku. Višestruki dijagnostički digitalni test procjene

disleksije u odraslih osoba (eng. *The multiple diagnostic digital dyslexia test for adults* (MDDDT-A) sadržava dvanaest subtestova koji ispituju:

1. Diktat nizozemskih rečenica (eng. *Dutch dictation*): diktat sadržava deset rečenica koje variraju jezičnom i pravopisnom složenošću. Od ispitanika se traži da na računalu pišu rečenice koje su im auditivno prezentirane pomoću slušalica za uši. U ovom zadatku nema vremenskog ograničenja.
2. Diktat engleskih rečenica (eng. *English dictation*): diktat sadržava deset rečenica. Rečenice su jednom predstavljene auditivnim putem, jednom vizualnim putem na ekranu računala, ali bez zadnjih dviju riječi u vizualnom modalitetu. Od ispitanika se traži da na računalu napišu riječi koje su bile izostavljene u vizualnom modalitetu.
3. Nepotpune rečenice (eng. *Missing letters*): test sadržava deset rečenica na nizozemskom jeziku koje su jednom auditivno prezentirane preko slušalica, a jednom vizualno na ekranu računala te je u dvjema težim riječima izostavljeno nekoliko slova. Od ispitanika se traži da u ciljnim riječima na računalu utipkaju slova koja nedostaju. Nema vremenskog ograničenja u obavljanju zadatka.
4. Pseudoriječi (eng. *Pseudowords*): test se sastoji od 30 pseudoriječi koje su auditivno prezentirane preko slušalica, a zatim vizualno prezentirane na ekranu računala u točnom ili netočnom obliku. Od ispitanika se traži da prepoznaju je li vizualno prikazana pseudoriječ ispravno napisana u odnosu na pseudoriječ koju su auditivno čuli.
5. Brisanje fonema (eng. *Phoneme deletion task*): test sadržava 20 teških nizozemskih riječi. Riječi su ispitanicima auditivno prezentirane preko slušalica manipulirajući njima na razini izgovora, dodavanjem ili brisanjem fonema. Svaka je riječ na ekranu računala prikazana tri puta u trima različitim varijantama. Od ispitanika se traži da vizualno prepoznaju riječ koja im je auditivno prezentirana.

6. Spajanje riječi (eng. *spoonerism*): test sadržava 20 riječi koje mogu nastati spajanjem dviju postojećih manjih riječi, a koji također dopušta spoj od drugih dviju postojećih riječi ako im se prva slova zamijene. Izvorna je riječ ispitanicima jednom auditivno prezentirana preko slušalica, a zatim se traži da novonastale riječi (npr. eng. *jelly beans-belly jeans*) napišu na računalu. U tom zadatku postoji vremensko ograničenje od petnaestak sekundi po riječi.
7. Vizualno dekodiranje riječi (eng. *Incorrect Spelling*): test se sastoji od 40 nizozemskih riječi koje su ispitaniku vizualno prezentirane na ekranu računala u trajanju od 50 ms. Polovica riječi točno je napisana, a preostala je polovica netočno napisana. Od ispitanika se traži da pritiskom tipke na računalu odluče jesu li riječi ispravno ili netočno napisane. Ne postoji vremensko ograničenje u tom zadatku.
8. Nizozemsko-engleski parovi rimovanih riječi (eng. *Dutch-English rhyme words*): test sadržava 40 parova nizozemsko-engleskih riječi. Prikazuju se na zaslonu računala u trajanju od dviju sekunda na lijevoj strani engleske riječi, a na desnoj nizozemske. Nizozemske i engleske riječi dijele vizualna obilježja u nekim riječima kao i slušna obilježja u nekim riječima. Od ispitanika se traži da odluče rimuju li se ili ne rimuju parovi vizualno prezentiranih nizozemsko-engleskih riječi.
9. Red riječi (eng. *Letter order*): test sadržava 20 rečenica na nizozemskom jeziku. Riječi u rečenicama postaju složenije prema kraju teksta. Od ispitanika se traži da na računalu napišu rečenice sa svim točno napisanim riječima. U tom zadatku postoji vremensko ograničenje od pet minuta.
10. Brojanje slova (eng. *Counting letters*): tim testom procjenjuje se globalno čitanje na dvjema rečenicama. Od ispitanika se traži da prebroje koliko se puta neko slovo pojavilo u dvjema rečenicama. Postoji vremensko ograničenje od oko 12 s po rečenici.
11. Test kratkotrajnog pamćenja unaprijed (eng. *Short-term memory test forward*) test je koji procjenjuje broj znamenaka koje osoba može zapamtiti i prisjetiti ih se. Postoje 24 serije

pamćenja znamenaka, na računalo šest znamenaka mora biti upisano ispravnim redoslijedom. U tom testu ne postoji vremensko ograničenje.

12. Test kratkotrajnog pamćenja unazad (eng. *Short-term memory test backward*) istovjetan je prethodnom testu, samo što procjenjuje pamćenje i prisjećanje znamenaka obrnutim redoslijedom.

1.2.2. Standardizirani bihevioralni testovi u dijagnostici disleksije u Hrvatskoj

Što se tiče procjene disleksije djece s prediktorima razvoja disleksije i djece školske dobi, Hrvatska slijedi europske i svjetske trendove te se čini da razvoj standardiziranih testova za procjenu disleksije u hrvatskom jeziku ide uzlaznom putanjom [48, 56]. U Hrvatskoj se trenutačno u dijagnostici disleksije u djece primjenjuje Wechslerov test inteligencije za djecu – WISC-IV-HR [56], test za procjenjivanje predvještina čitanja i pisanja – PredČiP-R [56], test razumijevanja gramatike – TROG-2:HR [56], Peabody slikovni test rječnika u djece i odraslih – PPVT-III-HR [56], Illinois test psiholingvističkih sposobnosti – ITPA [48] te dijagnostički komplet za ispitivanje sposobnosti govora, jezika, čitanja i pisanja u djece [57]. U odraslih se osoba u dijagnostici disleksije primjenjuje Wechslerov test inteligencije za odrasle – WAIS-IV-HR [56], Kognitivni neverbalni test – KNT [56] i Peabody slikovni test rječnika – PPVT-III-HR [56]. Nažalost, još uvijek nisu razvijeni standardizirani testovi procjene čitanja riječi, pseudoriječi, razumijevanja u odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika u hrvatskom jeziku [48].

U nastavku će biti opisani neki od bihevioralnih testova koji se primjenjuju u dijagnostici disleksije u djece predškolske i školske dobi u hrvatskom jeziku.

Test za procjenjivanje predvještina čitanja i pisanja – PredČiP-R mjeri djetetovu jezičnu spremnost za ovladavanje početnim čitanjem i pisanjem. Test je trijažni te se primjenjuje u djece školskih obveznika od 6. godine [56]. Testom se mjeri brzo imenovanje, fonološka svjesnost, slogovna svjesnost, uočavanje rime i proizvodnja rime, poznavanje slova, ponavljanje lažnih riječi i rečenica, pripovijedanje. Nadalje, također se procjenjuje i vizualna percepcija na zadacima prepoznavanja i precrtavanja [56].

Test razumijevanja gramatike – TROG-2:HR receptivni je jezični test kojim se procjenjuje razumijevanje hrvatske gramatike s obzirom na fleksiju, funkcionalne riječi i redosljed riječi u rečenici. TROG-2:HR sadržava 80 ispitnih čestica, od čega se svaka čestica sastoji od rečenice i četiri ponuđene slike. Od ispitanika se traži da prstom pokaže sliku koja odgovara značenju izgovorene rečenice. Primjenjuje se u dobi od 4 do 15 godina [56].

Peabody slikovni test rječnika – PPVT-III-HR mjeri verbalnu sposobnost i receptivno poznavanje rječnika u djece i odraslih u dobi od 2,5 do iznad 90 godina [56]. Provodi se individualno. PPVT-III-HR sadrži četiri zadatka za uvježbavanje i 17 setova po 12 zadataka. Od ispitanika se traži da odabere sliku koja najviše odgovara značenju riječi koju je ispitivač izgovorio. Između ostalog, može se upotrebljavati i kao trijažni test prilikom procjene nadarenosti, zaostalosti ili mjere poznavanja stranog jezika ako se primjenjuje na jeziku koji nije materinski jezik ispitivane osobe [56].

Illinois test psiholingvističkih sposobnosti – ITPA ispituje specifične informacije o obradi djetetova usmenog i pisanog jezika te je koristan u prepoznavanju jakih i slabih strana jezičnih sposobnosti. U Hrvatskoj se ovaj test primjenjuje u kliničkoj praksi, no još uvijek nije standardiziran [48,58]. Sadržava 12 subtestova kojima se ispituje:

- 1. Govorne analogije:** Ispitivač izgovara rečenicu u kojoj nedostaje jedan dio. Od djeteta se traži da usmeno dopuni dio koji nedostaje. Npr. „Ptice lete, ribe _____.“
- 2. Govorni rječnik:** Ispitivač izgovara riječ koja je u atributnom odnosu s nekom imenicom. Npr. ispitivač može reći: „Razmišljam o nečem s krovom.“, na što bi dijete moglo odgovoriti „Kuća.“
- 3. Morfološki završetak:** Ispitivač izgovara usmeni upit bez posljednjeg dijela. Na primjer, ispitivač kaže „Veliki, veći, ____.“, a dijete dovršava frazu izgovarajući dio koji nedostaje, „Najveći.“
- 4. Sintaktičke rečenice:** Ispitivač izgovara rečenicu koja je sintaktički ispravna, ali semantički besmislena (npr. „Crveno cvijeće je pametno“). Dijete ponavlja besmislenu rečenicu onako kako je čuje bez ispravljanja.
- 5. Brisanje glasa:** Ispitivač traži od djeteta da izbriše riječi, slogove i njihove foneme iz izgovorenih riječi. Na primjer, ispitivač može tražiti od učenika da kaže *vrata* bez *a*.

6. **Rimovani nizovi:** Ispitivač izgovara nizove riječi koje se rimuju i koje se povećavaju, a dijete ih ponavlja (npr. *lovac, novac, konac*).
7. **Redoslijed rečenica:** Dijete tiho čita niz rečenica, a zatim ih slaže u slijed kako bi oblikovali uvjerljiv odlomak. Na primjer, ako bi sljedeće tri rečenice (A. Idem u školu. B. Ustajem. C. Oblačim se.) bile preuređene u redoslijed B, C, A, imale bi smisla.
8. **Pisani vokabular:** Nakon čitanja pridjeva (npr. *Razbijeno ____*) dijete odgovara pisanjem imenice koja je usko povezana s poticajnom riječi (npr. *vaza* ili *ogledalo*).
9. **Vizualno dekodiranje:** dijete čita popis riječi koji sadržava nepravilne dijelove.
10. **Usmeno dekodiranje:** dijete je angažirano zadatkom čitanja naglas uobičajenih imena izmišljenih životinjskih stvorenja (npr. *Ivo, Marko*).
11. **Pismeno dekodiranje:** ispitivač naglas čita riječi s popisa u kojima nedostaje jedan grafem ili više njih. Od djeteta se traži da u popisu riječi dopuni grafeme koji nedostaju. Npr. u riječi *stol, s_ol* treba upisati grafem *t*.
12. **Pisanje pseudohomofona:** Ispitivač naglas čita fonološki pravilne, ali besmislene riječi ili rečenice. Od djeteta se traži da napiše izgovorenu riječ ili dio koji nedostaje.

Dijagnostički komplet za ispitivanje sposobnosti govora, jezika, čitanja i pisanja u djece [57] sadržava subtestove kojima se ciljano ispituju govorno-jezične sposobnosti djece i mlađih osoba. Subtestovi koji ispituju čitanje sadržavaju čestice za uvježbavanje i ispitne čestice. Od ispitanika se traži da čitaju popise slogova koje variraju po složenosti, popise jednosložnih, dvosložnih i višesložnih riječi. Nadalje, tečnost i točnost čitanja procjenjuje se čitanjem teksta naglas primjerenog dobi ispitanika, a razumijevanje čitanjem teksta u sebi. U kvantitativnoj procjeni čitanja se procjenjuje broj točno pročitanih riječi u minuti te odgovarajući postotak pogrešaka. U kvalitativnoj analizi pogrešaka čitanja vrednuje se brojnost i vrsta specifičnih pogrešaka (npr. dvostruko čitanje u sebi, zamjene vizualno bliskih grafema/fonema *b* i *d*, *a* i *e*, preskakanje linije zadanog retka) [57].

Unatoč tome što postoje brojni individualni standardizirani testovi u dijagnostici disleksije prethodno spomenuti i opisani [53, 54], još uvijek nedostaje standardiziranih baterija testova za sveobuhvatnu procjenu disleksije u transparentnim i netransparentnim jezicima, osobito testova za procjenu disleksije u odrasloj dobi [48].

1.2.3. Primjena tehnologije praćenja pokreta očiju u istraživanju čitanja u osoba s disleksijom

U istraživanju procesa čitanja osoba s disleksijom često se upotrebljava tehnika praćenja pokreta očiju (eng. *eye-tracking*), koja pruža objektivni pogled na proces čitanja te se smatra neovisnom tehnikom jer osoba koja čita vizualno prezentirani tekst na zaslonu računala ne mora biti uključena u dodatni specifični zadatak [59]. Da bi osoba mogla tečno čitati, potrebna je dobra kontrola pokreta očiju [60]. Tijekom čitanja, središnji neuralni sustav procesom binokularne koordinacije upravlja radom obaju oka, pokretima koji se usmjeravaju vodoravno u smjeru teksta (ulijevo), okomito/ili ukoso prelaskom u novi red nizom sakada (brzih pokreta očiju) koji usmjeravaju čitatelja na riječ koju treba fiksirati [60]. Fiksiranje usmjerenog pogleda na ciljnoj riječi između sakada zove se fiksacija [60]. Velik broj studija provedenih na netransparentnim [61–64] i transparentnim jezicima [65–68] istraživao je razlike u brzini pokreta očiju osoba s disleksijom (odrasli i djeca) u odnosu na kontrolne ispitanike [69]. Dio studija bio je posvećen istraživanju razlika u broju i brzini fiksacija [67], broju sakada [66] i binokularnoj kontroli [64, 66]. U studijama provedenim na netransparentnim jezicima (francuskom) [62, 63] i engleskom jeziku [63] pronađena je lošija binokularna koordinacija u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike tijekom zadatka čitanja teksta u sebi. Nadalje, Bucci i sur. [63] pronašli su lošu binokularnu koordinaciju sakada djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike izvorne govornike francuskog jezika u zadatku čitanja riječi u sebi i zadatku koji je uključivao vizualnu pretragu i brojanje slova *r* koje se pojavilo u tekstu. u kontrolnih ispitanika pronađen je mali broj fiksacija i kratko trajanje fiksacija u zadatku čitanja u sebi u odnosu na zadatak vizualnog pretraživanja slova *r* [63]. Nadalje, Kirby i sur. [64] istraživali su binokularnu koordinaciju tijekom čitanja rečenica u sebi i vizualnog skeniranja točaka prikazanih na ekranu računala u ispitanika s disleksijom (odrasli i djeca) u odnosu na kontrolne ispitanike izvorne govornike engleskog jezika. Značajne razlike u povećanju broja fiksacija pronađene su u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike u zadatku čitanja rečenica u sebi [64]. Klosinsky i sur. [65] pronašli su atipične obrasce pokreta očiju tijekom zadatka čitanja riječi u sebi, ali ne i imenovanja slika u sebi u mlađih osoba s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike izvorne govornike njemačkog jezika. U transparentnoj studiji de Luca i sur. [66] pronašli su da su djeca s disleksijom izvorni govornici talijanskog jezika češće i manje pokazivala desno sakade te su imala duže vrijeme fiksacije tijekom

čitanja kratkih odlomaka u sebi u odnosu na kontrolne ispitanike. Hatzidaki i sur. [70] istraživali su utjecaj učinka disleksije na različite procesne i kognitivne funkcije djece s disleksijom u grčkom jeziku te zaključili da djeca s disleksijom proizvode više fiksacija koje duže traju tijekom čitanja teksta u sebi, a u zadacima vizualnog pretraživanja pokazuju isti uzorak pokreta očiju kao i kontrolni ispitanici [70]. Nadalje, Smyrnakis i sur. [71] u studiji provedenoj na transparentnom jeziku (grčkom) pridonijeli su boljem razumijevanju čitanja u sebi i naglas u osoba s disleksijom (odrasli i djeca) u odnosu na kontrolne ispitanike koristeći se metodologijom brzih pokreta očiju. Osobe s disleksijom (odrasli i djeca) imali su bolje parametre čitanja u zadatku čitanja naglas u odnosu na kontrolne ispitanike [71] za razliku od kontrolnih ispitanika čiji su parametri čitanja bili bolji u zadatku čitanja u sebi [71]. Čini se da se parametri pokreta očiju poboljšavaju s godinama te da se i u osoba s disleksijom (odrasli i djeca) preferencija čitanja od glasnog pomiče prema tihom čitanju u skladu s dobi [71]. Hyona i sur. [61] u studiji provedenoj na netransparentnom jeziku (finski) nisu uspjeli pokazati statistički značajne razlike u čitanju teksta naglas zasićena s učestalim i manje učestalim riječima u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike izvorne govornike finskog jezika [61]. u obiju skupina ispitanika uočen je veći broj fiksacija prilikom čitanja dužih riječi i manje učestalih riječi naglas, u odnosu na čitanje poznatijih i učestalijih riječi u odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika govornika finskog jezika [61]. U posljednje vrijeme raste interes za provedbu istraživanja koje kombiniraju elektroencefalografiju (eng. *electroencephalography*, EEG) i evocirane potencijale povezane s događajem (eng. *evoked related potentials*, ERP) s metodologijom istraživanja pokreta očiju u netransparentnim jezicima [72] i transparentnim jezicima [73] u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike na zadacima čitanja i imenovanja u sebi i naglas. Christoforou i sur. [72] metodom EEG-a i praćenja pokreta očiju istraživali su elektrofiziološki odgovor djece s disleksijom (govornika finskog jezika) u odnosu na kontrolne ispitanike na zadatku brzog automatiziranog imenovanja slova naglas. Parovi slova upotrijebljeni u studiji bili su fonološki slični ili fonološki različiti, vizualno slični ili vizualno različiti [72]. Pronađene su statistički značajne razlike u amplitudama električnog fiksacijskog povezanog potencijala (eng. *fixated related potential FRP*) u zadatku brzog automatiziranog imenovanja naglas fonološki sličnih i fonološki različitih slova prezentiranih na ekranu računala u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [72]. Razlike u amplitudama električnog potencijala FRP nisu uočene u zadatku brzoga automatiziranog imenovanja naglas vizualno sličnih i vizualno različitih slova u

djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [72]. Nadalje, Jakovljević i sur. [73] proučavali su utjecaj različitih boja pozadina na okulomotorne markere i elektrofiziološke odgovore na zadatku čitanja u sebi u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike izvorne govornike srpskog jezika. u djece s disleksijom pronađeni su abnormalni okulomotorni uzorci i više vrijednosti beta-valova (između 15 i 40 Hz) u odnosu na kontrolne ispitanike u zadatku čitanja u sebi na ljubičastoj pozadini [73]. Jakovljević i sur. [73] pokazali su da su djeca s disleksijom imala više fiksacija i sakada tijekom čitanja u sebi na bijeloj i obojenoj pozadini. Nadalje, utvrđeno je da su djeca s disleksijom bila najbrža u zadatku čitanja u sebi ako je pozadina bila tirkizne ili žute boje [73]. U budućnosti bi trebalo nastaviti istraživati specifičnosti procesa čitanja i imenovanja u sebi i naglas osoba s disleksijom (odrasli i djeca) upotrebljavajući EEG i brze pokrete očiju s ciljem što boljeg razumijevanja specifičnih procesa čitanja i imenovanja osoba s disleksijom koje se osim u istraživačke svrhe mogu primjenjivati i u dijagnostičke svrhe [59, 72, 74].

1.2.4. Primjena EEG/ERP metodologije u dijagnostici disleksije

U posljednje vrijeme počeo je rasti interes za primjenu EEG/ERP metodologije u istraživanju elektrofizioloških markera disleksije [75–77]. S obzirom na individualne razlike osoba s disleksijom te različitost bihevioralnih standardiziranih testova koji su još uvijek deficitarni u velikom broju zemalja [48], primjena EEG/ERP metodologije istraživačima pruža nove dijagnostičke metode te planiranje terapijskih postupaka sukladno EEG/ERP nalazima [75–77]. Prije nekoliko godina ERP istraživanja čitanja i imenovanja naglas bila su u manjini [78]. Istraživači su smatrali da mišićni artefakti tijekom govora naglas mogu pridonijeti lošijem signalu, te nepovoljnom omjeru šuma i signala koji bi mogao utjecati na ishod elektrofizioloških mjerenja [78]. Napretkom tehnologije te sofisticiranih programa za obradu EEG signala [79] raste sve veći interes za istraživanje čitanja i imenovanja naglas [78] znajući da se procesi čitanja i imenovanja u sebi mogu razlikovati od procesa čitanja i imenovanja naglas [78]. U EEG/ERP dijagnostici znanstvena istraživanja proučavaju razlike u amplitudi električnih valova osoba s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike, razlike u fazi sinkronizacije/desinkronizacije električnih valova, vremenske razlike na zadatcima čitanja, imenovanja itd. primjenom dizajna čitanja i imenovanja u sebi i naglas [69, 78].

Hernández-Vásquez i sur. [80] u svojem su preglednom radu pronašli porast amplituda delta-valova i theta-valova u osoba s disleksijom (djeca i odrasli) u odnosu na kontrolne ispitanike u frontalnom, temporalnom i parijetalnom režnju koje se povezuju s narušenom prozodijom tijekom čitanja, slogovnom svjesnosti te poteškoćama pozornosti i povezivanja vidno slušnih informacija [80]. Nadalje, smanjene amplitude alfa-valova u frontalnom, temporalnom i parijetalnom području povezuju se s poteškoćama fonološkog procesiranja [80]. Cainelli i sur. [76] u svojem su preglednom radu, koji je uključivao 49 EEG studija na djeci s disleksijom u dobi od 6 do 12 godina, pronašli razlike u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike također u teta-frekvencijama i alfa-frekvencijama tijekom EEG snimanja u mirovanju. Nadalje, ERP razlike nalaze se na lijevom temporo-parijetalnom području na zadatcima čitanja u sebi [76]. Rezultati sugeriraju da se elektrofiziološki nalazi te studije mogu rabiti kao pouzdan prediktor razvoja teškoća čitanja u djece s disleksijom. Kako u posljednje vrijeme raste popularnost personalizirane medicine usmjerene na individualne potrebe odgovarajuće skupine pojedinaca, tako se i kvantitativni EEG počeo sve više primjenjivati u dijagnostičke i terapijske svrhe u osoba s disleksijom [81]. Nove tehnike lokalizacije EEG izvora (LORETA, VARETA) omogućuju povezivanje kliničkih simptoma s mogućim disregulacijama moždanih ritmova [81]. U skladu sa svime navedenim, EEG u mirovanju, kvantitativni EEG i ERP metodologija mogu se upotrebljavati kao dodatni dijagnostički alat u istraživanju razvojnih prediktora disleksije te potvrđivanja disleksije u odrasloj dobi kada bihevioralni testovi možda nisu dovoljno osjetljivi da identificiraju razlike među skupinama [75–77]. S obzirom na to da je dijagnostika disleksije uz pomoć EEG/ERP metodologije relativno nova disciplina, još je uvijek možemo promatrati s oprezom ostavljajući prostora za nova znanstvena otkrića u tom području.

1.2.5. Primjena EEG/ERP metodologije u istraživanju osobitosti spavanja osoba s disleksijom

Neurorazvojni poremećaji obično se karakteriziraju poteškoćama spavanja (npr. poremećaj pozornosti ADHD, disleksija) [82]. Mikrostruktura spavanja ima važnu ulogu u kognitivnom funkcioniranju i sazrijevanju mozga [82]. Prema Huber i sur. [83], promjene u sazrijevanju mozga i značajki spavanja koje uključuju sporovalnu aktivnost (eng. *slow wave activity* SWA) i vretena spavanja (eng. *sleep spindles*) mogu imati ključnu ulogu oscilacija spavanja u cerebralnom razvoju. Nekoliko EEG obilježja spavanja: sporovalna aktivnost SWA, theta-aktivnost, vretena spavanja i ciklički izmjenični obrazac (eng. *cyclic alternating pattern* CAP) te brzi pokreti očiju (eng. *rapid eye movements* REM) povezuju se sa svakodnevnim funkcioniranjem u djece [84], učenjem i neuralnom plastičnošću [85,86]. Tonini i Cirelli [86] u svojem preglednom radu govore o hipotezi sinaptičke homeostaze (eng. *synaptic homeostasis hypothesis* SHY), koja zagovara tezu da je spavanje iznimno važan proces koji je potreban mozgu kako bi mogao održavati ukupnu količinu sinaptičke snage pod kontrolom. Nadalje, neki istraživači podupiru hipotezu da nepokretanje očiju u REM fazi spavanja i sporovalna aktivnost pridonose teškoćama učenja u djece s disleksijom [83,87]. Bruni i sur. [88] istraživali su arhitekturu spavanja djece s disleksijom te pronašli statistički značajne razlike u broju pomaka stadija sna po satu sna, postotku N3 i broju R razdoblja koji su bili značajno niži u djece s disleksijom u odnosu na kontrolnu skupinu ispitanika [88]. Dodatnom korelacijom CAP indeksa i kognitivno-bihevioralnih mjera, Bruno i sur. [88] pronašli su značajnu pozitivnu korelaciju CAP-a s postignućem na testovima čitanja i verbalnog IQ-a. Rezultati studije sugeriraju da u prevladavanju poteškoća u čitanju, osobe s disleksijom prekomjerno aktiviraju talamokortikalni i hipokampalni sklop za prijenos informacija između kortikalnih stražnjih i prednjih područja [88]. Uslijed pretjerane aktivacije pomoćnih frontalnih područja, pretpostavlja se da dolazi do promjena CAP stope i indeksa A1 u N3, za koje se smatra da mogu biti povezani s IQ-om i sposobnostima čitanja [88]. Reda i sur. [89] istraživali su topografiju spavanja i konsolidacijsku memoriju povezanu sa spavanjem u mlađih osoba s disleksijom i kontrolnih ispitanika. Makrostrukture i mikrostrukture spavanja uspoređene su između obju grupa na zadacima memorijskog pamćenja parova riječi koje nisu bile semantički povezane npr. *rijeka – kolač* [89]. u osoba s disleksijom pronađen je lošiji rezultat u memorijskom pamćenju semantički nepovezanih parova riječi nakon spavanja u odnosu na kontrolne ispitanike

te smanjena spora vretena spavanja u okcipito-parijetalnom i lijevom fronto-centralnom području [89]. Nadalje, Smith i sur. [90] nisu pronašli statistički značajne razlike u vretenima i SWA-u u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanika. Rezultati studije sugeriraju na odsutnost značajnih promjena koje bi mogle igrati ulogu u nesposobnosti čitanja te smanjenu ulogu vretena spavanja i sporovalnu aktivnost povezuju s integracijom vokabulara u djece s disleksijom [90]. Studije koje su istraživale spavanje u osoba s disleksijom (djeca i odrasli) još su uvijek u manjini te se pronalaze inkonzistentni rezultati [89]. U odnosu na arhitekturu spavanja, neke studije pronalaze smanjen postotak REM faze u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [88], a druge studije ne pronalaze takve rezultate [90]. Potrebno je nastaviti istraživati specifičnosti i osobitosti spavanja osoba s disleksijom (odrasli i djeca) ne samo na zadacima pamćenja koji su još uvijek u većini [89] nego na različitim tipovima kognitivnih zadataka kako bi se još više pridonijelo razumijevanju specifičnosti spavanja osoba s disleksijom i drugih neurorazvojnih poremećaja te učinka razlika u fazama spavanja na ishode učenja, pamćenja, i drugih neurokognitivnih procesa npr. čitanja, razumijevanja.

1.3. GENETSKA ISTRAŽIVANJA DISLEKSIJE

Brojna istraživanja u posljednja dva desetljeća pokušala su pridonijeti boljem razumijevanju genetskih uzroka disleksije [91]. Disleksija se češće javlja u muške populacije u odnosu na žensku te su teži oblici disleksije prisutniji također u muškoj populaciji [92]. Dokazana je pozitivna obiteljska anamneza na poteškoće čitanja ako je poteškoću imala majka ili otac, a još veći indikator budućih poteškoća čitanja bile su utvrđene poteškoće čitanja u obaju roditelja [92]. Prosječna prevalencija disleksije u obiteljima s pozitivnom obiteljskom anamnezom iznosila je 45% [93]. Nadalje, u velikoj studiji metaanalize, Andreole i sur. [94], koji su istraživali 49 studija na monozigotnim blizanačkim parovima, potvrđena je snažna genetska osnova za poteškoće čitanja [94]. Disleksija se često može pojaviti u komorbiditetu s drugim neurorazvojnim poteškoćama poput poremećaja pozornosti / hiperkinetičkog poremećaja (eng. *attention hyperactivity disorder ADHD*), poteškoćama u matematici (eng. *dyscalculia*) ili razvojnim jezičnim poremećajem (eng. *developmental language disorder*) [95, 96]. ADHD ili diskalkulija javljaju se prosječno u komorbiditetu s disleksijom u 20 – 40 % osoba [97].

Nadalje, disleksija je u još većem komorbiditetu s razvojnim jezičnim poremećajem te se pretpostavlja da će 50 – 60 % osoba koje imaju disleksiju razviti šansu da dobiju i neki oblik razvojnog jezičnog poremećaja [93]. Složeni genetski sustavi poput disleksije imaju visoku poligensku prirodu u kojoj individualni genski faktori mogu pridonijeti minimalnim razlikama u fenotipu osoba s disleksijom [91]. Nekoliko gena i genskih varijanta povezuje se s mogućom predispozicijom razvoja disleksije, međutim fenotipska i genotipska heterogenost disleksije rezultat je uzajamnog djelovanja genetskih i negenetskih čimbenika okoliša [91]. Prema rezultatima novijih istraživanja među okolišnim čimbenicima, stres se značajno izdvaja kao čimbenik koji pridonosi etiopatogenezi složenih poremećaja, poput disleksije, zbog njegovih poznatih učinaka na plastičnost i funkciju mozga, osobito u ranim razvojnim fazama koje se smatraju ključnima za neurorazvoj [97–100].

Otkriveno je nekoliko gena koji se godinama smatraju potencijalnim genskim kandidatima mogućeg uzroka disleksije, međutim još uvijek nije dovoljno jasno kako funkcionalni mehanizmi djelovanja pojedinih gena utječu na proces čitanja i imenovanja [98, 99]. DCDC2, KIAA0319, DYX1C1, ROBO1 najčešće se u literaturi povezuju s mogućim uzrokom i nastankom disleksije [98, 99]. Pretpostavlja da su navedeni geni funkcionalno povezani s cilijama (staničnim organelama), koje posreduju u brojnim procesima uključujući posredovanje pri izvanstaničnim podražajima [100, 101]. Rinne i sur. [102] otkrili su da se geni DNAAF4, DCDC2, NRSN1 povezuju s fluentnim čitanjem adolescenata i mlađih osoba s disleksijom. Kako bi se istražile različite varijante fenotipa osoba s disleksijom, potrebna su velika genomska svjetska istraživanja (eng. *genome wide-association studies GWAS*) [103–105]. GWAS studije predstavljaju zlatni standard u istraživanjima fenotipski i genotipski kompleksnih teškoća poput disleksije [103]. GWAS studije uključuju analizu pojedinačnih nukleotidnih polimorfizama (eng. *single-nucleotide polymorphisms SNPs*) koje su rasprostranjene oko cjelokupnog genoma na velikom uzorku populacije [106]. Zahvaljujući internacionalnim kolaboracijama, istraživačima su dostupne stotine fenotopskih i genotipskih podataka milijuna ljudi koji imaju disleksiju [103].

Nadalje, u jednoj od najvećih genomskih studija današnjice identificirana su 42 nezavisna genska lokusa povezana s kognitivnim razvojem, od čega se njih 27 povezuje s potencijalnim razvojem disleksije [103]. Većina prikupljenih podataka dolazila je iz nezavisnih kohorta kineskog i europskog područja [103].

Doust i sur. [103] sugeriraju da pronađene genske strukturalne modifikacije povezane s neuralnim procesima čitanja i jezičnog razumijevanja mogu pridonijeti boljem razumijevanju bioloških mehanizama disleksije. Nadalje, istraživačima još uvijek veliki izazov predstavlja prikupljanje visokokvalitetnih kvantitativnih podataka koji mogu detektirati varijabilnost među osobama s disleksijom osobito u različitim jezičnim sustavima [91].

1.4. TEORIJSKI MODELI UZROKA DISLEKSIJE

Krajem 19. stoljeća neobičan fenomen prilikom čitanja prvo su zamijetili liječnici [108, 109]. Uočili su da su određeni pojedinci, osobito nadareni dječaci bili iznadprosječnog intelektualnog statusa, a istovremeno pokazivali poteškoće u čitanju koje su se manifestirale inverzijom grafema, supstitucijama grafema i zrcaljenjem slogova [108]. S obzirom na to da liječnici nisu prvotno znali kako objasniti taj neobični fenomen čitanja, to stanje su nazivali „sljepoćom za riječi“ (eng. *word blindness*) te „iskrivljenim simbolima“ (eng. *strephosymbolia*) [109]. Termin iskrivljenih simbola prvi je upotrijebio američki liječnik Samuel Torrey Orton, koji je u svojem istraživanju, koje je uključivalo više od tri tisuće djece i odraslih, primijetio da određeni pojedinci tijekom čitanja preokreću slova ili ih čitaju i pišu pogrešno [109]. Zahvaljujući dr. Pringleu Morganu, termin specifičnih teškoća učenja nazvan *dyslexia* prvi se put u literaturi pojavio još davne 1896. [110]. Sredinom prošlog stoljeća došlo je do kognitivne revolucije u istraživanju uzroka i simptoma disleksije, s obzirom na to da disleksiju više nisu proučavali samo liječnici, nego i psiholozi, lingvisti te pedagozi [108]. U prošlom stoljeću znanstvena istraživanja bila su usmjerena na traženje uzroka disleksije u poteškoćama funkcioniranja odgovarajućeg osjetnog sustava, npr. vidnog i slušnog [108]. S obzirom na pretpostavljeni uzrok disleksije odgovarajućeg osjetnog sustava, Tallal i sur. [111] pridonijeli su boljem razumijevanju teorije slušnog procesiranja, Stein i sur. [112] magnocelularnoj teoriji, a Fawcett i sur. [113] teoriji o poteškoćama uključenosti malog mozga.

Prema teoriji slušnog procesiranja, osobe s disleksijom ne mogu razlikovati zvukove koji dolaze različitom brzinom ni uočavati razlikovna obilježja glasova jezika koji su im auditivno bliski te zbog toga imaju poteškoće u fonološkoj obradi riječi koje pridonose poteškoćama čitanja [111].

Za razliku od teorije slušnog procesiranja [111], magnocelularna teorija [112] proučavala je poteškoće i mehanizme vidnog sustava koji mogu pridonijeti poteškoćama čitanja. S obzirom na to da magnocelularni sustav posreduje u vidu brzo izmjenjujućih vidnih podražaja, pretpostavlja se da osobe s disleksijom ne mogu simultano brzo obraditi vidne podražaje tijekom čitanja, osobito grafeme koji su im vizualno slični te se stječe dojam *prelijevanja redaka* [112]. U kliničkoj praksi osobe s disleksijom taj fenomen opisuju kao da slova leže jedna na drugima te se pomiču po stranici ili ekranu.

Nadalje, mali mozak zbog svoje strukturalne povezanosti s frontalnim i temporalnim režnjem ima važnu ulogu u održavanju pozornosti i radnom pamćenju [80]. Prema teoriji o poteškoćama uključenosti malog mozga u osoba s disleksijom (odrasli i djeca) u odnosu na kontrolne ispitanike zamjećuju se poteškoće održavanja pozornosti te lošijeg radnog pamćenja [113].

