

Istraživanje disleksije pomoću metode praćenja pokreta oka

Boljkovac, Andrea

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Education and Rehabilitation Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:158:266275>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Education and Rehabilitation Sciences - Digital Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu
Edukacijsko–rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad

Istraživanje disleksije pomoću metode praćenja pokreta oka

Andrea Boljkovac

Sveučilište u Zagrebu
Edukacijsko–rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad

Istraživanje disleksije pomoću metode praćenja pokreta oka

Andrea Boljkovac

prof. dr.sc. Marijan Palmović

Izjava o autorstvu rada

Potvrđujem da sam osobno napisala rad *Istraživanje disleksije pomoću metode praćenja pokreta oka* i da sam njegova autorica.

Svi dijelovi rada, nalazi ili ideje koje su u radu citirane ili se temelje na drugim izvorima jasno suoznačeni kao takvi te su adekvatno navedeni u popisu literature.

Ime i prezime: Andrea Boljkovac

Mjesto i datum: Zagreb, 2023.

Istraživanje disleksije pomoću metode praćenja pokreta oka

Andrea Boljkovac

Prof. dr. sc. Marijan Palmović

Sveučilište u Zagrebu, Edukacijsko – rehabilitacijski fakultet, Odsjek za logopediju

Sažetak

Prvi uređaj za praćenje pokreta oka izumljen je još početkom 20.stoljeća. Od 1970-ih godina široko se primjenjuje u raznim istraživanjima. Praćenje pokreta oka omogućuje istraživačima da promatraju i analiziraju pokrete očiju sudionika tijekom niza aktivnosti. To daje uvid u kognitivne procese koji su u pozadini ljudskog ponašanja. Metoda praćenja pokreta oka koristi se i kod proučavanja disleksije. Disleksija je specifičan poremećaj učenja čije su glavne karakteristike netočno čitanje i nerazumijevanje pročitano. Pretpostavlja se da je prevalencija disleksije 5-10%. Postoji niz različitosti koje dijele osobe s disleksijom od ostatka populacije, a neke od razlika su i drugačiji pokreti oka pri čitanju. Istraživanja praćenja pokreta oka osoba s i bez disleksije pokazala su razlike koje sugeriraju da pokreti očiju odražavaju teškoće osoba s disleksijom. Metoda praćenja pokreta oka u istraživanjima disleksije koristi se za ispitivanje specifičnih nedostataka u području čitanja, a može se koristiti kao instrument predviđanja individualne sposobnosti čitanja te kao sredstvo prepoznavanja djece kod koje postoje određeni rizični faktori za razvoj dugotrajnih teškoća čitanja. Cilj ovog preglednog rada je dati pregled relevantnih istraživanja u kojima se koristila metoda praćenja pokreta oka u ispitivanju disleksije te razlike koje su uočene između osoba s disleksijom i osoba urednog razvoja.

Ključne riječi: disleksija, vizualna pažnja, pokret oka, čitanje, praćenje

Dyslexia research by eye tracking method

Andrea Boljkovac

Prof. dr.sc. Marijan Palmović

University of Zagreb, Faculty of Education and Rehabilitation Sciences, Department of
Speech and Language Pathology

Summary

The first device for tracking eye movements was invented at the beginning of the 20th century. Since the 1970s, it has been widely used in various researches. Eye movement tracking allows researchers to observe and analyze participants' eye movements during a series of activities. This gives insight into the cognitive processes that underlie human behavior. One of the areas that can be studied with this method is dyslexia. Dyslexia is a specific learning disorder whose main characteristics are incorrect reading and misunderstanding of what is read. The prevalence of dyslexia is assumed to be 5-10%. There are several differences that people with dyslexia share from the rest of the population, and some of the differences are different eye movements when reading. Eye tracking studies of people with and without dyslexia have shown differences suggesting that eye movements reflect the difficulties of people with dyslexia. The method of tracking eye movements in dyslexia research is used to examine specific deficiencies in the area of reading and can be used as an instrument for predicting individual reading ability and as a means of identifying children with certain risk factors for the development of long-term reading difficulties. The aim of this review is to provide an overview of relevant research in which the eye movement tracking method was used in the examination of dyslexia and the differences observed between people with dyslexia and people with regular development.

Key words: dyslexia, visual attention, eye movement, reading, tracking

Sadržaj

1. UVOD	9
2. OPĆENITO O DISLEKSIJI	10
2.1. Definicija disleksije	10
2.2. Obilježja disleksije	11
2.2.1. Čitanje	11
2.2.2. Brzo imenovanje	12
2.2.3. Fonološka obrada	13
2.2.4. Teškoće sekvencioniranja	14
2.2.5. Radno pamćenje	14
2.2.6. Pisanje	14
2.3. Uzroci	15
2.3.1. Genetski faktori	15
2.3.2. Neurobiološki čimbenici	16
2.3.4. Fonološki deficit i deficit vizualne pažnje	16
2.4. Simptomatologija	17
2.4.1. Predškolska dob	17
2.4.2. Školska dob	18
2.4.3. Odrasla dob	18
2.4.4. Neujednačenost vještina	19
2.4.5. Komorbiditeti	19
3. PRIKAZ RELEVANTNIH ISTRAŽIVANJA DISLEKSIJE POMOĆU METODA PRAĆENJA POKRETA OKA	20
3.1. Istraživanja pokreta oka i vizualna pažnja	20
3.2. Osnovne karakteristike pokreta očiju u obradi informacija	21
3.3. Pokreti oka i čitanje	22
3.4. Pokreti oka i različite ortografije	24
3.4.1. Pokreti oka i transparentne ortografije	24
3.4.2. Pokreti oka i netransparentne ortografije	25
3.4.3. Razlike u pokretima oka u transparentnim i netransparentnim ortografijama	26
3.5. Istraživanja pokreta oka i klinička perspektiva	27
3.6. Dvojezičnost i disleksija	28
3.6.1. Razlike pokreta oka jednojezičnih i dvojezičnih osoba	29
3.6.2. Razlike između pokreta očiju kod čitanja u prvom i u drugom jeziku	29
3.6.3. Povezanost transparentnosti jezika i dvojezičnosti na pokrete oka u čitanju	30
4. Zaključak	32

5.Literatura	33
--------------------	----

1. UVOD

Disleksija je poremećaj u čitanju i pisanju koji uzrokuje poteškoće u raznim područjima života te je jedan od najraširenijih poremećaja učenja među populacijom. Prva istraživanja disleksije podrazumijevala su opažanja raznih stručnjaka koji su primijetili nesrazmjer u vještinama čitanja i pisanja i sveukupnih sposobnosti osobe, najčešće djeteta. Još uvijek se vode debate o uzroku disleksije – je li ona posljedica fonološkog nedostatka ili smanjenog raspona vizualne pažnje. Istraživanjem pokreta oka kod osoba s disleksijom dobili smo novu perspektivu u istraživanju poremećaja te dobili mnogo novih spoznaja, primjerice, razlike u pokretima očiju osoba s disleksijom i osoba urednih čitalačkih sposobnosti, ali i razlike u pokretima očiju između različitih jezika kod disleksije. Nadalje, promatrana je i razlika pokreta oka kod različitih podražaja; čitanje riječi, pseudoriječi i rečenica te je uočena razlika između istih. Ovom metodom dobili smo i nove uvide u procese usvajanja čitanja i razlike pokreta očiju kod odraslih i djece. Također, ova metoda koristila se i u istraživanjima jezika kod dvojezičnih osoba te otkrila neke nove informacije o osobitostima ove skupine. Sve ovo daje nam bolji uvid i razumijevanje poremećaja čitanja. Na kraju, razmatra se i mogućnost korištenja metode praćenja pokreta oka kao metode za identifikaciju pojedinaca s disleksijom, no ta istraživanja su tek u svojim začetcima. U ovom diplomskom radu predstavljen je kratki prikaz relevantnih istraživanja poremećaja disleksije koja koriste metodu praćenja pokreta oka (*eng. eye-tracking*) te usporedba istih istraživanja u različitim jezicima, kao i istraživanja provedena s dvojezičnim osobama te razlike u značajkama čitanja kod istih.

2. OPĆENITO O DISLEKSIJI

2.1. Definicija disleksije

Grčke riječi "*dys*" (slab, loš) i "*lexis*" (jezik, riječi) kombinirane su u englesku riječ *dyslexia*. Disleksija je jedna od poteškoća u učenju te do danas ne postoji jedinstvena definicija iste. Važnost definiranja samog poremećaja stoji u tome što je definicija vodič za dijagnostiku i tretman. Jedna od općeprihvaćenih definicija disleksije je ona koju donosi Međunarodno društvo za disleksiju (2002) koja kaže da je disleksija specifična teškoća u učenju neurobiološkog podrijetla. Karakteriziraju je poteškoće s točnim i tečnim prepoznavanjem riječi i slabe sposobnosti sricanja i dekodiranja. Ove poteškoće obično proizlaze iz nedostatka fonološke komponente jezika koja je često neočekivano slaba u odnosu na druge kognitivne sposobnosti. Sekundarne posljedice mogu uključivati probleme s razumijevanjem pročitano i smanjeno čitalačko iskustvo koje može spriječiti širenje vokabulara i osnovnog znanja.

Određene značajke disleksije prepoznate su još prije 200 godina. Tako su, primjerice 1809. Gall i Spurzheim opisali strukturu središnjeg živčanog sustava i povezali ju s obradom jezičnih informacija. 1872. Broadbent uvodi naziv "sljepoća za riječ" za osobe koje nemaju poteškoća s vidom, ali imaju problema s čitanjem. Kroz 20. stoljeće koristi se mnogo različitih pojmova za disleksiju, primjerice razvojna aleksija, kongenitalna disleksija, legastenija i bradileksija. Pojam disleksije uveo je 1887. njemački oftalmolog Berlin, s ciljem da opiše skupinu pacijenata koji su imali velike poteškoće u čitanju zbog cerebralnih disfunkcija; dakle, Berlin je izvorno koristio pojam disleksija da opiše stečeno stanje, a disleksiju je vidio kao člana opće obitelji afazija (Richardson, 1992.). Danas disleksiju prepoznavamo kao poremećaj potpuno odvojen od afazija, s vlastitim značajkama i uzrocima.

Osim ovih naziva, razvijeno je više naziva temeljenih na opisu ponašanja, kao što su poremećaji čitanja, poteškoće s čitanjem, poremećaji čitanja i poteškoće s učenjem.