Pretpostavlja se da je mali mozak uključen u brojne važne procese poput koordinacije motoričkih sposobnosti i ravnoteže, a također je od presudne važnosti u automatizaciji motoričkih vještina i učenja [113]. Danas su znanstvena istraživanja usmjerena na proučavanje specifičnih neurokognitivnih mehanizama koji pridonose procesu čitanja i imenovanja, a mogu biti u većoj ili manjoj mjeri narušeni u osoba s disleksijom (odrasli, djeca) [107, 114, 115]. Najviše znanstvenih studija bilo je posvećeno istraživanju fonološke teorije, brzog automatiziranog imenovanja i vizualne pozornosti u osoba s disleksijom [107, 114, 115]. Prema autorima koji su istraživali fonološki sustav osoba s disleksijom, osobe s disleksijom (djeca i odrasli) u odnosu na kontrolne ispitanike pokazivali su deficite u fonološkoj svjesnosti na zadacima glasovne raščlambe, glasovnog stapanja, manipulacije glasovima koji su uključivali dodavanje ili brisanje fonema iz riječi [116, 117]. Nadalje, rezultati bihevioralnih studija koje su istraživale brzo automatizirano imenovanje osoba s disleksijom (odrasli i djeca) u odnosu na kontrolne ispitanike obično su pronalazili statistički značajne razlike u sporijoj brzini imenovanja (slova, brojeva, objekata) u osoba s disleksijom (odrasli i djeca) u odnosu na kontrolne ispitanike [4].

Neki istraživači brzo automatizirano imenovanje promatraju kao zajednički konstrukt fonološke teorije [114, 117], a neki drugi autori koji zagovaraju teoriju dvostrukog deficita [118] fonološku svjesnost i brzo automatizirano imenovanje promatraju kao dva odvojena neurokognitivna mehanizma. Brzo automatizirano imenovanje složena je vještina koja uključuje nekoliko značajnih procesa poput pozornosti, percepcije, pamćenja, fonologije, semantike i motoričkih vještina [118]. S obzirom na to da je fonološka svijest također povezana s općim kognitivnim sposobnostima,

verbalnim kratkoročnim pamćenjem i percepcijom govora, logično se nameće istraživačka znatiželja po pitanju granica i zajedničke uključenosti fonološke svjesnosti i brzog automatiziranog imenovanja u objašnjavanju mehanizama koji pridonose specifičnim teškoćama čitanja [107].

Znanstvena istraživanja pokazuju da je disleksija multifaktorijalna te da je nije moguće proučavati kroz individualne neurokognitivne mehanizme, potrebna su kroskulturalna istraživanja na velikom uzorku populacije koja bi objedinila razlikovna obilježja osoba s disleksijom na neurološkoj, biološkoj i bihevioralnoj razini [107]. Najveći doprinos teorijskim modelima i uzrocima disleksije dolazi iz zemalja engleskog govornog područja [15].

1.5. ELEKTROFIZIOLOŠKE STUDIJE I STUDIJE SLIKOVNOG

PRIKAZA MOZGA OSOBA S DISLEKSIJOM

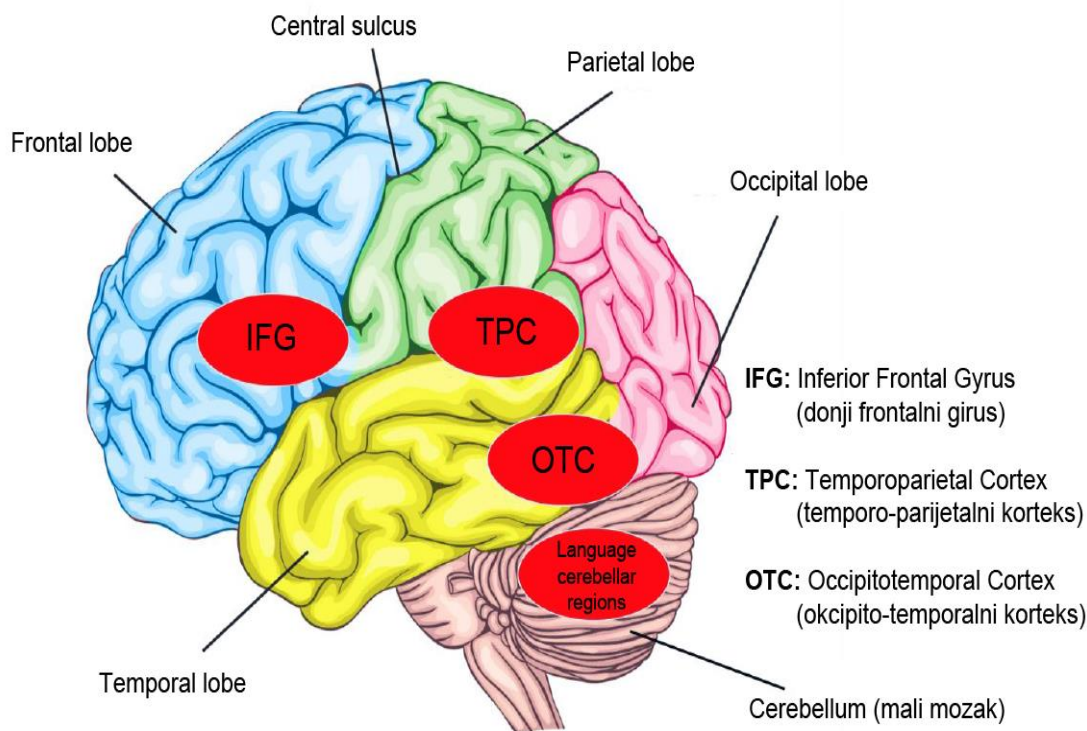
Metode slikovnog prikaza mozga, kao što su funkcionalna magnetska rezonancija (fMRI) [119–121], pozitronska emisijska tomografija (PET) [122–123] i difuzijski tenzorski prikaz (DTI) [80, 121, 124], te elektrofiziološke metode poput EEG-a [69, 78, 80] i magnetoencefalografije (MEG) [125, 126] upotrebljavaju se za istraživanje vremenskih i prostornih karakteristika specifičnih kortikalnih područja mozga uključenih u jezičnu obradu čitanja, imenovanja u osoba s disleksijom (odrasli i djeca) i kontrolnih ispitanika s ciljem boljeg razumijevanja procesa čitanja i imenovanja u osoba s disleksijom.

1.5.1. Nalazi studija fMRI i PET za disleksiju

Prema nalazima fMRI i PET studija, tri regije u lijevoj hemisferi uključene su u obradi govora i jezika, a) donja frontalna regija, smještena u blizini Brocina područja uključena u motoričku proizvodnju govora, b) perisilvijska temporo-parijetalna regija uključena u percepciju govora i c) donja temporo-okcipitalna regija, koja se odnosi na područje vizualnog oblika riječi (eng. *visual word form area*, VWFA), nedovoljno su aktivirane tijekom čitanja i fonoloških zadataka u osoba s disleksijom (djece i odraslih) [119–121]. Paulesu i sur. [123] velikom su metaanalizom, koja je uključivala 53 studije (fMRI i PET) provedene na transparentnim i netransparentnim jezicima na djeci i odraslima s disleksijom, pridonijeli boljem razumijevanju regija lijeve hemisfere i njihove

uključenosti u specifične procese čitanja i imenovanja u sebi u osoba s disleksijom (djece i odraslih) u odnosu na kontrolne ispitanike. Ventralni dio puta čitanja, koji uključuje lijevi donji frontalni girus, lijevo supramarginalno područje, donji temporalni girus s fuziformnim girusom, povezuje se s čitanjem i procesima koji uključuju grafo-fonološku konverziju u kontrolnih ispitanika [123]. Nadalje, dorzalni put čitanja, koji uključuje lijevo fronto-parijetalno područje, povezuje se s fonološkom obradom, vizualno-prostornom pozornosti u kontrolnih ispitanika. Za razliku od kontrolnih ispitanika, u osoba s disleksijom (odrasli i djeca) pronalazi se najčešće smanjena ili nedovoljno aktivirana ventralna i dorzalna područja regija lijeve hemisfere mozga uključenih u proces čitanja i imenovanja u sebi [123]. Utvrđena je abnormalna aktivacija temporo-parijetalne regije u ozbiljnijih poteškoća u čitanju tijekom zadataka dekodiranja [127, 128]. Prema Shaywitz i sur. [128], hipoaktivacija lijeve parijeto-temporalne i okcipito-temporalne regije pronađena je u djece s disleksijom tijekom zadataka čitanja u sebi. Većina studija provedenih na netransparentnim [121, 129, 130] i transparentnim jezicima [121, 131] koristeći se metodom fMRI, pronašla je smanjenu kortikalnu aktivaciju u trima regijama lijeve hemisfere u odraslih osoba s disleksijom na zadacima čitanja: parijetotemporalna regija, donji frontalni girus i okcipito-temporalna regija s područjem VWFA, koji je dio fuziformnog girusa odgovornog za brzo dekodiranje riječi. Prethodno spomenuta regionalna područja i njihova homologna područja desne hemisfere jesu hiperaktivirana [132] ili nedovoljno aktivirana na zadacima čitanja u osoba s disleksijom u lijevoj hemisferi [131, 133]. Martin i sur. [121] u velikoj su metaanalizi analizirali područja smanjene i prekomjerne aktivacije u 14 studija provedenih na netransparentnim jezicima (npr. engleski) i 14 studija provedenih na transparentnim jezicima (npr. njemački, talijanski) te potvrdili nalaze prethodnih studija [129, 130] posebno ističući područje lijevog okcipito-temporalnog korteksa (uključujući i VWFA) kao područje koje je bilo najmanje aktivirano u osoba s disleksijom (djece i odraslih) u odnosu na kontrolne ispitanike na zadacima čitanja i imenovanja u sebi. Smanjena aktivacija lijevog okcipito-temporalnog korteksa povezuje se s poteškoćama brzog automatiziranog imenovanja, kao i poteškoćama na razini prepoznavanja slova i riječi u odraslih osoba i djece s disleksijom [80, 120] (Slika 5). Nadalje, smanjena aktivacija lijevog temporo-parijetalnog korteksa povezuje se s fonološkim poteškoćama u odraslih osoba i djece s disleksijom [80]. Pretpostavlja se da stražnje regije desne hemisfere imaju kompenzacijsku ulogu u fonološkoj obradi osoba s disleksijom tijekom zadataka čitanja [127]. U odnosu na metodološke nedostatke prikazanih rezultata, većina provedenih PET studija provedena je na odraslim osobama

s disleksijom [123], a u fMRI studijama u sličnom je omjeru zastupljenost djece i odraslih osoba s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [121, 123].



Slika 5: Prikaz područja smanjene aktivacije u lijevoj hemisferi u osoba s disleksijom na zadacima čitanja i imenovanja (slika preuzeta i prilagođena prema izvornoj slici iz Hernández-Vásquez i sur. [80])

1.5.2. Nalazi studija DTI za disleksiju

Metoda difuzijskog tenzorskog oslikavanja (eng. *diffusion tensor imaging DTI*) također se upotrebljava u istraživanju neuralnih korelata disleksije u transparentnim i netransparentnim jezicima dajući informacije o abnormalnostima sive i bijele tvari te funkcionalnoj povezanosti

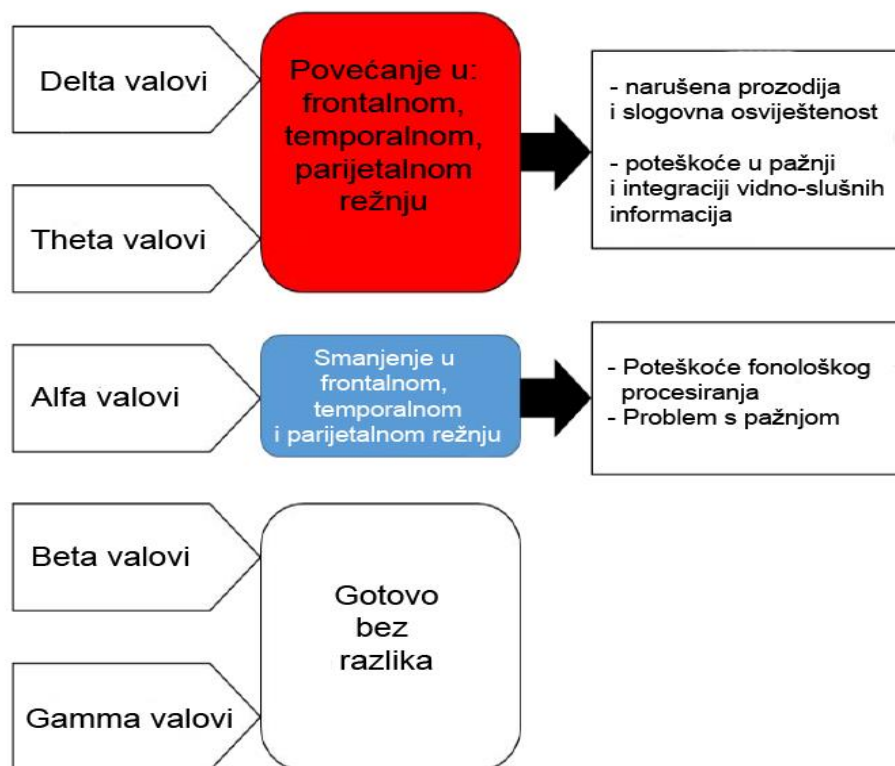
između specifičnih moždanih struktura [80, 134]. Značajna regionalna smanjenja volumena sive tvari pronađena su u lijevoj gornjoj temporalnoj vijugi [134, 135], desnoj gornjoj temporalnoj vijugi [124] i lijevom gornjem temporalnom sulkusu [124, 136] u osoba s disleksijom (odrasli i djeca) u odnosu na kontrolne ispitanike. Brambati i suradnici [135], u studiji koja je istraživala morfometriju na bazi voksela (eng. *Voxel Based Morphometry VBM*), otkrili su značajno regionalno smanjenje volumena sive tvari (eng. *gray matter volume GMV*) u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike na zadacima čitanja u sebi. Regionalne GM abnormalnosti pronađene su bilateralno u *planum temporale*, donjem temporalnom korteksu i cerebralnim jezgrama, u lijevom gornjem i donjem temporalnom girusu i u desnoj srednjoj temporalnoj vijugi [135]. U odnosu na vrstu jezika, strukturalne abnormalnosti raspodjele sive tvari u transparentnim jezicima u osoba s disleksijom (djeca i odrasli) u odnosu na kontrolne ispitanike se nalaze u okcipito-temporalnom korteksu, frontalnom girusu, gornjem temporalnom girusu [124], a netransparentnim smanjenje volumena sive tvari pronalazi se u srednjem frontalnom girusu [137] na zadacima čitanja i imenovanja u sebi. Abnormalnosti raspodjele sive tvari pronađene su i u gornjem temporalnom girusu te gornjem temporalnom sulkusu u mlađih osoba s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [136] na zadacima čitanja i imenovanja u sebi. U studiji metaanalize devet originalnih VBM studija provedenih na transparentnim i netransparentnim jezicima, Richlan i sur. [124] identificirali su smanjenje sive tvari GM u desnom gornjem temporalnom girusu i u lijevom gornjem temporalnom sulkusu u osoba s disleksijom (djeca i odrasli) u odnosu na kontrolne ispitanike na zadacima čitanja. Niža frakcijska anizotropija (eng. *fractional anisotropy FA*) (mjera koja se često upotrebljava u DTI-ju, koja odražava gustoću vlakana, promjer aksona i mijelinizaciju u bijeloj tvari) u lijevom arkuatnom fascikulusu povezuje se sa slabijom fonološkom sviješću u osoba s disleksijom (odrasli i djeca) [138, 139]. Prema Richardsu i sur. [140], viši FA pronađen je u regijama koje se nalaze u bilateralnim traktovima bijele tvari unutar frontalnog, temporalnog, okcipitalnog i parijetalnog režnja u osoba s disleksijom, što bi moglo biti povezano s promjenama u strukturalnoj i funkcionalnoj povezanosti sive i bijele tvari u razvoju disleksije. Prema Silani i sur. [141], disleksija je povezana i s lokalnom disfunkcijom sive tvari i s promijenjenom povezanosti kortikalnih područja uključenih u proces čitanja. U novije se vrijeme DTI metodologija počinje upotrebljavati sa svrhom boljeg razumijevanja strukturalnih i funkcionalnih promjena u razvoju mozga djece koja imaju obiteljsku anamnezu teškoća čitanja te se nalaze pod rizikom za razvoj disleksije [80, 142]. Nadalje, razvojem

tehnologije počinje rasti interes za studije koje u isto vrijeme kombiniraju fMRI i DTI metodologiju istražujući funkcionalne i strukturalne promjene mozga osoba s disleksijom (odrasli i djeca) u transparentnim i netransparentnim jezicima na zadacima čitanja i imenovanja [80, 121].

1.5.3. Nalazi EEG/ERP studija za disleksiju

Studije koje upotrebljavaju potencijale povezane s događajima (ERP), omogućile su vremenski tijek aktivacije anatomskih struktura tijekom specifičnih zadataka čitanja i imenovanja u sebi i naglas u osoba s disleksijom (odrasli i djeca) i kontrolnih ispitanika [78, 144–147]. U zadacima čitanja i imenovanja pretpostavlja se da se analiza vizualnih karakteristika riječi/slika javlja između 50 i 100 ms nakon prezentacije podražaja, a percepcija riječi/objekta počinje otprilike oko 150 ms i smatra se predleksičkom fazom [144, 148–153]. Nadalje, frontalna područja postaju aktivna na približno 180 ms, a semantička analiza riječi/objekata počinje na oko 200 ms i traje otprilike do prvih 500 – 600 ms i uključuje frontalni i lijevi gornji temporalni korteks te se smatra leksičkom fazom [146, 151, 152, 154–156]. Postleksička faza, u kojoj se odvijaju procesi završetka fonološke obrade i artikulacijski procesi, nastupa nakon prvih 500 ms i odvija se otprilike do 1000 ms, najčešće na frontalnim i temporalnim područjima [144, 157–160]. Studije provedene na transparentnim i netransparentnim jezicima koje su istraživale EEG u mirovanju te tražile razlike u EEG valovima osoba s disleksijom (odrasli i djeca) u odnosu na kontrolne ispitanike imaju različite nalaze s obzirom na dob ispitanika i vrstu jezika [161–163]. Nadalje, pokazalo se da su kortikalni izvori EEG ritmova u stanju mirovanja abnormalni u djece s disleksijom [161]. Druge studije pokazale su abnormalnu alfa-desinkronizaciju tijekom čitanja riječi i pseudoriječi u djece s disleksijom [163], kao i abnormalnu theta-sinkronizaciju i beta-sinkronizaciju u djece s disleksijom [162,164] u odnosu na kontrolne ispitanike na zadacima čitanja riječi u sebi koje su povezane rimom ili semantički povezane/nepovezane. Hernández-Vásquez i sur. [80] u svojem preglednom su radu zaključili da se porast delta-valova i theta-valova u frontalnom, temporalnom i parijetalnom režnju povezuje s narušenim prozodijskim karakteristikama, lošijom slogovnom svjesnošću te poteškoćama pozornosti i slušno vidne integracije osoba s disleksijom (djeca i odrasli) u odnosu na kontrolne ispitanike u studijama provedenim na transparentnim i netransparentnim jezicima [80]. Nadalje, smanjenje alfa valova u frontalnom, temporalnom i

parijetalnom režnju bilo je povezano s fonološkim poteškoćama i smetnjama pozornosti [80] (Slika 6). Predleksička, leksička i postleksička faza istraživanja čitanja i imenovanja osoba s disleksijom (djeca i odrasli) koristeći se EEG/ERP metodologijom bit će prikazana u poglavljima 1.6. i 1.7.



Slika 6: Prikaz distribucije EEG valova i njihove korelacije sa specifičnim poteškoćama u osoba s disleksijom (slika preuzeta i prilagođena prema izvornoj slici iz Hernández-Vásquez i sur. [80])

1.5.4. Nalazi MEG studija za disleksiju

Salmelin i sur. [126] u svojem su preglednom radu na velikom broju studija koje su upotrebljavale MEG metodu pokušali pridonijeti boljem razumijevanju vremenske i temporalne aktivacije kortikalnih regija uključenih u proces fluentnog (tečnog) čitanja u osoba s disleksijom (odrasli i djeca) u odnosu na kontrolne ispitanike. Prilikom tečnog čitanja vizualna analiza karakteristika slike/riječi javlja se otprilike oko 100 ms nakon vizualne prezentacije riječi u stražnjem

medijalnom ekstrastrijatalnom korteksu bilateralno [126]. Nisu zamijećene razlike u vremenskoj i temporalnoj aktivaciji u predleksičkoj fazi čitanja slova i simbola u osoba s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [126]. Nakon prvih 150 ms uočava se specifični signal povezan s čitanjem detektiran u lijevom donjem okcipito-temporalnom korteksu kao najraniji odgovor prema podražaju koji sadržava nizove slova i ortografske simbole u kontrolnih ispitanika, a koji je često u osoba s disleksijom (odrasli i djeca) u lijevoj hemisferi promijenjen, nedovoljan ili se javlja u zakašnjenju [126].

Nadalje, oko 200 ms nakon prezentacije podražaja slike/riječi u lijevom gornjem temporalnom korteksu započinje leksička faza u kojoj se događa semantička analiza te povezuje pročitani sadržaj sa značenjem [126, 165]. Helenius i sur. [165] nisu pronašli statistički značajne razlike u prostornoj aktivaciji na zadacima razumijevanja značenja pročitano u odraslih osoba s disleksijom govornika finskog jezika u odnosu na kontrolne ispitanike. Međutim, razlike se uočavaju u kasnijoj kortikalnoj aktivaciji odraslih osoba s disleksijom, koji su sporiji za oko 100 ms u odnosu na kontrolne ispitanike u zadacima povezivanja značenja s trenutnim kontekstom, osobito u razumijevanju i povezivanju značenja rečenica s nepravilnim semantičkim završetkom [165]. Većina dosadašnjih MEG studija provedena je na netransparentnim jezicima u odraslih osoba s disleksijom [165–169] i djece s disleksijom [143, 170] pokušavajući pridonijeti boljem razumijevanju procesa čitanja i imenovanja osoba s disleksijom. MEG studije provedene na transparentnom jeziku još su uvijek u manjini u odraslih osoba s disleksijom [125] i djece s disleksijom [143] u odnosu na studije provedene na netransparentnim jezicima. Nadalje, studije provedene u odraslih osoba s disleksijom najčešće su upotrebljavale zadatak pasivnog slušanja rečenica, a čiji su završetci mijenjani ovisno o kontekstu, semantičkoj povezanosti/nepovezanosti rečenica koja prethodi ili slijedi [125, 166], a od ispitanika se tražilo da pritiskom tipke računala ili podignutom rukom daju odgovor na traženi zadatak. Klimovic-Gray i sur. [125] u studiji na transparentnom jeziku (španjolski) pronašli su snažniju aktivaciju desne hemisfere na zadacima fonološkog dekodiranja (čitanje pseudoriječi) u odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika. Auditivna percepcija / diskriminacija slogova (npr. *ba/da*, *ga/ka*) koji zvuče slično ili su različiti također se često upotrebljavala kao zadatak u MEG studijama u odraslih ispitanika s disleksijom [167, 168] i djece s disleksijom [170] u odnosu na kontrolne ispitanike. Studije koje su istraživale auditivnu diskriminaciju slogova pokazuju različite nalaze koji ovise o dobi osoba s disleksijom [167, 168, 170]. Većina studija provedenih na netransparentnom jeziku (engleski) nije

pronašla prostorne razlike u neuralnoj percepciji i diskriminaciji slogova koji slično zvuče u odraslih osoba s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [168]. Centanni i sur. [167] pronašli su značajno lošiji odgovor lijevog supramarginalnog girusa u korelaciji s lošijim vještinama dekodiranja slogova *ba/da* na zadatku aktivnog vizualnog percipiranja odgovarajućeg sloga pritiskom tipke u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Razlike nisu pronađene u pasivnoj auditivnoj diskriminaciji slogova *ba/da* u odraslih osoba s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [167]. Međutim, u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike uočavaju se razlike u prostornoj i vremenskoj aktivaciji [170]. Desno temporo-parijetalno područje snažnije je aktivirano na zadatcima perceptivnog/auditivnog razlikovanja slogova *ga/ka* između 300 – 700 ms, a u kontrolnih se ispitanika uočava dominantni odgovor lijeve hemisfere u ranijem vremenu do 300 ms. Klosinsky i sur. [65] istraživali su vremenski tijek kortikalne aktivacije u djece s disleksijom i kontrolne skupine na zadatcima čitanja riječi i imenovanja slika u sebi. Grupne razlike pojavile su se samo u zadatku čitanja u sebi: odgođeni odgovor u temporalnom gornjem i angularnom girusu od 235 do 285 ms i izostanak aktivacije u prednjim temporalnim i donjim frontalnim regijama od 430 do 530 ms u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike.

Prikazani rezultati studija sugeriraju da u MEG studijama cjelokupni dizajn studije ima veliku ulogu u doprinosu razumijevanja razlika dviju skupina (disleksija i kontrolni ispitanici) te da studije koje upotrebljavaju zadatke pasivnog auditivnog slušanja [168] pružaju manje informacija o specifičnim razlikama skupina (disleksija i kontrolni ispitanici) u odnosu na studije koje u isto vrijeme kombiniraju zadatke pasivnog tipa u odnosu na zadatke aktivnog tipa [65, 167].

1.5.5. Istraživanje čitanja, nalazi studija operacija mozga u budnom stanju

Operacija u budnom stanju (eng. *awake surgery*) neurokirurški je zahvat intraoperativnog mapiranja kognitivnih funkcija (jezičnih procesa) primjenom električne stimulacije kortikalne i/ili subkortikalne strukture dok je bolesnik angažiran u specifičnom jezičnom zadatku (tj. npr. zadatak čitanja, imenovanja) [171]. Područja u kojima mapiranje stimulacije uzrokuje promjene tijekom zadataka čitanja ili imenovanja vizualnih objekata te regije u kojima dolazi do preklapanja obiju funkcija, identificirana su u temporalnim regijama [171, 172]. Specifična mjesta za čitanje često su pronađena u stražnjem sljepoočnom režnju, supramarginalnom girusu i angularnom girusu

[173]. Sahin i sur. [174] registrirali su intraoperativno lokalne električne potencijale (eng. *local electrical potential*) unutar Brocina područja u triju pacijenata tijekom različitih zadataka čitanja te pronašli razlike u vremenskoj segregaciji govornih i jezičnih komponenata Brocina područja (leksička identifikacija na 200 ms, 320 ms gramatička infleksija, fonološka obrada 450 ms). Nadalje, Motomura i suradnici [175] prikazali su slučaj o prolaznom čitanju (aleksija) i pisanju (agrafija) u bolesnika koji je podvrgnut budnoj kraniotomiji zbog glioma lijevog donjeg parijetalnog režnja pomoću izravne kortikalne i subkortikalne elektrostimulacije. Korištenje subkortikalne stimulacije omogućilo je identifikaciju specifičnih traktova bijele tvari povezanih s čitanjem i pisanjem [175]. Ti su traktovi pronađeni kao dijelovi donjih fronto-okcipitalnih fascikularnih vlakana u dubokom tjemenu režnja koji su odgovorni za povezivanje frontalnog režnja s gornjim tjemenu režnjem [175]. Ti nalazi u skladu su s prethodnim nalazima studija DTI-ja i fMRI-ja [140, 176], koji sugeriraju da donji fronto-okcipitalni fascikulus može igrati ulogu u procesima čitanja i pisanja. U skladu s najnovijim nalazima, Monson i sur. [177] u svojem su nedavnom preglednom radu iz 2024. godine objavili sistemski pregled protokola koji se upotrebljavaju u posljednjih petnaest godina u mapiranju regija desne hemisfere tijekom operacija u budnom stanju [177]. Dugo godina desna hemisfera smatrala se manje važnom u pitanju jezičnih funkcija (čitanja, imenovanja, pisanja) u odnosu na lijevu hemisferu [177]. Međutim, u posljednje vrijeme javlja se potreba za detaljnijim istraživanjima specifičnosti i doprinosa regija desne hemisfere u procesima čitanja, imenovanja osobito ako su bolesnici koji su operirani ujedno i osobe s disleksijom kako bi se što bolje sačuvale jezične sposobnosti u odnosu na individualne karakteristike osobe [177]. Nedavno su Tamai i sur. [178] proveli intraoperativno mapiranje jezika pod lokalnom anestezijom i postoperativnu jezičnu procjenu u 53 pacijenta, koji su bili podvrgnuti kraniotomiji u budnom stanju radi kirurške resekcije cerebralnog glioma unutar dominantnog temporalnog ili parijetalnog režnja, a koji su bili izvorni govornici japanskog jezika. U japanskom jeziku razlikujemo blaži oblik kana-disleksije, u kojem se uočavaju poteškoće u čitanju prikazanog znaka i povezivanja pročitano sa značenjem koje ne ovisi o kontekstu, za razliku od kanji-disleksije, u kojoj se uočavaju izraženije poteškoće u čitanju znakova i povezivanju pročitano sa značenjem u osoba s disleksijom [178]. U šest ispitanih slučajeva pronašla se intraoperativna disleksija izazvana izravnom električnom stimulacijom (eng. *direct electric stimulation* DES), a svi su slučajevi pokazali prolazne simptome kanji-disleksije ili kana-disleksije tijekom DES stimulacije [178]. Intraoperativne DES distribucije za kanji-disleksiju bile su posebno povezane s

prednje-inferiornom stranom donjeg longitudinalnog fascikulusa [178]. S druge strane, DES točke povezane s kana-disleksijom bile su lokalizirane na posteriorno-gornjoj strani kompleksa sastavljena od donjeg longitudinalnog fascikulusa, arcuate fascikulusa, stražnjeg gornjeg longitudinalnog fascikulusa i donjeg fronto-okcipitalnog longitudinalnog fascikulusa [178].

Rezultati Tamai i sur. [178] sugeriraju da bi se slična istraživanja trebala napraviti u transparentnim i netransparentnim jezičnim sustavima s ciljem boljeg razumijevanja specifičnih regija i njihove uključenosti u zadatke čitanja i imenovanja u osoba s disleksijom kako bi se smanjila postoperativna oštećenja regija uključenih u govorno-jezične procese [178]. U skladu sa svime navedenim, trebalo bi nastaviti raditi na izradi standardiziranih neuro-psiholoških i logopedskih (govorno-jezičnih testova) koji će se primjenjivati u preoperativne svrhe s mogućnošću mapiranja lijeve i desne hemisfere s ciljem personaliziranog pristupa svakom bolesniku te nastojanja što bolje očuvanosti svih kognitivnih i ostalih funkcija osobe koja sudjeluje u operaciji u budnom stanju.

1.6. NALAZI EEG/ERP STUDIJA DJECE S DISLEKSIJOM

1.6.1. Istraživanje predleksičke faze čitanja/imenovanja djece s disleksijom

Predleksička faza procesa čitanja i imenovanja uključuje procese dohvaćanja fonoloških kodova s ciljem povezivanja fonema/fonemskih varijanti s pripadajućim grafemskim oblicima u zadatku čitanja odnosno dohvaćanja fonoloških kodova s ciljem povezivanja značenja (semantika) pripadajuće riječi/slike pohranjenje u mentalnom leksikonu [34]. S obzirom na to da procesi čitanja i imenovanja mogu dijeliti faze, potrebno je istražiti neurogoknitivne mehanizme dijeljenih procesa, period u kojem se preklapaju te specifičnosti i razlike predleksičke faze u različitim jezičnim sustavima (transparentni, netransparentni) [13, 45, 46]. Razlikama u procesima čitanja u predleksičkoj fazi u istraživanja pridonose razlike u grafo-fonološkim obilježjima jezičnih sustava, razlike u prikazivanju ortografskih simbola pojedinih jezika, font, boja i brzina prikazivanja ortografskih simbola najčešće grafema [14, 16, 21]. Nadalje, na brzinu grafo-fonološke pretvorbe (dekodiranja odgovarajućeg grafema (slova) s pripadajućim fonemom (glasom) pridonosi odabir fonema kojima počinje riječ/slika, te redosljedu fonema kojim započinje sljedeća riječ/slika [179]. Istraživanja su pokazala da je teže imenovati riječi/slike koja započinju istim grafemom/fonemom u odnosu na riječi/slike koje započinju različitim grafemom/fonemom [179]. Grafemi/fonemi koji

se nazivaju "rijetkim susjedima" (eng. *sparse neighbourhoods*) su riječi/slike koje čitatelju ne dozvoljavaju mogućnost drugačijeg čitanja/imenovanja od onog koje je definirano početnim grafemom/fonemom [179]. Za razliku od "rijetkih susjeda", riječi/slike iz "čestog susjedstva" (eng. *dense neighbourhoods*) pružaju višestruku mogućnost imenovanja te se lakše prizivaju fonološki kodovi slika koje nemaju zaključani fonemski početak ili kraj [179]. Nadalje, u osoba s disleksijom čitanje i imenovanje riječi koje započinju odgovarajućim grafemima/fonemima koji im i inače predstavljaju problem tijekom čitanja, dodatno pridonose poteškoćama dekodiranja te sporijoj brzini čitanja i imenovanja riječi [179].

U elektrofiziološkim istraživanjima predleksičke faze čitanja/imenovanja najčešće se istražuje N170 ERP komponenta [180]. N170 smatra se ranom komponentom predleksičke faze, koja se povezuje s razvojem čitanja i iznimno je osjetljiva prema razlikama ortografskih sustava koji se istražuju [180]. U stručnoj literaturi N170 ERP komponentu povezuje se s područjem smještenim u području srednjeg dijela lijevog fuziformnog girusa, za koje se pretpostavlja da podržava vizualnu obradu oblika riječi [180]. To područje, poznato kao vizualno područje oblika riječi VWFA, često je povezano s N170 ERP komponentnom u studijama koje kombiniraju fMRI-jeve i ERP-ove [181]. Nadalje, ponekad se N170 ERP komponenta naziva i N1 komponentom [182], koja se često povezuje s ranom vizualnom obradom riječi [182].

N170 ERP komponenta obično se u literaturi opisuje kao negativan val koji se javlja na okcipito-temporalnom području između 150 ms do 250 ms kao odgovor na zadatke koji uključuju vizualnu obradu oblika riječi [183]. N170 najčešće se povezuje s ortografskom obradom jer su pronađene veće amplitude u vizualnoj obradi riječi, pseudoriječi za razliku od vizualne obrade (simbola, slika) [184]. Pretpostavlja se da N170 ERP komponenta ima ključnu ulogu u predleksičkoj fazi u vizualnom prepoznavanju riječi [162]. Brojna su istraživanja pokazala da osobe s disleksijom kasne u ranoj vizualno-ortografskoj obradi riječi tijekom čitanja evidentiranoj na N170 ERP komponenti [162, 184]. Studije koje su se fokusirale na istraživanje N170 ERP komponente možemo podijeliti prema onima kojima je fokus istraživanja bio tražiti razlike u amplitudama N170 ERP komponente u mlađih osoba s disleksijom [185, 186], latenciji N170 ERP komponente [184, 187–189] u djece s disleksijom i hemisfernih razlika u odnosu na N170 ERP komponentu u djece s disleksijom [184, 190–192]. U većini objavljenih radova na transparentnim [188] i netransparentnim jezicima [185, 193] pronalaze se veće negativne amplitude N170 ERP komponente u kontrolnih ispitanika u odnosu na mlađe osobe s disleksijom na zadacima čitanja,

vizualnog prepoznavanja riječi/pseudoriječi u sebi. U odnosu na latenciju N170 ERP komponente, u većini se radova objavljenih na transparentnim [184, 187, 188] i netransparentnim [185] jezicima čitanja i imenovanja u sebi pronalaze slične prosječne vrijednosti latencije u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike u zadacima prepoznavanja riječi/pseudoriječi [187], vizualnog prepoznavanja riječi/pseudoriječi, simbola, slika [188], auditivnog prepoznavanja riječi / pseudoriječi / pseudohomofona [184], vizualnog prepoznavanja riječi / pseudoriječi/ nizova suglasnika /nizova simbola [189]. Van Setten i sur. [194, 195] pronašli su značajno duže latencije N170 ERP komponente u mlađih osoba s disleksijom [194] i djece s disleksijom [195] na zadacima rime i semantičke povezanosti.