U medicinskoj klasifikaciji bolesti DSM-IV (1994) disleksija je definirana kao poremećaj čitanja. Prema ovoj klasifikaciji bitno obilježje poremećaja čitanja je postignuta razina čitanja (tj. točnost čitanja, brzina i razumijevanje mjereno pojedinačno standardiziranim testovima) koja je znatno niža od očekivane s obzirom na kronološku dob osobe, izmjerenu inteligenciju i obrazovanje

primjereno dobi. Poteškoće u čitanju značajno utječu na postignutu akademsku razinu ili svakodnevne aktivnosti koje zahtijevaju vještinu čitanja.

Procjene prevalencije ovise o definiciji. Uobičajena definicija postavlja granicu za uspjeh u čitanju na 1,5 standardne devijacije (SD) ispod prosjeka za dob i identificira 7% populacije (Peterson, Pennington, 2023). Ipak, različitim istraživanjima dolazimo do velikog raspona u procjeni prevalencije disleksije u općoj populaciji, od 5 do čak 20% u nekim istraživanjima. Postoji mala, ali značajna razlika između muškog i ženskog spola u prevalenciji disleksije, u korist muškog spola. Jedan od razloga mogao bi biti to što su dječaci s disleksijom češće prepoznati od djevojčica jer imaju veće stope komorbiditeta eksternaliziranih poremećaja, kao što je poremećaj pažnje/hiperaktivnost (ADHD).

Kod osoba s poremećajem čitanja, čitanje naglas karakteriziraju iskrivljenja, zamjene ili izostavljanja, sporost i poteškoće u razumijevanju pročitano. Britansko udruženje za disleksiju prihvaća definiciju disleksije Rose (2009), koja kaže da je disleksija poteškoća u učenju koja primarno utječe na vještine uključene u točno i tečno čitanje. Karakteristične značajke disleksije su poteškoće u fonološkoj svijesti, verbalnom pamćenju i brzini obrade riječi. Disleksija se javlja u cijelom rasponu intelektualnih sposobnosti. Najbolje ga je promatrati kao kontinuum, a ne kao posebnu kategoriju, u kojem nema jasnih graničnih točaka. Istodobne poteškoće mogu se vidjeti u aspektima jezika, motoričke koordinacije, mentalnog računanja, koncentracije i osobne organizacije, ali one same po sebi nisu markeri disleksije. Dobar pokazatelj ozbiljnosti i postojanosti poteškoća s disleksijom može se dobiti ispitivanjem kako pojedinac reagira ili je reagirao na dobro utemeljenu intervenciju.

2.2. Obilježja disleksije

Osim poteškoća s čitanjem, osobe s disleksijom često pate od niza suptilnih senzornih i motoričkih nedostataka. Imaju li ti nedostaci uzročne veze s poremećajem čitanja, čine dodatne čimbenike rizika ili su potpuno neovisni o problemu čitanja, još uvijek je predmet rasprave.

2.2.1. Čitanje

Većina istraživanja i spoznaja o disleksiji dolazi upravo iz engleskog jezika, u kojem je odnos grafema i fonema nedosljedan, pa je posljedično usvajanje čitanja na engleskom jeziku dugotrajan i zahtjevan proces (Kuna, 2021). Ipak, zadnjih desetljeća pojavilo se i mnogo istraživanja u drugim jezicima u kojima je ranije spomenuti odnos grafema i fonema dosljedniji i pravilniji, a jedan od tih jezika je i hrvatski. Metaanaliza (Carioti i sur., 2021) istraživanja u različitim jezicima između djece i odraslih s disleksijom i urednim čitateljima pokazuje da vrsta ortografije jezika značajno utječe na točnost čitanja riječi i pseudoriječi, pa tako u jezicima s plitkom ortografijom djeca s disleksijom i uredni čitatelji pokazuju veću točnost u čitanju od onih u jezicima s dubokom ortografijom. Ipak, pokazalo se da je brzina čitanja kod djece i osoba s disleksijom jednako narušena kod jezika plitke i duboke ortografije.

Osobe s disleksijom imaju poteškoće s tečnim čitanjem i razumijevanjem pročitano, iako nemaju senzornih poteškoća ni intelektualne teškoće (Lyon i sur., 2003). Tečnost u čitanju podrazumijeva adekvatnu brzinu čitanja te točno pročitani tekst. Konačni cilj čitanja je razumijevanje pročitano, što je rezultat i dekodiranja i jezičnog razumijevanja (Hoover, Gough, 1990). Disleksija se uglavnom definira kao niska razina normalne distribucije sposobnosti čitanja riječi (Rodgers, 1983, Shaywitz i sur., 1992). Dakle, da bi se dijagnosticirao poremećaj, na kontinuiranoj varijabli mora se postaviti donekle proizvoljna granica (Peterson, Pennington, 2023).

Mnogo je istraživanja provedeno s ciljem pronalaska prediktora uspješnosti čitanja u školskoj dobi, a većinom se spominju 3 važna fonološka i metafonološka faktora, a to su: fonološka svjesnost, brzo imenovanje i radno pamćenje (Jones i sur. 2008).

2.2.2. Brzo imenovanje

U većini istraživanja koja su provedena na raznim jezicima, naglašava se važnost fonološke svjesnosti ispred svih drugih faktora, no istraživanje u hrvatskom jeziku koje provode Kelić i sur. (2021) daje rezultate koji pokazuju da je brzo imenovanje najbolji prediktor i točnosti i brzine čitanja kod jezika koji su ortografski transparentni, u ovom slučaju hrvatskog jezika. Brzo imenovanje opisuje se kao sposobnost brzog priziva fonoloških kodova iz mentalnog leksikona i dugoročnog pamćenja (Wagner i sur, 1993). Uključuje niz procesa, kao što su pažnja, percepcija, pamćenje i daljnje pronalaženje konceptualnih, semantičkih i fonoloških prikaza riječi, ali i motoričko planiranje i artikulacijske procese (Wolf i sur., 2000).

2.2.3. Fonološka obrada

Za većinu djece, fonološki sustav materinskog jezika u potpunosti je formiran do vremena polaska u školu (Snowling, 1995), to jest do vremena početka formalne obuke čitanja.

Dijete s lošom fonološkom obradom riječi teško će bez primjerene intervencije postati svjesno glasova u riječi, zbog čega će mu biti teško razlikovati početni ili završni glas, prepoznati rimu riječi te imenovati glasove u riječima, što su sve presudne vještine koje prethode usvajanju čitanja. Brojni se autori slažu da je fonološka nesvjesnost, ili nemogućnost obrade jezičnih zvukova, jedan od temeljnih izazova kod poremećaja čitanja. Djetetov govor može, ali i ne mora pokazivati znakove problema s fonološkom obradom. Iako većinu riječi izgovaraju ispravno, neka djeca imaju problema s odvajanjem i rastavljanjem riječi na glasove. Neka starija predškolska djeca pokazuju fonološke poteškoće u govoru, koje podrazumijevaju artikulacijske teškoće, zamijene i izostavljanja glasova te zamijene i izostavljanje slogova u riječima. Sve ovo sugerira da bi dijete školske dobi moglo imati poteškoća u usvajanju čitanja ili čak disleksiju (Rayner, Well i Pollatsek, 1980). U fonološkoj teoriji disleksije, sposobnost obraćanja pažnje na jezične zvukove i manipuliranja njima ključna su za uspostavu i automatizaciju slovo-zvučnih korespondencija, koje su temelj točno i tečno prepoznatih riječi kroz proces fonološkog kodiranja. Fonološki procesi važni su ne samo za učenje čitanja abecednih pravopisa (u koje pismo predstavlja foneme, odnosno pojedine govorne glasove), nego i za učenje čitanja logografske ortografije (u kojima pismo predstavlja jezik na morfemskoj/slogovnoj razini (Perfetti i Liu, 2005). Osim toga, performanse na nizu zadataka fonološke obrade, uključujući testove fonološke svijesti, verbalnog kratkoročnog pamćenja i brzog imenovanja, predviđaju uspješnost usvajanja čitanja. U vezi s tim, u pozadini svih ovih zadataka zapravo stoje fonološke reprezentacije riječi (Snowling, 1995). Predškolska djeca koja će kasnije razviti disleksiju pokazuju nedostatke na različitim fonološkim zadacima, pri čemu je fonemska svjesnost u predškolskoj dobi posebno dobar prediktor za kasniji razvoj pismenosti (Scarborough 1991). Nadalje, djeca s disleksijom imaju slabije rezultate čak i mlađoj dobi, u odnosu na vršnjake urednog razvoja na zadacima fonemske svjesnosti (Wagner, Torgesen 1987), a ti nedostaci imaju tendenciju zadržati se do odrasle dobi kod osoba s disleksijom koji su inače dobro kompenzirale poremećaj (Bruck 1992). Metodološki rigorozan rad pokazuje da trening fonemske svijesti, u kombinaciji s izravnim podučavanjem čitanja, poboljšava pismenost djece rane školske dobi (Hulme i sur., 2012). Najtočniji zaključak stoga se čini da je odnos između fonologije i pismenosti dvosmjernan.

2.2.4. Teškoće sekvencioniranja

Problemi sekvencioniranja ili poteškoće u slijednoj obradi jedan su od ključnih obilježja disleksije. Ovaj problem odnosi se na teškoće u prepoznavanju, razumijevanju i obradi redoslijeda zvukova, slova ili riječi u govoru i pismu. Također, osobe s disleksijom mogu imati poteškoća u učenju nizova, kao što su primjerice abeceda, brojevi, dani u tjednu ili mjeseci. Ovo također može utjecati na razumijevanje koncepta vremena. Hedenius i sur. (2013) provode istraživanje u kojem uspoređuju adolescente s disleksijom s vršnjacima urednog razvoja na zadacima učenja nizova, provjeravajući, prethodno neprovjerene aspekte proceduralne memorije. Istraživanje je pokazalo da su ispitanici s disleksijom pokazali selektivni nedostatak u implicitnom učenju slijeda u odnosu na kontrolnu skupinu, dok je učenje općih vještina pokazalo jednake rezultate u obje skupine.

2.2.5. Radno pamćenje

Proces čitanja uključuje sposobnost mozga da simultano obrađuje i pohranjuje informacije. Kako bi osoba mogla zapamtiti govorne glasove i koncepte potrebne za prepoznavanje riječi i razumjeti tekst, potrebno je puno aktivnog memorijskog prostora, što može biti izvan sposobnosti osobe s disleksijom (Motamedi i sur., 2023).

Radnu memoriju izvorno su predložili Baddeley i Hitch 1974. kao energetski ograničen memorijski sustav za privremenu obradu i pohranu informacija. Ono se sastoji od centralne izvršne funkcije te dva podređena sustava; fonološke petlje i vizuo-prostorne crtanke. Sve tri komponente su u stalnom međuodnosu, a fonološka petlja odgovorna je za pohranu i kontrolu informacija temeljenih na zvuku, što uključuje pohranjivanje govora i obrada artikulacijske kontrole. Istraživanja pokazuju da su radno pamćenje i čitanje usko povezani, te da kod osoba s disleksijom postoji određeni deficit radnog pamćenja. Ipak, trening radne memorije može značajno poboljšati kapacitet i smetnje u radnom pamćenju (Chen i sur., 2021).

2.2.6. Pisanje

Osobe s disleksijom susreću se i s poteškoćama u pisanju. Te teškoće manifestiraju se kao loš pravopis, nečitljiv rukopis, nedostatak vokabulara, zamjene te izostavljanja slova i riječi, loša organizacija i problemi oblikovanja ideje. Disleksija i poteškoće s pisanjem događaju se

istovremeno iz dva razloga. Prvi razlog je što se čitanje i pisanje oslanjaju na srodne temeljne procese (Graham i Hebert, 2010). Primjerice, disleksija uključuje poteškoće povezane s obradom fonoloških informacija potrebnih za dekodiranje riječi, dok pisanje zahtijeva fonološko kodiranje informacije prilikom pisanja riječi (Hebert i sur., 2018). Ako uzmemo u obzir ove informacije, ne čudi da osobe s disleksijom, uz teškoće u čitanju, imaju i problema u pisanom jeziku. Drugi razlog leži u tome što je čitanje podvještina potrebna tijekom cijelog procesa pisanja (Hebert i sur., 2018).

Rezultati nedavnog istraživanja Zelazo i sur. (2016) sugeriraju da djeca s disleksijom imaju određene deficite izvršnih funkcija, primjerice slabiju kontrolu inhibicije i prebacivanje pažnje, što može biti povezano s lošijim rukopisom, zbog loše koordinacije fonoloških kodova u vremenu sa serijskim pokretima prstiju u oblikovanju i izradu slova (Berninger, 2009).

2.3. Uzroci

Disleksija je složeni neurobiološki poremećaj kojem točni uzroci još nisu poznati, no pretpostavlja se da je disleksija rezultat kombinacije različitih čimbenika. Smatra se da do disleksije dolazi prvenstveno zbog drugačije strukture i funkcioniranja mozga.

2.3.1. Genetski faktori

Kovas i Plomin (2007) navode opće genetske pretpostavku za specifične teškoće učenja u kojoj tvrde da isti geni utječu na različite specifične teškoće i da obilježja između različitih specifičnih teškoća imaju tri glavna načela vezana uz gensku osnovu. Prvo načelo jest da isti geni koji utječu na zajedničke sposobnosti, primjerice čitanje, utječu i na zajedničke teškoće, primjerice teškoće čitanja. Drugo načelo glasi da geni koji su povezani s jednim aspektom specifičnih teškoća učenja, primjerice usvajanje rječnika, utječu i na druge aspekte te iste specifične teškoće učenja, na primjer na gramatičke probleme. Treće i zadnje načelo je da geni koji utječu na jednu specifičnu teškoću, primjerice teškoću u čitanju, su isti oni koji utječu na druge specifične teškoće učenja, primjerice teškoće u matematici. U kvantitativnom smislu, individualna nasljednost za kognitivne sposobnosti vezanu za čitanje, izvedene iz studija blizanaca (DeFries, Alarcon, 1996) kreću se u rasponu između 30% i 70%. Odnosno 30–70% varijance sposobnosti za čitanje može se objasniti genetskim naslijeđem. Jednojajčani blizanci imaju veću sličnost na mjerenjima jer dijele isti genetski materijal, u odnosu na dvojajčane blizance koji dijele otprilike pola genetskog materijala (Neale, Cardon, 1992). Identifikacija genetskog faktora

rizika kod djeteta, na primjer postojanje teškoće kod roditelja, bitna je zbog mogućnosti procjene prije nego što se jave ozbiljnije poteškoće (Francks i sur., 2002).

2.3.2. Neurobiološki čimbenici

Čitanje je jezična vještina te je očekivano da uključuje aktivaciju moždanih struktura koje su povezane s obradom usmenog jezika i neke dodatne strukture povezane s vizualnom obradom objekata i uspostavljanja vizualno-jezičnih mapiranja (Peterson, Pennington, 2015).

Metode koje se koriste u proučavanju rada mozga funkcionalna magnetska rezonanca (fMRI) i funkcionalna mapa mozgovne aktivnosti (*eng. magnetic source imaging - MSI*) dokazale su razlike u kortikalnoj aktivaciji za vrijeme čitanja kod urednih čitatelja i kod čitatelja s odstupanjima u vještini čitanja (Shaywitz, Lyon i Shaywitz, 2006).

Slikovne studije dosljedno otkrivaju da osobe s disleksijom pokazuju abnormalnu aktivaciju distribuirane jezične mreže lijeve hemisfere (Demonet i sur., 2004, Richlan i sur., 2009). Nedovoljna aktivacija je opažena u dvije stražnje regije lijeve hemisfere: temporoparijetalnoj regiji za koju se vjeruje da je ključna za fonološku obradu i pretvorbu fonema i grafema te okcipitotemporalnoj regiji, uključujući takozvano vizualno područje oblika riječi, za koje se smatra da sudjeluju u prepoznavanju cijelih riječi. Abnormalna aktivacija lijevog inferiornog frontalnog girusa se također često opaža u istraživanjima mozga osoba s disleksijom (Demonet i sur., 2004). Strukturalne slikovne studije otkrile su i smanjenje sive tvari u ovome području (Peterson, Pennington, 2015). U raznim istraživanjima se često spominju i takozvani meki neurološki znaci (npr. loša motorička koordinacija, senzorno-perceptivne poteškoće, nevoljni pokreti) koji upućuju na blagu nezrelost središnjeg živčanog sustava kod djece te da ne postoje vidljivija odstupanja od urednoga mozgovnog funkcioniranja (Silver i Hagin, 2002).

2.3.4. Fonološki deficit i deficit vizualne pažnje

Fonološki deficit odnosi se na poteškoće u obradi i razumijevanju govornih zvukova (Snowling, 1995). Poteškoće koje podrazumijeva su razumijevanje kako se zvukovi u riječima povezuju sa slovima i grafemima, prepoznavanje i razlikovanje sličnih zvukova u riječima i pamćenje i ponavljanje zvukova i riječi. Neki stručnjaci smatraju da je u pozadini disleksije fonološki deficit te da su sve osobe s disleksijom imaju teškoće u usvajanju čitanja i čitanju upravo zbog ovog deficita. No, neki stručnjaci se s time ne slažu te tvrde kako neke osobe, bez obzira na

uredan fonološki razvoj, ipak imaju disleksiju i to upravo zbog deficita vizualne pažnje. Njega definiramo kao poteškoće u sposobnosti usmjeravanju i održavanja pažnje prema vizualnim stimulansima (Bosse i sur., 2007). I dalje se o ova dva uzroka vode polemike, no jedan od argumenata je da je populacija s osoba s disleksijom prevelika da bi samom poremećaju mogli pripisati jedan uzrok (Valdois, 2022).

Bez obzira na brojna provedena istraživanja, točan uzrok disleksije ostaje nepoznat te se smatra da je ona rezultat više faktora.

2.4. Simptomatologija

Literatura navodi mnogobrojne simptome disleksiju, ali je bitno naglasiti kako se ne javljaju svi simptomi kod svih osoba i ne javljaju se svi u istom intenzitetu (Habib, Giraud, 2013). Prisutne su velike individualne razlike u vrsti i intenzitetu simptoma. Također, različiti simptomi javljaju se u različitim životnim razdobljima, no neki perzistiraju u odraslu dob te ostaju kao cjeloživotni problem.

2.4.1. Predškolska dob

U predškolskoj dobi nemoguća je dijagnostika poremećaja čitanja i pisanja, jer još nije započeta formalna obuka čitanja i pisanja. Ipak, postoje određeni simptomi koje se javljaju kod djece predškolske dobi, kojoj će tek kasnije biti dijagnosticiran ovaj poremećaj. Jedan od simptoma je motorička nespretnost koja uključuje poteškoće u aktivnostima koje zahtijevaju finu motoriku (primjerice vezanje vezica na cipelama ili hvatanje manje lopte). Također, istraživanja navode da takva djeca, ne vole da im se čita (Adams, 1990), ne vole crtati te se teško snalaze s olovkom i papirom, imaju nepravilan hvat olovke i teško se orijentiraju na papiru i u prostoru (Kiely, 2003). Nadalje, pokazalo se kako je djeci s disleksijom u predškolskoj dobi teško pratiti igre koje zahtijevaju praćenje ritma, udaranje ritma dlanovima te su nerado sudjelovali u njima; imali su teškoća u ponavljanju pjesmica, prepoznavanju rime u igrama i zadacima s rimom (Houston i sur., 2000). Isto tako, postoje i jezične teškoće koje se javljaju kod ove djece, ali su nedovoljno izražene da bi im se dijagnosticirao specifični jezični poremećaj. Također, pred sami polazak u školu imaju nerazvijene ili slabije razvijene predvještine čitanja i pisanja, kao što su prepoznavanje rime, prepoznavanje prvog/zadnjeg glasa riječi, nerazvijena glasovna i slogovna sinteza i analiza.

2.4.2. Školska dob

Početak formalne obuke čitanja i pisanja nosi nove izazove za djecu s disleksijom. Većina simptoma koji se javljaju u školskoj dobi odnose se na čitanje i pisanje, jer upravo to stvara najveći problem djeci s disleksijom u ovom životnom razdoblju. Simptomi koji se javljaju su; miješanje glasova-slova po vizualnoj ili auditivnoj sličnosti, ispuštanja glasova ili slova, zamjene i dodavanja glasova, slogova i riječi (Lenček, 2013). Vidljivi su i problemi zrcalnog pisanja slova, čitanja i pisanja napamet, nepoštivanje ortografije, ne razumijevanje pročitano, nemogućnost odgovaranja na pitanja o pročitanoj tekstu ili prepričavanja sadržaja priče. Isto tako, djeca s disleksijom teško uočavaju greške u pismu, imaju neuredan i nečitak rukopis, a javljaju se i problemi u pravopisu.