Rezultati studija koje su proučavale hemisferne razlike u odnosu na N170 ERP komponentu pronalaze različite nalaze u odnosu na hemisfernu dominantnost i transparentnost jezika. Studije provedene na transparentnom jeziku (njemački jezik) [184, 191, 192] i netransparentnom jeziku (francuski jezik) [190] pronalaze bilateralnu aktivaciju N170 ERP komponente u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike na zadacima čitanja i imenovanja u sebi. Dominacija lijeve hemisfere N170 ERP komponente pronalazi se u studiji na transparentnom jeziku (njemački) [188] i netransparentnom jeziku (portugalski) [186] u djece s disleksijom i kontrolnih ispitanika na zadacima čitanja i imenovanja u sebi. Za razliku od prethodnih studija, Van Setten i sur. [195] u studiji provedenoj na netransparentnom jeziku (nizozemski) pronašli su dominaciju desne hemisfere u djece s disleksijom i kontrolnih ispitanika na zadacima rime i semantičke analize. Nadalje, osim prethodno spomenutih studija, jedna je studija pokušala pridonijeti boljem razumijevanju imenovanja naglas u djece s disleksijom [145]. Bakos i sur. [145] su istraživali brzo automatizirano imenovanje znamenki u djece s disleksijom i kontrolnih ispitanika te pronašli smanjene amplitude N170 ERP komponente u djece s disleksijom u lijevoj hemisferi.

Na individualne rezultate N170 ERP komponente utječe metodološki dizajn studija (čitanje/imenovanje u sebi, naglas). Buduća istraživanja trebala bi nastaviti tražiti individualne razlike i u drugim transparentnim i netransparentnim jezicima koristeći se dizajnom čitanja/imenovanja u sebi i naglas u osoba s disleksijom (odrasli i djeca).

1.6.2. Istraživanje leksičke faze čitanja/imenovanja djece s disleksijom

Leksička faza čitanja/imenovanja smatra se jednom od najinteresantnijih faza upravo zbog toga što među istraživačima postoji neslaganje oko definiranja vremena u kojem se javlja i neurokognitivnih procesa koji su uključeni u toj fazi [196]. Dok je jedni istraživači vide kao isključivo fazu u kojoj se odvija rana i kasna semantička obrada [197], drugi zagovaraju teoriju da se unutar leksičke faze odvijaju i rani procesi fonološke obrade [198, 199]. Većina istraživača leksičku fazu dijeli na ranu fazu semantičke obrade, koja zauzima period od 200 do 400 ms i kasni period leksičke faze koji traje od 400 do 600 ms [197]. U leksičkoj se fazi najčešće istražuje N400 ERP komponenta, koja se smatra elektrofiziološkim markerom leksičko-semantičke integracije [200] i N300 ERP komponenta, koja se smatra elektrofiziološkim markerom leksičko-fonološke integracije [198, 199].

N400 ERP komponenta negativni je val koji se javlja na 200 – 600 ms nakon prezentacije podražaja u centro-parijetalnim elektrodama tijekom zadataka koji najčešće uključuju semantičku obradu. [197]. Leksička N400 ERP komponenta može imati jednu od ključnih uloga u završnoj obradi grafo-fonemske konverzije [201]. Nadalje, za razliku od N400 ERP komponente, N300 ERP komponenta pozitivni je val koji se očekuje od 310 do 350 ms na lijevom temporalnom i temporo-parijetalnom području tijekom čitanja riječi/pseudoriječi [198, 199]. Na zadacima koji su uključivali čitanje njemačkih riječi, pseudoriječi i pseudohomofona u sebi, pronalazi se slabi odgovor N400 ERP komponente u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [201]. Hasko i sur. [201] sugerirali su da s obzirom na to da su pronađene smanjene amplitude N400 ERP komponente u svim ortografskim podražajima (riječi, pseudoriječi, pseudohomofoni) djeca s disleksijom imaju lošije definirane ortografske veze te poteškoće u grafo-fonemskoj pretvorbi u odnosu na kontrolne ispitanike.

Nadalje, manje amplitude N400 ERP komponente pronađene su u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike na zadacima čitanja njemačkih riječi i pseudoriječi u sebi [202]. U dvjema studijama provedenim na transparentnim jezicima (poljski, njemački) u kojima se tražilo od ispitanika da slušajući odrede jesu li riječi/rečenice semantički povezane ili nepovezane [203, 204], pronalaze se različiti rezultati. Jednoróg i sur. [203] pronašli su smanjene amplitude N400 ERP komponente u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike na zadatku slušnog razlikovanja fonološki sličnih riječi, ali semantički nepovezanih u odnosu na fonološki različite

riječi, no semantički povezane. Za razliku od prethodne studije [203], Sabisch i sur. [204] nisu pronašli razlike na N400 ERP komponenti tijekom slušanja semantički povezanih i nepovezanih rečenica u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. McPherson i sur. [205] u studiji provedenoj na netransparentnom jeziku (engleski jezik) također nisu pronašli razlike u amplitudi N400 ERP komponente na zadacima slušnog prepoznavanja riječi u mlađih osoba s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [205]. Od ispitanika se tražilo da pritiskom tipke na računalu prepoznaju jesu li riječi koje su čuli u slušalicama povezane rimom ili nisu [205]. Silva-Pereyra i sur. [206] u studiji provedenoj na netransparentnom jeziku (španjolski jezik) također nisu pronašli razlike u N400 ERP komponenti na zadatku imenovanja u sebi u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Od ispitanika se tražilo da pritiskom odgovarajuće tipke odaberu podražaj koji prikazuje životinju, a pritiskom druge tipke odaberu podražaj koji ne prikazuje životinju nego npr. neki predmet [205].

Araújo i sur. [186] pronašli su veće amplitude N320 ERP komponente tijekom zadatka čitanja portugalskih pseudoriječi u sebi u djece s disleksijom i kontrolnih ispitanika u odnosu na čitanje nizova slogova i simbola. Veće vrijednosti amplitude N320 ERP komponente povezuju se s razvojem čitanja te se zbog svoje uloge u integraciji ortografsko-fonoloških reprezentacija smatra elektrofiziološkim prediktorom razvoja kasnije faze semantičke integracije [184]. Hasko i sur. [207] u svojoj su intervencijskoj studiji provedenoj na transparentnom jeziku (njemački) pokazali da su nakon ciljane logopedске terapije (ortografska pravila i primjena ortografskih pravila, fonemska diskriminacija) u trajanju od šest mjeseci dva puta tjedno, vrijednosti amplitude N300 ERP komponente bile jednake u djece s disleksijom i kontrolnih ispitanika. Na početku interventne terapije vrijednosti amplitude N300 ERP komponente bile su veće u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [207]. S obzirom na latenciju N400 ERP komponente, nekoliko studija pronašlo je razlike u latenciji čitanja i imenovanja između djece s disleksijom i kontrolnih ispitanika na zadacima čitanja i imenovanja [207–209], a dvije studije provedene na transparentnom jeziku (njemački) nisu pronašle razlike u latenciji N400 ERP komponente [184, 210] u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike na zadacima čitanja i imenovanja. Desroches i sur. [208] u studiji provedenoj na netransparentnom jeziku (engleski jezik) u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike pronašli su atipične N400 ERP-ove na zadacima koji su uključivali fonološko slaganje čujuće riječi i vizualno prezentirane slike, što sugerira neosjetljivost razlikovanja fonoloških i vizualno prezentiranih informacija koje se trebaju obraditi

simultano. Poteškoće u integraciji vidno-slušnih informacija pronađene su i u studijama koje su kombinirale fMRI i ERP [80] u osoba s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Chung i sur. [209] u studiji koja je istraživala vizualno imenovanje i prepoznavanje kineskih simbola i znakova zaključili su da nađene razlike u latenciji N400 ERP komponenata sugeriraju da se djeca s disleksijom u kineskom jeziku moraju vratiti na ranije semantičko memorijsko znanje kako bi odlučili odgovara li prezentirani simbol i znak stvarnom simbolu ili pseudosimbolu.

Nekonzistentnosti u ERP rezultatima leksičke faze na zadacima čitanja i imenovanja u sebi i naglas istražene ERP komponentama N400 [196], N300 [69], N320 [69] pridonose različitosti metodoloških dizajna provedenih studija (vizualni u odnosu na auditivni modalitet podražaja). S obzirom na vrstu disleksije, neka djeca imaju veće poteškoće u vizualnom modalitetu, neka u fonološkom modalitetu, a u većine su razumijevanje i semantika sačuvani [204].

1.6.3. Istraživanje postleksičke faze čitanja/imenovanja djece s disleksijom

Postleksička faza smatra se završnom fazom čitanja/imenovanja u kojoj započinje artikulacijska obrada, završava artikulacijska obrada, te se dovršava fonološka obrada [69]. Vremenski konsenzus oko perioda početka i završetka te faze razlikuje se među studijama ovisno o njihovu dizajnu (čitanje/imenovanje u sebi, naglas) [69]. ERP komponenta postleksičke faze naziva se kasnom komponentom LPC (eng. *late positive complex*), koja se obično javlja od 500 do 800 ms nakon prezentacije podražaja na lijevom centro-parijetalnom području [211, 212]. O funkcionalnoj ulozi LPC-a još se uvijek nedovoljno zna te znanstvena istraživanja pokušavaju pridonijeti boljem razumijevanju specifičnih neurokognitivnih procesa uključenih u postleksičku fazu [213]. Nadalje, LPC često se povezuje s pamćenjem s obzirom na to da se nalaze veće amplitude LPC-a u točno prepoznatim naučenim riječima, za razliku od novih riječi u vizualnom zadatku prepoznavanja riječi [211]. Postleksičku LPC komponentu povezuje se s učenjem novih riječi i pseudoriječi te s integracijom načenih znanja u dugotrajno pamćenje [157, 159]. Smanjene amplitude LPC-a pronađene su u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [184, 214] na zadacima čitanja u sebi. Sculte-Körne i sur. [215] pronašli su smanjene amplitude LPC-a u zadatku prisjećanja njemačkih pseudoriječi u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Razlike nisu pronađene u zadatku prisjećanja nizova simbola u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne

ispitanike [215]. Sculte-Körne i sur. [215] sugerirali su da u djece s disleksijom vjerojatno postoji specifični deficit u memoriji koja je potrebna za vizualno pamćenje i prepoznavanje riječi [215]. Hasko i sur. [184] nisu uspjeli pokazati LPC efekt na zadatku čitanja njemačkih riječi i pseudohomofona u odnosu na čitanje pseudoriječi u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [184]. Nadalje, Hasko i sur. [184] sugeriraju da je djeci s disleksijom iznimno teško razlikovati pseudohomofone od pseudoriječi koje su im slične jer djeca s disleksijom imaju deficite u vizualnom i fonološkom pamćenju riječi koje su im vizualno i fonološki slične u odnosu na kontrolne ispitanike [184]. Kontrolni ispitanici imali su značajno veće amplitude LPC-a u zadatku čitanja riječi i pseudohomofona [184]. Wachinger i sur. [214] u longitudinalnoj studiji provedenoj na transparentnom jeziku (njemački) na djeci s disleksijom pronašli su smanjene amplitude LPC-a na zadatku čitanja, ali ne i imenovanja u odnosu na kontrolne ispitanike. Wachinger i sur. [214] dodatno sugeriraju da je u djece s disleksijom narušen pristup fonološkim reprezentacijama koji direktno ide preko ortografije u zadatku čitanja, za razliku od imenovanja gdje pristup fonološkim reprezentacijama ide preko semantike [214].

Postleksička faza s LPC ERP komponentom, koja se u literaturi naziva i P600 ERP [213, 216] komponentnom jest trenutačno najmanje istražena faza te su potrebna daljnja istraživanja koja bi mogla pridonijeti boljem razumijevanju uloge navedene komponente u razvoju procesa čitanja i imenovanja u djece s disleksijom.

1.7. NALAZI EEG/ERP STUDIJA ODRASLIH OSOBA S DISLEKSIJOM

1.7.1. Istraživanje predleksičke faze čitanja/imenovanja odraslih s disleksijom

U predleksičkoj fazi čitanja i imenovanja odraslih osoba s disleksijom i kontrolnih ispitanika pretpostavlja se da se analiza vizualnih karakteristika riječi/slika odvija između 50 do 100 ms nakon prezentacije podražaja, a percepcija riječi/predmeta počinje oko 150 ms [34, 180]. Nadalje, u predleksičkoj fazi procesa imenovanja razlike između osoba s disleksijom i kontrolnih ispitanika uočavaju se otprilike između 170 – 200 ms do 400 ms nakon početka podražaja (najčešće vizualnog podražaja) indeksiranog N170 ERP komponentom [180] i ranom fazom N400 ERP komponente [196]. Nekoliko studija provedenih na netransparentnim jezicima (portugalski, francuski) [217–220] pokušalo je pridonijeti boljem razumijevanju procesa čitanja i imenovanja u sebi [217, 218, 220] te čitanja i imenovanja naglas [146, 219, 221] u predleksičkoj fazi u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike tražeći razlike u amplitudi i hemisfernoj dominantnosti N170 ERP komponente. Mahe i sur. [218] istraživali su razlike u amplitudi N170 ERP komponente na zadacima čitanja/imenovanja u sebi (nizova suglasnika, pseudoriječi, manje učestalih riječi i učestalih riječi, nizova simbola) u odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika (izvornih govornika francuskog jezika). Pronašli su veće negativne amplitude N170 ERP komponente u kontrolnih ispitanika govornika francuskog jezika na okcipito-temporalnom području tijekom zadatka čitanja u odnosu na zadatak imenovanja nizova simbola [218]. Rezultati te studije dodatno sugeriraju da odrasle osobe s disleksijom i dalje imaju trajne poteškoće u brzini grafo-fonološke konverzije evidentirane ne samo na elektrofiziološkoj razini nego i na bihevioralnoj razini u značajno sporijem dekodiranju pseudoriječi u odnosu na druge podražaje upotrijebljene u studiji [218]. Pretpostavlja se da procesi ortografske obrade (rana vizualna obrada, vizualno prepoznavanje, dekodiranje) u predleksičkoj se fazi različitih jezičnih sustava mogu međusobno razlikovati ovisno o vrsti i složenosti jezičnog sustava [180, 222, 223]. Za razliku od Mahe i sur. [218], Araujo i sur. [217] u studiji provedenoj na netransparentnom jeziku (portugalski) nisu pronašli razlike u amplitudi N170 ERP komponente na zadacima čitanja u sebi (riječi, pseudoriječi, pseudohomofoni, nizovi simbola) u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na

kontrolne ispitanike. S obzirom na razlike u amplitudi N170 ERP komponente u kontrolnih ispitanika i odraslih osoba s disleksijom, u odgovoru na zadatke koji uključuju ortografski podražaj (npr. čitanje riječi i pseudoriječi u sebi), veće se amplitude pronalaze u kontrolnih ispitanika te veća razina osjetljivosti kontrolnih ispitanika prema specifičnostima glasova, slova, slogova od koje su riječi sastavljene [146, 220, 224]. Nadalje, veće amplitude N170 ERP komponente u odgovoru prema riječima i obilježjima ortografskog sustava obično se ne pronalazi u odraslih ispitanika s disleksijom [193, 224]. S obzirom na hemisferne razlike u odnosu na N170 ERP komponente, pronalaze se različiti nalazi [220]. Većina studija provedenih na netransparentnim i transparentnim jezicima u odraslih osoba s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike nalazi smanjene amplitude N170 ERP komponente u lijevoj hemisferi na zadacima čitanja i imenovanja u sebi [69, 185, 225]. Za razliku od prethodnih studija, Silva i sur. [220] pronašli su smanjene amplitude N170 ERP komponente u lijevoj hemisferi u kontrolnih ispitanika na zadatku čitanja u sebi u odnosu na odrasle osobe s disleksijom. Savili i Thierry [185] istraživali su rani odgovor N170 ERP komponente u zadatku čitanja riječi i pseudoriječi čija je složenost manipulirana na fonološkoj i ortografskoj razini u mlađih odraslih ispitanika s disleksijom izvornih govornika engleskog jezika u odnosu na kontrolne ispitanike. U ispitanika s disleksijom pronađene su smanjene amplitude N170 ERP komponente na zadatku čitanja riječi i pseudoriječi u sebi u odnosu na kontrolne ispitanike [185], sukladno nalazima Mahe i sur. [218]. Pronađene razlike u N170 ERP komponenti između odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika čine se univerzalnima u različitim jezicima i jezičnim sustavima [69, 180]. Međutim, čini se da studije koje istražuju proces čitanja i imenovanja naglas provedenih na netransparentnim jezicima [146, 221, 226] pridonose boljem razumijevanju specifičnih obilježja različitih jezičnih sustava te se metodologija istraživanja naglas čini kao pogodniji alat za istraživanje čitanja i imenovanja. U budućnosti bi trebalo nastaviti istraživati procese čitanja i imenovanja naglas u transparentnim i netransparentnim jezicima te usporediti specifičnosti i razlikovna obilježja jezičnih sustava u odraslih osoba s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike.

1.7.2. Istraživanje leksičke faze čitanja/imenovanja odraslih s disleksijom

U leksičkoj fazi se odvijaju važni procesi semantičke integracije u kojoj čitatelj dekodirani sadržaj povezuje sa značenjem te ima važnu ulogu u procesu razumijevanja i shvaćanja pročitano sadržaja te povezivanja trenutačnih znanja s ranije naučenim znanjima [227]. Davne 1977. Schuvez i Eleimas [228] proveli su elektrofiziološku studiju na zadacima čitanja rečenica u urednih čitača koje sadrže neočekivane podražaje npr. *Pijem kavu s vrhnjem i ŠEĆEROM* gdje je riječ 'šećer' prikazana velikim slovima. Autori te studije primijetili su pozitivan val, koji se pojavio otprilike nakon prvih 300 ms u središnjim frontalnim, centralnim i parijetalnim elektrodama, kada je neočekivani podražaj bio prikazan na kraju rečenice [228]. Na osnovi početnih ideja studije Schuvez i Eleimas i sur. [228] za istraživanje semantičkih procesa, Kutas i Hillyard [229] istraživali su elektrofiziološke odgovore na zadacima semantičke obrade rečenica s odgovarajućim završetkom u odnosu na semantičku obradu rečenica s neprikladnim završetkom (npr. „Čaj je bio prevruć za jedenje.“) te otkrili da su neprikladni završetci aktivirali snažan odgovor na negativnim 400 kasnije nazvan N400 u lijevom centro-parijetalnom području u urednih čitača [228]. Nalazi tih ranijih studija pružili su važne dokaze sugerirajući da se N400 ERP komponenta može upotrebljavati kao mjera istraživanja neuralne osnove za usvajanje razumijevanja jezika u urednih čitača [228]. Nekoliko studija provedenih na netransparentnim jezicima [205, 217, 220, 230, 231] i transparentnim jezicima [232, 233] pokušalo je pridonijeti razumijevanju procesa čitanja i imenovanja u sebi u leksičkoj fazi obrade odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Rezultati većine studija provedenih na netransparentnim i transparentnim jezicima nisu pronašli statistički značajne razlike u latenciji ERP N400 komponente ni topografskoj hemisferalnoj distribuciji N400 ERP komponente na zadacima čitanja i imenovanja u sebi u odraslih osoba s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [196], za razliku od dviju studija koje su pronašle hemisferne razlike između dviju skupina na zadacima čitanja i imenovanja u sebi [220, 232]. Silva i sur. [220] pronašli su statistički značajne veće negativne amplitude električnog potencijala N400 ERP komponente u centro-parijetalnom području lijeve hemisfere na zadacima čitanja riječi i pseudoriječi u sebi u brazilskih studenata s disleksijom govornika portugalskog jezika i kontrolnih ispitanika [220]. U odnosu na vrstu podražaja, u odraslih ispitanika s disleksijom pronađene su veće amplitude N400 ERP komponente u zadatku čitanja riječi u sebi, za razliku od kontrolnih ispitanika gdje su veće

amplitude N400 ERP komponente pronađene u zadatku čitanja pseudoriječi u sebi [220]. Za razliku od rada Silve i sur. [220], Russeler i sur. [232] pronašli su veće amplitude N400 ERP komponente u desnoj hemisferi u odraslih ispitanika s disleksijom izvornih govornika njemačkog jezika i kontrolnih ispitanika na zadacima čitanja u sebi koji su uključivali fonološku, semantičku i sintaktičku obradu. Od ispitanika se tražilo da pritiskom tipke odluče jesu li dva para pročitanih riječi fonološki ili semantički povezane rimom te jesu li dva para pročitanih riječi napisane u točnom gramatičkom rodu [232]. Duža latencija odgovora N400 ERP komponente pronađena je u zadacima fonološke i semantičke prosudbe u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike, međutim nisu potvrđene statistički značajne razlike u dužini latencije odgovora N400 ERP komponente između skupina [232]. Nadalje, McPherson i sur. [234] istraživali su fonološko-semantičke vještine prosudbe na zadatku uočavanja rime odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika izvornih govornika engleskog jezika. Od ispitanika se tražilo da procijene jesu li dvije uzastopno predstavljene slike povezane rimom (npr. *lonac konac*) ili nisu (npr. *boca leptir*). U urednih odraslih čitača učio se snažni negativni efekt N400 na slikama koje su se rimovale u odnosu na nerimovane slike, a N400 nije izazvan u odraslih ispitanika s disleksijom na zadacima prosudbe rime [234]. Johanness i sur. [233] pronašli su smanjene amplitude N400 ERP komponente na zadacima čitanja čestih i rijetkih njemačkih riječi u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Od ispitanika se tražilo da procijene jesu li pročitane riječi vidjeli prvi put ili drugi put [233]. Razlika u amplitudama N400 ERP komponente između prve i druge prezentacije riječi bila je manja za česte riječi u odnosu na manje učestale riječi u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [233]. Nadalje, Plante i sur. [231] istraživali su elektrofiziološki odgovor N400 ERP komponente u odnosu na dvije vrste podražaja, neverbalni i verbalni podražaj u odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika izvornih govornika engleskog jezika. U neverbalnom podražaju slike (npr. životinja) bile su prikazane uz pripadajuće zvukove okoline koji su kontekstualno bili povezani s predstavljenom slikom ili nisu [231]. U verbalnom podražaju vizualno prezentirane riječi prikazane su i auditivnim putem te je na kontekstualnoj razini manipulirana njihova semantička povezanost [231]. Plante i sur. [231] pronašli su manje amplitude N400 ERP komponente na zadacima čitanja i imenovanja u sebi u kontrolnih ispitanika govornika engleskog jezika. U odraslih ispitanika s disleksijom nisu pronađene statistički značajne razlike na zadatku čitanja semantički povezanih i nepovezanih engleskih riječi u sebi u odnosu na kontrolne ispitanike [231].

Pretpostavlja se da odrasle osobe s disleksijom pokazuju poteškoće u semantičkoj obradi te imaju poteškoće u razlikovanju semantički povezanih i nepovezanih riječi koje se odražavaju na abnormalne amplitude N400 ERP komponente u odraslih osoba s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [231], a što je prije potvrđeno i u drugim ERP studijama [220, 235]. Koliko je do sada poznato, samo dvije studije provedene na netransparentnim jezicima rabile su zadatak imenovanja naglas [221] i čitanja naglas [146] istražujući leksičku fazu čitanja i imenovanja u odraslih osoba s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Araújo i sur. [221] istraživali su odnos između toga kako su povezani i nepovezani objekti obrađeni na vizualnoj, fonološkoj i semantičkoj razini u odraslih ispitanika s disleksijom izvornih govornika portugalskog jezika u odnosu na kontrolne ispitanike. Razlike nisu pronađene u leksičkoj fazi nego narednoj postleksičkoj fazi u zadatku glasnog imenovanja fonološki povezanih slika u odnosu na imenovanje u sebi fonološki nepovezanih slika [221]. Nadalje, Mahe i sur. [146] također nisu pronašli statistički značajne razlike u leksičkoj fazi čitanja naglas u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Nedosljednosti u rezultatima leksičke faze odraslih ispitanika s disleksijom na zadacima čitanja i imenovanja u sebi i naglas najučestalije istraženom na N400 ERP komponenti značajno ovise o vrsti zadatka, dobi sudionika te vrsti jezika na kojoj je istraživanje provedeno [196]. S obzirom na to da se u istraživanjima semantičke obrade najviše upotrebljavao zadatak čitanja i imenovanja u sebi, koristeći se metodologijom odabira odgovora pritiskom tipke ili podizanjem ruke u osoba s disleksijom [69, 196], bilo bi zanimljivo detaljnije istražiti leksičku fazu N400 ERP komponente u transparentnim i netransparentnim jezicima na zadacima čitanja i imenovanja naglas u odraslih osoba s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike.

1.7.3. Istraživanje postleksičke faze čitanja/imenovanja odraslih s disleksijom

Većina dosadašnjih provedenih istraživanja na transparentnim i netransparentnim jezicima u urednih čitača na zadacima sintaktičke i semantičke obrade u zadacima čitanja i imenovanja u sebi i naglas pridonijeli su funkcionalnoj ulozi i razumijevanju kasne pozitivne komponente LPC (eng. *late positive complex*), a koja se u nekim radovima još naziva i P600 ERP komponentom [213, 216]. P600 kasna je pozitivna ERP komponenta, koje se obično javlja između 500 i 800 ms nakon prezentacije podražaja evidentirana u lijevom centro-parijetalnom području [69, 213] kao odgovor na podražaje koji zahtijevaju semantičku, sintaktičku obradu i fonološku obradu. Neki autori kasnu pozitivnu komponentu proučavaju kao nastavak ranih pozitivnih komponenata P300 [213] i P320 komponente (213), u kojih je pronađena rana pozitivnost na oko 300 ms nakon prezentacije podražaja u odnosu prema rečenicama koje su imale pravilan završetak u urednih čitača [229]. Pretpostavlja se da je u ranim pozitivnim komponentama P300 [213] i P320 [213] započela rana faza fonološko-semantičke obrade, a u kasnoj pozitivnoj komponenti P600 dovršena je fonološko-semantička obrada [213] u urednih čitača. Nekoliko radova provedenih na netransparentnim [185, 220, 236–238] i transparentnim jezicima [232] pokušalo je pridonijeti boljem razumijevanju postleksičke faze čitanja i imenovanja u sebi u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Canette i sur. [236] pronašli su statistički značajan efekt P600 ERP komponente u postleksičkoj fazi (400 – 700ms) na zadatku čitanja negramatičnih rečenica u sebi u odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika govornika francuskog jezika. Prosječne amplitude električnog potencijala P600 ERP komponente bile su veće na zadatku čitanja negramatičnih rečenica u odnosu na zadatak čitanja gramatičnih rečenica u sebi u centralnim i stražnjim elektrodama u odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika [236]. Pretpostavlja se da odrasle osobe s disleksijom jednako dobro i brzo prepoznaju gramatične od negramatičnih rečenica [236]. U čitanju rečenica s množinom u sebi u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike nije se uspio izazvati P600 efekt [236, 237]. Nadalje, Rispens i sur. [237] pronašli su snažniji P600 efekt u stražnjim i središnjim elektrodama u odnosu na lijeve i desne elektrode na zadatku čitanja gramatički točnih i gramatički netočnih rečenica u sebi u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike govornike nizozemskog jezika [237]. U odraslih je kontrolnih ispitanika P600 efekt bio jednako raspoređen u lijevim, srednjim i desnim elektrodama na zadacima prosudbe o gramatičnosti/negramatičnosti rečenica

koje su bile auditivno prezentirane ispitaniku u odnosu na odrasle ispitanike s disleksijom [237]. Unatoč suptilnim razlikama u hemisfernoj distribuciji P600 ERP komponente u postleksičkoj fazi (900 – 1400 ms) na zadacima čitanja gramatički ispravnih rečenica u odnosu na negramatične rečenice u sebi u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike, nisu potvrđene statistički značajne razlike [237].

Savill i sur. [185] istraživali su postleksičku fazu (450 – 670 ms) čitanja riječi i pseudoriječi u sebi koje su manipulirane na fonološkoj, semantičkoj i ortografskoj razini u mlađih ispitanika s disleksijom izvornih govornika engleskog jezika u odnosu na kontrolne ispitanike. Od ispitanika se tražilo da pritiskom tipke na računalu odluče koja je od dviju vizualno prezentiranih riječi ciljna riječ (prava engleska riječ), a koja pseudohomofon, homofon ili samo ortografski niz slova [185]. U odraslih mlađih ispitanika s disleksijom pronađen je značajno smanjen efekt P600 ERP komponente na zadacima čitanja nehomofona i ortografskih nizova slova u sebi u odnosu na kontrolne ispitanike [185]. Znatno veće značajne amplitude P600 ERP komponente pronalaze se u zadatku čitanja pseudohomofona i ortografskih različitih nizova slova (koje ne dijele puno zajedničkih slova s ciljnom riječi) u odnosu na zadatak čitanja homofona i ortografskih sličnih nizova slova samo u kontrolnoj skupini u odnosu na odrasle ispitanike s disleksijom [185]. Russeler i sur. [158] pronašli su pozitivnije amplitude električnog potencijala P600 ERP komponente u postleksičkoj fazi (između 450 – 800 ms) u centro-frontalnom području nakon prezentacije podražaja u zadatku čitanja/prisjećanja novih manje učestalih riječi u sebi u odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika izvornih govornika njemačkog jezika [158].

S obzirom na to da nisu potvrđene statistički značajne razlike u zadatku čitanja i prisjećanja novih riječi (učestalih, manje učestalih) u odnosu na čitanje i prisjećanje starih riječi (učestalih, manje učestalih) u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike, pretpostavlja se da odrasle osobe s disleksijom upotrebljavaju jednake mehanizme čitanja, ali na drukčiji način pohranjuju semantička i memorijska znanja o nekoj riječi [158]. Shaul i sur. [238] nisu pronašli statistički značajne razlike u postleksičkoj fazi u lijevoj i desnoj hemisferi u zadatku čitanja riječi i pseudoriječi u sebi u odraslih kontrolnih ispitanika u odnosu na odrasle ispitanike s disleksijom govornike hebrejskog jezika [238]. Amplitude P600 ERP komponente bile su veće na zadatku čitanja riječi i pseudoriječi u sebi u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike, međutim nisu potvrđene statistički značajne razlike između skupina [238]. Nadalje, Silva i sur. [220] pronašli su da su prosječne vrijednosti električnog potencijala P600 ERP

komponente u postleksičkoj fazi na zadatku čitanja riječi i pseudoriječi u sebi bile manje u središnjoj parijetalnoj regiji u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike izvorne govornike portugalskog jezika. Nadalje, veće vrijednosti amplitude električnog potencijala P600 ERP komponente u postleksičkoj fazi na zadatku čitanja riječi u sebi u odnosu na zadatak čitanja pseudoriječi u sebi pronađene su u lijevoj hemisferi u odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika govornika portugalskog jezika [220]. Koliko je do sada poznato, samo jedna studija provedena na netransparentnom jeziku (portugalskom) pokušala je pridonijeti boljem razumijevanju procesa imenovanja naglas [221] u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Razlike su pronađene u postleksičkoj fazi u desnoj hemisferi nakon prvih 400 ms u zadatku imenovanja naglas fonološki povezanih slika u odnosu na zadatak imenovanja fonološki nepovezanih slika u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike [221]. U odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike također je do sada najmanji broj istraživanja bio posvećen istraživanju postleksičke faze čitanja i imenovanja [69].

1.8. KRATKI PRIKAZ DOSADAŠNJIH NALAZA ISTRAŽIVANJA NAŠE GRUPE U DJECE S DISLEKSIJOM

Učenici s disleksijom u Hrvatskoj pokazuju nedostatke u brzini imenovanja koji traju do odrasle dobi, ali korelacija između brzine imenovanja i njezina utjecaja na tečnost čitanja još uvijek nije dovoljno istražena. Rezultati bihevioralnog preliminarnog istraživanja provedenog na 13 djece s disleksijom i 13 kontrolnih ispitanika učenika trećih i četvrtih razreda osnovne škole, govornika hrvatskog jezika, pokazalo je statistički značajne razlike u brzini imenovanja naglas djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Učenici s disleksijom bili su sporiji u svim zadacima imenovanja u odnosu na kontrolne ispitanike. Rezultati tog istraživanja bili su prikazani na 6. međunarodnom kongresu logopeda *Izazovi moderne logopedije-perspektiva i iskustva logopeda današnjice* (eng. *Challenges of modern speech and language pathology-see the world through the eyes of a modern SLP experts*), koji se održao od 1. do 3. travnja 2022. u Splitu (Perkušić Čović M.; Pavlov Lovrin P.; Knežević D. (2022). *Rapid naming differences between dyslexic pupils and controls in transparent croatian orthography*) (Privitak 1, *sažetak).

Nadalje, u skladu s prethodnim rezultatima, istraživanjem evociranih potencijala imenovanja djece s disleksijom u hrvatskom jeziku željelo se pridonijeti boljem razumijevanju predleksičke N170 ERP komponente i leksičke faze N400 ERP komponente imenovanja naglas u djece s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike u hrvatskom jeziku. U nastavku su prikazani preliminarni rezultati istraživanja provedenog na djeci s disleksijom koji će biti prikazani na međunarodnoj konferenciji u Ateni u listopadu 2024. u obliku poster-prezentacije (<https://eda-info.eu/events/conferences/eda-conference/posters/>).

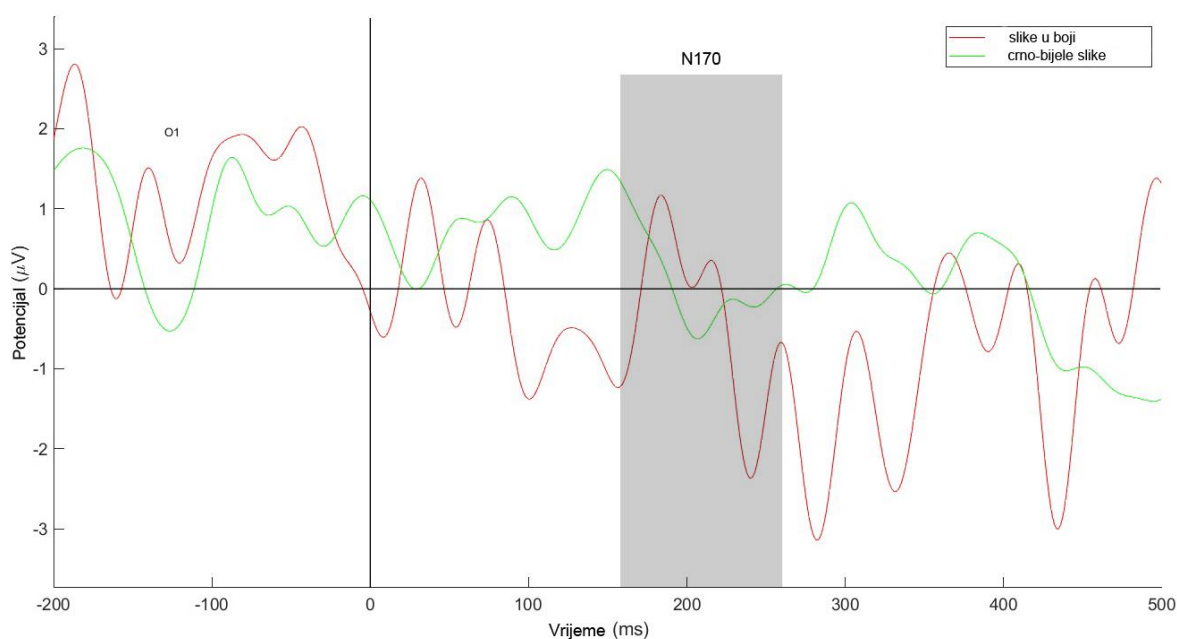
1.8.1. Metodologija

Dvanaest učenika trećih i četvrtih razreda osnovne škole s disleksijom sudjelovalo je u istraživanju imenovanja naglas slika u boji i crno-bijelih slika vizualno prezentiranih na ekranu računala

tijekom snimanja kontinuirane elektrofiziološke aktivnosti bilježene s 32 elektrode. N170 ERP komponenta istražena je u predleksičkoj fazi (160 – 260 ms) imenovanja naglas na parijetalnim i okcipitalnim elektrodama, a N400 ERP komponenta istražena je u leksičkoj fazi (280 – 440 ms) imenovanja naglas na centralnim i temporalnim elektrodama. Prije provedbe ERP mjerenja, učenici s disleksijom bili su podvrgnuti standardiziranoj bihevioralnoj procjeni kognitivnog statusa te standardiziranoj bihevioralnoj procjeni čitanja i imenovanja. Kognitivni status procijenjen je WISC-IV testom [56], čitanje popisima riječi i tekstova čitanja preuzetih iz *Dijagnostičkog kompleta za procjenu istraživanja govora, jezika, čitanja i pisanja u djece* [57], a imenovanje PPVT-HR testom [56]. Prije početka istraživanja od svih roditelja učenika dobiveni su informirani pristanci za sudjelovanje u istraživanju.