Naravno, uz pravovremeno prepoznavanje i stručnu logopedsku intervenciju moguće je umanjiti i kompenzirati ove simptome.

2.4.3. Odrasla dob

Kao što je poznato, disleksija je cjeloživotno stanje te određeni simptomi iz dječje dobi perzistiraju u odraslu dob. Naravno, odrasle osobe suočene su i s nekim novim poteškoćama koje nosi svijet odraslih. Deficiti u kognitivnim procesima koji su u osnovi loših vještina čitanja vidljivi su i u odrasloj dobi. Međutim, simptomi su više naglašeni za vještine čitanja i pisanja nego za procese povezane s čitanjem i pisanjem, kao što su fonološka svijest, brzo imenovanje, fonološka memorija, verbalno radno pamćenje i vokabular. Osim toga, primarni simptomi povezani s disleksijom se povećavaju kada je brzina pročitanoj jedna od mjernih faktora. Također, čini se da je ortografija jezika važan čimbenik u načinu na koji se simptomi izražavaju. Sudionici koji su naučili čitati i pisati iz transparentnih ortografija pokazali su, u odrasloj dobi, manje izražene simptome u usporedbi sa sudionicima iz netransparentnih ortografija (Scroeder i sur., 2021). To je posebno izraženo kada je učinak čitanja procjenjivan mjerama točnosti. Ipak, deficiti su veći i više homogeni između ortografija kada se koriste mjere brzine. Prema dosadašnjim istraživanjima čini se kako je fonološka svjesnost manji problem u odrasloj dobi uglavnom za transparentne pravopise (Reis i sur., 2020). Lenček (2012) navodi još neke probleme s kojima se susreću odrasle osobe s disleksijom; nesigurnost u određivanju smjera lijevo-desno, problemi u samoregulaciji vremena i obaveza, neuspjeh u polaganju pismenih

ispita i dr. Treba napomenuti da su sudionici u većini istraživanja odraslih osoba s disleksijom studenti, što uvelike umanjuje mogućnost generalizacije rezultata na cijelu populaciju osoba s disleksijom.

2.4.4. Neujednačenost vještina

Po definiciji, stupanj poremećaja čitanja trebao bi biti neujednačen s drugim kognitivnim sposobnostima, primjerice verbalnim sposobnostima i kvocijentom inteligencije. Nadalje, disleksija nije rezultat intelektualnih nedostataka, vanjskih čimbenika kao što su socio-ekonomske prilike, nepoticajna okolina, kroničnog zlostavljanja, nedostatka obrazovanja ili poremećaja motorike, vida ili sluha (Hammil, Allen, 2020). Prema DSM-5 (2013), jedan od kriterija za dijagnozu disleksije je diskrepancija između rezultata na testovima inteligencije i testovima razumijevanja pročitano. Naime, osoba treba ostvariti najmanje prosječan rezultat na testu inteligencije, a razlika između rezultata testa inteligencije i rezultata testa razumijevanja pročitano mora biti minimalno 1 standardnu devijaciju u korist IQ testa.

2.4.5. Komorbiditeti

Komorbiditeti koji se najčešće pojavljuju s disleksijom su ADHD, jezične teškoće i fonološki poremećaj (Lyon i sur., 2003). Jezične teškoće ovdje podrazumijevaju teškoće u razvoju jezika, uključujući razvoj morfologije, sintakse i semantike (Peterson, Pennington, 2023), a fonološki poremećaj podrazumijeva teškoće toče i razumljive proizvodnje glasova materinskog jezika. U ovom slučaju, istraživanja pokazuju da je komorbiditet s disleksijom posredovan zajedničkim etiološkim i neurokognitivnim čimbenicima rizika (Pennington i Bishop 2009, Willcutt i sur., 2010). Komorbiditeti su klinički značajni jer se disleksija ne dijagnosticira dok dijete nije bilo izloženo formalnom opismenjavanju, ali ADHD, fonološki poremećaj i jezične teškoće vjerojatno će biti vidljivi ranije i mogu ukazivati na djetetov rizik od kasnijih problema s čitanjem. Također, djeca s disleksijom u većem su riziku razvitka dodatnih teškoća učenja koje utječu na druge akademske vještine, uključujući one koje podrazumijevaju čitanje, pisanje i matematičke vještine.

3. PRIKAZ RELEVANTNIH ISTRAŽIVANJA DISLEKSIJE POMOĆU METODA PRAĆENJA POKRETA OKA

Metoda praćenja pokreta oka, poznata kao i eye-tracking, koristi se za analizu i mjerenje pokreta očiju te služi istraživanju pažnje, percepcije, interakcije i drugi kognitivnih procesi. To je tehnika koja je postala posebno korisna u raznim znanstvenim disciplinama, uključujući psihologiju, marketing, ergonomiju, medicinu, logopediju i druge. Osnovni princip metode praćenja pokreta oka uključuje senzore, to jest sami eye-tracking uređaj, kalibraciju, prikupljanje podataka i analizu podataka. Kalibracija je početno namještanje, to jest prikupljanje podataka o tome kako se oko kreće. Osoba gleda u određene točke na ekranu te sustav bilježi kako se oči kreću prema tim točkama. Praćenje pokreta oka omogućuje istraživačima bolji uvid u ljudsko ponašanje i kognitivne procese. Naravno, ova metoda ima i svoja ograničenja. Primjerice, može biti zahtjevna, skupa i podložna pogreškama, posebice ako proces kalibracije nije dobro proveden ili se ispitanici neobično ponašaju tijekom ispitivanja. Unatoč tome, ova tehnika se iz dana u dan razvija te pruža nove uvide u ljudsko ponašanje i kognitivne procese. Prvi koji je počeo istraživati pokrete oka bio je američki oftamolog James H. Dodge, u 19. stoljeću, koji je prvobitno proučavao osobe koje pate od nistagmusa. S vremenom se ovo područje razvija te širi u druga područja znanosti, dovodeći do pregršt novih otkrića.

3.1. Istraživanja pokreta oka i vizualna pažnja

Desetljeća istraživanja naglašavala su disleksiju kao primarno fonološki uvjetovanu, no s vremenom postaje sve jasnije kako je nemoguće da jedan element, kao što je fonološki deficit, objašnjava toliko heterogenu populaciju kao što je to populacija osoba s disleksijom. Osim svojih fonoloških značajki, čitanje je vizualni zadatak koji se oslanja na točne identifikacije slova i paralelne obrade slova za učinkovito prepoznavanje riječi. Hipoteza deficita raspona vizualne pažnje (VAS) pretpostavlja da postoji podskup osoba s disleksijom koja pati od deficita raspona vizualne pažnje, a ne fonološkog deficita (Valdois, 2022).

Raspon vizualne pažnje (VAS) definira se kao količina različitih vizualnih elemenata koji se mogu paralelno obraditi u nizu od više elemenata. Postoji veliki broj dokaza da osobe s disleksijom imaju smanjeni opseg vizualne pažnje, koji doprinosi smanjenoj uspješnosti čitanja neovisno o fonološkim vještinama. Bosse i sur. (2007) dolaze do nove spoznaje da opseg vizualne pažnje objašnjava veliku količinu jedinstvene varijance u točnosti čitanja nepravilnih

riječi i pseudoriječi kod sudionika s disleksijom. Nadalje, većina djece s disleksijom pokazala je selektivni fonološki deficit ili deficit vizualne pažnje, pružajući tako dodatnu podršku hipotezi da fonološki poremećaji i poremećaji vizualne pažnje neovisno doprinose disleksiji. Ipak, ne slažu se svi autori s teorijom da je deficit vizualne pažnje neovisan faktor koji uzrokuje disleksiju. Goshwami (2015) predstavlja dokaze koji pobijaju hipotezu da disleksija može biti poremećaj uzrokovan samo deficitom raspona vizualne pažnje u tri ključne stavke; Prvo, učenje čitanja uvježbava senzorne procese i procese pažnje, što otežava određivanje jesu li senzorni nedostaci uzrok disleksije ili posljedica smanjenog iskustva čitanja kod osoba s disleksijom. Drugo, osjetilni procesi temelj su cjelokupnog učenja u djetinjstvu, stoga dokazi o navodnim senzornim nedostacima koji utječu samo na čitanje nisu uvjerljivi. Slično tome, senzorni deficit koji se javlja i kod drugih razvojnih poremećaja kod kojih nema utjecaja na čitanje nema moć objašnjavanja. Treće, dugotrajan razvojni tijek usvajanja čitanja i njegov relativno kasni početak (nakon pouke od 5. godine ili kasnije) znači da bi kognitivni učinci senzornih disfunkcija trebali biti vidljivi prije početka čitanja. Dakle, Goshwami tvrdi da je deficit vizualne pažnje posljedica, a ne uzrok disleksije. Valdois i Lobier (2015) pobijaju tvrdnje Goshwami, tvrdeći da nisu sukladne s trenutnim podacima.

Saksida i sur. (2016) su u ovom istraživanju usporedili veliku populaciju francuske djece s disleksijom i djece iz kontrolne skupine u tri vrste nedostataka koji su potencijalna objašnjenja disleksije: fonološki deficit, smanjen raspon vizualne pažnje i vizualni stres. Rezultati su pokazali da fonološki deficit nosi najveću ulogu u razvoju disleksije, VAS nešto manju, dok vizualni stres nije faktor koji utječe na disleksiju.