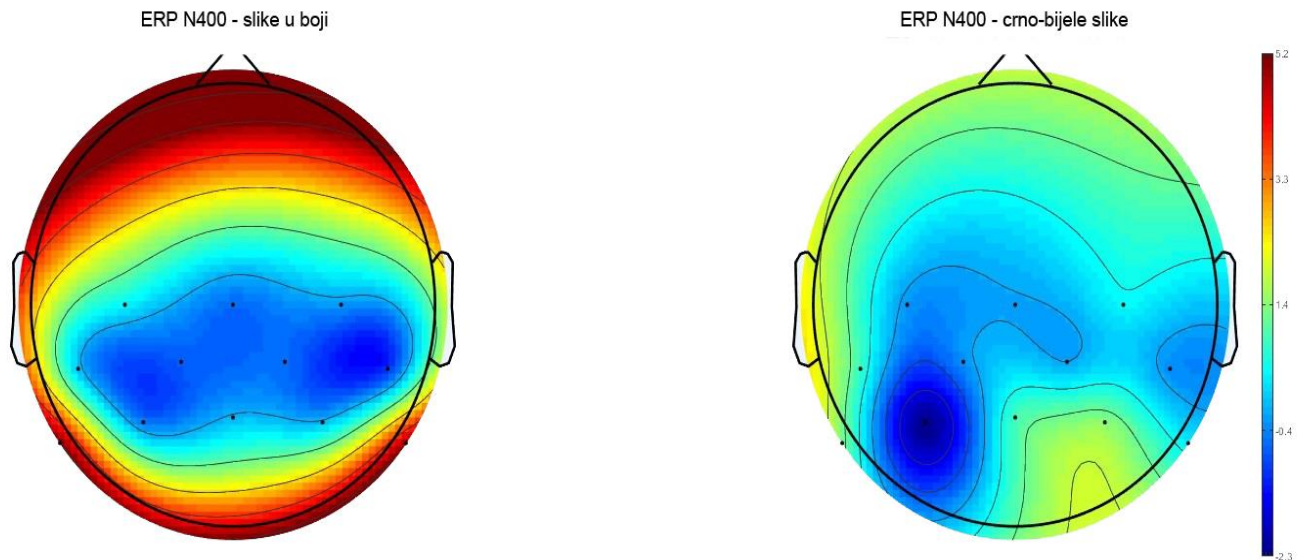
1.8.2. Rezultati

Rezultati upućuju na smanjene amplitude električnog potencijala N170 ERP komponente u objema hemisferama na zadatku imenovanja naglas crno-bijelih slika u odnosu na slike u boji u predleksičkoj fazi imenovanja naglas u djece s disleksijom (Slika 7).



Slika 7. Prikaz N170 ERP komponente na elektrodi O1 lijeve hemisfere u zadatku čitanja naglas slika u boji i crno-bijelih slika (crvena linija – slike u boji, zelena linija – crno-bijele slike).

Nadalje, pronađene su smanjene amplitude električnog potencijala N400 ERP komponente u objema hemisferama na zadatku imenovanja naglas slika u boji u odnosu na crno-bijele slike u leksičkoj fazi imenovanja naglas u djece s disleksijom.



Slika br 8. Topografski prikaz ERP komponente N400 u zadatku imenovanja (lijevo: ERP – slike u boji, desno: ERP – crno-bijele slike).

Pozitivnije amplitude električnog potencijala N170 ERP komponente pronađene su u lijevoj hemisferi na zadatku imenovanja naglas slika u boji u odnosu na crno-bijele slike u predleksičkoj fazi imenovanja u djece s disleksijom. Pozitivnije amplitude električnog potencijala N400 ERP komponente pronađene su u desnoj hemisferi na zadatku imenovanja naglas crno-bijelih slika u odnosu na slike u boji u djece s disleksijom u leksičkoj fazi imenovanja.

1.8.3. Zaključak

Dobiveni preliminarni rezultati pridonijeli su boljem razumijevanju elektrofizioloških procesa imenovanja predleksičke N170 ERP komponente i leksičke N400 ERP komponente djece s disleksijom u hrvatskom transparentnom jeziku. Iako na malom uzorku učenika s disleksijom, tim istraživanjem uspio se dokazati utjecaj boje na različitost elektrofizioloških odgovora djece s disleksijom na zadatku imenovanja naglas slika u boji u odnosu na crno-bijele slike. U budućim istraživanjima bilo bi zanimljivo istražiti utjecaj boje pozadine u odnosu na brzinu čitanja i imenovanja naglas, kao i vrstu fonta u djece.

2. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA

Većina dosadašnjih ERP studija provedena je na netransparentnim jezicima (npr. engleski, francuski, portugalski) na zadacima čitanja i imenovanja u sebi, a rezultati upućuju na smanjene prosječne vrijednosti amplitude električnog potencijala u predleksičkoj fazi (oko 100-300 ms) u odraslih ispitanika s disleksijom [217,220] i djece [69] u usporedbi s kontrolnim ispitanicima. Nadalje, provedeno je svega nekoliko studija na netransparentnim jezicima (francuski, portugalski) koje su koristile metodologiju čitanja i imenovanja naglas kod odraslih [146,221,226] i djece s disleksijom [145]. Rezultati prethodnih ERP studija provedenim na netransparentnim jezicima [146,221] ukazuju na značajno smanjene prosječne vrijednosti amplitude električnog potencijala tijekom zadatka čitanja naglas (100-300 ms) u predleksičkoj fazi u lijevoj hemisferi [146] te smanjene prosječne amplitude električnog potencijala tijekom imenovanja naglas u postleksičkoj fazi nakon 400 ms u desnoj hemisferi [221] u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike tijekom brzog imenovanja naglas. Također, pronađene su i veće vrijednosti električnog potencijala u desnoj hemisferi na zadacima čitanja u sebi u studijama provedenim na netransparentnim jezicima [217,218,220,225] i niže vrijednosti električnog potencijala na zadacima imenovanja u sebi u studijama provedenim na transparentnim [217,218,225] i netransparentnim jezicima [220] kod ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Prema našim saznanjima do sada nisu provedene ERP studije kojima se istražuju neurofiziološki biljezi (amplitude električnog potencijala) predleksičke, leksičke i postleksičke faze tijekom čitanja i imenovanja naglas u jezicima s transparentnom ortografijom.

2.1. CILJEVI I HIPOTEZE

2.1.1. Ciljevi istraživanja

- Istražiti prosječne vrijednosti amplitude električnog potencijala predleksičke (160 – 260 ms), leksičke (450 – 700 ms) i postleksičke (750 – 900 ms) faze čitanja riječi naglas u odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika u jeziku (hrvatskom) s transparentnom ortografijom.
- Istražiti prosječne vrijednosti amplitude električnog potencijala predleksičke (150 – 200 ms), leksičke (280 – 440 ms) i postleksičke (900 – 1000 ms) faze imenovanja vizualno prezentiranih objekata naglas u odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika u jeziku (hrvatskom) s transparentnom ortografijom.

2.1.2. Hipoteze istraživanja

- Odrasli ispitanici s disleksijom sporiji su u brzini imenovanja vizualno prezentiranih objekata i čitanja riječi u odnosu na kontrolne ispitanike.
- Očekuju se smanjene vrijednosti amplitude električnog potencijala u predleksičkoj fazi (160 – 260 ms) čitanja riječi naglas u ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike u lijevoj hemisferi.
- Ne očekuju se značajne razlike u prosječnim vrijednostima amplitude električnog potencijala u leksičkoj fazi (450 – 700 ms) čitanja riječi naglas u ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike.

- Ne očekuju se značajne razlike u prosječnim vrijednostima amplitude električnog potencijala u leksičkoj fazi (280 – 440 ms) imenovanja vizualno prezentiranih objekata naglas u ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike.
- Očekuju se smanjene vrijednosti amplitude električnog potencijala u postleksičkoj fazi (900 – 1000 ms) imenovanja vizualno prezentiranih objekata naglas u ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike u desnoj hemisferi.

3. MATERIJALI I POSTUPCI

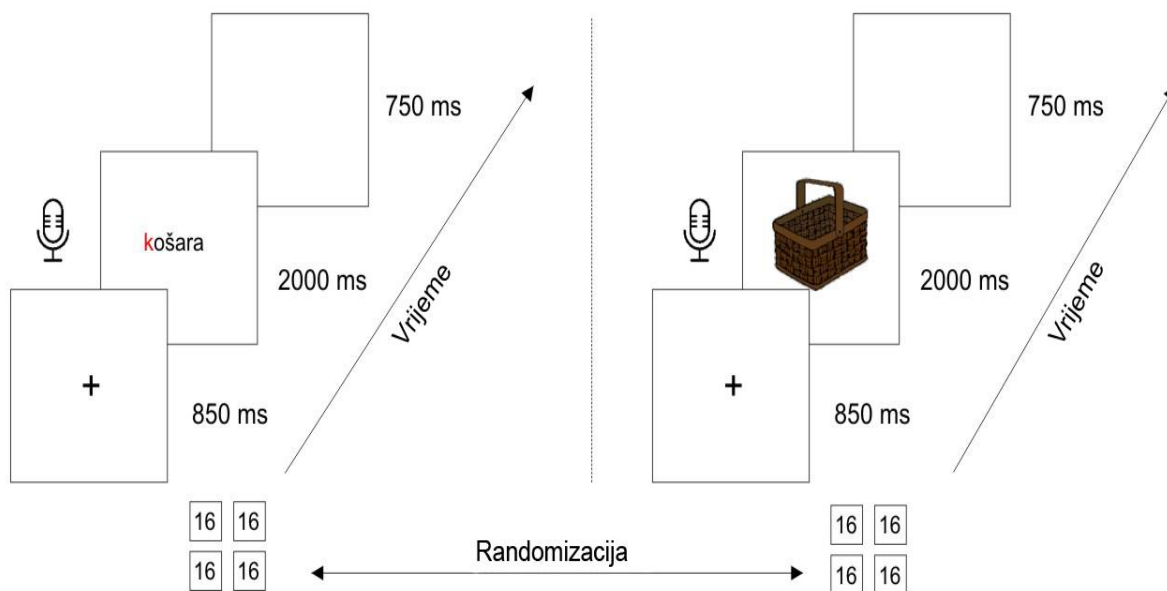
3.1. Ispitanici

Dvanaest zdravih odraslih kontrolnih ispitanika (srednja dob: $29,5 \pm 8,9$, 6 muškaraca, 6 žena) i dvanaest odraslih ispitanika s disleksijom (srednja dob: $22,08 \pm 8,4$, 6 muškaraca, 6 žena) sudjelovalo je u istraživanju. Zbog tehničkih problema (šum signala, loš signal od dviju ili više elektroda, veliki motorički artefakti), 2 kontrolna ispitanika isključena su iz elektrofiziološke analize podataka. Konačni uzorak uključivao je 10 zdravih kontrolnih ispitanika (prosječne dobi $27,8 \pm 8,21$, 6 žena, 4 muškarca) i 12 odraslih ispitanika s disleksijom (srednja dob $22,08 \pm 8,4$). Nije pronađena značajna razlika između dobi ($t = -1,03$; $p = 0,31$) i spola ($\chi^2 = 0,22$; $p = 0,63$) između dviju skupina. Kontrolni ispitanici i odrasli ispitanici s disleksijom dobrovoljno su sudjelovali u istraživanju i bili su izvorni govornici hrvatskoga jezika. Svi su ispitanici bili dominantno dešnjaci, prema testu Edinburgh Handedness Inventar [239]. Nitko od ispitanika nije imao neurološku ili psihijatrijsku povijest poremećaja i nisu imali druge dijagnoze (npr. poremećaj pozornosti, disfazija). Odrasle ispitanike s disleksijom dijagnosticirao je logoped tijekom njihova formalnog obrazovanja u ranom djetinjstvu. Svi su imali normalan ili ispravljen na normalan vid. Prije elektrofizioloških mjerenja kognitivne sposobnosti ispitanika testirane su kognitivnim neverbalnim testom KNT [240], koji je pokazao normalan nalaz (Privitak 2). Obje skupine postigle su neverbalne uredne rezultate inteligencije. Prema kognitivnom neverbalnom testu, prosječna neverbalna inteligencija bila je u rasponu od vrijednosti $-1z$ do vrijednosti $1z$, 15 centila – 85 centila, vrijednosti 40T – 60T. Devijacija IQ-a prema Wechslerovoj ljestvici iznosila je 85 do 115.

Objekti skupine bile su unutar normalnih nalaza IQ-a. Postupak ispitivanja odobrilo je Etičko povjerenstvo Poliklinike za rehabilitaciju osoba s poteškoćama u razvoju, Split, Hrvatska, Klasa: 135-01/17- 01/01, broj: 2181-164-17-01.

3.2. Materijali i podražaji

Podražaji su bile 64 riječi (za zadatak čitanja riječi) i njihovi odgovarajući crteži objekata u boji (za vizualni zadatak imenovanja objekata) odabranih iz Snodgrassove i Vanderwartove galerije slika [241] i iz galerije slika Corel Gallery™ Magic [242]. Slike podražaja navedene su u Pravitcima (Privitak 2). Riječi i odgovarajuće slike preuzete su iz *Hrvatskog čestotnog rječnika hrvatskih riječi* [243] (Privitak 3). Duljina ciljnih riječi varirala je od četiri do osam fonema i sastojala se od dvaju do četiriju slogova. Dva bloka za čitanje/imenovanje započinju suglasnicima /b/ i /d/ i dva bloka za čitanje/imenovanje sa suglasnicima /k/ i /g/. Grafemi /b/, /d/, /g/, i /k/ odabrani su jer odrasle osobe s disleksijom u hrvatskom jeziku često čine vizualne ili auditivne pogreške tijekom čitanja tih grafema [20]. Podražaji riječi i slika bili su podijeljeni u četiri bloka koji su se sastojali od po 16 riječi/slika (Slika 9).



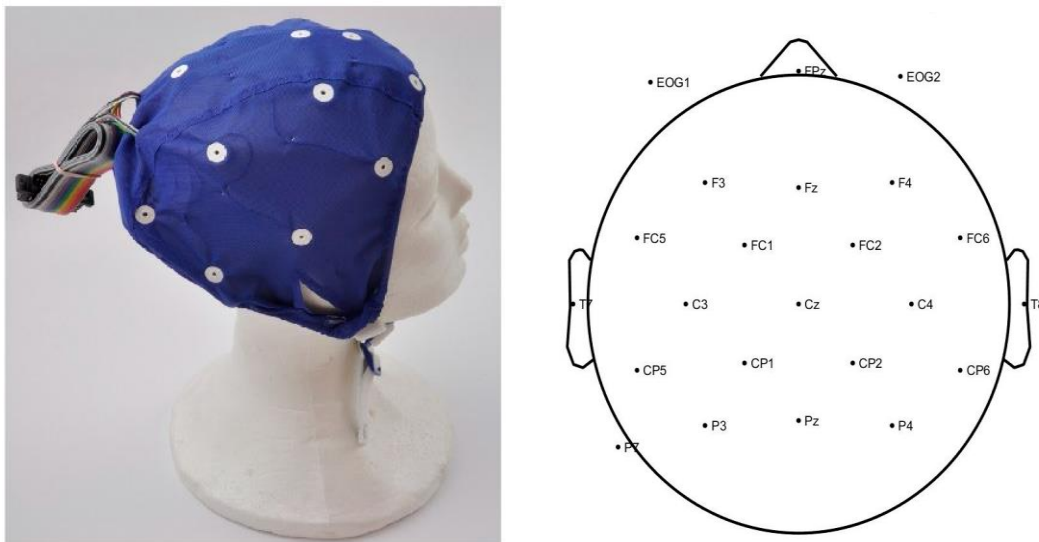
Slika 9. Shematski prikaz jednog pokušaja za zadatak čitanja (lijevo) i imenovanja (desno).

3.3. Postupci i metode

Ispitanici su testirani individualno u tihoj sobi u EEG laboratoriju Poliklinike za rehabilitaciju osoba sa smetnjama u razvoju, Split, Hrvatska. Sjedili su 60 cm ispred zaslona računala. Slike su bile prikazane u konstantnoj veličini od 9,5 cm × 9,5 cm na bijelom ekranu. Ispitanici su bili zamoljeni da čitaju riječi naglas i imenuju naglas vizualno prikazane slike na zaslonu računala što je brže i točnije moguće. Prije eksperimenta bili su upoznati s postupkom tijekom jednog probnog bloka čitanja riječi naglas i imenovanja slika naglas. Podražaji su bili predstavljeni pomoću programa NeurobsPresentation® (verzija 20.0, neurobihevioralni Systems, Inc., Berkeley, CA, SAD, www.neurobs.com, pristupljeno 15. siječnja 2018.) [244]. Eksperimentalni pokus imao je sljedeću strukturu: prvo je bio prikazan fiksacijski križić tijekom 850 ms nakon čega je slijedila prezentacija slike/riječi u trajanju od 2000 ms i na kraju je bio prikazan prazan ekran u trajanju 750 ms na bijeloj pozadini. Ispitanici su imali 2000 ms za verbalni odgovor u obama eksperimentalnim zadacima. Eksperimentalni blokovi sastojali su se od 16 pokusa po bloku (četiri za čitanje riječi i četiri za vizualno imenovanje slika). U zadatku čitanja naglas korištena su 64 podražaja, 16 riječi unutar jednog bloka čitanja, 64 podražaja korištena su u zadatku imenovanja naglas, 16 Slika unutar jednog bloka imenovanja, ukupno 128 stimulusa u obama zadacima te 6 različitih vremenskih faza unutar kojih su promatrani i analizirani elektrofiziološki odgovori ispitanika. Slika 9. predstavlja jedan probni zadatak čitanja riječi i imenovanja vizualnih objekata. Snimanje odgovora ispitanika počelo je od nule kada je predstavljena riječ/slika ispitaniku (simbol mikrofona, Slika 9). Redoslijed imenovanja blokova slika i blokova čitanja randomiziran je među ispitanicima. Eksperimentalni dio elektrofiziološkog snimanja trajao je otprilike 45 minuta po ispitaniku. Većina eksperimentalnih mjerenja je provedena u popodnevnim satima. Obje skupine ispitanika (odrasli ispitanici s disleksijom i kontrolni ispitanici) u trenutku provedbe eksperimentalnih mjerenja nisu imali poteškoća sa spavanjem, usnivanjem na osnovu podataka prikupljenih u anamnezi niti su ranije bili podvrgnuti EEG snimanju.

3.4. Pred ERP obrada podataka i ERP testiranje

Kontinuirana elektroencefalografska (EEG) aktivnost zabilježena je elektrodama montiranim u elastičnu kapu (slika 10) s 22 mjesta postavljena prema internacionalnom 10/20 sustavu postavljanja elektroda (Natus® EEG32U™, NicoletOne™ EEG sustav, Planegg, Njemačka) (Slika 10). Ispitanici su zamoljeni da izbjegavaju treptanje očima i da budu mirni tijekom snimanja. Jedna dodatna elektroda bila je postavljena je na lijevi mastoid za *online* referencu. Tehničar je izravno označavao epohe čitanja i imenovanja na EEG-u, a odgovori su ispitanika za zadatke čitanja i imenovanja snimani istovremeno i bili pohranjeni za *offline* analizu. Snimanje je bilo kontrolirano pomoću programa Nicolet EEG studyroom (verzija 5.91.0.248). Dvije dodatne elektrode bile su postavljene na glave ispitanika (EOG1, EOG2) blizu lijevog i desnog oka za *online* referenciranje, a jedna je bila postavljena na nos ispitanika kao *offline* referentni kanal. Nadalje, EEG kontinuirano je sniman i digitaliziran na 250 Hz, impedancija održavana ispod 25 k Ω , a osjetljivost je iznosila 70 mikrovolta.



Slika 10. Primjer elastične kape korištene u studiji (lijevo) i podatci o broju i lokaciji elektroda (desno).

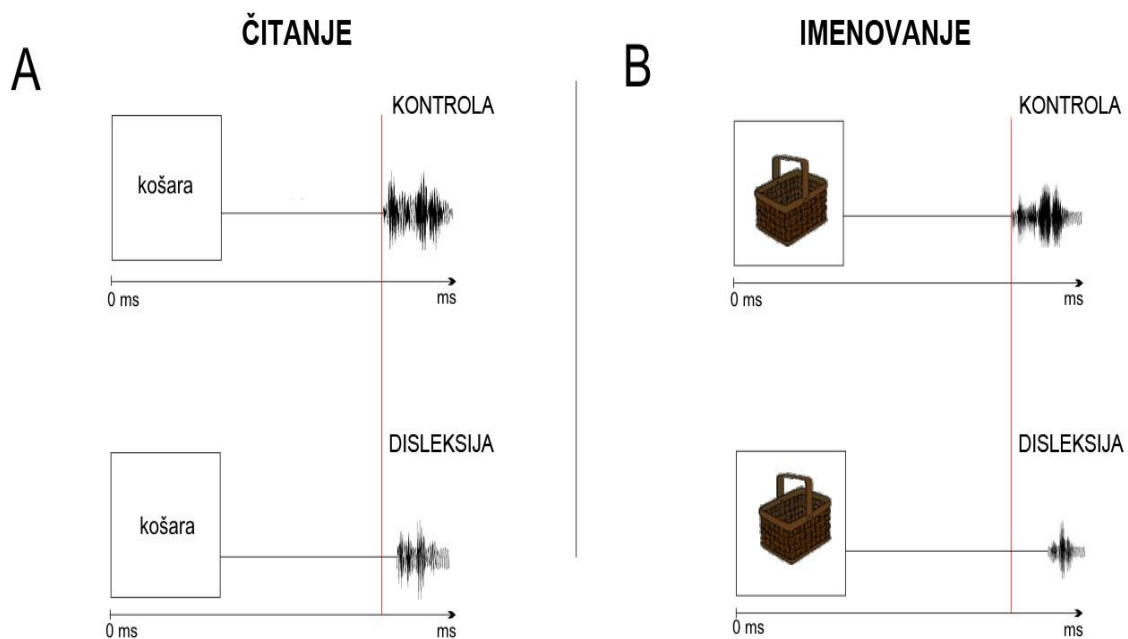
Potpuna EEG analiza provedena je pomoću programa EEGLAB-a (verzija 15.x (dev)) [79], integriranog u program MATLAB (9.4.0.949201 (R2018a)) [245]. Prije segmentacije EEG signal filtriran je propusnim filtrom između 1 i 30 Hz. Uklanjanje loših kanala provedeno je korištenjem `pop_rejchan` (EEG) koda implementiranog u MATLAB [114]. U spektralnom prikazu *eegplota*, vizualnim pregledom uklonjeni su loši kanali koji su bili predloženi za uklanjanje. Ako su predloženi kanali imali abnormalan izgled, abnormalne distribucije, s velikim artefaktima, bili su uklonjeni. Nakon uklanjanja loših kanala koji su bili identificirani kriterijima spektra, svi su podatci ponovno referencirani, ali bez odbacivanja kanala. Nadalje, ekstrahirane su epohe od interesa. Loši segmenti u epohama od interesa uklonjeni su pomoću koda `pop_rejmenu` (EEG, 1) i algoritmom neovisnih komponenata (eng. *Independent component analysis*, ICA) implementiranih u program MATLAB [114]. Iz velikog izbora ICA algoritama, za potrebe ove studije odabrana je funkcija *runica* za automatiziranu *infomax* dekompoziciju ICA [246].

Epohe koje su se sastojale od događaja od interesa (povezanih s čitanjem i imenovanjem) bile su ekstrahirane. Epohe bez odgovora / netočnog odgovora ili koje su imale velike motoričke artefakte bile su isključene iz daljnje analize. Epohe prosječno duge 1999 ms bile su uprosječene u odnosu na korekciju osnovne linije (eng. *baseline correction*) od 1000 ms prije podražaja kako bi se osiguralo da će segmentirane epohe početi s epohama čitanja i epohama imenovanja. Nadalje, željeli su se izbjeći veliki motorički artefakti u epohama bez odgovora i epohama s netočnim odgovorima. Sveukupna ERP analiza sastojala se od 45 do 64 epohe (srednja vrijednost 56) u kontrolnih ispitanika, 45 – 64 epohe (srednja vrijednost 58) u odraslih ispitanika s disleksijom za zadatak čitanja riječi, 40 – 64 epohe (srednja vrijednost 56) u kontrolnih ispitanika i 54 – 64 (srednja vrijednost 59) i odraslih ispitanika s disleksijom za zadatak imenovanja vizualno prezentiranih slika. Broj prosječnih pokušaja i elektroda nije se razlikovao među skupinama.

Prostorna i vremenska topografska analiza ERP-ova čitanja i imenovanja provedena je korištenjem parametrijskih statističkih metoda implementiranih u program EEGLAB. Upotrijebljen je odabir višekanalnog ERP formata iscrtavanja određene vremenske faze. Čitanje je istraženo u predleksičkoj fazi u vremenskom prozoru 160 – 260 ms [146, 180, 217], leksička faza u vremenskom prozoru 450 – 700 ms [146, 196, 220] i postleksička faza u vremenskom prozoru 750 – 900 ms [69, 146, 230]. Imenovanje je istraženo u predleksičkoj fazi u vremenskom prozoru 150

– 200 ms [145, 196, 221], leksičkoj fazi u vremenskom prozoru 280 – 440 ms [147, 151, 196], a postleksička faza u vremenskom prozoru 900 – 1000 ms [69, 213, 216].

Nadalje, ERP-ovi čitanja i imenovanja izrađeni su pomoću programa EEGLAB koristeći se analiziranim vremenskim prozorima. Prije isctavanja ERP-ovi su normalizirani kriterijima spektra korištenjem statističkih alata implementiranih u program EEGLAB. Prije prikaza topografskih karti svi kanali bili su provjereni u odnosu na nenormalni izgled, abnormalne vrijednosti, abnormalne distribucije, abnormalne trendove i abnormalne spektre. Bihevioralni odgovori za vrijeme reakcije u zadatku čitanja naglas i vrijeme reakcije u zadatku imenovanja naglas (latencija odgovora) bili su procijenjeni u programu Praat (verzija 5.3.56) [247] od početka podražaja (riječ ili vizualno prezentirana slika) do početka verbalnog odgovora ispitanika (slika 11). Verbalni odgovor duži od 2000 ms i pogrešni odgovori ispitanika isključeni su iz daljnje analize.



Slika 11. Shematski prikaz pojedinačne probe za zadatak čitanja riječi (A) i zadatak vizualnog imenovanje slika (B) latencija odgovora jednog kontrolnog ispitanika i jednog ispitanika s disleksijom.

3.5. Statistički postupci

Parametri spljoštenosti (engl. *kurtosis*) i zakrivljenosti (engl. *skewness*) za prosječnu amplitudu ERP-a na svakoj elektrodi, vremenskoj točki te rezultatima kašnjenja odgovora čitanja i imenovanja pokazali su prihvatljive vrijednosti za korištenje parametrijske statistike. Deskriptivni podatci prikazani su kao N, srednja vrijednost (M) i standardna devijacija (sd). Za procjenu razlika u učestalosti pogrešaka u zadacima imenovanja i čitanja između skupina korišten je hi-kvadrat test (χ^2), a za usporedbu srednjih vrijednosti kašnjenja odgovora čitanja i imenovanja korišten je t-test. U testiranju razlika prosječnih vrijednosti električnog potencijala amplitude ERP-a za predleksičku, leksičku i postleksičku fazu provedena je dvosmjerna ANOVA s hemisferom (lijevo naspram desnom) (desno: F4; FC2; FC6; C4; T8; CP2; CP6; P4; u odnosu na lijevo: F3; FC5; FC1; T7; C3; CP5; CP1; P7; P3) kao varijabilitetom unutar grupa i grupom (kontrola nasuprot disleksije) kao varijabilitetom između grupa. Fisherov LSD test korišten je u *post hoc* analizi. U svim izračunima vrijednost $p < 0,05$ smatrana je statistički značajnom. Analiza podataka provedena je korištenjem softvera Statistica Soft 12. Topografski prikazi ERP podataka normalizirani su prema prosječnim vrijednostima amplitude električnog potencijala u mikrovoltima u predleksičkoj, leksičkoj i postleksičkoj fazi.

4. REZULTATI

4.1. Bihevioralni rezultati

Kvalitativna analiza pokazala je da su odrasli ispitanici s disleksijom znatno više griješili u zadatku čitanja riječi (2,47 %) u usporedbi s kontrolnim ispitanicima (0,52 %) ($\chi^2 = 9,93$, $p < 0,01$, $Q = 0,6$) i imali značajno više pogrešaka u zadatku vizualnog imenovanja slika (35,54 %) u usporedbi s kontrolnim ispitanicima (24,60 %) ($\chi^2 = 21,84$, $p < 0,001$, $Q = 0,2$) (Tablica 1). U zadatku čitanja riječi odrasli ispitanici s disleksijom napravili su znatno više fonoloških pogrešaka (1,43 %) u odnosu na kontrolne ispitanike (0,52 %) ($\chi^2 = 4,61$, $p = 0,03$, $Q = 0,5$). U zadatku vizualnog imenovanja slika odrasle osobe s disleksijom imale su značajno više odgovora „bez odgovora“ (10,02 %) u usporedbi s kontrolnim ispitanicima (1,72 %) ($\chi^2 = 48,34$, $p < 0,001$, $Q = 0,7$) (Tablica 1). Bihevioralna analiza latencije odgovora otkrila je značajne razlike u latenciji čitanja riječi ($t = 17,81$; $p < 0,001$; $d = 3,14$) između odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika, pri čemu su odrasle osobe s disleksijom imale produljene latencije čitanja u usporedbi s kontrolnim ispitanicima ($t = 0,16$; $p = 0,86$). (Tablica 2).

Tablica 1. Kvalitativne razlike čitanja i vizualnog imenovanja slika između odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika.

	Kvalitativne pogreške	Kontrola n(%)	Disleksija n(%)	X^2	p
Čitanje	Nema odgovora	0 (0)	3 (0.39)	3.01	0.08
	Semantička pogreška	0 (0)	0 (0)	-	-
	Fonološka pogreška	3 (0.39)	11 (1.43)	4.61	0.03*
	Oklijevanje	1 (0.13)	5 (0.65)	2.68	0.10
	Ukupno	4 (0.52)	19 (2.47)	9.93	0.002
Vizualno imenovanje slika	Nema odgovora	13 (1.72)	77 (10.02)	48.3	<0.001
	Semantička pogreška	125 (16.28)	121 (15.75)	4	0.78
	Fonološka pogreška	14 (1.82)	26 (3.38)	0.08	0.05
	Oklijevanje	37 (4.81)	49 (6.38)	3.70	0.18
	Ukupno	189 (24.60)	273 (35.54)	1.77	<0.001
			21.8		
			4		

Napomena: χ^2 —Chi square test; * $p < 0.05$.

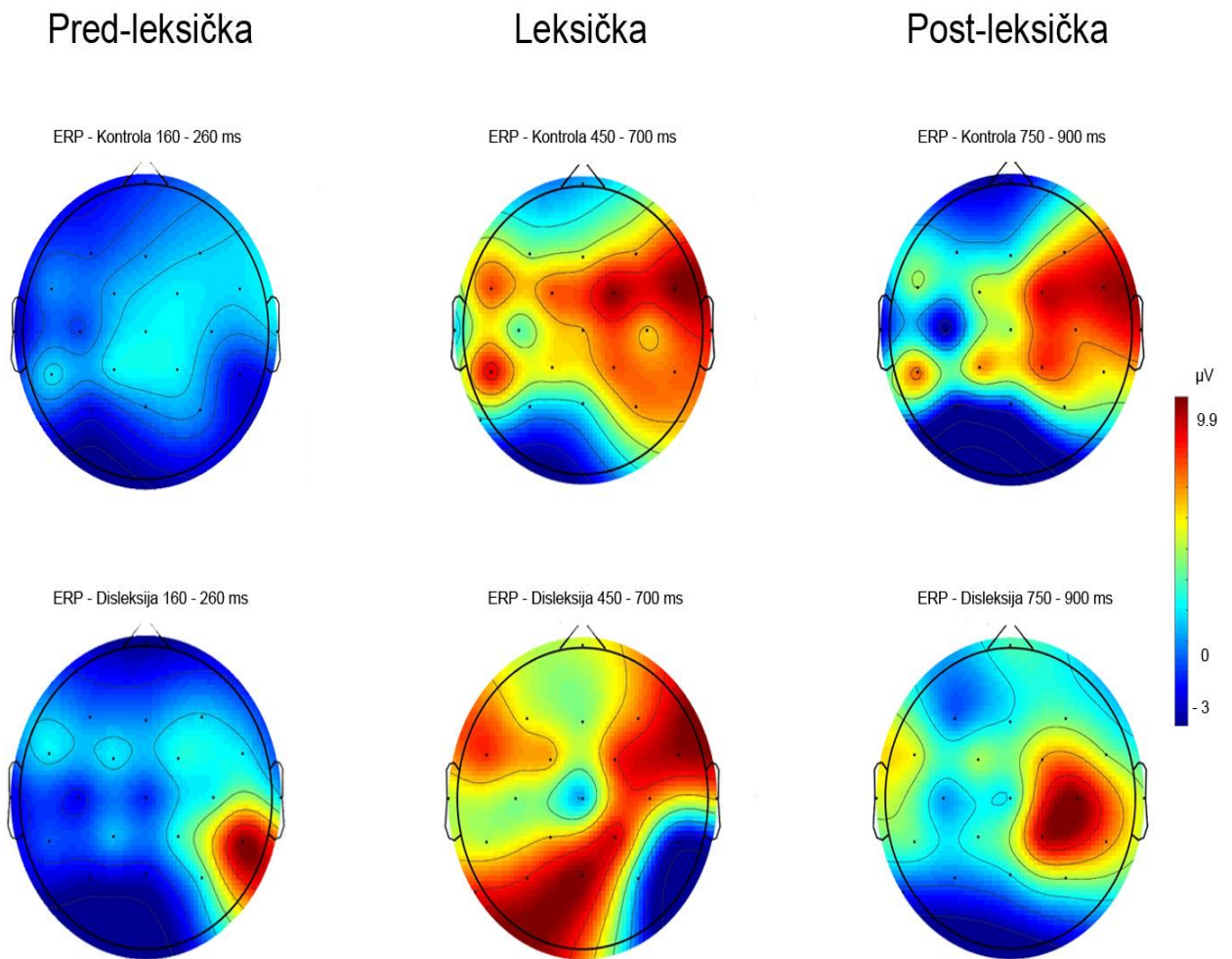
Tablica 2. Razlike latencije čitanja i imenovanja odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika.

	Kontrola M±SD (ms)	Disleksija M±SD (ms)	t	p
Latencija čitanja	663.63±37.09	892.89±96.05	17.81	<0.001
Latencija imenovanja	794.44±298.75	803.38±302.03	0.16	0.86

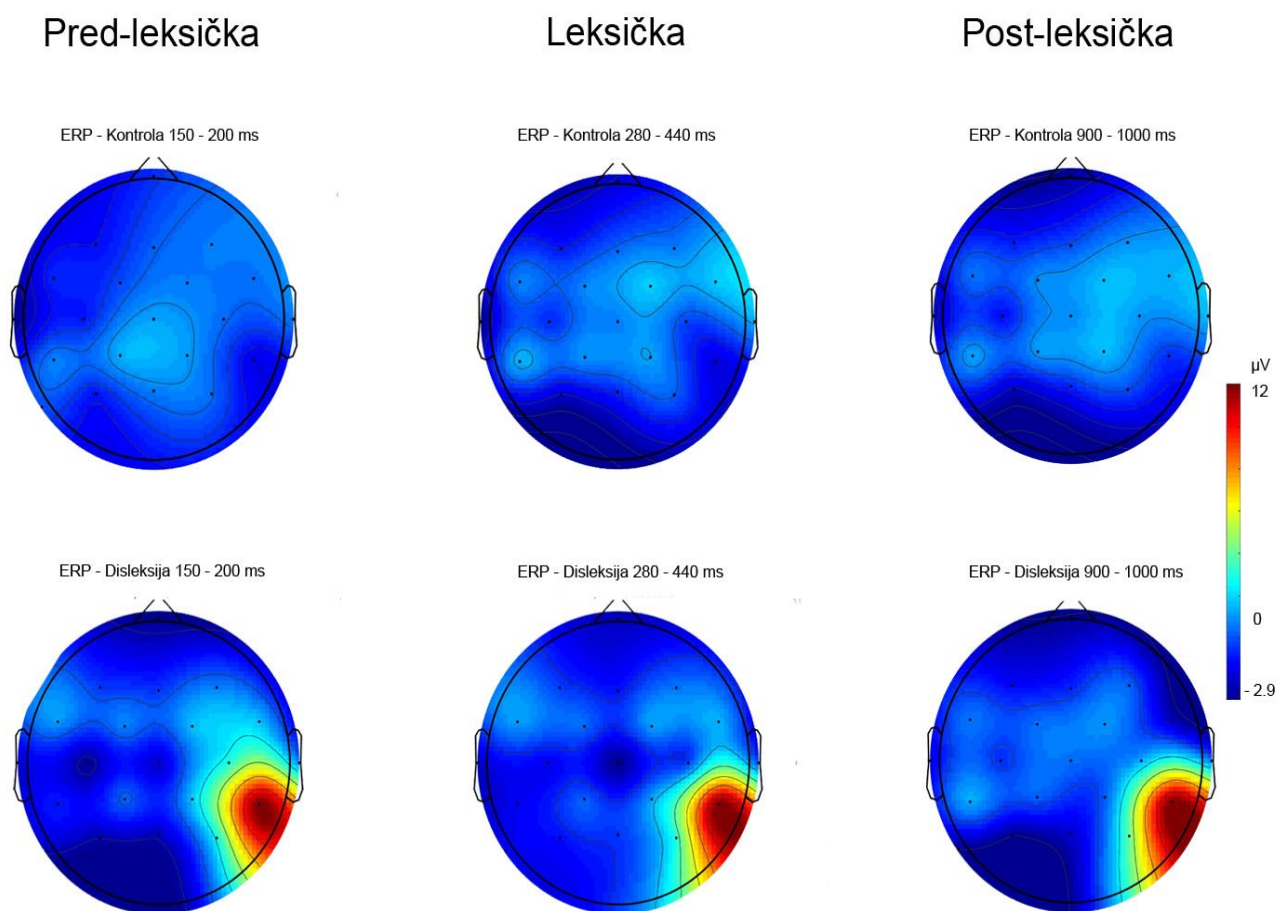
Latencija čitanje izražena je u milisekundama (ms)

4.2. ERP rezultati

Topografski prikaz električnog signala ERP-a za čitanje riječi (Slika 12) i vizualnih ERP-ova za imenovanje slika (Slika 13) prikazani su u predleksičkoj, leksičkoj i postleksičkoj fazi. Opisni ERP podaci za prosječne vrijednosti amplitude električnog potencijala signala u predleksičkoj, leksičkoj i postleksičkoj fazi navedeni su u Privitcima (Privitak 5). Topografski prikazi ERP podataka normalizirani su prema prosječnim vrijednostima amplitude električnog potencijala signala u mikrovoltima u odgovarajućim vremenskim fazama.



Slika 12. Topografski prikaz distribucije električnog signala u zadatku čitanja riječi naglas u predleksičkoj (160 – 260 ms), leksičkoj (450 – 700 ms) i postleksičkoj (750 – 900 ms) fazi u odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika. *Stupić u boji prikazuje relativno skaliranje električnog potencijala min/max -3/9,9 u mikrovoltima.*



Slika 13. Topografski prikaz distribucije električnog signala u zadatku imenovanja slika u predleksičkoj (150 – 200 ms), leksičkoj (280 – 440 ms) i postleksičkoj (900 – 1000 ms) fazi u odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika. *Stupić u boji prikazuje relativno skaliranje električnog potencijala min/max -2,9/12 u mikrovoltima.*

4.2.1. Zadatak čitanja-ERP rezultati

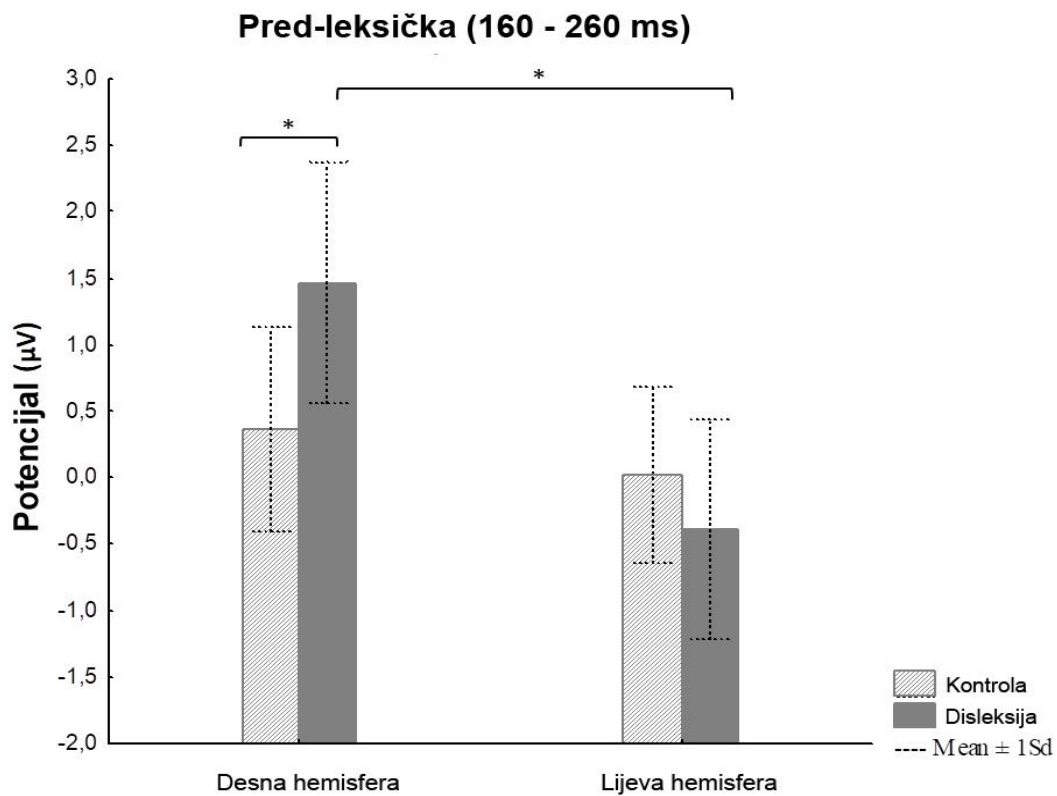
Značajne razlike u prosječnim vrijednostima amplitude ERP-a u odnosu na desnu naspram lijeve hemisfere za predleksičku ($F_{\text{hemisfera}} = 13,09$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,39$; $F_{\text{skupina} \times \text{hemisfera}} = 4,79$, $p = 0,03$, $\eta^2 = 0,19$), leksičku ($F_{\text{hemisfera}} = 12,50$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,38$) i postleksičku ($F_{\text{hemisfera}} = 6,82$, $p = 0,009$, $\eta^2 = 0,25$) fazu pronađene su u zadatku čitanja riječi (Tablica 3).

Tablica 3. ERP rezultati za zadatak čitanja: dvosmjerna Anova

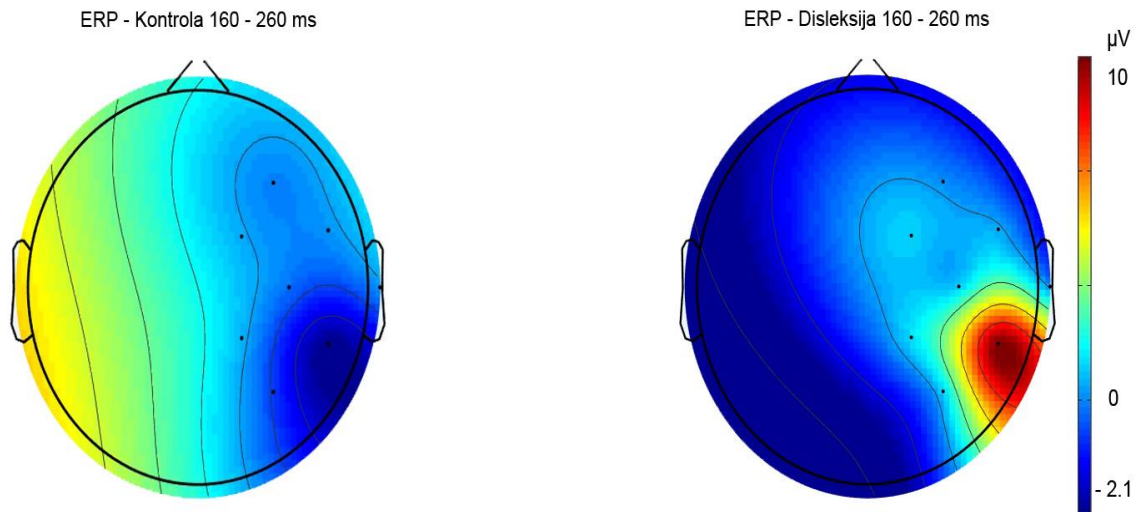
Vremenske faze	Izvor varijance	SS	F	p	Post hoc Test
Predleksička 160 – 260 ms	Grupa	8.64	0.54	0.46	Kontrola desno-Disleksija desno $p = 0.02$ Disleksija desno-Disleksija lijevo $p < 0.001$
	Hemisfera	88.56	13.09	<0.001	
	Grupa×Hemisfera	41.59	4.79	0.03	
Leksička 450 – 700 ms	Grupa	0.23	0.02	0.88	Kontrola desno-Kontrola lijevo $p = 0.01$ Disleksija desno- Disleksija lijevo $p = 0.01$
	Hemisfera	86.32	12.50	<0.001	
	Grupa×Hemisfera	0.01	0.002	0.96	
Postleksička 750 – 1000 ms	Grupa	0.04	0.004	0.94	Kontrola desno-Kontrola lijevo $p = 0.004$
	Hemisfera	57.88	6.82	0.009	
	Grupa×Hemisfera	15.85	2.07	0.15	

Napomena: SS (eng. *the sum of squares*), post hoc test-Fisherov LSD test

Fisherov LSD *post hoc* test dodatno je otkrio razlike u ERP-ovima desne hemisfere između kontrolnih ispitanika i odraslih ispitanika s disleksijom u predleksičkoj fazi ($p = 0,02$) (Slika 14, Slika 15) (Tablica 3). Nadalje, značajna je razlika pronađena za kontrolne ispitanike između desne i potencijala lijeve hemisfere za leksičku ($p = 0,01$) i postleksičku ($p = 0,004$) fazu, a za skupinu s disleksijom za predleksičku ($p < 0,001$) i leksičku ($p = 0,01$) fazu (Tablica 3). Prosječne vrijednosti električnog potencijala na elektrodama od interesa u zadatku čitanja riječi naglas u predleksičkoj fazi i ERP-ovi čitanja bit će prikazani u Privitcima (Privitak 6. Slika 1, Slika 2, Privitak 7. Tablica 1, Tablica 2, Tablica 3, Tablica 4).



Slika 14. Prosječne vrijednosti amplitude električnog potencijala u zadatku čitanja riječi naglas u predleksičkoj fazi (160 – 260 ms) za desnu i lijevu hemisferu u kontrolnih ispitanika i ispitanika s disleksijom. * $p < 0.05$. Napomena: Statistički program Statistica Soft 12 automatski generira zarez za decimalni separator.



Slika 15. Topografski prikaz električnog potencijala elektroda desne hemisfere u zadatku čitanja naglas u predleksičkoj fazi (160 – 260 ms) u ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika. *Stupić u boji predstavlja relativno skaliranje električnog potencijala min/max -2,1/10 u mikrovoltima u kontrolnih ispitanika i ispitanika s disleksijom.*

4.2.2. Zadatak imenovanja – ERP rezultati

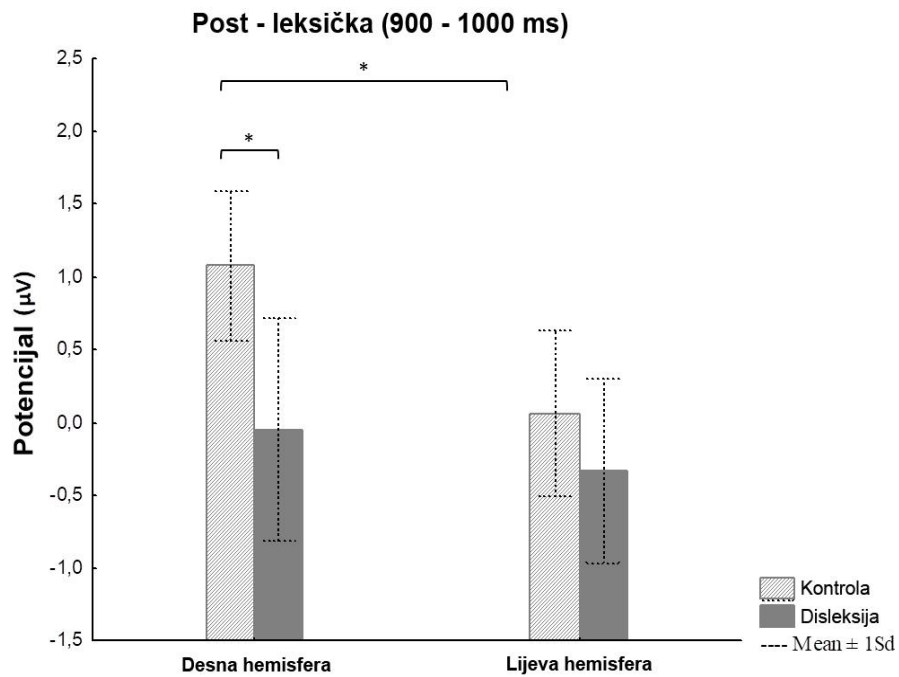
ERP rezultati pokazuju značajne razlike između skupina i hemisfere za predleksičku ($F_{\text{hemisfera}} = 17,03$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,46$), leksičku ($F_{\text{hemisfera}} = 7,94$, $p = 0,006$, $\eta^2 = 0,28$) i postleksičku ($F_{\text{skupina}} = 6,19$, $p = 0,01$, $\eta^2 = 0,23$; $F_{\text{hemisfera}} = 5,62$, $p_{\text{hemisfera}} = 0,02$, $\eta^2 = 0,21$) fazu za zadatak imenovanja (Tablica 4). Fisherov LSD *post hoc* test otkrio je značajne razlike za ERP-ove desne hemisfere između kontrolnih ispitanika i ispitanika s disleksijom u postleksičkoj fazi ($p = 0,02$) (Slika 16 i Slika 17) (Tablica 4). Nadalje, značajna je razlika pronađena za kontrolne ispitanike između potencijala desne i lijeve hemisfere za predleksičku ($p = 0,04$) i postleksičku ($p = 0,02$) fazu i za ispitanike s disleksijom za predleksičku ($p < 0,001$) i leksičku ($p = 0,02$) fazu (Tablica 4). Prosječne vrijednosti amplitude električnog potencijala odabranih elektroda (elektrode od interesa) i ERP-

ova u zadatku imenovanja naglas bit će prikazane u Privitcima (Privitak 6. Slika 3, Slika 4, Privitak 8. Tablica 1, Tablica 2, Tablica 3, Tablica 4).

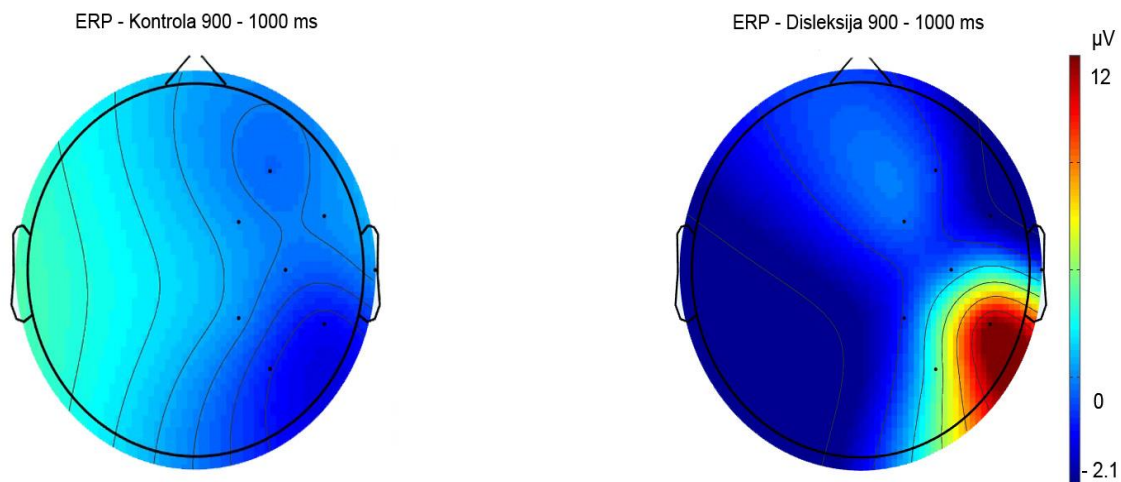
Tablica 4. Zadatak imenovanja. Dvosmjerna ANOVA, ERP rezultati.

Vremenske faze	Izvor varijance	SS	F	<i>p</i>	Post hoc Test
Predleksička 150 – 200 ms	Grupa	8.07	0.32	0.56	Kontrola desno-Kontrola lijevo <i>p</i> = 0.04
	Hemisfera	220.37	17.03	<0.001	
	Grupa×Hemisfera	25.27	2.12	0.14	Disleksija desno-Disleksija lijevo <i>p</i> < 0.001
Leksička 280 – 440 ms	Grupa	1.68	0.08	0.77	Disleksija desno- Disleksija lijevo <i>p</i> = 0.02
	Hemisfera	77.05	7.94	<0.006	
	Grupa×Hemisfera	0.80	0.08	0.76	
Postleksička 900 – 1000 ms	Grupa	41.77	6.19	0.01	Kontrola desno-Kontrola lijevo <i>p</i> = 0.004
	Hemisfera	30.87	5.62	0.02	
	Grupa×Hemisfera	9.83	1.44	0.23	Kontrola desno-Disleksija desno <i>p</i> = 0.02

Napomena: SS (eng. the sum of squares), post hoc test-Fisherov LSD test



Slika 16. Prosječne vrijednosti amplitude električnog potencijala u zadatku imenovanja slika naglas u postleksičkoj fazi (900 – 1000 ms) za desnu i lijevu hemisferu u kontrolnih ispitanika i ispitanika s disleksijom. * $p < 0.05$. Napomena: Statistički program Statistica Soft 12 automatski generira zarez za decimalni separator.



Slika 17. Topografski prikaz električnog potencijala elektroda desne hemisfere u zadatku imenovanja naglas u postleksičkoj fazi (900 – 1000 ms) u ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika. *Stupić u boji predstavlja relativno skaliranje električnog potencijala min/max -2,1/12 u mikrovoltima u kontrolnih ispitanika i ispitanika s disleksijom.*

5. DISKUSIJA

Glavni nalazi ove studije upućuju na razlike u prosječnim vrijednostima amplitude ERP-a između odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika u desnoj hemisferi u predleksičkoj fazi (160 – 200 ms) u zadatku čitanja riječi naglas i u postleksičkoj fazi (900 – 1000 ms) u zadatku vizualnog imenovanja slika naglas. Bihevioralna analiza latencije čitanja riječi i imenovanja pokazuje na značajno produljenu latenciju čitanja riječi ($t = 17,81$; $p < 0,001$) u ispitanika s disleksijom u odnosu na odrasle ispitanike, slično nalazima prethodno objavljenih studija [146, 218, 248]. Kod latencije imenovanja nisu pronađene razlike između odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika, što je u podudarnosti s rezultatima prethodno objavljenih studija [248].

5.1. ERP nalazi kod čitanja riječi naglas

Čitanje naglas zahtijeva eksplicitni grafo-fonološki put, koji se također naziva indirektnim putem (eng. *indirect, non-lexical route*) [32]. Kako osobe napreduju u čitanju, više se oslanjaju na semantički (direktni) put (eng. *direct semantic route*) [32]. Međutim, odrasli ispitanici s disleksijom vjerojatno se više oslanjaju na grafo-fonološki put [28, 32, 217]. Prema međukulturalnim studijama, na nedostatke u čitanju i imenovanju za disleksiju može utjecati ortografska dubina i ortografska dosljednost [14, 222]. Carioti i sur. [14] zaključili su da bi ortografska dubina i dosljednost mogli imati utjecaj na manifestacije i simptome odraslih ispitanika s disleksijom u dubokim (netransparentnim) i plitkim (površinskim) ortografijama. Što se tiče ortografske dubine i dosljednosti, hrvatski jezik smatra se jezikom plitke (transparentne) ortografije, kao što su talijanski ili grčki. Osim preglednosti, hrvatski jezik ima složen slogovni sustav, dvostruke grafeme i grafeme s dijakritičkim znakovima [20]. Većina studija provedenih na transparentnim i netransparentnim jezicima na zadacima čitanja u sebi pronašla je smanjene amplitude električnog potencijala u lijevoj hemisferi u osoba s disleksijom (odrasli i djeca) u odnosu na kontrolne ispitanike [180] u predleksičkoj fazi. Rezultati prethodnih ERP studija upućuju da se grafo-fonološka konverzija odvija u predleksičkoj fazi otprilike 160 – 260 ms nakon

prezentacije podražaja [146, 198, 217] te da se procesi predleksičke faze u zadatku čitanja u sebi i naglas mogu razlikovati [146]. U našoj studiji obje skupine ispitanika imale su statistički značajno veću električnu aktivnost u desnoj hemisferi u odnosu na lijevu hemisferu u predleksičkoj fazi (160 – 260 ms) čitanja riječi na glas. Međutim, u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike utvrđene su značajno veće prosječne amplitude električnog potencijala u predleksičkoj fazi (160 – 260 ms) u desnoj hemisferi u odnosu na kontrolne ispitanike. U usporedbi s rezultatima naše studije i rezultatima prethodnih studija koje su imale sličnu metodologiju (čitanje riječi naglas, odrasli ispitanici), može se istaknuti studija Mahe i sur. [146]. Mahe i sur. [146] su pronašli značajno smanjene ERP amplitude u predleksičkoj fazi (100 ms nakon podražaja) u lijevoj hemisferi na zadatku čitanja riječi i pseudoriječi naglas u odraslih ispitanika s disleksijom u netransparentnom francuskom jeziku, u usporedbi s kontrolnim ispitanicima. Nadalje, prethodno objavljene studije na netransparentnim jezicima koje su istraživale predleksičku fazu obrade na zadacima u sebi koji su uključivali zadatke čitanja riječi, zadatke ortografske prosudbe (npr. čitanje riječi vs. nizovi slova, simbola), te zadatke leksičke prosudbe (npr. prepoznavanje rime), pronalaze veću aktivaciju električnog potencijala u desnoj hemisferi u odraslih ispitanika s disleksijom [217, 218, 220, 225], kao i u djece s disleksijom [145] u odnosu na kontrolne ispitanike. U navedenim studijama koje su koristile zadatke u sebi [217, 218, 220, 225] ispitanici su istovremeno leksički prosuđivali i odlučivali jesu li vizualno prikazane riječi ili pseudoriječi. Pretpostavlja se da se prilikom leksičke prosudbe i odlučivanja o vizualno prikazanim riječima ili pseudoriječima aktiviraju dva puta za dekodiranje riječi (direktni semantički) i pseudoriječi (grafofonološki) [35]. U našoj studiji se koristio zadatak čitanja riječi naglas sa zaključanim fonemskim kontekstom koji je vjerojatno zahtjevan za obje skupine ispitanika kao i zadatak leksičke prosudbe u sebi. U zadatku čitanja riječi naglas ispitanici s disleksijom prosuđuju leksičku dilemu prikazanog grafema/fonema u riječi (npr. b/d) s kojim često imaju poteškoća u čitanju riječi i imenovanju slika. Dakle, može se pretpostaviti da je težina zadatka čitanja riječi naglas u našoj studiji i zadataka u sebi [217, 218, 220, 225] mogla utjecati na slične nalaze veće aktivacije električnog potencijala u desnoj hemisferi u kojoj se dovršavaju procesi semantičke i fonološke obrade [211,212] i donosi leksička odluka (riječ vs. pseudoriječ) [217, 218, 220, 225].

Dizajn primijenjen u našoj studiji sastojao se od riječi iz rijetkog susjedstva (eng. *sparse neighbourhoods*) sa zatvorenim fonemskim početkom (riječi koje dijele isti početak, tj. b – d, g – k) [179, 149] koji su mogli utjecati na produljeno trajanje dohvaćanja odgovarajućeg fonemskog

koda u odraslih ispitanika s disleksijom tijekom zadatka čitanja naglas, a što je potvrđeno na bihevioralnoj razini. Naime, bihevioralni podaci pokazuju da su odrasli ispitanici s disleksijom imali statistički značajno produljene latencije čitanja riječi naglas u odnosu na kontrolne ispitanike. Nadalje, rezultati studija sugeriraju da odrasle osobe s disleksijom možebitno upotrebljavaju alternativnu strategiju procesa dekodiranja u zadacima čitanja naglas oslanjajući se na desnu hemisferu u predleksičkoj fazi [146, 226]. Također, prema prethodno objavljenim nalazima, odrasle osobe s disleksijom tijekom čitanja mogu imati trajne poteškoće fonološke obrade te pokazivati niže rezultate u brzom imenovanju, radnom pamćenju i vizualnoj pozornosti [5, 6, 222, 250]. Za razliku od odraslih ispitanika s disleksijom, kontrolni ispitanici tijekom čitanja poznatih riječi koriste izravni semantički (direktni) put u dekodiranju poznatih riječi, a odrasli ispitanici s disleksijom [226, 251, 252] oslanjaju se vjerojatno više, na indirektni grafo-fonološki put koji zahtijeva dodatno vrijeme za dekodiranje riječi, slično procesu dekodiranja u djece s disleksijom [187].

Nadalje, nekolicina ERP studija nije pronašla razlike u predleksičkoj fazi u odraslih ispitanika s disleksijom u usporedbi s kontrolnim ispitanicima na zadacima u sebi (npr. odgođeni fonološki zadatak, slušni zadatak, zadatak leksičke odluke) na netransparentnim jezicima [251, 252], ali su pronađene smanjene ERP amplitude nakon prvih 300 ms u postleksičkoj fazi u lijevoj hemisferi u zadacima čitanja riječi i imenovanja u sebi (riječi, pseudoriječi, zadaci leksičke prosudbe) [251, 252]. Mahe i sur. [146] nisu pronašli statistički značajne razlike u postleksičkoj fazi obrade u lijevoj hemisferi u zadatku leksičke odluke u sebi u odraslih ispitanika s disleksijom u usporedbi s kontrolnim ispitanicima na netransparentnom jeziku (francuski). Od ispitanika se tražilo da pritiskom tipke na računalu odluče jesu li vizualno prezentirane prave riječi u odnosu na pseudoriječi [146]. S obzirom da su Mahe i sur. [146] pronašli statistički značajne razlike samo u zadatku čitanja riječi i pseudoriječi naglas u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike, a ne i zadatku leksičke odluke, autori su zaključili da bi zadatak čitanja naglas mogao biti prikladniji za istraživanje fonološke obrade procesa čitanja u odnosu na zadatke leksičke prosudbe u sebi.

Zaključno, u našoj studiji i studiji Mahe i sur. [146] pronađene su statistički značajne razlike u predleksičkoj fazi u zadatku čitanja riječi naglas kod odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. U našoj studiji je prosječna amplituda električnog potencijala bila veća u desnoj hemisferi, a u studiji Mahe i sur. [146] amplituda električnog potencijala je bila niža u

lijevoj hemisferi kod odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Metodološki razlike naše studije i Mahe i sur. [146] nalazimo u vrsti podražaja (čitanje riječi vs. čitanje pseudoriječi) i razlike u transparentnosti jezika (hrvatski jezik transparentni vs. francuski jezik netransparentni). Mahe i sur. [146] su koristili zadatak čitanja riječi i pseudoriječi koje su varirale složenošću, a u našoj studiji su korištene učestale riječi koje lako možemo povezati sa značenjem. S obzirom da pseudoriječi nemaju svoje značenje, tijekom čitanja pseudoriječi čitatelj koristi indirektni grafo-fonološki kako bi dekodirao riječ i pokušao doći do njenog značenja [35]. Dakle, možemo pretpostaviti da su razlike u podražajima čitanja riječi naglas i pseudoriječi naglas mogle dovesti do hemisfernih razlika u ERP rezultatima naše studije u odnosu na studiju Mahe i sur. [146]. Nadalje, naši nalazi su slični nalazima studijama koje su koristile zadatke čitanja u sebi na netransparentnim jezicima koje su također pronašle veće amplitude električnog potencijala u desnoj hemisferi kod odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike u predleksičkoj fazi [217, 218, 220, 225].

Zaključno, smatramo da bi se osigurala provjerljivost i usporedba nalaza rezultata naše studije i budućih ERP studija čitanja u osoba s disleksijom, nužno je osigurati sličan metodološki dizajn koji se odnosi na vrstu podražaja (npr. čitanje riječi ili čitanje pseudoriječi), sličnost jezičnih sustava (transparentni ili netransparentni jezici), te način izvršavanja zadatka čitanja (čitanje naglas ili čitanje u sebi).

5.2. ERP nalazi kod imenovanja slika naglas

Prema Leveltovu modelu vizualne proizvodnje riječi [34], zadatci imenovanja vizualnih objekata mogu se podijeliti u različite faze. Tijekom predleksičke faze obrade, unutar prvih 150 ms odvija se vizualna obrada, zatim slijedi leksička fazu selekcije leme (prepoznavanje riječi sa njenim značenjem) (150 – 275 ms), i fonološko kodiranje (275 – 400 ms) i artikulacijska obrada (nakon prvih 500 ms). Vjeruje se da čitanje i imenovanje mogu dijeliti slične neurokognitivne procese (pronalaženje riječi/slike, pohranjivanje fonoloških informacija, vizualna obrada, semantička analiza) [248, 254]. U procesu čitanja dohvaćaju se fonološke informacije iz ortografije, u usporedbi s vizualnim imenovanjem slika, gdje su fonološke informacije preuzete iz semantičkog sustava [32, 255, 248]. Tijekom imenovanja slika, dohvaćaju se semantički srodna imena koja se

natječu s preostalim imenima (imena/riječi zastupljene ili pripadaju različitim leksičkim kategorijama), a tijekom čitanja riječi može se izgovoriti samo jedna fonološka informacija [256]. Ortografsko-fonemska pretvorba tijekom čitanja riječi brža je od semantičke pretvorbe u obradi imenovanja [32]. Nadalje, različiti temeljni neurokognitivni mehanizmi mogu utjecati na brzinu imenovanja tijekom imenovanja vizualno prezentiranog objekta, kao što je npr. leksikalnost (brzina priziva naziva riječi u nekom jeziku) [147, 256], fonološki učinci susjedstva (gusti/rijetki objekti, eng. *dense/sparse neighbourhoods*) [179, 249], vizualna obrada [221] i memorija prepoznavanja [158, 211, 257]. Većina ERP studija je istraživala proces imenovanja odraslih osoba s disleksijom i djece s disleksijom provedena je na transparentnom jeziku (njemački) [158, 184, 258] i netransparentnom (portugalski) [220] na zadacima imenovanja u sebi npr. prepoznavanje vizualno prikazanih objekata, lažnih fontova, nizova, vizualno prepoznavanje, pamćenje prethodno viđenih riječi/pseudoriječi, te grafičkih simbola. Provedene studije su objavile smanjene amplitude električnog potencijala u postleksičkoj fazi (500 – 900 ms) u lijevoj i desnoj hemisferi u odraslih ispitanika s disleksijom u usporedbi s kontrolnim ispitanicima tijekom vizualnog prepoznavanja/prisjećanja prethodno viđenih/naučenih riječi/pseudoriječi, grafičkih simbola i lažnih fontova/nizova suglasnika [158, 184, 220, 258].

Nadalje, prema našim saznanjima svega nekoliko ERP studija provedenih na netransparentnim i transparentnim jezicima je istraživalo proces imenovanja naglas u odraslih ispitanika s disleksijom [221, 226] i djece s disleksijom [145]. Araújo i sur. [221] su pronašli niže amplitude električnog potencijala u desnoj hemisferi u postleksičkoj fazi tijekom imenovanja naglas fonološki povezanih slika u odnosu na fonološki nepovezane slike u odraslih ispitanika s disleksijom u usporedbi s kontrolnim ispitanicima na netransparentnom jeziku (portugalski) [221]. U našoj studiji su pronađene niže prosječne amplitude električnog potencijala u desnoj hemisferi u postleksičkoj fazi u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike na zadatku imenovanja slika, što je najbližije prethodnim nalazima Araújo i sur. [221]. Međutim, možemo zamjetiti da zadatak koji je korišten u našoj studiji (imenovanje slika) nije u potpunosti isti sa zadatkom fonološkog imenovanje povezanih/nepovezanih slika naglas koji je korišten studiji Araújo i sur. [221], no sličnosti u nalazima su moguće zbog činjenice da su ispitanici u našoj studiji i studiji Araújo i sur. [221], izvršavali zadatak naglas. Nadalje, Perera i sur. [226] su pronašli značajno veće amplitude električnog potencijala u lijevoj i desnoj hemisferi u zadatku brzog imenovanja naglas u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike.

Prema trenutnim saznanjima, naša studija je trenutno jedina provedena na transparentnom jeziku u kojoj se koristio zadatak imenovanja naglas u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Možemo zaključiti da su naši nalazi niže amplitude električnog potencijala u desnoj hemisferi u postleksičkoj fazi tijekom imenovanja naglas slični nalazima Araújo i sur. [221] te slični nalazima studija koje su koristile zadatke imenovanja/leksičke prosudbe u sebi [158, 184, 220, 258]. Možemo pretpostaviti da su zadaci leksičke prosudbe možda ispitanicima težinom slično zahtjevni kao zadatak imenovanja naglas pa se iz toga razloga pronalaze slični rezultati studija koje koriste imenovanje naglas [221] u odnosu na imenovanje/leksičku prosudbu u sebi [158, 184, 220, 258]. Važno je također istaknuti činjenicu da je kod obje skupine ispitanika, osoba s disleksijom i kontrolnih ispitanici, pronađena veća aktivacija desne hemisfere u odnosu na lijevu hemisferu na zadatku imenovanja slika naglas. Takav rezultat se može pojasniti slično kao i kod nalaza za zadatak čitanja riječi naglas budući da su se u našoj studiji koristile slike koje predstavljaju/odgovaraju riječima koje su se koristile u zadatku čitanja riječi na glas.

Da bi se osigurala provjerljivost i usporedba nalaza rezultata naše studije i budućih ERP studija imenovanja u osoba s disleksijom, nužno je osigurati sličan metodološki dizajn koji se odnosi na vrstu podražaja (imenovanje slika naglas), sličnost jezičnog sustava (transparentni), te način izvršavanja zadatka čitanja (imenovanje naglas).