3.2. Osnovne karakteristike pokreta očiju u obradi informacija

Kada čitamo, gledamo u neku scenu ili tražimo određeni objekt, kontinuirano radimo pokrete očiju koje nazivam sakade. Sakade su karakterizirane kao brzi pokreti očiju koji dostižu brzinu od čak 500 stupnjeva u sekundi. Pojavljuju se nekoliko puta u sekundi i tipično pomiču oči naprijed za oko 7-9 znakova (Cop i sur., 2015). Vrijeme kada oko naizgled miruje naziva se fiksacija. Ipak, treba napomenuti da oko nikada potpuno ne miruje, već stalno postoji tremor koji se naziva nistagmus. (Rayner, 1998). Osjetljivost za primanje podražaja je smanjena prilikom pokreta oka, to jest sakade, te se taj fenomen naziva sakadično potiskivanje (Matin, 1975). Drugim riječima, pokreti oka su toliko brzi da ono jednostavno ne može registrirati podražaj koji gledamo. Istraživanja koja stavljaju u fokus sakadično potiskivanje dovode do zaključka da ono igra važnu, iako sekundarnu ulogu u održavanju konstantnosti smjera kada

dolazi do sakada (Matin, 1975). Također, posebice u čitanju, dolazi do regresija, što su zapravo obrnute sakade. (Pavlidis, 1978). Sakadične pokrete oka treba razlikovati od druga tri tipa pokreta, a to su potraga, vergencija i vestibularni pokreti očiju (Rayner, 1998). Vergencijski pokreti očiju javljaju se kada pomičemo oči prema unutra, jedno prema drugom, kako bismo fiksirali obližnji objekt.

Ipak, za potrebe izrade ovog diplomskog rada, naglasak je stavljen na sakadične pokrete oka, jer su oni relevantniji u tipičnim zadacima obrade informacija. Treba još spomenuti i dva manja pokreta koje oči proizvode, a to su 'driftovi' i mikrosakade. Iako su nešto veći pokreti od nistagmusa, nije poznato zašto do njih dolazi. Pretpostavlja se da oni nastaju zbog nesavršene okulomotorne i živčane kontrole (Rayner, 1998).

3.3 Pokreti oka i čitanje

Reichle i sur. (1998) postavljaju teorijski okvir za shvaćanje kako identifikacija riječi, vizualna obrada, pažnja i okulomotorna kontrola zajedno određuju kako i kada će se oči pomicati tijekom čitanja. Model E-Z Reader 7 smatra se osnovnim procesom čitanja te ne uključuje utjecaj viših razina jezične obrade na pokrete očiju i vizualnu percepciju (Rayner, 1998). E-Z Reader 7 sastoji se od nekoliko perceptivno-motornih i kognitivnih procesa koji određuju kada i gdje će se oči kretati tijekom čitanja. Dvije su osnovne pretpostavke ovog modela, a to su da stadij prepoznavanja riječi signalizira kretanje očiju i da se pažnja preusmjerava s jedne riječi na drugu strogo serijski. Ipak, važno je napomenuti da i vizualno kodiranje i okulomotorni uvjeti igraju ključnu ulogu u trenutnoj kontroli pokreta očiju tijekom čitanja.

Možda dva najveća otkrića u istraživanjima pokreta očiju i čitanja su da je vrijeme fiksiranja riječi kraće ako čitatelj ima valjani pregled riječi prije fiksiranja i da je vrijeme fiksiranja kraće kada je riječ lako identificirati i razumjeti (Clifton, 2007). Nekoliko je aspekata koji utječu na vrijeme fiksacije prema Cliftonu (2007), a jedan od njih je čestotnost riječi u jeziku. Što je riječ u nekom jeziku češća, vrijeme fiksacije je kraće. Rayner i sur. (1995.) otkrivaju da se učinak čestotnosti smanjuje ukoliko se riječi ponavljaju češće u odlomku teksta. Tako već kod trećeg susreta, nema razlike između riječi visoke i niske čestotnosti. Drugi aspekt koji utječe na vrijeme fiksacije je poznavanje riječi. Iako dvije riječi mogu imati istu frekvenciju u jeziku, mogu se razlikovati po poznatosti. Ovo posebice vrijedi za rijetke riječi. Sljedeći aspekt je dob stjecanja riječi. Vrijeme obrade riječi ovisi o tome koliko rano u životu smo stekli tu riječ. Juhasz i Rayner (2003) pokazali su da je učinak dobi stjecanja iznad učinka učestalosti kod fiksiranja u čitanju. Nadalje, broj značenja riječi još jedan je zanimljiv pokazatelj leksičke

višeznačnosti na vrijeme fiksacije. Još jedan efekt koji moramo uzeti u obzir je onaj morfološki. Hyönä i Pollatsek (1998) otkrili su da je učestalost prvog morfema u dvomorfemskim riječima utjecala na to koliko dugo su se čitatelji fiksirali na riječ, čak i kada je ukupna učestalost riječi bila kontrolirana, što implicira da je prepoznavanje riječi razložilo na njezine sastavne morfeme. Kontekstualno ograničenje još je jedan efekt koji utječe na vrijeme fiksacije riječi. Naime, što se riječ lakše da predvidjeti iz konteksta u tekstu, manje je vrijeme fiksacije i leksičke obrade. Također, riječi koje imaju visoku prediktivnost čitatelji će češće potpuno preskakati u tekstu (Rayner, Well, 1996). Učinak vjerodostojnosti također ima efekt na vrijeme trajanja fiksacije. Ukratko, Rayner i sur. (1998) pokazali su da je izravna anomalija (npr. „John je upotrijebio pumpu za napuhavanje velikih mrkvi“) utjecala na vrijeme čitanja kritične riječi (*mrkva*).

Međutim, učinak se nije pojavio na prvom fiksiranju, koje je obično osjetljivije na poteškoće u prepoznavanju riječi, nego samo na trajanje pogleda. Nevjerojatnost je utjecala na mjeru prijema i trajanje pogleda na riječ koja slijedi kritičnu riječ, što sugerira da su njegovi su učinci ograničeni na procese integracije nevjerojatne riječi u kontekst rečenice.

Mnoga istraživanja govore o tome kako se pokreti oka razlikuju u osoba s disleksijom u odnosu na opću populaciju. Kod osoba s disleksijom fiksacije traju duže, sakade kraće, što uzrokuje veći broj fiksacija u čitanju u odnosu na urednu populaciju.

Jainta i Kopoula (2011) istraživali su diskrepanciju u binokularnoj fiksaciji kod djece s disleksijom u zadacima čitanja i zadacima koji ne uključuju čitanje, promatrajući sakade i vergencijske pokrete oka. Otkrili su da djeca s disleksijom imaju lošiju međuočnu koordinaciju u čitanju, no ne i u nečitalačkim zadacima. Taj nedostatak uzrokovao je pogreške u vergencijskim pokretima te se oči nisu zajedno glatko pomicala tijekom fiksacija i sakada. Zaključno, osim poznatih problema s obradom fonema, osobe s disleksijom također mogu imati vizualne i okulomotorne nedostatke koji uzrokuju nestabilnost fiksacije i, posljedično, nestabilnost u slovima ili riječima tijekom čitanja. Takva nestabilnost može poremetiti fuzijske procese i u određenoj mjeri zakomplicirati identifikaciju slova i riječi. Tiadi i sur. (2016) također su istraživali sposobnost vizualne fiksacije kod djece s disleksijom te su rezultati bili sukladni s ostalim istraživanjima: djeca s disleksijom imaju znatno veći broj sakada u čitanju od urednih čitatelja te se broj sakada smanjuje s porastom kronološke dobi samo kod urednih čitatelja. Također, pokazalo se da je moguće da djeca s disleksijom potencijalno imaju problema sa suzbijanjem neželjenih sakada, što može biti uzrokovano nedostacima u inhibiciji i problemima s pažnjom. Tiadi i sur. (2016) ove pronalaskе povezuju s nezrelosti određenih dijelova moždane kore kod djece s disleksijom.

3.4. Pokreti oka i različite ortografije

Poznato je da su se poteškoće čitanja u disleksiji razlikuju među različitim jezicima zbog različitosti ortografije tih jezika. Engleski, kao jezik s netransparentnom ortografijom, pruža velike mogućnosti pogreške prilikom čitanja, a to je uočljivo i kod osoba s disleksijom engleskog govornog područja. U idućem odlomku bit će predstavljeno nekoliko istraživanja disleksije pomoću metode praćenja pokreta oka u različitim jezicima, i plitke i duboke ortografije.

3.4.1. Pokreti oka i transparentne ortografije

De Luca i sur. (1999) istražuju obrasce pokreta oka u lingvističkim i nelingvističkim zadacima kod djece s disleksijom na talijanskom jeziku te dolaze do rezultata da su pokreti očiju kod djece s disleksijom u nejezičnim zadacima relativno pošteđeni abnormalnih pokreta očiju, dok su u jezičnom zadatku, koji je bio čitanje kratkog teksta na glas, pokreti očiju bili drugačiji od kontrolne skupine. Kontrolna skupina brzo bi skenirala tekst s relativno kratkim fiksacijama, a dugim sakadama, često preskačući kratke riječi, dok su disleksičari vrlo rijetko do nikada preskakali čak i najkraće riječi te ostvarili relativno duge fiksacije i kraće sakade. Sve u svemu, čini se da obrazac pokreta očiju kod ove djece odražava propust u vizualnom pristupu leksikonu. Slične rezultate potvrđuju i De Luca i sur. (2002) gdje je predmet istraživanja bilo čitanje riječi i pseudoriječi različitih dužina. Duljina fiksacije ovisi o tipu podražaja te je tako generalno duža kod obje skupine u čitanju riječi koje nemaju leksičko značenje, to jest pseudoriječi. Naravno postoji razlika između kontrolne skupine i skupine osoba s disleksijom pa je tako duljina fiksacije kod čitanja pseudoriječi bila još duža nego kod kontrolne skupine. Također, broj sakada za 30% je veći kod osoba s disleksijom, dok je amplituda sakada 40% veća u usporedbi s kontrolnom skupinom. Rezultati pokazuju da disleksičari odjednom obrađuju veoma mali broj jedinica, tj slova. Pa su tako riječi od 8 do 10 slova bile podijeljene u tri ili čak četiri segmenta. Dolazimo do zaključka da se osobe s disleksijom uvelike oslanjaju na subleksički način obrade, za razliku od urednih čitatelja, koji se više oslanjaju na leksičke

značajke, osim kada se radi o dužim pseudoriječima.