5.3. Ograničenja i nedostaci studije

Postoji nekoliko ograničenja ove studije kao što je relativno mali uzorak ispitanika uključenih u istraživanje (ukupno 24 ispitanika) i mali uzorak elektroda koji se koristio u elektrofiziološkim mjerenjima. U budućim studijama, prema G*Power 3.1 statističkom programu bi bio potreban uzorak od najmanje 34 ispitanika u obje nezavisne skupine (disleksija i kontrola) kako bi se postigla snaga testa od 80%. Nadalje, većina ERP mjerenja je provedena u popodnevnim satima, pa se može pretpostaviti da je i nedostatak sna mogao utjecati na ishode rezultata [85-87,89]. U budućim istraživanjima bi trebalo voditi računa o navikama spavanja ispitanika te ukoliko bude moguće ERP mjerenja provoditi u vremenu kad su ispitanici najodmorniji. Dodatni ograničavajući faktor je manjak primjenjenih standardiziranih testova koji nisu bili dostupni u standardiziranoj verziji za odrasle ispitanike s disleksijom u hrvatskom jeziku.

5.4. Zaključci studije u odnosu na postavljene hipoteze

U odnosu na postavljene hipoteze, ova studija je:

1) Potvrdila statistički značajno dulje latencije čitanja (vrijeme reakcije izgovora riječi) riječi kod odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Istraživanje nije potvrdilo statistički značajne razlike u latenciji imenovanja (vrijeme reakcije izgovora/imenovanja prezentirane slike) u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Zaključno, prva hipoteza je djelomično potvrđena.

2. Pronađene su smanjene amplitude električnog potencijala u predleksičkoj fazi (160-260 ms) u lijevoj hemisferi u zadatku čitanja kod ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike, međutim iste nisu statistički potvrđene. U našoj studiji dobivene su statistički značajno veće amplitude električnog potencijala u pred-leksičkoj fazi (160-260 ms) u desnoj hemisferi u zadatku čitanja kod odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Zaključno, druga hipoteza nije potvrđena.

3. Nisu pronadene statistički značajne razlike u prosječnim vrijednostima amplitude električnog potencijala u leksičkoj fazi (450 – 700 ms) čitanja riječi naglas u ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Zaključno, treća hipoteza je potvrđena.

4. Nisu pronadene statistički značajne razlike u prosječnim vrijednostima amplitude električnog potencijala u leksičkoj fazi (280-440 ms) imenovanja slika naglas u ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Zaključno, četvrta hipoteza je potvrđena.

5. Pronađene su smanjene vrijednosti električnog potencijala u postleksičkoj fazi (900-1000 ms) u desnoj hemisferi u zadatku imenovanja naglas kod odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. Zaključno, peta hipoteza je potvrđena.

6. ZAKLJUČAK

Naša ERP studija imala je za cilj istražiti razlike u elektrofiziološkim korelatima (amplitude električnog potencijala) čitanja riječi naglas i vizualnog imenovanja slika naglas u odraslih ispitanika s disleksijom u usporedbi s kontrolnim ispitanicima u predleksičkoj, leksičkoj i postleksičkoj fazi transparentnog, hrvatskog jezika. Rezultati upućuju na razlike u predleksičkoj fazi (160 – 260 ms) u zadatku čitanja riječi i postleksičkoj fazi (900 – 1000 ms) u imenovanju slika u desnoj hemisferi u odraslih osoba s disleksijom u usporedbi s kontrolnim ispitanicima. U odraslih ispitanika s disleksijom veće amplitude ERP-a bile su raspoređene u desnoj hemisferi u predleksičkoj fazi u zadatku čitanja riječi naglas, a snižene amplitude ERP-a također u desnoj hemisferi tijekom imenovanja slika naglas u odraslih ispitanika s disleksijom. Rezultati dobiveni u našoj studiji uspoređeni su nalazima studija provedenih na netransparentnim jezicima na zadacima čitanja na glas [146], zadacima čitanja u sebi [146, 217, 218, 220, 225], zadacima imenovanja na glas [221] i zadacima imenovanja/leksičke prosudbe u sebi provedenim na transparentnim [158, 184, 258] i netransparentnim jezicima [220].

Nalazi ove studije indirektno upućuju na specifične teškoće čitanja i imenovanja kod odraslih ispitanika s disleksijom transparentnog hrvatskog jezika: (a) u predleksičkoj fazi (160 – 260 ms) čitanja riječi koja se povezuje s grafo-fonološkom obradom [179,249] (b) u postleksičkoj fazi (900 – 1000 ms) imenovanja koja se povezuje s pronalaskom fonema i riječi tijekom imenovanja slika [179,221]. Kako bi se naši rezultati mogli usporediti nalazima budućih ERP studija čitanja i imenovanja, buduće studije bi trebale imati sličan metodološki dizajn koji bi se odnosio na vrstu podražaja (npr. čitanje riječi ili čitanje pseudoriječi), sličnost jezičnih sustava (transparentni ili netransparentni jezici), te način izvršavanja zadatka čitanja (čitanje naglas ili čitanje u sebi, imenovanje naglas ili imenovanje u sebi).

7. SAŽETAK NA HRVATSKOM JEZIKU

Cilj je ove EEG/ERP studije bio istražiti procese čitanja i imenovanja naglas procjenom amplituda električnog potencijala (eng. *evoked related potential*, ERP) u odraslih ispitanika s disleksijom u transparentnom hrvatskom jeziku. Rezultati odraslih ispitanika s disleksijom uspoređeni su s rezultatima kontrolnih ispitanika. Rezultati su uspoređeni u trima fazama: predleksičkoj (150 – 260 ms), leksičkoj (280 – 700 ms) i postleksičkoj (750 – 1000 ms) fazi obrade tijekom zadatka čitanja riječi i imenovanja naglas. Dvanaest odraslih ispitanika i dvanaest kontrolnih ispitanika bilo je uključeno u zadatak čitanja riječi naglas i zadatak imenovanja slika naglas dok im je snimana kontinuirana EEG aktivnost. Zadatak čitanja riječi i imenovanja slika sadržavao je dizajn „rijetkih susjedstva“ (riječi/slike koje započinju istim početnim slovom). Za analizu prosječne vrijednosti ERP odgovora za predleksičku, leksičku i postleksičku fazu provedena je ANOVA miješanog dizajna s desnim (F4, FC2, FC6, C4, T8, CP2, CP6, P4) i lijevim (F3, FC5, FC1, T7, C3, CP5, CP1, P7) elektrodama, varijabilitetom unutar grupa i grupom ispitanika (odrasli ispitanici s disleksijom naspram kontrolnim ispitanicima) i varijabilitetom između grupa ispitanika. Pronađene su ERP razlike između odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika u predleksičkoj fazi (160 – 200 ms) u desnoj hemisferi u zadatku čitanja riječi naglas. Nadalje, u zadatku imenovanja slika naglas pronađene su ERP razlike u postleksičkoj fazi (900 – 1000 ms) u odraslih ispitanika s disleksijom u odnosu na kontrolne ispitanike. U cilju provjerljivosti i usporedbe nalaza rezultata naše studije i budućih ERP studija čitanja i imenovanja u osoba s disleksijom, nužne je da buduće studije imaju sličan metodološki dizajn u istraživanjima predleksičke, leksičke i postleksičke faze koji bi se odnosio na vrstu podražaja (čitanje riječi/imenovanje slika iz rijetkog susjedstva sa zatvorenim fonemskim početkom), sličnost jezičnih sustava (transparentni), te način izvršavanja zadatka čitanja (čitanje/imenovanje naglas).

8. SAŽETAK I NASLOV NA ENGLESKOM JEZIKU

Overt word reading and visual object naming in adults with dyslexia: Electroencephalography study in transparent orthography

This EEG/ERP study explored overt reading and naming process in adult participants with dyslexia and healthy control participants using event related potentials, ERPs in transparent Croatian orthography. The behavioral and ERP results of adult participants with dyslexia were compared with adult healthy control participants. Results of both groups (dyslexia participants and control participants) were compared in three stages: pre-lexical stage (150-260 ms), lexical stage (280-700 ms) and post-lexical stage (750-1000 ms).

Twelve adult participants with dyslexia and twelve healthy control participants were engaged in overt word reading task and overt picture naming task while their electrophysiological activity was recorded. The reading and naming blocks had similar phonemic onset (the words and objects started with the same grapheme/phoneme) and were considered as words and objects from sparse neighbourhoods. Mixed design ANOVA was used for the analysis of mean ERP amplitudes for reading and naming stages (pre-lexical, lexical, post-lexical). Comparisons were made according to the right electrodes of interest (F4, FC2, FC6, C4, T8, CP2, CP6, P4) versus left electrodes of interest (F3, FC5, FC1, T7, C3, CP5, CP1, P7, P3), adult participants with dyslexia versus healthy control participants and also comparisons between-subjects factor. Behavioural statistical analysis showed significantly longer reading latencies in adult dyslexic participants while no significant differences were found in naming latencies in both groups (adult participants with dyslexia and control participants). ERP differences were found in the pre-lexical reading stage (160-260 ms) in overt reading task in adult participants with dyslexia and control participants in the right hemisphere. Furthermore, ERP differences in overt naming task were found in post-lexical naming stage (900-1000 ms) in the right hemisphere in adult participants with dyslexia and control participants.

In order to verify and compare the findings of our study and other ERP studies investigating reading and naming in people with dyslexia, it is necessary that future studies have a similar methodological design in the research of the pre-lexical, lexical and post-lexical stages, which

would refer to the type of stimulus (word reading), the similarity of language systems (transparent), and the way of performing the reading task (reading aloud).

Keywords: adult dyslexia; EEG/ERP; overt reading, overt naming, reading and naming stages

9. POPIS LITERATURE

1. Soriano-Ferrer M, Piedra Martínez E. A review of the neurobiological basis of dyslexia in the adult population. *Neurologia*. 2017, 32(1), 50-57.
2. Shaywitz SE, Shaywitz JE, Shaywitz BA. Dyslexia in the 21st century. *Curr Opin Psychiatry*. 2021, 34(2), 80-86.
3. International Dyslexia Association. Dostupno mrežno: <https://dyslexiaida.org/definition-of-dyslexia/> (dohvaćeno 12. prosinca 2023).
4. Denckla MB, Rudel RG. Rapid "automatized" naming (R.A.N): dyslexia differentiated from other learning disabilities. *Neuropsychologia*. 1976, 14(4), 471-9.
5. Werth R. Dyslexia Due to Visual Impairments. *Biomedicines*. 2023, 11(9):2559.
6. Valdois S. The visual-attention span deficit in developmental dyslexia: Review of evidence for a visual-attention-based deficit. *Dyslexia*. 2022, (4) 397-415.
7. Young, C, Mohr, KA, Rasinski, T. Reading together: a successful reading fluency intervention. *Lit. Res. Instr.* 2015, 54 (1), 67–81.
8. Livingston, EM; Siegel, LS; Ribary, U. Developmental dyslexia: Emotional impact and consequences. *Aust. J. Learn. Difficulties* 2018, 23, 107–135.
9. Petretto, DR; Masala, C. Dyslexia and specific learning disorders: New international diagnostic criteria. *J. Child. Dev. Disord.* 2017, 3, 4–19.
10. Poulsen M, Juul H, Elbro C. A national test of dyslexia. *Ann Dyslexia*. 2023, 73(3),337-355.

11. Thongseiratch T, Traipidok P, Charleowsak P, Kraiwong T, Geater AF. Development and diagnostic accuracy of dyslexia early identification flowchart for pediatric practice. *Asian J Psychiatr.* 2023, 89:103795.
12. Wu Y, Cheng Y, Yang X, Yu W, Wan Y. Dyslexia: A Bibliometric and Visualization Analysis. *Front Public Health.* 2022, 9:15053.
13. Seymour PH, Aro M, Erskine JM. Foundation literacy acquisition in European orthographies. *Br J Psychol.* 2003, 94(Pt 2),143-74.
14. Carioti D, Masia MF, Travellini S, Berlingeri M. Orthographic depth and developmental dyslexia: a meta-analytic study. *Ann Dyslexia.* 2021, 71(3), 399-438.
15. Wu Y, Cheng Y, Yang X, Yu W, Wan Y. Dyslexia: A Bibliometric and Visualization Analysis. *Front Public Health.* 2022, 10:915053.
16. Borleffs E, Maassen BAM, Lyytinen H, Zwarts F. Cracking the Code: The Impact of Orthographic Transparency and Morphological-Syllabic Complexity on Reading and Developmental Dyslexia. *Front Psychol.* 2019, 9:2534.
17. Duncan LG, Seymour PH, Hill S. A small-to-large unit progression in metaphonological awareness and reading? *Q J Exp Psychol A.* 2000, 53(4), 1081-104.
18. Grainger J, Ziegler JC. A dual-route approach to orthographic processing. *Front Psychol.* 2011, 2:54.
19. Duranovic M, Tinjak S, Turbic-Hadzagic A. Morphological knowledge in children with dyslexia. *J Psycholinguist Res.* 2014, 43(6):699-713.
20. Lenček, M. Assessment of Dyslexia in Croatian: Some Characteristics of Reading and Writing in Students with Dyslexia. *Hrvat. Rev. Za Rehabil. Istraživanja* 2012, 48, 11–26.

21. Chen C, Xue G, Mei L, Chen C, Dong Q. Cultural neurolinguistics. *Prog Brain Res.* 2009, 178:159-71.
22. Kuester-Gruber S, Faisst T, Schick V, Righetti G, Braun C, Cordey-Henke A, Klosinski M, Sun CC, Trauzettel-Klosinski S. Is learning a logographic script easier than reading an alphabetic script for German children with dyslexia? *PLoS One.* 2023, 18(2): e0282200.
23. Jiao Z, Du L, Wang Y, Li Y. Visual word recognition of Chinese-Japanese bilinguals: limited role of phonology. *Front Psychol.* 2024, 14:1318798.
24. Georgiou GK, Torppa M, Landerl K, Desrochers A, Manolitsis G, de Jong PF, Parrila R. Reading and Spelling Development Across Languages Varying in Orthographic Consistency: Do Their Paths Cross? *Child Dev.* 2020, 91(2): e266-e279.
25. Wolf, M. Naming speed and reading: The contribution of the cognitive neurosciences. *Read. Res. Q.* 1991, 26, 123–141.
26. Majerus S, Cowan N. The Nature of Verbal Short-Term Impairment in Dyslexia: The Importance of Serial Order. *Front Psychol.* 2016, 7:1522.
27. Turkeltaub PE, Coslett HB. Localization of sublexical speech perception components. *Brain Lang.* 2010, 114(1):1-15.
28. Felton RH, Naylor CE, Wood FB. Neuropsychological profile of adult dyslexics. *Brain Lang.* 1990, 39(4):485-97.
29. Avons, S.E.; Hanna, C. The memory-span deficit in children with specific reading disability: Is speech rate responsible? *Br. J. Dev. Psychol.* 1995, 13, 303–311.
30. Snowling, M.J.; Goulandris, N.; Defty, N. A longitudinal study of reading development in dyslexic children. *J. Educ. Psychol.* 1996, 88, 653–669.

31. Navas AL, Ferraz Éde C, Borges JP. Phonological processing deficits as a universal model for dyslexia: evidence from different orthographies. *Codas*. 2014, 26(6):509-19.
32. Coltheart, M; Rastle, K; Perry, C; Langdon, R; Ziegler, J. DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychol. Rev.* 2001, 108, 204–256
33. Indefrey P. The spatial and temporal signatures of word production components: a critical update. *Front Psychol.* 2011, 2:255.
34. Levelt, WJ. Models of word production. *Trends Cogn. Sci.* 1999, 3, 223–232.
35. Taylor, JS; Rastle, K; Davis, MH. Can cognitive models explain brain activation during word and pseudoword reading? A meta-analysis of 36 neuroimaging studies. *Psychol. Bull.* 2013, 139, 766–791.
36. Hauk O, Coutout C, Holden A, Chen Y. The time-course of single-word reading: evidence from fast behavioral and brain responses. *Neuroimage*. 2012, 60(2):1462-77.
37. Landi N, Frost SJ, Menc WE, Sandak R, Pugh KR. Neurobiological bases of reading comprehension: Insights from neuroimaging studies of word level and text level processing in skilled and impaired readers. *Read Writ Q.* 2013, 29(2):145-167.
38. Pinel PJ, Barnes SJ. *Biopsychology*. Pearson Education ©, 2018, 461-467.
39. Perry, C; Ziegler, JC; Zorzi, M. Nested incremental modeling in the development of computational theories: The CDP+ model of reading aloud. *Psychol. Rev.* 2007, 114, 273–315.
40. Harm, MW; Seidenberg, MS. Computing the meanings of words in reading: Cooperative division of labor between visual and phonological processes. *Psychol. Rev.* 2004, 111, 662–720.

41. Harley, TA. The psychology of language: From data to theory. Psychology Press. 2001, Part 7 Reading, 192-234.
42. Hamilton SS, Glascoe FP. Evaluation of children with reading difficulties. *Am Fam Physician*. 2006, 74(12):2079-84.
43. Tamboer P, Vorst HCM, de Jong PF. Six factors of adult dyslexia assessed by cognitive tests and self-report questions: Very high predictive validity. *Res Dev Disabil*. 2017, 71,143-168.
44. de Jong, PF; van der Leij, A. Specific contributions of phonological abilities to early reading acquisition: Results from a Dutch latent variable longitudinal study. *J. Educ. Psychol*. 1999, 91, 450–476.
45. Wimmer, H; Mayringer, H; Landerl, K. The double-deficit hypothesis and difficulties in learning to read a regular orthography. *J.Educ. Psychol*. 2000, 92, 668–680.
46. Caravolas, M; Volín, J; Hulme, C. Phoneme awareness is a key component of alphabetic literacy skills in consistent and inconsistent orthographies: Evidence from Czech and English children. *J. Exp. Child. Psychol*. 2005, 92, 107–139.
47. Jiménez, JE; Rodríguez, C; Ramírez, G. Spanish developmental dyslexia: Prevalence, cognitive profile and home literacy experiences. *J. Exp. Child. Psychol*. 2009, 103, 167–185.
48. Mrežna stranica <https://dyslexiacompass.eu/> (dohvaćeno 12.7.2024)
49. Taroyan NA, Nicolson RI. Reading words and pseudowords in dyslexia: ERP and behavioural tests in English-speaking adolescents. *Int J Psychophysiol*. 2009 74(3):199-208.
50. Mrežna stranica: <https://www.pearsonassessments.com/Language/Gray-Oral-Reading-Test> (dohvaćeno 12.7.2024)

51. Mrežna stranica: <https://www.pearsonassessments.com/store/usassessments/Comprehensive-Test-of-Phonological-Processing> (dohvaćeno 12.7.2024.)
52. Mrežna stranica: https://www.pearsonassessments.com/store/usassessments/Woodcock-Reading-Mastery-Tests_ (dohvaćeno 15.7.2024.)
53. Mrežna stranica: <https://www.eldel-mabel.net/test/oneminute-word-reading/> (dohvaćeno 1.8.2024.)
54. Mrežna stranica: https://www.pearsonclinical.nl/klepel-r-revised_ (dohvaćeno 2.8.2024.)
55. Mrežna stranica: <https://www.hogrefe.com/uk/tests-of-dyslexia-tod> (dohvaćeno 5.8.2024.)
56. Mrežna stranica: <https://www.nakladaslap.com/pds/> (dohvaćeno 10.8.2024.)
57. Mrežna stranica: <https://www.izvorznanja.com/dijagnosticki-komplet> (dohvaćeno 14.8.2024.)
58. Mrežna stranica: <https://www.proedinc.com//itpa3-illinois-test-of-psycholinguistic-abilities-third-edition.aspx> (dohvaćeno 16.7.2024.)
59. Nilsson Benfatto M, Öqvist Seimyr G, Ygge J, Pansell T, Rydberg A, Jacobson C. Screening for Dyslexia Using Eye Tracking during Reading. *PLoS One*. 2016, *11*(12): e0165508.
60. Krauzlis RJ, Goffart L, Hafed ZM. Neuronal control of fixation and fixational eye movements. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2017, *372*(1718):20160205.
61. Hyönä J, Olson RK. Eye fixation patterns among dyslexic and normal readers: effects of word length and word frequency. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 1995, *21*(6):1430-40. doi: 10.1037//0278-7393.21.6.1430. PMID: 7490575.
62. Jainta S, Kapoula Z. Dyslexic children are confronted with unstable binocular fixation while reading. *PLoS One*. 2011, *6*(4): e18694.

63. Bucci MP, Nassibi N, Gerard CL, Bui-Quoc E, Seassau M. Immaturity of the oculomotor saccade and vergence interaction in dyslexic children: evidence from a reading and visual search study. *PLoS One*. 2012, 7(3): e33458.
64. Kirkby JA, Blythe HI, Drieghe D, Liversedge SP. Reading text increases binocular disparity in dyslexic children. *PLoS One*. 2011, 6(11): e27105.
65. Trauzettel-Klosinski S, MacKeben M, Reinhard J, Feucht A, Dürrwächter U, Klosinski G. Pictogram naming in dyslexic and normal children assessed by SLO. *Vision Res*. 2002, 42(6):789-99.
66. De Luca M, Di Pace E, Judica A, Spinell D, Zoccolotti P. Eye movement patterns in linguistic and non-linguistic tasks in developmental surface dyslexia. *Neuropsychologia*. 1999, 37(12):1407-20.
67. Hutzler F, Wimmer H. Eye movements of dyslexic children when reading in a regular orthography. *Brain Lang*. 2004, 89(1), 235-42.
68. Dürrwächter U, Sokolov AN, Reinhard J, Klosinski G, Trauzettel-Klosinski S. Word length and word frequency affect eye movements in dyslexic children reading in a regular (German) orthography. *Ann Dyslexia*. 2010, 60(1), 86-101.
69. Premeti A, Bucci MP, Isel F. Evidence from ERP and Eye Movements as Markers of Language Dysfunction in Dyslexia. *Brain Sci*. 2022, 12(1):73.
70. Hatzidaki, A.; Gianneli, M.; Petrakis, E.; Makaronas, N.; Aslanides, I.M. Reading and visual processing in Greek dyslexic children: An eye-movement study. *Dyslexia* 2010, 17, 85–104
71. Smyrnakis I, Andreadakis V, Rina A, Boufachrentin N, Aslanides IM. Silent versus Reading Out Loud modes: An eye-tracking study. *J Eye Mov Res*. 2021, 14(2):10.16910/jemr.14.2.1.

72. Christoforou C, Fella A, Leppänen PHT, Georgiou GK, Papadopoulos TC. Fixation-related potentials in naming speed: A combined EEG and eye-tracking study on children with dyslexia. *Clin Neurophysiol.* 2021, *132*(11):2798-2807.
73. Jakovljević T, Janković MM, Savić AM, Soldatović I, Čolić G, Jakulin TJ, Papa G, Ković V. The Relation between Physiological Parameters and Colour Modifications in Text Background and Overlay during Reading in Children with and without Dyslexia. *Brain Sci.* 2021, *11*(5):539.
74. Bilbao C, Piñero DP. Diagnosis of oculomotor anomalies in children with learning disorders. *Clin Exp Optom.* 2020, *103*(5):597-609.
75. Formoso MA, Ortiz A, Martinez-Murcia FJ, Gallego N, Luque JL. Detecting Phase-Synchrony Connectivity Anomalies in EEG Signals. Application to Dyslexia Diagnosis. *Sensors (Basel).* 2021, *21*(21):7061.
76. Cainelli E, Vedovelli L, Carretti B, Bisiacchi P. EEG correlates of developmental dyslexia: a systematic review. *Ann Dyslexia.* 2023, *73*(2):184-213.
77. Ortiz A, Martinez-Murcia FJ, Luque JL, Giménez A, Morales-Ortega R, Ortega J. Dyslexia Diagnosis by EEG Temporal and Spectral Descriptors: An Anomaly Detection Approach. *Int J Neural Syst.* 2020, *30*(7):2050029.
78. Ganushchak, LY; Christoffels, IK; Schiller, NO. The use of electroencephalography in language production research: A review. *Front. Psychol.* 2011, *202*, 208.
79. Delorme, A.; Makeig, S. EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *J. Neurosci. Methods* 2004, *134*, 9–21.

80. Hernández-Vásquez, R; Córdova García, U; Barreto, AMB; Rojas, MLR; Ponce-Meza, J; Saavedra-López, M. An Overview on Electrophysiological and Neuroimaging Findings in Dyslexia. *Iran. J. Psychiatry*. 2023, 18, 503–509.
81. Chiarenza GA. Quantitative EEG in Childhood Attention Deficit Hyperactivity Disorder and Learning Disabilities. *Clin EEG Neurosci*. 2021, 52(2):144-155.
82. Gorgoni M, D'Atri A, Scarpelli S, Reda F, De Gennaro L. Sleep electroencephalography and brain maturation: developmental trajectories and the relation with cognitive functioning. *Sleep Med*. 2020, 66:33-50.
83. Huber R, Born J. Sleep, synaptic connectivity, and hippocampal memory during early development. *Trends Cogn Sci*. 2014, 18(3):141-52.
84. Novelli L, Ferri R, Bruni O. Sleep cyclic alternating pattern and cognition in children: a review. *Int J Psychophysiol*. 2013, 89(2):246-51.
85. Rasch B, Born J. About sleep's role in memory. *Physiol Rev*. 2013, 93(2):681-766.
86. Tononi G, Cirelli C. Sleep and synaptic down-selection. *Eur J Neurosci*. 2020, 51(1):413-421.
87. Gais S, Born J. Declarative memory consolidation: mechanisms acting during human sleep. *Learn Mem*. 2004, 11(6):679-85.
88. Bruni O, Ferri R, Novelli L, Finotti E, Terribili M, Troianiello M, Valente D, Sabatello U, Curatolo P. Slow EEG amplitude oscillations during NREM sleep and reading disabilities in children with dyslexia. *Dev Neuropsychol*. 2009, 34(5):539-51.
89. Reda F, Gorgoni M, D'Atri A, Scarpelli S, Carpi M, Di Cola E, Menghini D, Vicari S, Stella G, De Gennaro L. Sleep-Related Declarative Memory Consolidation in Children and Adolescents with Developmental Dyslexia. *Brain Sci*. 2021, 11(1):73.

90. Smith FRH, Gaskell MG, Weighall AR, Warmington M, Reid AM, Henderson LM. Consolidation of vocabulary is associated with sleep in typically developing children, but not in children with dyslexia. *Dev Sci.* 2018, *21*(5): e12639. d
91. Erbeli F, Rice M, Paracchini S. Insights into Dyslexia Genetics Research from the Last Two Decades. *Brain Sci.* 2021, *12*(1):27.
92. Quinn, JM; Wagner, RK. Gender differences in reading impairment and the identification of impaired readers: Results from a large-scale study of at-risk readers. *J. Learn. Disabil.* 2015, *48*, 433–445.
93. Snowling, MJ; Melby-Lervåg, M. Oral language deficits in familial dyslexia: A meta-analysis and review. *Psychol. Bull.* 2016, *142*, 498–545.
94. Andreola, C; Mascheretti, S; Belotti, R; Ogliari, A; Marino, C; Battaglia, M; Scaini, S. The heritability of reading and reading-related neurocognitive components: A multi-level meta-analysis. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2020, *121*, 175–200.
95. Daucourt, MC; Erbeli, F; Little, CW; Haughbrook, R; Hart, SA. A meta-analytical review of the genetic and environmental correlations between reading and attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms and reading and math. *Sci. Stud. Read.* 2020, *24*, 23–56
96. Snowling, MJ; Hayiou-Thomas, ME; Nash, HM; Hulme, C. Dyslexia and Developmental Language Disorder: Comorbid disorders with distinct effects on reading comprehension. *J. Child. Psychol. Psychiatry.* 2020, *61*, 672–680.
97. Landerl, K; Moll, K. Comorbidity of learning disorders: Prevalence and familial transmission. *J. Child. Psychol. Psychiatry.* 2010, *51*, 287–294.

98. Newbury, DF; Monaco, AP; Paracchini, S. Reading and language disorders: The importance of both quantity and quality. *Genes*, 2014, 5, 285–309.
99. Scerri, T.S.; Schulte-Korne, G. Genetics of developmental dyslexia. *Eur. Child. Adolesc. Psychiatry*. 2010, 19, 179–197.
100. Kere, J. The molecular genetics and neurobiology of developmental dyslexia as model of a complex phenotype. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2014, 452, 236–243.
101. Paracchini, S; Diaz, R; Stein, J. Advances in dyslexia genetics—New insights into the role of brain asymmetries. *Adv. Genet.* 2016, 96, 53–97.
102. Rinne N, Wikman P, Sahari E, Salmi J, Einarsdóttir E, Kere J, Alho K. Developmental dyslexia susceptibility genes DNAAF4, DCDC2, and NRSN1 are associated with brain function in fluently reading adolescents and young adults. *Cereb Cortex*. 2024, 34(4): bhae144.
103. Doust C, Fontanillas P, Eising E, Gordon SD, Wang Z, Alagöz G, Molz B; 23andMe Research Team; Quantitative Trait Working Group of the GenLang Consortium; Pourcain BS, Francks C, Marioni RE, Zhao J, Paracchini S, Talcott JB, Monaco AP, Stein JF, Gruen JR, Olson RK, Willcutt EG, DeFries JC, Pennington BF, Smith SD, Wright MJ, Martin NG, Auton A, Bates TC, Fisher SE, Luciano M. Discovery of 42 genome-wide significant loci associated with dyslexia. *Nat Genet.* 2022, 54(11), 1621-1629.
104. Luciano, M; Evans, D; Hansell, N; Medland, S; Montgomery, G; Martin, N; Wright, M; Bates, TC. A genome-wide association study for reading and language abilities in two population cohorts. *Genes Brain Behav.* 2013, 12, 645–652
105. Meaburn, EL; Harlaar, N; Craig, IW; Schalkwyk, LC; Plomin, R. Quantitative trait locus association scan of early reading disability and ability using pooled DNA and 100K SNP microarrays in a sample of 5760 children. *Mol. Psychiatry* 2008, 13, 729–740.

106. Uffelmann, E; Huang, QQ; Munung, NS; de Vries, J; Okada, Y; Martin, AR; Martin, HC; Lappalainen, T; Posthuma, D. Genome-wide association studies. *Nat. Rev. Methods Primers* 2021, 1, 59.
107. Helland T. Trends in Dyslexia Research during the Period 1950 to 2020-Theories, Definitions, and Publications. *Brain Sci.* 2022, 12(10):1323.
108. Snowling MJ. From language to reading and dyslexia. *Dyslexia.* 2001, 7(1):37-46.
109. Orton, S.T. Specific reading disability—Strephosymbolia. *Bull. Orton Soc.* 1963,13, 9–17.
110. Morgan, WP. A Case of Congenital Word Blindness. *Br. Med. J.* 1896, 2, 1378.
111. Tallal, PE; Galaburda, AM; Llinas, RR; von Euler, C. Temporal Information Processing in the Nervous System: SpecialReference to Dyslexia and Dysphasia. *Ann. N. Y.Acad. Sci.* 1993, 682, 1–442.
112. Stein J. The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia.* 2001, 7(1):12-36.
113. Fawcett AJ, Nicolson RI. Automatisation deficits in balance for dyslexic children. *Percept Mot Skills.* 1992, 75(2):507-29.
114. Stein J. Theories about Developmental Dyslexia. *Brain Sci.* 2023, 13(2):208.
115. Share DL. Common Misconceptions about the Phonological Deficit Theory of Dyslexia. *Brain Sci.* 2021, 11(11):1510.
116. Snowling, M; Hulme, C. A longitudinal case study of developmental phonological dyslexia. *Cogn. Neuropsychol.* 1988, 6, 379–401.

117. Mcbridechang, C. What is phonological awareness. *J. Educ. Psychol.* 1995, 87, 179–192.
118. Norton ES, Black JM, Stanley LM, Tanaka H, Gabrieli JD, Sawyer C, Hoeft F. Functional neuroanatomical evidence for the double-deficit hypothesis of developmental dyslexia. *Neuropsychologia.* 2014, 61:235-46.
119. Gosse C, Dricot L, Van Reybroeck M. Evidence of graphomotor dysfunction in children with dyslexia: A combined behavioural and fMRI experiment. *Cortex.* 2022, 148:68-88.
120. Prasad S, Sagar R, Kumaran SS, Mehta M. Study of functional magnetic resonance imaging (fMRI) in children and adolescents with specific learning disorder (dyslexia). *Asian J Psychiatr.* 2020, 50:101945.
121. Martin A, Kronbichler M, Richlan F. Dyslexic brain activation abnormalities in deep and shallow orthographies: A meta-analysis of 28 functional neuroimaging studies. *Hum Brain Mapp.* 2016, 37(7):2676-99.
122. McCrory E, Frith U, Brunswick N, Price C. Abnormal functional activation during a simple word repetition task: A PET study of adult dyslexics. *J Cogn Neurosci.* 2000, 12(5):753-62.
123. Paulesu E, Danelli L, Berlinger M. Reading the dyslexic brain: multiple dysfunctional routes revealed by a new meta-analysis of PET and fMRI activation studies. *Front Hum Neurosci.* 2014, 11, 8:830.
124. Richlan F, Kronbichler M, Wimmer H. Structural abnormalities in the dyslexic brain: a meta-analysis of voxel-based morphometry studies. *Hum Brain Mapp.* 2013, 34(11):3055-65.
125. Klimovich-Gray A, Di Liberto G, Amoruso L, Barrena A, Agirre E, Molinaro N. Increased top-down semantic processing in natural speech linked to better reading in dyslexia. *Neuroimage.* 2023, 273:120072.

126. Salmelin R, Service E, Kiesilä P, Uutela K, Salonen O. Impaired visual word processing in dyslexia revealed with magnetoencephalography. *Ann Neurol*. 1996, *40*(2):157-62.
127. Pugh KR, Mencl WE, Jenner AR, Katz L, Frost SJ, Lee JR, Shaywitz SE, Shaywitz BA. Functional neuroimaging studies of reading and reading disability (developmental dyslexia). *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*. 2000, *6*(3):207-13.
128. Shaywitz BA, Shaywitz SE, Blachman BA, Pugh KR, Fulbright RK, Skudlarski P, Mencl WE, Constable RT, Holahan JM, Marchione KE, Fletcher JM, Lyon GR, Gore JC. Development of left occipitotemporal systems for skilled reading in children after a phonologically- based intervention. *Biol Psychiatry*. 2004, *55*(9):926-33.
129. McCandliss BD, Noble KG. The development of reading impairment: a cognitive neuroscience model. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*. 2003, *9*(3):196-204.
130. Price CJ, Devlin JT. The interactive account of ventral occipitotemporal contributions to reading. *Trends Cogn Sci*. 2011, *15*(6):246-53.
131. Hoeft F, Meyler A, Hernandez A, Juel C, Taylor-Hill H, Martindale JL, McMillon G, Kolchugina G, Black JM, Faizi A, Deutsch GK, Siok WT, Reiss AL, Whitfield-Gabrieli S, Gabrieli JD. Functional and morphometric brain dissociation between dyslexia and reading ability. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2007, *104*(10):4234-9.
132. Finn ES, Shen X, Holahan JM, Scheinost D, Lacadie C, Papademetris X, Shaywitz SE, Shaywitz BA, Constable RT. Disruption of functional networks in dyslexia: a whole-brain, data-driven analysis of connectivity. *Biol Psychiatry*. 2014, *76*(5), 397-404.
133. Shaywitz BA, Shaywitz SE, Pugh KR, Mencl WE, Fulbright RK, Skudlarski P, Constable RT, Marchione KE, Fletcher JM, Lyon GR, Gore JC. Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biol Psychiatry*. 2002, *52*(2):101-10.

134. Braid J, Richlan F. The Functional Neuroanatomy of Reading Intervention. *Front Neurosci.* 2022, 16:921931.
135. Brambati SM, Termine C, Ruffino M, Danna M, Lanzi G, Stella G, Cappa SF, Perani D. Neuropsychological deficits and neural dysfunction in familial dyslexia. *Brain Res.* 2006, 1113(1):174-85.
136. Dole M, Meunier F, Hoen M. Gray and white matter distribution in dyslexia: a VBM study of superior temporal gyrus asymmetry. *PLoS One.* 2011, 8(10): e76823.
137. Siok WT, Niu Z, Jin Z, Perfetti CA, Tan LH. A structural-functional basis for dyslexia in the cortex of Chinese readers. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2008, 105(14):5561-6.
138. Saygin ZM, Norton ES, Osher DE, Beach SD, Cyr AB, Ozernov-Palchik O, Yendiki A, Fischl B, Gaab N, Gabrieli JD. Tracking the roots of reading ability: white matter volume and integrity correlate with phonological awareness in prereading and early-reading kindergarten children. *J Neurosci.* 2013, 33(33):13251-8.
139. Vandermosten M, Boets B, Poelmans H, Sunaert S, Wouters J, Ghesquière P. A tractography study in dyslexia: neuroanatomic correlates of orthographic, phonological and speech processing. *Brain.* 2012, 135(Pt 3), 935-48.
140. Richards, T, Stevenson, J, Crouch, J, Johnson, L C, Maravilla, K, Stock, P. et al. (2008). Tract-based spatial statistics of diffusion tensor imaging in adults with dyslexia. *American journal of neuroradiology*, 29 (6), 1134-1139.
141. Silani G, Frith U, Demonet JF, Fazio F, Perani D, Price C, Frith CD, Paulesu E. Brain abnormalities underlying altered activation in dyslexia: a voxel based morphometry study. *Brain.* 2005, 128(Pt 10), 2453-61.

142. Rippon G, Brunswick N. Trait and state EEG indices of information processing in developmental dyslexia. *Int J Psychophysiol.* 2000, *36*(3):251-65.
143. Mandke K, Flanagan S, Macfarlane A, Feltham G, Gabrielczyk F, Wilson AM, Gross J, Goswami U. Neural responses to natural and enhanced speech edges in children with and without dyslexia. *Front Hum Neurosci.* 2023, *17*:1200950.
144. Chiarenza GA, Olgiati P, Trevisan C, Marchi ID, Casarotto S. Reading aloud: a psychophysiological investigation in children. *Neuropsychologia.* 2013, *51*(3), 425-36.
145. Bakos S, Mehlhase H, Landerl K, Bartling J, Schulte-Körne G, Moll K. Naming processes in reading and spelling disorders: An electrophysiological investigation. *Clin Neurophysiol.* 2020, *131*(2):351-360.
146. Mahé G, Pont C, Zesiger P, Laganaro M. The electrophysiological correlates of developmental dyslexia: New insights from lexical decision and reading aloud in adults. *Neuropsychologia.* 2018, *121*:19-27.
147. Strijkers K, Holcomb PJ, Costa A. Conscious intention to speak proactively facilitates lexical access during overt object naming. *J Mem Lang.* 2012, *65*(4):345-362.
148. Thorpe S, Fize D, Marlot C. Speed of processing in the human visual system. *Nature.* 1996, *381*(6582):520-2.
149. Strijkers K, Costa A. Riding the lexical speedway: a critical review on the time course of lexical selection in speech production. *Front Psychol.* 2011, *2*:356.
150. Strijkers K, Costa A, Pulvermüller F. The cortical dynamics of speaking: Lexical and phonological knowledge simultaneously recruit the frontal and temporal cortex within 200 ms. *Neuroimage.* 2017, *163*:206-219.

151. Eulitz C, Hauk O, Cohen R. Electroencephalographic activity over temporal brain areas during phonological encoding in picture naming. *Clin Neurophysiol.* 2000, *111*(11):2088-97.
152. Paulitzki JR, Risko EF, O'Malley S, Stolz JA, Besner D. On the role of set when reading aloud: a dissociation between prelexical and lexical processing. *Conscious Cogn.* 2009, *18*(1):135-44.
153. Schmitt BM, Münte TF, Kutas M. Electrophysiological estimates of the time course of semantic and phonological encoding during implicit picture naming. *Psychophysiology.* 2000, *37*(4):473-84.
154. Costa A, Strijkers K, Martin C, Thierry G. The time course of word retrieval revealed by event-related brain potentials during overt speech. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2009, *106*(50), 21442-6.
155. Graves WW, Grabowski TJ, Mehta S, Gordon JK. A neural signature of phonological access: distinguishing the effects of word frequency from familiarity and length in overt picture naming. *J Cogn Neurosci.* 2007, *19*(4), 617-31.
156. Kan IP, Thompson-Schill SL. Effect of name agreement on prefrontal activity during overt and covert picture naming. *Cogn Affect Behav Neurosci.* 2004, *4*(1), 43-57.
157. Bermúdez-Margaretto B, Beltrán D, Domínguez A, Cuetos F. Repeated Exposure to "meaningless" Pseudowords Modulates LPC, but Not N(FN)400. *Brain Topogr.* 2015, *28*(6):838-51.
158. Rüsseler J, Probst S, Johannes S, Münte T. Recognition memory for high- and low-frequency words in adult normal and dyslexic readers: an event-related brain potential study. *J Clin Exp Neuropsychol.* 2003, *25*(6):815-29.

159. Perfetti CA, Wlotko EW, Hart LA. Word learning and individual differences in word learning reflected in event-related potentials. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 2005, *31*(6):1281-92.
160. Liotti M, Woldorff MG, Perez R, Mayberg HS. An ERP study of the temporal course of the Stroop color-word interference effect. *Neuropsychologia.* 2000, *38*(5):701-11.
161. Babiloni C, Stella G, Buffo P, Vecchio F, Onorati P, Muratori C, Miano S, Gheller F, Antonaci L, Albertini G, Rossini PM. Cortical sources of resting state EEG rhythms are abnormal in dyslexic children. *Clin Neurophysiol.* 2012, *123*(12), 2384-91.
162. Spironelli C, Angrilli A. Developmental aspects of automatic word processing: language lateralization of early ERP components in children, young adults and middle-aged subjects. *Biol Psychol.* 2009, *80*(1), 35-45.
163. Klimesch W, Doppelmayr M, Wimmer H, Schwaiger J, Röhms D, Gruber W, Hutzler F. Theta band power changes in normal and dyslexic children. *Clin Neurophysiol.* 2001, *12*(7):1174-85.
164. Rippon G, Brunswick N. Trait and state EEG indices of information processing in developmental dyslexia. *Int J Psychophysiol.* 2000, *36*(3):251-65.
165. Helenius P, Salmelin R, Service E, Connolly JF. Semantic cortical activation in dyslexic readers. *J Cogn Neurosci.* 1999, *11*(5):535-50.
166. Helenius P, Salmelin R, Service E, Connolly JF, Leinonen S, Lyytinen H. Cortical activation during spoken-word segmentation in nonreading-impaired and dyslexic adults. *J Neurosci.* 2002, *22*(7), 2936-44.

167. Centanni TM, Beach SD, Ozernov-Palchik O, May S, Pantazis D, Gabrieli JDE. Categorical perception and influence of attention on neural consistency in response to speech sounds in adults with dyslexia. *Ann Dyslexia*. 2022, 72(1), 56-78.
168. Beach SD, Ozernov-Palchik O, May SC, Centanni TM, Perrachione TK, Pantazis D, Gabrieli JDE. The Neural Representation of a Repeated Standard Stimulus in Dyslexia. *Front Hum Neurosci*. 2022, 16:823627.
169. Laine M, Salmelin R, Helenius P, Marttila R. Brain activation during reading in deep dyslexia: an MEG study. *J Cogn Neurosci*. 2000, 12(4):622-34.
170. Breier JI, Simos PG, Fletcher JM, Castillo EM, Zhang W, Papanicolaou AC. Abnormal activation of temporoparietal language areas during phonetic analysis in children with dyslexia. *Neuropsychology*. 2003, 17(4):610-21.
171. Young JS, Lee AT, Chang EF. A Review of Cortical and Subcortical Stimulation Mapping for Language. *Neurosurgery*. 2021, 89(3), 331-342.
172. Sanai N, Mirzadeh, Z, Berger, MS. Functional outcome after language mapping for glioma resection. *N Engl J Med*. 2008, 358(1), 18-27.
173. Roux F. E, Lubrano V., Lauwers-Cances, V., Trémoulet, M., Mascott, C.R. et al. Intra-operative mapping of cortical areas involved in reading in mono- and bilingual patients. *Brain*, 2004, 127, 1796–1810.
174. Sahin NT, Pinker S, Cash SS, Schomer D, Halgren E. Sequential processing of lexical, grammatical, and phonological information within Broca's area. *Science*. 2009, 326(5951), 445-9.
175. Motomura K, Chalise L, Ohka F, Aoki K, Tanahashi K, Hirano M, Nishikawa T, Wakabayashi T, Natsume A. Supratotal Resection of Diffuse Frontal Lower Grade Gliomas

with Awake Brain Mapping, Preserving Motor, Language, and Neurocognitive Functions. *World Neurosurg.* 2018, 119:30-39.

176. Shaywitz, A., Shaywitz, E. (2011). Malleability and Plasticity in the Neural systems for Reading and Dyslexia. In: Raskin, S. A., ed. *Neuroplasticity and Rehabilitation*. New York, London: The Guildford Press, 149-171.
177. Martín-Monzón I, Amores-Carrera L, Sabsevitz D, Herbet G. Intraoperative mapping of the right hemisphere: a systematic review of protocols that evaluate cognitive and social cognitive functions. *Front Psychol.* 2024, 15:1415523.
178. Tamai S, Kinoshita M, Nakajima R, Okita H, Nakada M. Two different subcortical language networks supporting distinct Japanese orthographies: morphograms and phonograms. *Brain Struct Funct.* 2022, 227(3), 1145-1154.
179. Vitchevich, MS; Luce, PA. Phonological neighborhood effects in spoken word perception and production. *Annu. Rev. Linguist.* 2016, 2, 75–94.
180. Amora KK, Tretow A, Verwimp C, Tijms J, Leppänen PHT, Csépe V. Typical and Atypical Development of Visual Expertise for Print as Indexed by the Visual Word N1 (N170w): A Systematic Review. *Front Neurosci.* 2022, 16:898800.
181. Cohen, L; Dehaene, S; Naccache, L; Lehéricy, S; DehaeneLambertz, G.; Hénaff, M-A; Michel, F. The visual word form area. *Brain* 2000, 123, 291–307.
182. Maurer U, Brem S, Bucher K, Kranz F, Benz R, Steinhausen HC, Brandeis D. Impaired tuning of a fast occipito-temporal response for print in dyslexic children learning to read. *Brain.* 2007, 130(Pt 12):3200-10.

183. McCandliss BD, Cohen L, Dehaene S. The visual word form area: expertise for reading in the fusiform gyrus. *Trends Cogn Sci.* 2003, 7(7), 293-299.
184. Hasko S, Groth K, Bruder J, Bartling J, Schulte-Körne G. The time course of reading processes in children with and without dyslexia: an ERP study. *Front Hum Neurosci.* 2013, 7:570.
185. Savill NJ, Thierry G. Reading for sound with dyslexia: evidence for early orthographic and late phonological integration deficits. *Brain Res.* 2011, 1385:192-205.
186. Araújo S, Bramão I, Faísca L, Petersson KM, Reis A. Electrophysiological correlates of impaired reading in dyslexic pre-adolescent children. *Brain Cogn.* 2012, 79(2), 79-88.
187. Kast M, Elmer S, Jancke L, Meyer M. ERP differences of pre-lexical processing between dyslexic and non-dyslexic children. *Int J Psychophysiol.* 2010, 77(1), 59-69.
188. Maurer U, Schulz E, Brem S, der Mark Sv, Bucher K, Martin E, Brandeis D. The development of print tuning in children with dyslexia: evidence from longitudinal ERP data supported by fMRI. *Neuroimage.* 2011, 57(3):714-22.
189. Zhao J, Kipp K, Gaspar C, Maurer U, Weng X, Mecklinger A, Li S. Fine neural tuning for orthographic properties of words emerges early in children reading alphabetic script. *J Cogn Neurosci.* 2014, 26(11):2431-42.
190. Jucla M, Nenert R, Chaix Y, Demonet JF. Remediation effects on N170 and P300 in children with developmental dyslexia. *Behav Neurol.* 2010, 22(3-4),121-9.
191. Kemény F, Banfi C, Gangl M, Perchtold CM, Papousek I, Moll K, Landerl K. Print-, sublexical and lexical processing in children with reading and/or spelling deficits: An ERP study. *Int J Psychophysiol.* 2018, 130:53-62.

192. Pleisch G, Karipidis II, Brem A, Röthlisberger M, Roth A, Brandeis D, Walitza S, Brem S. Simultaneous EEG and fMRI reveals stronger sensitivity to orthographic strings in the left occipito-temporal cortex of typical versus poor beginning readers. *Dev Cogn Neurosci*. 2019, 40:100717.
193. Mahé G, Bonnefond A, Doignon-Camus N. Is the impaired N170 print tuning specific to developmental dyslexia? A matched reading-level study with poor readers and dyslexics. *Brain Lang*. 2013, 127(3):539-44.
194. van Setten ER, Martinez-Ferreiro S, Maurits NM, Maassen BA. Print-Tuning Lateralization and Handedness: an Event-Related Potential Study in Dyslexic Higher Education Students. *Dyslexia*. 2016, 22(1):64-82.
195. van Setten ERH, Maurits NM, Maassen BAM. N1 lateralization and dyslexia: An event-related potential study in children with a familial risk of dyslexia. *Dyslexia*. 2019, 25(1), 84-102.
196. Basma B, Savage R, Bertone A. The N400 in readers with dyslexia: A systematic review and meta-analysis. *Int J Psychophysiol*. 2024, 196:112283.
197. Van Petten, C; Kutas, M. Interactions between sentence context and word frequency in event-related brain potentials. *Mem. Cogn*. 1990, 18, 380–393.
198. Bentin S, Mouchetant-Rostaing Y, Giard MH, Echallier JF, Pernier J. ERP manifestations of processing printed words at different psycholinguistic levels: time course and scalp distribution. *J Cogn Neurosci*. 1999, 11(3), 235-60.
199. Simon G, Bernard C, Largy P, Lalonde R, Rebai M. Chronometry of visual word recognition during passive and lexical decision tasks: an ERP investigation. *Int J Neurosci*. 2004, 114(11), 1401-32.

200. Borovsky A, Elman JL, Kutas M. Once is Enough: N400 Indexes Semantic Integration of Novel Word Meanings from a Single Exposure in Context. *Lang Learn Dev.* 2012, 8(3), 278-302.
201. Hasko S, Bruder J, Bartling J, Schulte-Körne G. N300 indexes deficient integration of orthographic and phonological representations in children with dyslexia. *Neuropsychologia.* 2012, 50(5):640-54.
202. Bergmann, J, Hutzler, F, Klimesch, W, Wimmer, H. How is dysfluent reading reflected in the ERP? *J. Neurolinguistics*, 2005, 18 (2), 153–165.
203. Jednoróg K, Marchewka A, Tacikowski P, Grabowska A. Implicit phonological and semantic processing in children with developmental dyslexia: evidence from event-related potentials. *Neuropsychologia.* 2010, 48(9):2447-57.
204. Sabisch B, Hahne A, Glass E, von Suchodoletz W, Friederici AD. Auditory language comprehension in children with developmental dyslexia: evidence from event-related brain potentials. *J Cogn Neurosci.* 2006, 18(10), 1676-95.
205. McPherson WB, Ackerman PT, Holcomb PJ, Dykman RA. Event-related brain potentials elicited during phonological processing differentiate subgroups of reading disabled adolescents. *Brain Lang.* 1998, 62(2):163-85.
206. Silva-Pereyra J, Rivera-Gaxiola M, Fernández T, Díaz-Comas L, Harmony T, Fernández-Bouzas A, Rodríguez M, Bernal J, Marosi E. Are poor readers semantically challenged? An event-related brain potential assessment. *Int J Psychophysiol.* 2003, 49(3), 187-99.
207. Hasko S, Groth K, Bruder J, Bartling J, Schulte-Körne G. What does the brain of children with developmental dyslexia tell us about reading improvement? ERP evidence from an intervention study. *Front Hum Neurosci.* 2014, 8:441.

208. Desroches AS, Newman RL, Robertson EK, Joanisse MF. Electrophysiological indices of phonological impairments in dyslexia. *J Speech Lang Hear Res.* 2013, *56*(1), 250-64.
209. Chung KK, Tong X, McBride-Chang C. Evidence for a deficit in orthographic structure processing in Chinese developmental dyslexia: an event-related potential study. *Brain Res.* 2012, *1472*:20-31.
210. Schulz E, Maurer U, van der Mark S, Bucher K, Brem S, Martin E, Brandeis D. Impaired semantic processing during sentence reading in children with dyslexia: combined fMRI and ERP evidence. *Neuroimage.* 2008, *41*(1), 153-68.
211. Rugg MD, Curran T. Event-related potentials and recognition memory. *Trends Cogn Sci.* 2007, *11*(6), 251-7.
212. Friedman D, Johnson R Jr. Event-related potential (ERP) studies of memory encoding and retrieval: a selective review. *Microsc Res Tech.* 2000, *51*(1), 6-28. doi:
213. Leckey M, Federmeier KD. The P3b and P600(s): Positive contributions to language comprehension. *Psychophysiology.* 2020, *57*(7): e13351.
214. Wachinger C, Volkmer S, Bublath K, Bruder J, Bartling J, Schulte-Körne G. Does the late positive component reflect successful reading acquisition? A longitudinal ERP study. *Neuroimage Clin.* 2017, *17*:232-240.
215. Schulte-Körne G, Deimel W, Bartling J, Remschmidt H. Neurophysiological correlates of word recognition in dyslexia. *J Neural Transm (Vienna).* 2004 *111*(7), 971-84.
216. Seyednozadi Z, Pishghadam R, Pishghadam M. Functional Role of the N400 and P600 in Language-Related ERP Studies with Respect to Semantic Anomalies: An Overview. *Noro Psikiyatr Ars.* 2021, *58*(3), 249-252.

217. Araújo S, Faísca L, Bramão I, Reis A, Petersson KM. Lexical and sublexical orthographic processing: an ERP study with skilled and dyslexic adult readers. *Brain Lang.* 2015, 141, 16-27.
218. Mahé G, Bonnefond A, Gavens N, Dufour A, Doignon-Camus N. Impaired visual expertise for print in French adults with dyslexia as shown by N170 tuning. *Neuropsychologia.* 2012, 50(14):3200-6.
219. Mahé G, Zesiger P, Laganaro M. Beyond the initial 140 ms, lexical decision and reading aloud are different tasks: An ERP study with topographic analysis. *Neuroimage.* 2015, 122, 65-72.
220. Silva PB, Oliveira DG, Cardoso AD, Laurence PG, Boggio PS, Macedo EC. Event-related potential and lexical decision task in dyslexic adults: Lexical and lateralization effects. *Front Psychol.* 2022, 13:852219.
221. Araújo S, Faísca L, Reis A, Marques JF, Petersson KM. Visual naming deficits in dyslexia: An ERP investigation of different processing domains. *Neuropsychologia.* 2016, 91, 61-76.
222. Reis A, Araújo S, Morais IS, Faísca L. Reading and reading-related skills in adults with dyslexia from different orthographic systems: a review and meta-analysis. *Ann Dyslexia.* 2020, 70(3), 339-368.
223. Bar-Kochva I, Breznitz Z. Does the reading of different orthographies produce distinct brain activity patterns? An ERP study. *PLoS One.* 2012, 7(5): e36030.
224. Carreiras M, Armstrong BC, Perea M, Frost R. The what, when, where, and how of visual word recognition. *Trends Cogn Sci.* 2014, 18(2), 90-8.
225. Dujardin T, Etienne Y, Contentin C, Bernard C, Largy P, Mellier D, Lalonde R, Rebaï M. Behavioral performances in participants with phonological dyslexia and different patterns on the N170 component. *Brain Cogn.* 2011, 75(2), 91-100.

226. Perera, H; Shiratuddin, MF; Wong, KW; Fullarton, K. EEG signal analysis of passage reading and rapid automatized naming between adults with dyslexia and normal controls. In Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science, Beijing, China, 24–26 November 2017, 104–108.
227. Perfetti, C, Yang, CL, Schmalhofer, F. Comprehension skill and word-to-text integration processes. *Appl. Cogn. Psychol. Off. J. Soc. Appl. Res. Mem. Cogn.* 2008, 22 (3), 303–318.
228. Kutas M, Federmeier KD. Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). *Annu Rev Psychol.* 2011, 62, 621-47.
229. Kutas M, Hillyard SA. Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science.* 1980, 207(4427), 203-5.
230. Robichon F, Besson M, Habib M. An electrophysiological study of dyslexic and control adults in a sentence reading task. *Biol Psychol.* 2002, 59(1), 29-53.
231. Plante E, Petten CV, Senkfor AJ. Electrophysiological dissociation between verbal and nonverbal semantic processing in learning disabled adults. *Neuropsychologia.* 2000, 38(13):1669-84.
232. Rüsseler, J; Becker, P; Johannes, S; Münte, TF. Semantic, syntactic, and phonological processing of written words in adult developmental dyslexic readers: An event-related brain potential study. *BMC Neurosci.* 2007, 8, 52.
233. Johannes, S.; Mangun, G.R.; Kussmaul, C.L.; Münte, T.F. Brain potentials in developmental dyslexia: Differential effects of word frequency in human subjects. *Neurosci. Lett.* 1995, 195, 183–186.

234. McPherson, WB; Ackerman, PT; Oglesby, DM; Dykman, RA. Event-related brain potentials elicited by rhyming and non-rhyming pictures differentiate subgroups of reading disabled adolescents. *Integr. Physiol. Behav. Sci.* 1996, 31, 3–17.
235. Berberyán HS, van Rijn H, Borst JP. Discovering the brain stages of lexical decision: Behavioral effects originate from a single neural decision process. *Brain Cogn.* 2021, 153:105786.
236. Canette LH, Fiveash A, Krzonowski J, Corneyllie A, Lalitte P, Thompson D, Trainor L, Bedoin N, Tillmann B. Regular rhythmic primes boost P600 in grammatical error processing in dyslexic adults and matched controls. *Neuropsychologia.* 2020, 138:107324.
237. Rispens JE, Been PH, Zwarts F. Brain responses to subject-verb agreement violations in spoken language in developmental dyslexia: an ERP study. *Dyslexia.* 2006, 12(2), 134-49.
238. Shaul S. Asynchrony of cerebral systems activated during word recognition: comparison of dyslexic and typical readers. *J Integr Neurosci.* 2013, 12(2), 259-83.
239. Oldfield, R.C. The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 1971, 9, 97–113.
240. Sučević, Đ; Momirović, A; Goran Fruk, G; Auguštin, B. Kognitivni Neverbalni Test—KNT; Naklada Slap: Zagreb, Croatia, 2004.
241. Rossion, B; Pourtois, G. Revisiting Snodgrass and Vanderwart’s object pictorial set: The role of surface detail in basic-level object recognition. *Perception* 2004, 33, 217–236.
242. Corel Gallery™ Magic 65,000 Software, version revised September 1998; Corel Corporation: Ottawa, Canada, 1998.

243. Moguš, M; Bratanić, M; Tadić, M. Hrvatski Čestotni Rječnik; Školska knjiga d.d.; Zavod za lingvistiku Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu: Zagrebu, Croatia, 1999.
244. Presentation®Software, Version 20.0; Neurobehavioral Systems, Inc.: Berkeley, CA, USA, 2017. dostupan online: www.neurobs.com (dohvaćeno 15.1.2018.)
245. MATLAB, version: 9.4.0.949201 (R2018a); The MathWorks Inc.: Natick, MA, USA, 2018.
246. Makeig, S; Bell, AJ.; Jung, TP; Sejnowski, TJ. Independent component analysis of electroencephalographic data. *Adv. Neural Inf.Process Syst.* 1996, 8, 145–151.
247. Boersma, P; Weenink, D. Praat: Doing Phonetics by Computer [Computer Program]. Version 5.3.56. Dostupno online: <http://www.praat.org/> (dohvaćeno, 2.5. 2023).
248. McCrory, EJ; Mechelli, A; Frith, U; Price, CJ. More than words: A common neural basis for reading and naming deficits in developmental dyslexia? *Brain* 2005, 128 Pt 2, 261–267.
249. Araújo, S; Fernandes, T; Huettig, F. Learning to read facilitates the retrieval of phonological representations in rapid automatized naming: Evidence from unschooled illiterate, ex-illiterate, and schooled literate adults. *Dev. Sci.* 2019, 22, e12783.
250. Eloranta, AK; Närhi, VM; Eklund, KM; Ahonen, TPS; Aro, TI. Resolving reading disability-Childhood predictors and adult-age outcomes. *Dyslexia* 2019, 25, 20–37.
251. Premeti, A; Bucci, MP; Heidlmayr, K; Vigneron, P; Isel, F. Neurodynamics of selected language processes involved in word reading: An EEG study with French dyslexic adults. *J. Neurolinguist.* 2024, 71, 101201.
252. Denis-Noël, A.; Colé, P.; Bolger, D.; Pattamadilok, C. How do adults with dyslexia recognize spoken words? Evidence from behavioral and EEG data. *Sci. Stud. Read.* 2024, 28, 21–41.

253. Zoccolotti, P. Success is not the entire story for a scientific theory: The case of the Phonological Deficit Theory of dyslexia. *BrainSci.* 2022, 12, 425.
254. Riès, S; Legou, T; Burle, B; Alario, FX; Malfait, N. Corrigendum to “Why does picture naming take longer than word naming? The contribution of articulatory processes”. *Psychon. Bull. Rev.* 2015, 22, 309–311.
255. Werth, R. Dyslexia: Causes and Concomitant Impairments. *Brain Sci.* 2023, 13, 472.
256. Mousikou, P.; Rastle, K. Lexical frequency effects on articulation: A comparison of picture naming and reading aloud. *Front.Psychol.* 2015, 15, 1571.
257. Azizian, A; Watson, TD; Parvaz, MA; Squires, NK. Time course of processes underlying picture and word evaluation: An event-related potential approach. *Brain Topogr.* 2006, 18, 213–222.
258. Schulte-Körne, G; Deimel, W; Bartling, J; Remschmidt. Neurophysiological correlates of word recognition in dyslexia. *J.Neural Transm.* 2004, 111, 971–984.

10. KRATKI ŽIVOTOPIS

OSOBNI PODATCI	
Ime i prezime:	Maja Perkušić Čović
Datum i mjesto rođenja:	11. siječnja 1983., Split
Adresa:	
OBRAZOVANJE	
ožujak 2018.	Promovirana u zvanje mentora logopeda
ožujak 2018.	Studentica 3. godine poslijediplomskog doktorskog studija <i>Translacijska istraživanja u biomedicini i zdravstvu</i> , Medicinski fakultet, Sveučilišta u Splitu.
2001. – 2006.	Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet , Sveučilište u Zagrebu, odsjek za logopediju, zvanje: profesor logoped (2016. izjednačen naziv zvanja u zvanje magistra logopedije)
30. ožujka 2006.	Tema diplomskog rada: <i>Crtež kao dijagnostičko sredstvo u terapiji i dijagnostici mucanja</i> ; mentor: prof. dr. sc. Behlul Brestovci
1997. – 2001.	Opća gimnazija <i>Vladimir Nazor</i> , Split
1989. – 1997.	Osnovna škola <i>Sućidar</i> , Split
RADNO ISKUSTVO	
kolovoz 2024.	Poliklinika za rehabilitaciju osoba sa smetnjama u razvoju, Split. klinički logoped (40 sati tjedno)
listopad 2019.	Poliklinika za rehabilitaciju osoba sa smetnjama u razvoju, Split.

<p>od listopada 2018. do listopada 2019. ožujak 2018.</p> <p>od listopada 2016. do listopada 2017. listopad 2015.</p> <p>od rujna 2007. do prosinca 2013.</p> <p>od rujna 2006. do siječnja 2014.</p> <p>od studenog 2006. do rujna 2007.</p> <p>od rujna 2006. do studenog 2006.</p>	<p>klinički logoped (40 sati tjedno)</p> <p>Rodiljni dopust</p> <p>Osnovna škola Ostrog, Kaštel Lukšić (40 sati tjedno) stručni suradnik logoped</p> <p>Rodiljni dopust</p> <p>Osnovna škola Ostrog Kaštel Lukšić (40 sati tjedno) stručni suradnik logoped</p> <p>Osnovna škola Ostrog Kaštel Lukšić (20 sati tjedno) stručni suradnik logoped</p> <p>Osnovna škola Gornja Poljica, Srijane (20 sati tjedno) stručni suradnik logoped</p> <p>Osnovna škola dr. fra Karla Balića, Šestanovac (20 sati tjedno) stručni suradnik logoped</p> <p>Dom za djecu Maestral, Split (20 sati tjedno) stručni suradnik logoped</p>
<p>HONORARNI POSLOVI</p>	
<p>od listopada 2009. do rujna 2013.</p> <p>2011.</p>	<p>Splitska udruga za osobe s disleksijom Dyxy Voditeljica grupnih logopedskih radionica Rad u dijagnostičkom timu i logopedskom savjetovalištu za roditelje</p> <p>Koordinatorica provedbe istraživanja Progress in International reading study i Trends in Mathematics and Science Study, OŠ Ostrog za potrebe Nacionalnog centra za vanjsko vrednovanje obrazovanja</p>
<p>SEMINARI I EDUKACIJE</p>	

2023.	Poticanje socijalne komunikacije u djece s razvojnim odstupanjima (listopad 2023, trodnevna edukacija, online edukacija)
2023.	Nove Reynell razvojne jezične ljestvice-NRDLS-HR (lipanj 2023, Split, dvodnevna edukacija)
2022	Razvojna procjena djece dobi 0-6 godina (8-10. rujna, online edukacija)
2018.	Neurofeedback edukacija (22-26. siječnja, Zagreb)
2014.	IPA komponenta: Probir jezičnih teškoća- edukacija, listopad, Šibenik
2013.	Primjena Testa za procjenjivanje predvještina čitanja i pisanja, edukacija, Zagreb
2012.	Talk Tools radionica (oralno-motorički program) 1. stupanj , 04. i 05. svibnja , Zadar
2011.	ECDL informatički tečaj, Split
2009. – 2010.	Tečaj španjolskog jezika – 1. i 2. stupanj, Centar za strane jezike, Split
2008.	Edukacija za voditelja školskih preventivnih programa

ODRŽANA PREDAVANJA

Perkušić Čović, M., Knežević, D. (2018) Primjena neurofeedback terapije u radu s djecom s teškoćama učenja // OŠ Meje (pozvano predavanje) Split, oralna prezentacija.

Perkušić Čović, M., Knežević, D. (2018) Primjena neurofeedback terapije u radu s djecom s teškoćama učenja // OŠ Spinut (pozvano predavanje) Split, oralna prezentacija.

Perkušić Čović, M. (2018) Suvremeni terapijski pristup u dijagnostici disleksije iz kuta praktične kognitivne neuroznanosti. Udruga Dyxy, Split, oralna prezentacija.

Perkušić Čović M.; Jerković, A., Rogić Vidaković, M. (2015) Novije neuroznanstvene spoznaje i dijagnostika disleksije. Medicinski fakultet, ožujak, Split, oralna prezentacija.

Perkušić, M.; Knežević, D; Juric, M. (2013). Learning strategies and school success of the pupils of three primary schools in Split - Dalmatia County // 4th ENSEC Conference "Social and emotional competence in a changing world", Zagreb, oralna prezentacija.

Perkušić, M.; Knežević, D. (2013). Izvješće sa prvog državnog skupa logopeda iz odgoja i obrazovanja u Opatiji. OŠ Ravne njive, listopad, Split, oralna prezentacija.

Perkušić, M. (2012). Connection of speech disorders in first grade pupils in primary schools with process of reading and writing acquisition. 8th International Scientific Conference Research in Education and Rehabilitation Sciences, Zagreb, oralna prezentacija.

Perkušić, M.; Babić, M. (2012) Disgrafija, uzroci i načini prevladavanja teškoća. Edukacija volontera u sklopu projekta "Učimo za život, a ne za školu", udruga Dyxy, Split, oralna prezentacija.

Perkušić, M. (2012). Povezanost poremećaja izgovora učenika prvih razreda osnovne škole s procesom usvajanja vještina čitanja i pisanja. Županijsko stručno vijeće stručnjaka edukacijsko rehabilitacijskog profila, OŠ Ravne njive, Split, oralna prezentacija.

Perkušić, M.; Babić, M. (2012). Disleksija, uzroci i načini prevladavanja teškoća. Edukacija volontera u sklopu projekta "Učimo za život, a ne za školu", udruga Dyxy, Split, oralna prezentacija.

Perkušić, M.; Bašić, V.; Kupusović, N. (2012). Disleksija, disgrafija, diskalkulija. Suradnja sa šibenskom udrugom Izvor ljubavi. Gradska knjižnica Juraj Šižgorić, Šibenik, oralna prezentacija.

IZVORNI ZNANSTVENI RAD

Perkušić Čović, M., Vujović, I., Šoda, J., Palmović, M., Rogić Vidaković, M. Overt Word Reading and Visual Object Naming in Adults with Dyslexia: Electroencephalography Study in Transparent Orthography. *Bioengineering*. 2024, *11*,459,20. doi:10.3390/bioengineering11050459

KONFERENCIJSKI SAŽETCI

Perkušić Čović M.; Pavlov Lovrin P.; Knežević D. (2022). Rapid naming differences between dyslexic pupils and controls in transparent croatian orthography., 6. međunarodni kongres logopeda. (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)

Rogić Vidaković, Maja; Jerković, Ana; **Perkušić Čović, Maja**; Zmajević Schönwald, Marina; Đogaš, Zoran. Cortical time course of reading processing by navigated transcranial magnetic stimulation. *Clinical Neurophysiology*, *128* (3) 395-504; e1-e164 (2017). Elsevier Inc., 2017. e120-e121 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)

Perkušić, M.; Knežević, D; Juric, M. (2013). Learning strategies and school success of the pupils of three primary schools in Split - Dalmatia County // *4th ENSEC Conference "Social and emotional competence in a changing world"* / Miljević-Riđički, Renata ; Evans, Kathy (ur.). Zagreb, 2013. 81-81 (međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).

Perkušić, M. (2012). Connection of speech disorders in first grade pupils in primary schools with process of reading and writing acquisition. 8th International Scientific Conference Research in Education and Rehabilitation Sciences. Zagreb, 187-187 (sažetak, znanstveni).

STRUČNI RAD

Perkušić, M. (2013). "Razrednice, spasila me stručna služba." Zagovor, časopis za učitelje hrvatskog jezika, 107-112.

VJEŠTINE

Rad na računalu: ECDL diploma, aktivno korištenje rada na računalu

Engleski: aktivno u govoru i pismu

Strani jezici: Njemački: pasivno u govoru i pismu
Španjolski: pasivno u govoru i pismu

Vozačka dozvola B kategorije

ORGANIZACIJSKE VJEŠTINE I KOMPETENCIJE

od 2012. godine: Predsjednica Povjerenstva za utvrđivanje psihofizičkog stanja djece za OŠ *Ostrog*, Split

od 2014. godine: Članica Povjerenstva za utvrđivanje psihofizičkog stanja djece Ureda državne uprave, ispostava Kaštela

STIPENDIJE:

Državna stipendija A kategorije za nadarene studente 2002. – 2006. godine, Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa.

PRIVITCI

Privitak 1. 6. međunarodni kongres logopeda sažetak

RAZLIKE BRZOG AUTOMATIZIRANOG IMENOVANJA UČENIKA SA DISLEKSIJOM I KONTROLNIH ISPITANIKA U HRVATSKOM JEZIKU

Maja Perkušić Čović, prof. logoped (maya.perkusic@gmail.com)

Poliklinika za rehabilitaciju osoba sa smetnjama u razvoju, Split

Petra Lovrin Pavlov, prof. logoped

Osnovna škola Kneza Trpimira, Kaštel Gomilica

Dajana Knežević, prof. logoped

Osnovna škola Spinut, Split

Brzo automatizirano imenovanje (eng. Rapid automatized naming) se definira kao sposobnost pojedinca da što je brže moguće imenuje vizualno prezentirane objekte, slova, brojeve, boje [4]. U različitim jezicima svijeta dokazana je njegova iznimna važnost u predviđanju razvoja čitanja [24]. Nadalje, brojni autori su dosada uspjeli prepoznati važnost sposobnost brzog automatiziranog imenovanja u predviđanju razvoja čitanja u jezicima sa transparentnom ortografijom u koju ubrajamo i hrvatski jezik. Međutim, još uvijek ne postoje detaljna saznanja o tome koji tip zadataka brzog automatiziranog imenovanja je najzaslužniji prediktor razvoja i automatizacije čitanja u hrvatskom jeziku.