Hutzler i Wimmer (2004) provode istraživanje na njemačkom jeziku, koji, slično kao i talijanski jezik ima relativno jednostavan i pravilan odnos grafem-fonem. Sukladno s tim, očekuju i slične rezultate kao De Luca i sur. (1999, 2002). Ipak postoje lingvističke razlike između ova dva jezika. Njemački jezik nema prevlast kratkih otvorenih slogova koje je karakteristično za talijanski. Njemački slogovi, slični engleskim, često su zatvoreni i imaju skupine suglasnika na početku i/ili kraju. Sukladno tome, sklapanje slogova može biti manje jednostavno za njemački nego za talijanski, a to se može odraziti na produljena trajanja fiksacije. Istraživanje provedeno na skupini 14-godišnjaka, s ciljem proširivanja već poznatih spoznaja o pokretima očiju djece s disleksijom prilikom čitanja te usporedbe s kontrolnom skupinom pokazalo je slične rezultate kao i ranije spomenute talijanske studije. Glavna razlika bila je u trajanju fiksacije (360ms i 170ms) u odnosu na talijansko istraživanje (DeLuca, 1999), u kojemu je trajanje fiksacije bilo zabilježeno na 290 i 60 ms, iako se u prvom istraživanju radilo sudionicima koji su dvije godine stariji. Ova razlika u rezultatima može se objasniti nešto složenijom njemačkom ortografijom i ranije spomenutim zatvorenim njemačkim slogovima.

Matić i sur. (2018) provode istraživanje o leksičkoj obradi djece s disleksijom ispitujući razlikuju li se uredni čitatelj i čitatelji koji imaju teškoće čitanja. Uz to, cilj je bio i pružiti uvid u utjecaj fonološkog i leksičkog znanja ispitanika pomoću mjera točnosti, vremena reakcije i mjera pokreta očiju. U ranijim istraživanjima (npr. Hildebrant i sur. (1995) sugerirano je da osobe koje tečno čitaju mogu bolje prepoznati slova kada su ona sastavni dio riječi s leksičkim značenjem u odnosu na slova koja su dio pseudoriječi ili kada stoje samostalno. Istraživanje je provedeno na hrvatskom jeziku, koji je jezik transparentne ortografije, s odnosom forema i grafema 1:1. Uočene su razlike među skupinama disleksične djece i urednih čitatelja i s aspekta točnosti pročitano i s aspekta pokreta očiju u sva tri ortografska konteksta; čitanje riječi, pseudoriječi i rečenica, no razlike u brzini obrade nisu zabilježene. S aspekta dvostrukog modela čitanja, daje se za zaključiti da kod disleksije postoji generalni deficit koji utječe na ukupnu sposobnost leksičke obrade. Dakle, kao što je spomenuto i kod DeLuca i sur. (1999), osobe, u ovom slučaju djeca s disleksijom, više se oslanjaju na subleksičke značajke u čitanju, što utječe i na drugačije pokrete očiju, te također ranije spomenuto, raspon vizualne pažnje i obrade.

3.4.2. Pokreti oka i netransparentne ortografije

Prado i sur. (2007) provode istraživanje čiji je cilj bio pružiti dokaze da je disfunkcija raspona vizualne pažnje potencijalni izvor poremećaja pokreta očiju u razvoju disleksije. Ispitivano je 14 djece s francuskog govornog područja koji imaju smanjen raspon vizualne pažnje i 14 djece urednih čitalačkih sposobnost na zadacima vizualnog pretraživanja i čitanja teksta. Dakako, dolaze do spoznaje da uredni čitatelji imaju veći broj fiksacija udesno kod zadataka vizualnog pretraživanja u odnosu na čitanje, što pokazuje da je veći broj slova obrađen u čitanju nego u zadacima vizualnog pretraživanja. Djeca s disleksijom imala sličan omjer obrađenih slova u jednoj fiksaciji u oba zadatka u čitanju i u vizualnom pretraživanju. Dakle, djeca s disleksijom nisu mogla prilagoditi, to jest povećati, broj obrađenih slova u čitanju, kao što je to mogla kontrolna skupina. Druga bitnu spoznaju iz ovog istraživanja je broj fiksacija se odnose na raspon vizualne pažnje u čitanju, ali ne u vizualnom pretraživanju. Što je više bio smanjen raspon vizualne pažnje, to je dolazilo do više fiksacija u čitanju. Ipak, to nije bio slučaj u zadacima vizualnog pretraživanja, gdje su obje skupine ispitanika, djeca s disleksijom i kontrolna skupina, imale sličan broj obrađenih slova u jednoj fiksaciji. Dakle, dolazimo do zaključka da je deficit vizualne pažnje kod djece s disleksijom utjecao samo na zadatke vezane za čitanje, dok su na zadacima vizualnog pretraživanja ostvarili slične rezultate kao i kontrolna skupina. Zaključno, veći broj fiksacija koja imaju djeca s disleksijom može se pripisati njihovoj tendenciji da čitaju analitički.

3.4.3. Razlike u pokretima oka u transparentnim i netransparentnim ortografijama

Schroeder i sur. (2021) donose veliko istraživanje obilježja pokreta očiju i razvoja čitanja u tri različite ortografije; englesku, njemačku i finsku. To su tri jezika i ortografije koje se značajno razlikuju u obilježjima i složenosti. Odnos grafem-fonem je u njemačkom i engleskom jeziku složen, dok je u finskom vrlo jednostavan. Ipak, predvidljivost riječi u njemačkom i finskom je vrlo velika, dok engleski jezik ima puno iznimaka, to jest, nepravilnih riječi. Naravno, kroz sve jezike proteže se pravilan obrazac razvoja. Odrasli čitaju rečenice brže od djece, rade manje i kraće fiksacije, imaju duže sakade i pokazuju više preskakanja riječi, ali niže stope refiksacije. Kod djece su pak utvrđene pouzdane razlike među jezicima. Prva razlika je da je efekt duljine riječi bio jači u njemačkom i finskom nego u engleskom jeziku. To je u skladu s istraživanjima, koja pokazuju da je efekt dužine riječi jači u pravilnim ortografijama i da kompleksnost ortografije na njega ne utječe (Seymour i sur., 2003). Druga spoznaja, donekle neočekivana, je da je efekt čestotnosti riječi podjednaka u sva tri jezika kod kraćih riječi, dok u dužim riječima

efekt čestotnosti u engleskom jeziku ne nosi poseban značaj. U engleskom jeziku djeca nisu refiksirala duge rijetke riječi što bi bilo potrebno da bi se one leksički obradile. Zaključno, engleska djeca nisu se jače oslanjala na leksički put. Umjesto toga, svoju obradu distribuiraju šire po rečenici. Dakle, ukupno vrijeme čitanja bilo je dulje na engleskom nego na njemačkom i finskom jeziku. Nadalje, sukladno sa spoznajom da je razvoj čitanja odgođen u nepravilnim ortografijama (Rau i sur., 2016), engleska djeca su radila više regresija u čitanju oslanjajući se jače na kontekst teksta. Naposljetku, pronađena je pouzdanu interakcija dužine riječi prema frekvenciji riječi u njemačkom i finskom jeziku; s jačim efektom dužine za niskofrekventne nego za visokofrekventne riječi. Rezultati za njemački i finski jezik konzistentni su s modelom dvostrukog puta za vizualno prepoznavanje riječi (Colthart i sur., 2001). Za engleski jezik, uočen je drugačiji obrazac. Opaženi su slabiji učinci duljine što ukazuje da je subleksička obrada bila manje učinkovita (Ziegler i sur., 2003). Engleska djeca su imala problema s prepoznavanjem dugih riječi i nisu pokazani pouzdani učinci frekvencije za duge riječi. Ovo pokazuje da prepoznavanje riječi još nije dovoljno automatizirano da omogući brzu leksičku identifikaciju dugih riječi, čak i ako su one relativno česte.

Metaanaliza Reis i sur. (2020) donosi bolji uvid u obilježja čitanja odraslih osoba s disleksijom i urednih čitatelja odrasle dobi u različitim ortografijama. Primarni cilj istraživanja bio je utvrditi na kojim se parametrima čitanja i pisanja razlikuju kontrolna skupina i skupina odraslih osoba s disleksijom i na kojim kognitivnim procesima vezanima za čitanje. Ispitanici su uspoređeni na varijablama čitanja, pisanja i vještinama povezanim s istim i na općim kognitivnim varijablama. Rezultati metaanalize pokazuju, kao što je i očekivano, da su odrasli čitatelji s disleksijom lošiji na parametrima čitanja i vještina povezanim s čitanjem od kontrolnih skupina. Zanimljiv podatak je da su odrasle osobe s disleksijom lošije rezultate postizale na mjerama čitanja i pisanja nego na mjerama kognitivnih sposobnosti koje su povezane s čitanjem. Ovaj nesrazmjer može se objasniti godinama iskustva u čitanju, kao i izloženost logopedskoj terapiji. Nadalje, ortografska transparentnost jedan je od važnijih čimbenika koji određuju na koji će se način deficiti u čitanju manifestirati. Odrasli kojima je materinski jezik transparentne ortografije imaju sveukupno bolje rezultate na mjerama čitanja od onih kojima je materinski jezik onaj netransparentne ortografije. Ovo je najizraženije na mjerama točnosti čitanja, dok brzina čitanja ostaje, sporija kod osoba s disleksijom kroz sve ortografije, neovisno o transparentnosti.

3.5. Istraživanja pokreta oka i klinička perspektiva

Jedno vrlo zanimljivo istraživanje provode Masulli i sur. (2018) o utjecaju vrste i veličine fonta te razmaka između slova na pokrete očiju u čitanju. Djecu s disleksijom uspoređuju s dvije skupine djece; djecom iste kronološke dobi i djece izjednačene po čitalačkog dobi. Dolaze do zaključka da povećanje veličine fonta i razmaka između slova smanjuje vrijeme fiksacije i povećava broj i amplitude prosakada (ovi podaci vrijede za sve tri skupine djece). Drugo, trajanje fiksacije kod skupine djece s disleksijom bilo je duže, ali samo kod čitanja prvog teksta, koji je bio tekst s normalnom veličinom fonta i razmakom između slova. Kod drugih tekstova, koji su bili uvećanog fonta i razmaka između slova, skupina djece s disleksijom i druge dvije skupine imale su slično vrijeme trajanja fiksacije. Treće, ukupno trajanje čitanja broj obrnutih sakada i pogreške nastale tijekom čitanja nisu bile pod utjecajem vrste teksta. Ovakvo istraživanje polazišta su za razvoj udžbenika i tehnologije te aplikacija na tabletima ili e-čitačima koja mogu biti od velike pomoći u čitanju, a ove spoznaje imaju i veliki značaj u logopedskoj terapiji djece s disleksijom te koristiti kao pomoć osobama s disleksijom da bolje razviju vještine čitanja i ostvare bolji akademski uspjeh.

Metoda praćenja pokreta oka potencijalno se može koristiti i u detekciji disleksije. Zaista, sva istraživanja potvrđuju da se pokreti oka urednih čitatelja i pokreti oka osoba s disleksijom uvelike razlikuju. Rello i Ballesteros (2015) iznose metodu koja detektira osobe s disleksijom s 80 postotnom točnošću. Unatoč tome, ovo područje nije još dovoljno istraženo te daje samo prvobitni uvid u problematiku. Ipak, ne smijemo zanemariti značaj koji bi ova metoda imala na olakšavanje dijagnosticiranja disleksije, budući da je ona poremećaj koji se teško dijagnosticira. Sustav za otkrivanje disleksije koji se temelji na praćenju oka može smanjiti ometanja u uzrokovane nekim nestabilnim i subjektivnim čimbenicima koji postoje u tradicionalnim metodama ispitivanja (Zhang, 2022). Još jedan razlog je što se smatra da je stvaran broj osoba s disleksijom puno veći od broja dijagnosticiranih, što znači da zaista postoji potreba za razvojem novih jednostavnih i pouzdanih metoda detekcije.

3.6. Dvojezičnost i disleksija

Dvojezičnost može imati različite učinke na razvoj i manifestaciju disleksije. Neki istraživači sugeriraju da dvojezičnost može biti korisna i pružiti prednosti učenju jezika i kognitivnom razvoju, dok drugi istraživači tvrde da dvojezičnost može stvoriti dodatne izazove za osobe s disleksijom. Prednosti dvojezičnosti mogu uključivati poboljšanu kognitivnu fleksibilnost, veću jezičnu svjesnost, bolje razumijevanje različitih kultura i mogućnost lakšeg učenja novih

jezika. Također, osobe koje su dvojezične mogu bolje razviti sposobnost prebacivanja između jezika, što im se može koristiti u različitim situacijama. Važno je pružiti potporu i odgovarajući pristup učenju za dvojezične osobe s disleksijom kako bi im se omogućilo da razviju svoj puni potencijal i razvoj jezičnih vještina na oba jezika. U tom smislu, rana identifikacija poteškoća i intervencija od strane stručnjaka za edukaciju i logopeda mogu biti ključna za olakšavanje izazova koje dvojezičnost može predstavljati za osobe s disleksijom.

3.6.1. Razlike pokreta oka jednojezičnih i dvojezičnih osoba

Cop i sur. (2015) proučavali su pokrete očiju urednih jednojezičnih i dvojezičnih čitatelja na razini rečenica. Uspoređivali su pokrete oka kod čitanja jednojezičara (engleski jezik) i čitanja na prvom jeziku dvojezičara (nizozemski i engleski), te razliku između pokreta oka dvojezičara između prvog (L1) i drugog (L2) jezika. Uspoređujući čitanje dvojezičara i jednojezičara, dolaze do zaključka da kod dvojezičara dolazi do češćih fiksacija, ali samo u rečenicama dužima od 23 riječi. Također, nije pronađena korelacija između duljine riječi ili broja riječi i razine vještine prvog jezika. Dakle, suptilne razlike vjerojatno su uzrokovane poznavanjem drugog jezika, a ne slabljenjem vještina u prvom jeziku kod dvojezičara. Na kraju, ova razlika u broju fiksacije na odražava se na ukupno vrijeme čitanja. Ipak, uočeno je povećano vrijeme reakcije u produkciji kod dvojezičara u odnosu na jednojezičare,

3.6.2. Razlike između pokreta očiju kod čitanja u prvom i u drugom jeziku

Usporedba prvog i drugog jezika kod dvojezičara Cop i sur. (2015) dala je zanimljive rezultate. Kao što je bilo očekivano, čitanje na prvom jeziku bilo je znatno naprednije; rečenice na drugom jeziku dvojezične osobe čitaju 17,6% sporije, ostvaruju 17,2% više fiksacija, 13,9% kraće sakade, 9,8% manju vjerojatnost preskakanja riječi u drugom nego u prvom jeziku (Cop i sur., 2015). Također, obrasci pokreta očiju na drugom jeziku mogu se usporediti s pokretima očiju djece kada uče svoj prvi jezik; povećano vrijeme čitanja rečenica, duže trajanje fiksacija, veća frekvencija fiksacija i kraće trajanje sakada (Rayner, 1998). Naravno, razlike između L1 i L2 su suptilnije i manje od razlika L2 i obilježja dječjeg čitanja. Nadalje, odrasli dvojezičari imaju više semantičkog znanja i veći raspon radnog pamćenja te lakše povezuju riječi u smisleno značenje od djece te imaju veću razinu razumijevanja. Zadnja usporedba je da efekt duljine riječi na trajanje fiksacije postoji samo u drugom jeziku, što je značajka koja se može pronaći i u obrascima pokreta očiju kod djece. Može se zaključiti da obje spomenute skupine

trebaju duže vrijeme obrade (Reichle i sur., 2013).

3.6.3. Povezanost transparentnosti jezika i dvojezičnosti na pokrete oka u čitanju

Rodríguez i sur. (2016) bavili su se povezanosti transparentnosti ortografije jezika i dvojezičnosti. Uzeli su dvije skupine ispitanika; dvojezične osobe kojima je prvi jezik njemački, koji je jezik transparentne ortografija, a drugi jezik francuski, jezik netransparentne ortografije i obrnuto, dvojezičari kojima je prvi jezik francuski, a drugi njemački. Također, valja napomenuti da je drugi jezik ispitanika stečen kasnije, dakle nije se razvijao paralelno s prvim jezikom. To znači da je razina drugog jezika znatno niža od onog prvog. Kod L1, broj fiksacija je bio veći, a mjesto prve fiksacije je bilo na početku riječi kod njemačkog jezika u odnosu na francuski. Zaključno, transparentni jezici potiču lokalne i serijske strategije čitanja, dok netransparentni potiču paralelne i globalne strategije (Buetler i sur. 2014). Dovodeći ove podatke u vezu s dvostrukim modelom čitanja (Coltheart i sur., 2004), može se zaključiti da se osobe s materinskim jezikom koji ima transparentnu ortografiju više oslanjaju na neleksički put obrade, dok se oni s netransparentnom ortografijom više oslanjaju na leksički put. Statističke razlike u čitanju njemačkog jezika nisu pronađene ni u jednom ispitanom parametru između ispitanika kojima je njemački prvi jezik i onih kojima je on drugi jezik. Ovo potvrđuje hipotezu da u čitanju transparentnih ortografija, leksičko-semantičko znanje nije značajno (Coltheart i sur., 2001). Kao što je i bilo očekivano, kod čitanja francuskog, mjesto prve fiksacije bilo je bliže sredini riječi, a broj fiksacija bio je veći za L2, nego za L1 govornike, potvrđujući teoriju da L1 ispitanici imaju više globalno i paralelnu obradu od L2, koji pokazuju lokalne i serijske čitalačke strategije. Ovo potvrđuje tvrdnju da kada osoba nije vješti čitač, više se oslanja na neleksički put, što potvrđuju i prijašnja istraživanja (npr. Gollan i sur., 2011). Nadalje, strategija koju je čitalac izabrao prilikom čitanja više je vođena lošijim znanjem tog jezika, nego njegovoj netransparentnosti. Također, broj fiksacija je bio niži pri čitanju riječi, nego pseudoriječi, ali samo kod L1 govornika, upravo zbog korištenja ranije spomenute leksičke rute. Zaključno, kada je jezik transparentan, dvojezičari se više oslanjaju na neleksičke strategije čitanja, a kada se radi o natransparentnom jeziku, dvojezičari će u većoj mjeri izabrati leksičku strategiju čitanja.

Bosma i Nota (2019) provodili su istraživanje s dvojezičnom djecom s ciljem ispitivanja na koji način srodnost riječi u dva jezika utječe na pokrete oka tijekom čitanja rečenica na oba jezika. Jezici koji su bili u pitanju su nizozemski i frizijski, koji je jezik regionalne manjine na

sjeverozapadu Nizozemske. Zanimljivo je da, iako većina stanovnika pokrajine govori frizijski, on se u školskom okruženju slabije koristi te je pismenost na istome veoma niska. Naravno, svi testovi na kraju školovanja se polažu na nizozemskom, pa tako zaključujemo, kao što je i ovo istraživanje pokazalo, da su ispitanici bili uspješniji na mjerama čitanja na nizozemskom jeziku. Također, rezultati pokazuju da efekt olakšavanja zbog srodnosti riječi prisutan u frizijskom, ali ne i u nizozemskom. Mjere čitanja, to jest trajanje prve fiksacije, trajanje pogleda, go-past vrijeme i ukupno vrijeme čitanja bile su značajnije kraće kada su riječi bile potpuno srodne s nizozemskim, a duže kada riječi nisu bile potpuno srodne ili kada su bile nesrodne. Go-past vrijeme definiramo kao vrijeme od početka prve fiksacije do trenutka micanja pogleda s podražaja. Ovo pokazuje da dvojezična djeca koriste znanja iz prvog jezika, u kojima već imaju određene leksičke postavke, to jest usvojene određene koncepte te ih koriste u čitanju drugog, nedominantnog jezika.

4. Zaključak

Disleksija je poremećaj čitanja zasad još nepoznatog uzroka koji uzrokuje niz poteškoća u usvajanju čitanja i samom čitanju. Metoda praćenja pokreta oka donijela je nove spoznaje o disleksiji i omogućila novu perspektivu u razumijevanju, istraživanju i terapiji ovog poremećaja. Osnovni pokreti koje oko radi prilikom čitanja su fiksacije i sakade. Na temelju razmatranja u ovom preglednom radu možemo donijeti nekoliko zaključaka. Prvo, pokreti oka urednih čitatelja u usporedbi s čitateljima s disleksijom, značajno se razlikuju. Kod urednih čitatelja u odnosu na čitatelje s disleksijom fiksacije su u pravilu kraće, sakade duže. Na vrijeme fiksacije utječu čestotnost riječi u jeziku, poznavanje riječi, dob stjecanja riječi, broj značenja riječi, učestalost prvog morfema te kontekst u kojem se koristi riječ i vjerodostojnost riječi. Rezultati istraživanja pokreta oka kod osoba s disleksijom razlikuju se između različitih ortografija, ovisno o tome je li ortografija transparentna ili ne. Ipak, izvjesno je da se osobe s disleksijom u svim jezicima više oslanjaju na subleksički put u čitanju od urednih čitatelja. Nadalje, iako se metoda praćenja pokreta oka još ne koristi kao metoda za detekciju disleksije, postoji potreba za razvitkom metoda koji će omogućiti dijagnostiku disleksije ovim putem. To bi omogućilo veću objektivnost pri dijagnostici i pružila bi se mogućnost detekcije većeg broja slučajeva, uzimajući u obzir da i dan danas veliki broj osoba s disleksijom ostaje neprepoznat do odrasle dobi. U istraživanjima dvojezičara, eye-tracking pružio je bolje razumijevanje u procese usvajanja čitanja prvog i drugog jezika, kao i razlike u procesu čitanja odraslih dvojezičnih osoba. Sve u svemu, istraživanja disleksije metodom praćenja pokreta oka pokazala su se koristim alatom za bolje razumijevanje poremećaja i procesa koji stoje u pozadini. Naravno, postoji još prostora za daljnja istraživanja, posebice u kliničkom smislu, u detekciji disleksije, terapiji i prilagodbi sadržaja za osobe s disleksijom.