26 učenika trećih i četvrtih razreda osnovne škole (13 učenika sa disleksijom, 13 kontrolnih ispitanika) je sudjelovalo u istraživanju. Učenici s disleksijom su izabrani iz jedne osnovne škole koju pohađaju te su prije uključivanja u istraživanje bili dijagnosticirani kao učenici s disleksijom od strane školskog logopeda.

Nadalje, bili su podvrgnuti testu brzog čitanja riječi i pseudo riječi kako bi se dodatno potvrdilo razvojno kašnjenje u čitalačkoj dobi za kontrolnim ispitanicima u trenutku provedbe istraživanja. Ukoliko su u jednoj minuti pročitali 20-40 riječi/pseudoriječi, postigli su kriterij uključivanja u skupinu učenika s disleksijom. Dodatan kriterij uključivanja su bile zamijećene specifične pogreške tijekom čitanja (zrcalno premještanje slogova, zamjene vizualno bliskih grafema, akustički bliskih grafema, preskakanje linije zadanog retka).

Kontrolni ispitanici su odabrani nakon razgovora s učiteljicama učenika te su podvrgnuti testu brzog čitanja riječi i pseudo riječi. Ukoliko su pročitali 90 ili više riječi/pseudoriječi u jednoj minuti su postigli kriterij uključivanja u kontrolnu grupu.

Od ispitanika se tražilo da imenuju što je brže moguće vizualno prezentirane objekte i slova.

Odgovori ispitanika su snimani u Praat software-u te su pohranjeni za daljnju offline analizu.

Dobiveni rezultati istraživanja su pokazali da su učenici s disleksijom bili sporiji u imenovanju objekata i slova u odnosu na kontrolne ispitanike. Nadalje, statistički značajne korelacije su pronađene u imenovanju učestalih i manje učestalih objekata kao i složenih slova karakterističnih za hrvatski jezik (dvoslova lj, nj te grafema koji sadrže dijakritičke znakove č, ž, š). Rezultati T-testa su pokazali da su učenici sa disleksijom bili sporiji u svim zadacima imenovanja.

Ovim istraživanjem se željelo doprinijeti boljem razumijevanju brzog automatiziranog imenovanja kod učenika s disleksijom u hrvatskom jeziku kako bi se u budućnosti nastavilo raditi na istraživanju ove problematike na većem uzorku djece s ciljem razvoja standardiziranih testova brzoga automatiziranog imenovanja za potrebe dijagnostike disleksije u hrvatskom jeziku.

Ključne riječi: brzo automatizirano imenovanje, disleksija, učenici s disleksijom, specifične teškoće čitanja

Privitak 2. Rezultati neverbalnog kognitivnog testa (KNT)

Disleksija	Bodovi	Z	C	T
1D	35	1.27	90	63
2D	28	0.44	67	54
3D	34	1.15	88	62
4D	31	1.14	87	61
5D	22	-0.27	39	47
6D	25	0.09	53	51
7D	20	-0.50	31	45
8D	20	-0.50	31	45
9D	29	0.56	71	56
10D	24	-0.03	49	50
11D	28	0.44	67	54
12D	23	-0.15	44	49

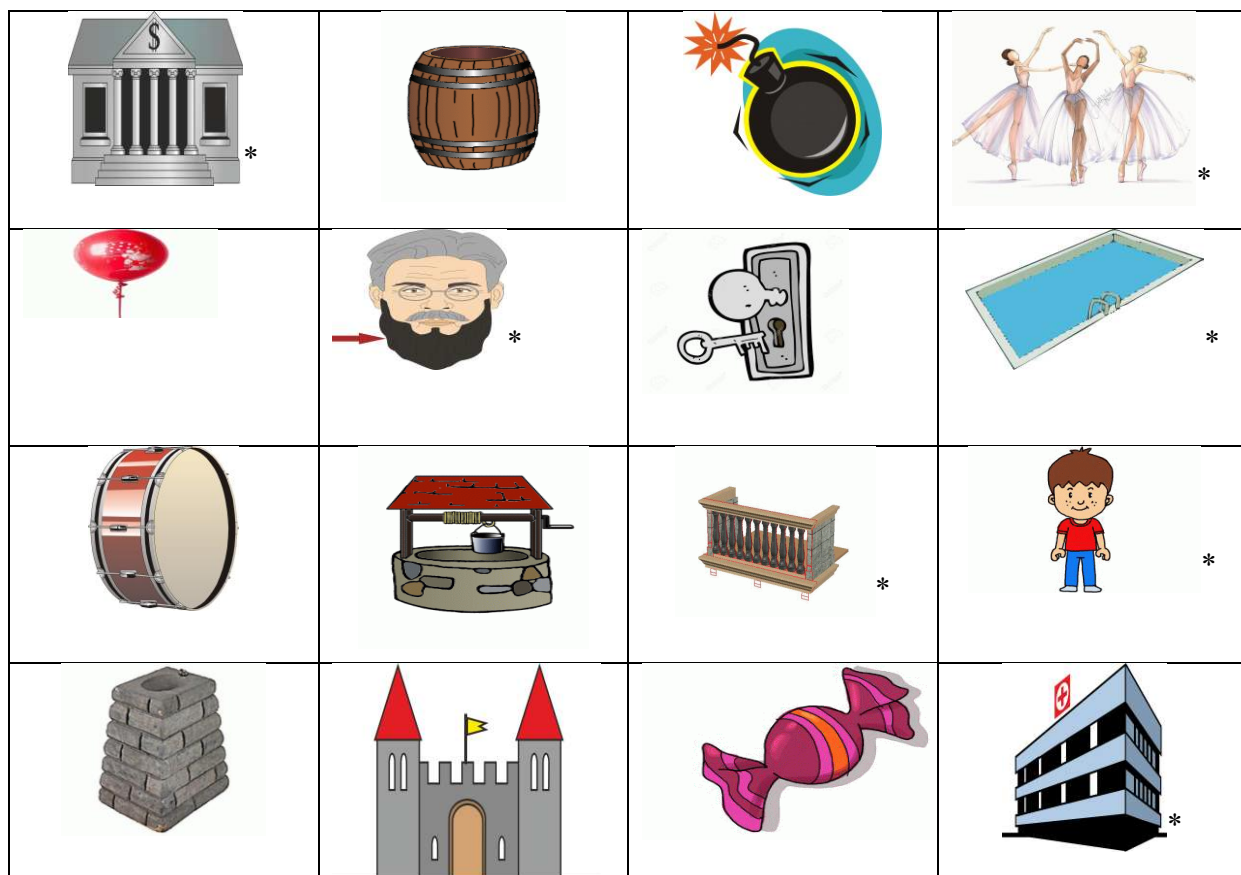
Kontrola	Bodovi	Z	C	T
1C	28	0.44	67	54
2C	30	0.68	75	57
3C	35	1.27	90	63
4C	24	-0.03	49	50
5C	27	0.32	63	53
6C	30	1.04	85	60
7C	32	1.25	89	62
8C	22	-0.27	39	47
9C	28	0.44	67	54
10C	34	1.15	88	62
11C	29	0.56	71	56
12C	21	-0.39	35	46

*Prema KNT testu prosječna normalna neverbalna inteligencija je u rasponu od $-1z$ do $1z$, 15C-85C, 40T-60T. Devijacija IQ-a prema Weschlerovoj ljestvici je 85 do 115. Obje skupine bile su unutar normalnih nalaza IQ-a.



Privitak 3. Slikovni podražaji

Četrdeset pet slika odabrano je iz Snodgrassa i Vanderwartovog skupa slikovnih objekata [241] i devetnaest* slika iz Corel Gallery™ Magic galerije slika [242].

1. Blok slika

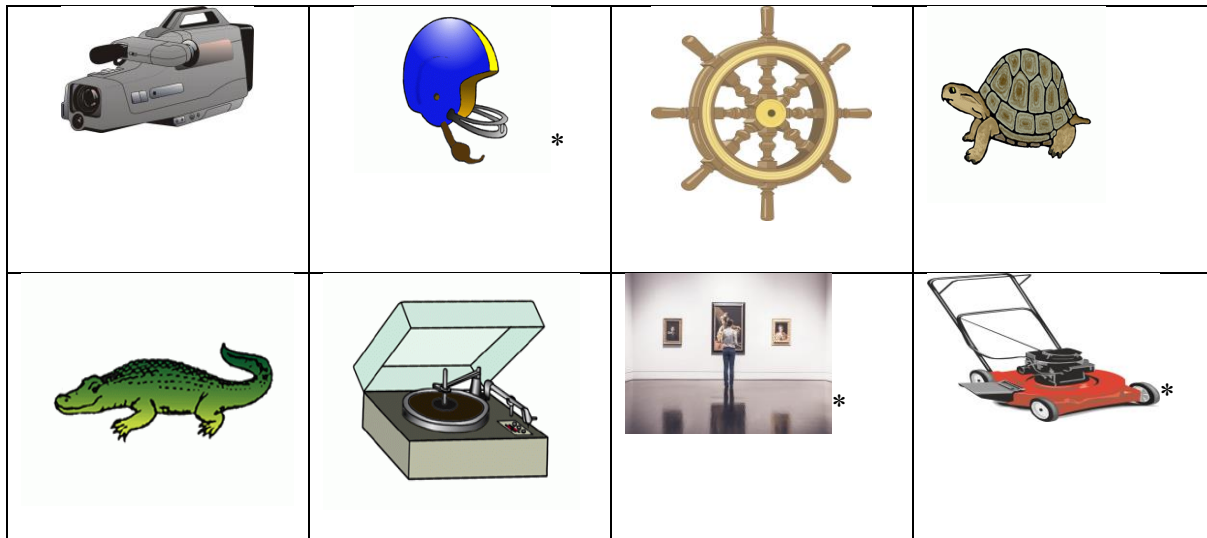


2. Blok slika

	 *		
		 *	
			
	 *		

3. Blok slika

			 *
 *			 *



4. Blok slika



Privitak 4. Tablice podražaja riječi

1. Blok riječi

	Riječ	Broj slova	Broj slogova	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
1.	bager	5	2	569	0,0001
2.	biser	5	2	569	0,0001
3.	biljar	5	2	569	0,0001
4.	badem	5	2	568	0,0002
5.	baklja	5	2	562	0,0008
6.	bokal	5	2	567	0,0003
7.	barjak	6	2	553	0,0017
8.	bambus	6	2	568	0,0002
9.	baraka	6	3	562	0,0008
10.	banana	6	3	565	0,0005
11.	bakalar	7	3	567	0,0003
12.	bundeva	7	3	567	0,0003
13.	dijamant	8	3	560	0,0010
14.	bubamara	8	4	567	0,0003
15.	dalekozor	8	4	562	0,0008
16.	baterija	8	4	566	0,0004

2. Blok riječi

	Riječ	Broj slova	Broj slogova	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
1.	banka	5	2	444	0,0126
2.	bačva	5	2	538	0,0032
3.	bomba	5	2	493	0,0077

4.	balet	5	2	547	0,0023
5.	balon	5	2	559	0,0011
6.	brada	5	2	511	0,0059
7.	brava	5	2	549	0,0021
8.	bazen	5	2	550	0,0020
9.	bubanj	5	2	535	0,0035
10.	bunar	5	2	530	0,0040
11.	balkon	6	2	541	0,0029
12.	dječak	6	2	415	0,0155
13.	dimnjak	6	2	537	0,0033
14.	dvorac	6	2	553	0,0017
15.	bombon	6	2	560	0,0010
16.	bolnica	7	3	462	0,0108

3. Blok riječi

	Riječ	Broj slova	Broj slogova	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
1.	kvaka	5	2	556	0,0014
2.	guska	5	2	560	0,0010
3.	klaun	5	2	568	0,0002
4.	kavez	5	2	558	0,0012
5.	kokos	5	2	568	0,0002
6.	gusar	5	2	566	0,0004
7.	globus	6	2	558	0,0012
8.	kaseta	6	3	569	0,0001
9.	kamera	6	3	568	0,0002
10.	kaciga	6	3	559	0,0011
11.	kormilo	7	3	565	0,0005

12.	kornjača	7	3	559	0,0011
13.	krokodil	8	3	557	0,0013
14.	gramofon	8	3	559	0,0011
15.	galerija	8	4	551	0,0019
16.	kosilica	8	4	569	0,0001

4. Blok riječi

	Riječ	Broj slova	Broj slogova	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
1.	Kamen	5	2	284	0,0295
2.	Kaput	5	2	501	0,0069
3.	Karta	5	2	453	0,0117
4.	Knjiga	5	2	323	0,0248
5.	Guma	5	2	535	0,0035
6.	Krava	5	2	477	0,0093
7.	Kruna	5	2	518	0,0052
8.	Kuća	5	2	99	0,0937
9.	Kava	5	2	512	0,0058
10.	Groblje	5	2	501	0,0069
11.	Koljeno	6	3	449	0,0021
12.	Košulja	6	3	470	0,0100
13.	Kutija	6	3	479	0,0091
14.	Gitara	6	3	547	0,0023
15.	Košara	6	3	543	0,0027
16.	Kukuruz	7	3	521	0,0049

*Riječi su odabrane iz Hrvatskog čestotnog rječnika [246].

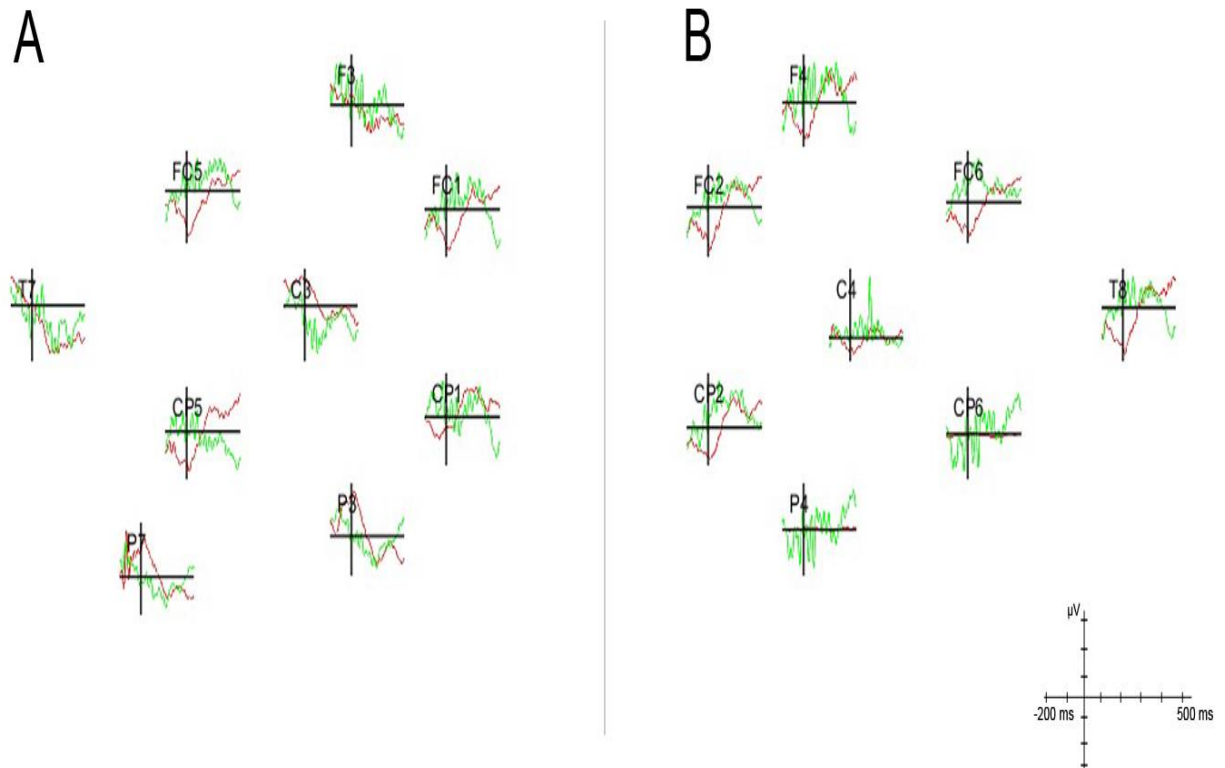
Privitak 5. Srednje vrijednosti električnog potencijala ERP-a

Tablica 1. Srednje vrijednosti električnog potencijala ERP-a za predleksičku, leksičku i postleksičku fazu lijeve i desne hemisfere u odraslih ispitanika s disleksijom i kontrolnih ispitanika.

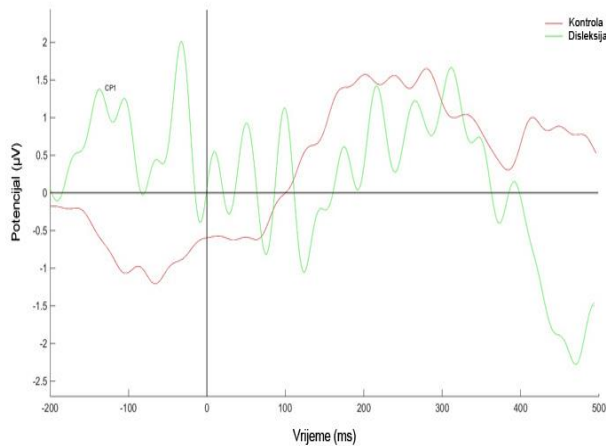
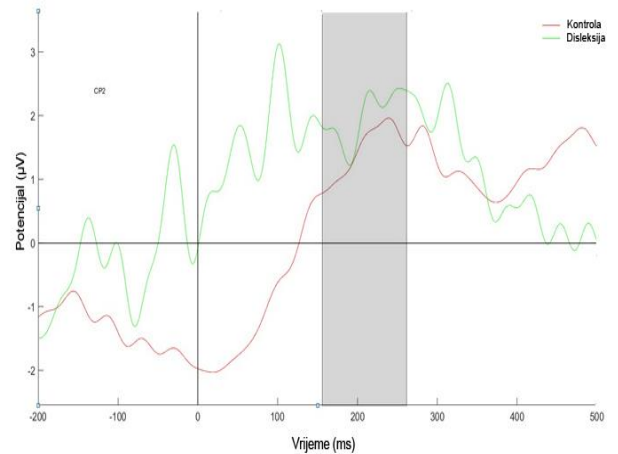
Faza	Grupa	Hemisfera	Čitanje riječi		Imenovanje slika	
			M	sd	M	sd
Predleksička	Kontrola	Desno	0.37	3.28	0.64	2.89
		Lijevo	-0.43	3.68	-0.64	3.90
	Disleksija	Desno	0.29	6.95	1.17	5.61
		Lijevo	-0.71	3.81	-0.76	4.50
Leksička	Kontrola	Desno	1.08	2.54	0.78	3.44
		Lijevo	-0.36	2.96	-0.38	3.90
	Disleksija	Desno	0.36	4.96	0.08	6.64
		Lijevo	0.25	4.19	-0.63	4.17
Postleksička	Kontrola	Desno	1.17	3.21	1.07	2.20
		Lijevo	-0.44	3.93	-0.32	2.81
	Disleksija	Desno	0.73	3.53	0.08	3.98
		Lijevo	-0.19	2.69	-0.69	2.68

Privitak 6. Prikaz ERP-ova u zadatku čitanja i imenovanja naglas

ERP-ovi-zadatak čitanja naglas

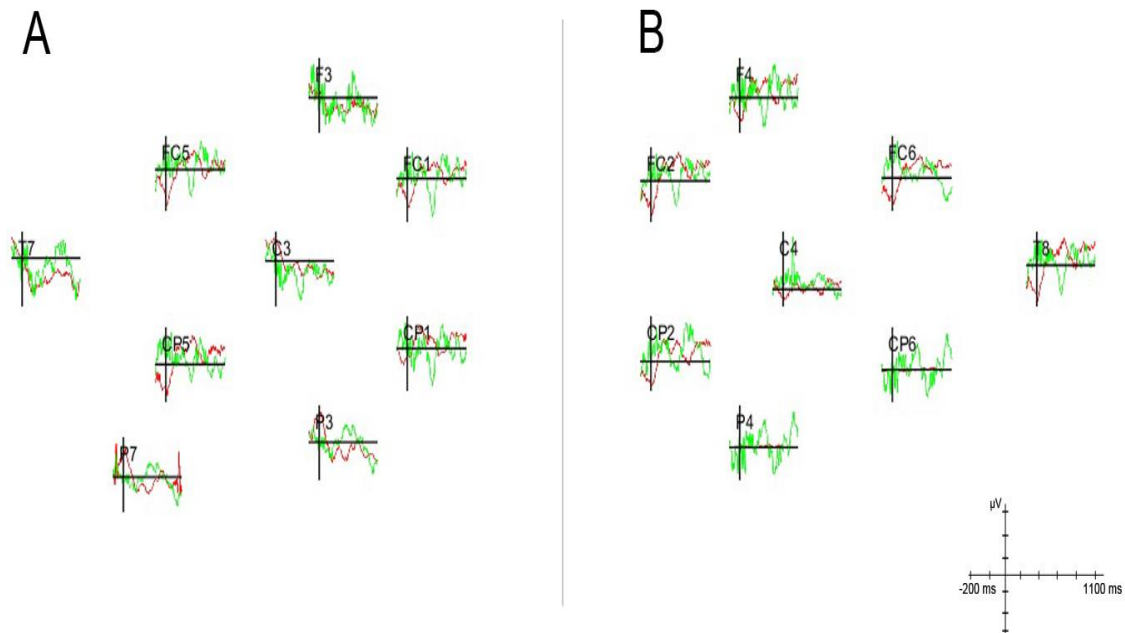


Slika 1. Grand-avarage ERP-ovi iz odabranih elektroda u zadatku čitanja naglas u predleksičkoj fazi (160-260ms). **A)** Grand-avarage ERP-ova lijevih elektroda, **B)** Grand-avarage ERP-ova desnih elektroda u zadatku čitanja naglas odvojeno za kontrolne ispitanike (crvena linija) i ispitanike s disleksijom (zelena linija).

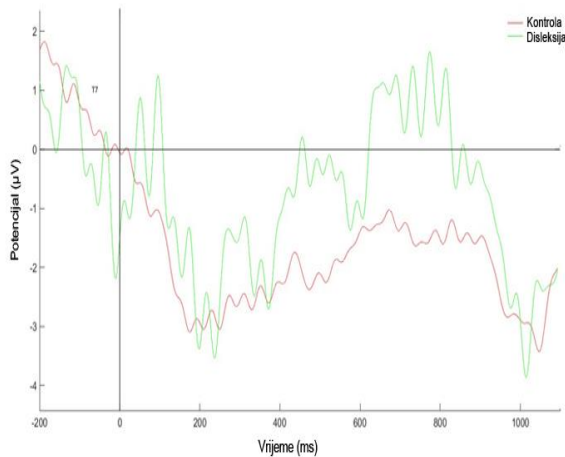
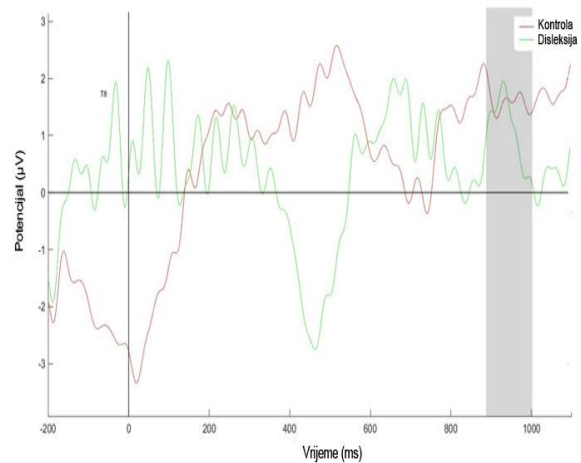
A**B**

Slika 2. A) Shematski prikaz električnog potencijala CP1 elektrode u predleksičkoj fazi u zadatku čitanja naglas u lijevoj hemisferi. **B)** Shematski prikaz električnog potencijala CP2 elektrode u predleksičkoj fazi u zadatku čitanja naglas u kontrolnih ispitanika i ispitanika s disleksijom u desnoj hemisferi. Crvenom linijom su označeni kontrolni ispitanici, a zelenom linijom ispitanici s disleksijom. Područje statističke značajnosti u predleksičkoj fazi (160-260 ms) je označeno na desnoj slici sivom bojom.

ERP-ovi -zadatak imenovanja naglas



Slika 3. Grand-avarage ERP-ovi odabranih elektroda u zadatku imenovanja naglas u postleksičkoj fazi (900-1000 ms). **A)** Grand-avarage ERP-ova elektroda lijeve hemisfere u zadatku imenovanja naglas u postleksičkoj fazi odvojeno za kontrolne ispitanike (crvena linija) i ispitanike s disleksijom (zelena linija). **B)** Grand-avarage ERP-ova elektroda desne hemisfere u zadatku imenovanja naglas u postleksičkoj fazi odvojeno za kontrolne ispitanike (crvena linija) i ispitanike s disleksijom (zelena linija).

A**B**

Slika 4. A) Shematski prikaz električnog potencijala T7 elektrode u postleksičkoj fazi u zadatku imenovanja naglas u lijevoj hemisferi. **B)** Shematski prikaz električnog potencijala T8 elektrode u postleksičkoj fazi u desnoj hemisferi u zadatku imenovanja naglas u kontrolnih ispitanika i ispitanika s disleksijom. Crvenom linijom su označeni kontrolni ispitanici, a zelenom linijom ispitanici s disleksijom. Na slici B desno je sivom bojom označeno područje statističke značajnosti u postleksičkoj fazi (900-1000 ms) u desnoj hemisferi u zadatku imenovanja naglas.

Privitak 7. Tablice prosječnih vrijednosti el. potencijala elektroda od interesa u zadatku čitanja

Tablica 1. Prosječne vrijednosti električnog potencijala elektroda desne hemisfere u predleksičkoj fazi u zadatku čitanja naglas u kontrolnih ispitanika

Elektroda	F4	FC2	FC6	C4	T8	CP2	CP6
1C	-0.716	-3.188	-3.274	-2.922	-2.971	-2.042	-3.386
2C	1.034	2.106	-2.991	0.3262	1.386	2.256	-3.24
3C	3.526	5.399	5.29	4.534	5.137	4.383	-12.35
4C	0.5713	1.022	0.8281	0.7001	0.8929	0.3294	0.8203
5C	1.949	3.988	2.559	0.3782	2.862	2.257	2.325
6C	-0.2795	0.8279	1.82	2.752	0.3472	0.3093	1.851
7C	0.498	0.4499	0.06336	-0.0347	0.4405	0.2838	-0.3639
8C	1.483	4.76	4.79	2.75	3.987	3.199	-9.164
9C	0.3854	-0.829	0.8857	-1.001	-0.7079	1.943	1.461
10C	-2.541	-5.055	-4.736	-3.169	-5.37	-1.714	-3.861

*Slovom C su označeni kontrolni ispitanici.

Tablica 2. Prosječne vrijednosti el. potencijala elektroda desne hemisfere u predleksičkoj fazi u zadatku čitanja naglas u ispitanika s disleksijom

Elektroda	F4	FC2	FC6	C4	T8	CP2	CP6
1D	1.554	1.77	1.927	1.106	0.5084	2.05	1.426
2D	0.587	-0.9977	-1.05	-0.2434	-0.6823	0.1374	0.4298
3D	-0.6461	2.63	-4.195	0.9199	1.402	0.217	6.764
4D	-1.175	-0.6078	-1.055	-0.8295	-1.044	-1.058	0.4281
5D	-1.616	-4.281	2.838	15.8	-4.186	3.384	2.823
6D	1.983	4.69	4.803	1.126	3.593	3.218	-4.866
7D	-5.74	-4.671	-8.095	-5.626	-5.379	-4.698	1.456
8D	2.255	3.668	3.373	3.18	4.237	3.037	2.76
9D	4.947	6.514	5.028	2.394	3.5	5.456	-19.06
10D	3.14	3.662	0.3287	13.42	3.441	2.811	-46.8
11D	4.387	6.347	6.403	1.208	7.071	5.222	5.25
12D	0.4916	0.2013	1.211	0.005343	-0.08476	1.282	-3.623

*Slovom D su označeni ispitanici s disleksijom.

Tablica 3. Prosječne vrijednosti el. potencijala elektroda lijeve hemisfere u predleksičkoj fazi u zadatku čitanja naglas u kontrolnih ispitanika

Elektroda	F3	FC5	FC1	T7	C3	CP5	CP1
1C	0.2217	-0.9237	-1.799	0.7167	-1.176	-2.186	0.8562
2C	-0.5597	1.851	2.963	-5.53	0.8761	0.4063	1.732
3C	0.4173	-0.7633	-0.7005	0.1429	-1.339	4.81	-0.4275
4C	0.6072	1.504	1.39	-1.471	1.806	-0.04978	-0.3562
5C	-0.7307	1.426	1.293	0.689	1.705	4.074	-0.2805
6C	1.151	0.8158	0.703	5.177	0.5961	1.747	0.9709
7C	-2.12	1.901	2.072	-3.305	2.115	-0.0182	2.126
8C	-0.9796	4.098	3.541	-3.557	1.691	2.347	2.298
9C	-4.472	-6.311	-2.015	-11.79	3.909	0.3748	3.747
10C	-1.606	0.9868	1.547	-4.29	1.821	-4.288	-0.03473

*Slovom C su označeni kontrolni ispitanici.

Tablica 4. Prosječne vrijednosti el. potencijala elektroda lijeve hemisfere u predleksičkoj fazi u zadatku čitanja naglas u ispitanika s disleksijom

Elektroda	F3	FC5	FC1	T7	C3	CP5	CP1
1D	1.308	1.353	2.033	-6.989	-3.38	3.482	0.6194
2D	1.248	0.4425	-1.432	3.049	-2.855	0.8624	2.136
3D	-4.604	0.5008	2.048	-3.816	1.764	-2.706	-0.5477
4D	-0.2475	-1.145	-0.5433	-0.1156	1.229	-0.02516	-0.8009
5D	-0.1358	-3.564	-4.19	-0.391	-3.233	-1.908	-3.569
6D	-0.6734	3.267	3.236	-5.041	-3.149	3.031	2.641
7D	-7.617	-4.583	-4.445	-10.11	-4.468	-7.829	-5.443
8D	0.1027	2.711	2.51	-4.141	-0.7021	3.195	0.6505
9D	4.348	5.765	5.338	1.806	-2.103	-6.55	5.138
10D	1.645	2.979	3.497	1.761	3.789	1.086	2.632
11D	0.7627	5.352	5.129	-0.7732	-4.82	5.958	1.014
12D	-1.018	0.6077	0.6218	-1.488	0.8097	-0.4135	0.3597

*Slovom D su označeni ispitanici s disleksijom.

Privitak 8. Tablice prosječnih vrijednosti el. potencijala elektroda od interesa u zadatku imenovanja

Tablica 1. Prosječne vrijednosti električnog potencijala elektroda desne hemisfere u postleksičkoj fazi u zadatku imenovanja naglas u kontrolnih ispitanika

Elektroda	F4	FC2	FC6	C4	T8	CP2	CP6
1C	-1.213	-2.004	-1.978	-1.273	-1.582	-0.5889	-1.347
2C	1.318	2.483	-1.603	2.726	2.042	2.398	-5.607
3C	-0.2311	-1.507	-2.119	1.274	-1.26	-0.5131	1.564
4C	0.8516	2.288	2.605	0.8923	1.829	0.5344	1.716
5C	1.007	1.782	2.594	0.9179	1.843	1.424	1.584
6C	1.127	1.969	1.69	4.039	1.978	0.7977	0.5427
7C	1.266	2.403	2.549	1.315	1.924	2.037	-2.556
8C	2.651	5.135	4.94	0.3707	4.667	3.535	-6.514
9C	2.455	2.556	4.685	0.7708	2.834	4.028	4.435
10C	0.6669	1.123	1.237	-0.4056	1.146	2.18	1.232

*Slovom C su označeni kontrolni ispitanici.

Tablica 2. Prosječne vrijednosti električnog potencijala elektroda desne hemisfere u postleksičkoj fazi u zadatku imenovanja naglas u ispitanika s disleksijom

Elektroda	F4	FC2	FC6	C4	T8	CP2	CP6
1D	0.8644	-0.06078	0.33	-0.5326	-0.08444	0.8779	0.4043
2D	2.868	5.101	-10.49	3.642	3.492	3.76	-3.071
3D	-0.04573	3.693	-5.532	2.028	1.854	1.297	1.538
4D	0.426	-0.3016	-0.08375	0.5358	-0.2619	0.1656	-0.692
5D	1.226	2.558	-0.8194	-1.833	2.781	-2.817	-2.425
6D	1.807	3.821	4.102	2.389	3.099	2.547	-6.393
7D	-5.069	-5.263	-9.094	-5.005	-5.469	-5.525	1.359
8D	0.5402	-0.6602	-0.8354	-0.3048	-0.01104	0.9495	-0.2394
9D	-2.88	-3.07	-5.517	16.96	-3.902	-2.614	-2.825
10D	0.4628	1.702	-3.448	-6.039	2.655	0.4785	21.68
11D	2.26	4.652	4.837	2.483	3.949	2.012	2.8
12D	0.4004	-0.2105	1.543	1.733	0.2182	0.24	-2.273

*Slovom D su označeni ispitanici s disleksijom

Tablica 3. Prosječne vrijednosti električnog potencijala elektroda lijeve hemisfere u postleksičkoj fazi u zadatku imenovanja naglas u kontrolnih ispitanika

Elektroda	F3	FC5	FC1	T7	C3	CP5	CP1
1C	0.2217	-0.9237	-1.799	0.7167	2.085	-1.176	0.8562
2C	-0.5597	1.851	2.963	-5.53	2.582	0.8761	1.732
3C	0.4173	-0.7633	-0.7005	0.1429	1.118	-1.339	-0.4275
4C	0.6072	1.504	1.39	-1.471	-2.645	1.806	-0.3562
5C	-0.7307	1.426	1.293	0.689	-1.791	1.705	-0.2805
6C	1.151	0.8158	0.703	5.177	-2.456	0.5961	0.9709
7C	-2.12	1.901	2.072	-3.305	-0.09846	2.115	2.126
8C	-0.9796	4.098	3.541	-3.557	-0.9418	1.691	2.298
9C	-4.472	-6.311	-2.015	-11.79	-8.883	3.909	3.747
10C	-1.606	0.9868	1.547	-4.29	1.036	1.821	-0.03473

*Slovom C su označeni kontrolni ispitanici.

Tablica 4. Prosječne vrijednosti električnog potencijala elektroda lijeve hemisfere u postleksičkoj fazi u zadatku imenovanja naglas u ispitanika s disleksijom

Elektroda	F3	FC5	FC1	T7	C3	CP5	CP1
1D	0.8168	-0.05059	0.6756	-1.368	0.1723	1.479	0.2299
2D	-1.489	3.747	4.637	-4.827	0.6834	-2.872	3.174
3D	-2.868	1.614	2.585	-3.866	0.7152	-1.246	0.4037
4D	0.1072	0.2766	0.3536	-0.2094	0.2467	0.2531	0.3822
5D	-0.1857	2.266	2.644	-3.769	2.398	1.7	2.167
6D	0.3721	2.554	2.573	-0.2737	-5.656	2.785	1.686
7D	-4.408	-5.141	-6.011	-3.03	-7.336	-4.988	-4.916
8D	0.5384	-0.3952	-0.7966	-0.291	-0.1225	-0.0336	1.045
9D	-5.159	-2.655	-5.329	-1.301	5.884	15.38	-1.45
10D	-1.429	1.167	1.693	1.412	-0.8217	-1.215	0.09419
11D	-0.8907	2.915	2.676	-0.5286	-3.046	3.986	-0.3879
12D	0.4638	0.1449	-0.4671	-1.144	0.8919	0.5427	0.03745

*Slovom D su označeni ispitanici s disleksijom.