5.Literatura

- American Psychiatric Association.** (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed.).
- American Psychiatric Association.** (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.).
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J.** (1974). Working Memory. *Recent Advances in Learning and Motivation*, 8, 47-89.
- Berninger, V.W.** (2009). Highlights of Programmatic, Interdisciplinary Research on Writing. *Learning disabilities*, 24 (2), 69-80.
- Bosma, E., Nota, N.** (2020). Cognate facilitation in Frisian–Dutch bilingual children’s sentence reading: An eye-tracking study, *Journal of Experimental Child Psychology*, 189.
- Bosse, M.L., Tainturier, M.J. & Valdois, S.** (2007). Developmental dyslexia: the visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, 104, 198-230.
- Bruck, M.** (1992). Persistence of dyslexics’ phonological awareness deficits. *Developmental Psychology*, 28, 874–886.
- Buetler, K.A. i sur.** (2014). Language context modulates reading route: an electrical neuroimaging study. *Frontiers of Human Neuroscience*. 8, 83.
- Carioti, D., Masia M.F., Travellini S., Berlingeri M.** (2021.). Orthographic depth and developmental dyslexia: a meta-analytic study. *Annals of Dyslexia*, 71, 399–438.
- Chen, C., Yao, Y., Wang, Z., Zhao, J.** (2021). Visual attention span and phonological skills in Chinese developmental dyslexia. *Research in Developmental Disabilities*, 116.

- Clifton Jr, C., Staub, A., Rayner, K.** (2007). Eye movements in reading words and sentences. *Eye movements*, 341-371.
- Coltheart, M.** (2014). Dual-route model of reading development. *Encyclopedia of language development*, 167-168, SAGE Publications.
- Coltheart, M. i sur.** (2001). A dual route cascade model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108, 204-256.
- Cop, U., Drieghe, D., Duyck, W.** (2015). Eye Movement Patterns in Natural Reading: A Comparison of Monolingual and Bilingual Reading of a Novel. *Plos one*, 10 (8).
- De Luca, M., Borrelli, M., Judica, A., Spinelli, D., & Zoccolotti, P.** (2002). Reading words and pseudowords: An eye movement study of developmental dyslexia. *Brain and Language*, 80,617-626
- De Luca, M., Borrelli, M., Judica, A., Spinelli, D., Zoccolotti, P.** (2002). Reading words and pseudowords: An eye movement study of developmental dyslexia. *Brain and Language*, 80, 617–626.
- De Luca, M., Di Pace, E., Judica, A., Spinelli, D., & Zoccolotti, P.** (1999). Eye movement patterns in linguistic and non-linguistic tasks in developmental surface dyslexia. *Neuropsychologia*, 37,1407-1420.
- De Luca, M., Di Pace, E., Judica, A., Spinelli, D., & Zoccolotti, P.** (1999). Eye movement patterns in linguistic and non-linguistic tasks in developmental surface dyslexia. *Neuropsychologia*, 37, 1407–1420.
- Defries, J.C., Alarcon, M.** (1996). Genetics of specific learning disability. Mental retardation and developmental disabilities, 2, 39-47.
- Demonet,F., Taylor, M.J., Chaix, Y.** (2004). Developmental dyslexia. *The Lancet*, 363, 1451-1460.

- Francks, C., MacPhie, I.L., Monaco, A.P.**(2002). The genetic basis of dyslexia. *Lancet Neurology*, 1, 483-490.
- Gollan, T. H. i sur.** (2011). Frequency drives lexical access in reading but not in speaking: the frequency-lag hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 140(2), 186.
- Goswami, U.** (2015.). Sensory theories of developmental dyslexia: three challenges for research. *Nature Reviews Neuroscience*, 16, 43–54.
- Graham, M., Hebert, S.** (2010). Writing to read: Evidence for how writing can improve reading: A report from Carnegie corporation of New York.
- Habib, M., Giraud, K.** (2013). Dyslexia. *Handbook of clinical neurology*, 111, 229-235.
- Hammill, D.D., Allen, E.A.** (2020). A Revised Discrepancy Method for Identifying Dyslexia. *Journal of Pediatric Neuropsychology* 6, 27–43.
- Hebert, M., Kearns.D.M., Hayes, J.B., Bazis, P., Cooper,.S.** (2018). Why Children With Dyslexia Struggle With Writing and How to Help Them. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 49, 843–863.
- Hedenius, M., Persson, J., Alm, P.A., Ullman, M.T., Howard, J.H., Howard, D.V., Jennische, M.** (2013). Impaired implicit sequence learning in children with developmental dyslexia. *Research in Developmental Disabilities*, 34, 3924–3935.
- Hildebrant, N., Caplan, D., Sokol S., Torreano, L.** (1995). Lexical factors in the word-superiority effect. *Memory & Cognition*, 23 (1), 23-33.
- Hoover, W.A., Gough P.B.** (1990.). The simple view of reading. *Reading and writing*, 2, 127-160.
- Hulme, C., Bowyer-Crane, C., Carroll, J.M., Duff, F.J., Snowling, M.J.** (2012). The causal role of phoneme awareness and letter-sound knowledge in learning to read: combining intervention studies with mediation analyses. *Psychological Science*, 23 (6), 572-7.

- Hutzler, F., & Wimmer, H.** (2004). Eye movements of dyslexic children when reading in a regular orthography. *Brain and Language*, 89 (1), 235–242.
- Hyönä J, Pollastek, A.** (1998). Reading Finnish compound words: eye fixations are affected by component morphemes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 24(6), 1612-1627.
- Jainta, S., Kapoula, Z.** (2011). Dyslexic Children Are Confronted with Unstable Binocular Fixation while Reading. *PLoS ONE* 6(4), e18694.
- Juhász, B.J. Rayner, K.** (2003). Investigating the Effects of a Set of Intercorrelated Variables on Eye Fixation Durations in Reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(6), 1312–1318.
- Kelić, M., Zelenika, M.Z., Kraljević, J.K.** (2021.). Reading Predictors in Croatian: Contribution of (Meta)Phonological Variables. *Psihologijske teme*, 30 (2), 161.184.
- Kovas, Y., Plomin R.** (2007). Learning Abilities and Disabilities. Current directions in psychological science. 16(5), 284.-288.
- Landerl, K., Wimmer, H., & Frith, U.** (1997). The impact of orthographic consistency on dyslexia: A German-English comparison. *Cognition*, 63, 315–334.
- Lefton, L., Nagle, R., Johnson, G., & Fisher, D.** (1979). Eye movement dynamics of good and poor readers: Then and now. *Journal of Reading Behaviour*, 11(4), 319–328.
- Lenček, M. , Kolundžić, Z., Arapović, D.** (2013). Značenje ranog prepoznavanja rizičnih čimbenika u prevenciji teškoća čitanja. *Paediatrica Croatica* , 56 (1).
- Lenček, M.** (2012). Procjena disleksije u hrvatskome: neke značajke čitanja i pisanja odraslih. *Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja*, 48 (1), 11-26.
- Lobier, M., Valdois, S.** (2015.). Visual attention deficits in developmental dyslexia cannot be ascribed solely to poor reading experience. *Nature Reviews Neuroscience*, 16, 225.

- Lyon, G. R., Shaywitz S.,E., Shaywitz B.,A.** (2003.). A definition od dyslexia. *Annals od dyslexia*, 53, 1-14.
- Massuli, F., i sur.** (2018.). Effect of different font sizes and of spaces between words on eye movement performance: An eye tracker study in dyslexic and non-dyslexic children. *Vision Research*, 153, 24–29.
- Matić, A., Coumel. M., Palmović. M.** (2018). Lexical processing of children with dyslexia: An eye-tracking adaptation of the Reicher-Wheeler task, *Govor*, 35 (1), 27-52.
- Matin, E.** (1975). Saccadic suppression: A review and an analysis. *Psychological Bulletin*, 81 (12), 899-917.
- Motamedi, A., Bornas, M., Sohrabi F.** (2023.). Comparison of Executive Functions with Sub-Components of Processing Speed and Working Memory in Children with and without Dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*. 2 (2).
- Musulli, F. i sur.** (2018). Effect of different font sizes and of spaces between words on eye movement performance: An eye tracker study in dyslexic and non-dyslexic children. *Vision Research*, 153, 24-29.
- Neale, M. C., Cardon, L. R.** (1992). Methodology for genetic studies of twins and families. Boston: Kluwer Academic.
- Pavlidis, G. T.** (1978). The dyslexics erratic eye movements: Case studies. *Dyslexia Review*, 1, 22-28.
- Pennington, B.F., Bishop, D.V.M.** (2009). Relations among speech language, and reading disorders. *Annual review od pschycology*. 60, 283-306.
- Perfetti, C.A., Liu, Y.** (2005). Orthography to Phonology and Meaning: Comparisons Across and within Writing Systems. *Reading and Writing*, 18, 193-210.
- Peterson, R. L., & Pennington, B. F.** (2012). Developmental dyslexia. *Lancet*, 379(9830), 1997–2007.

- Pollatsek, A., Reichle, E. D., & Rayner, K.** (2006). Tests of the E-Z Reader model: Exploring the interface between cognition and eye-movement control. *Cognitive Psychology*, *52*, 1-52.
- Prado, C., Dubois, M., & Valdois, S.** (2007). The eye movements of dyslexic children during reading and visual search: Impact of the visual attention span. *Vision Research*, *47*, 2521-2530.
- Rau, A.K., Moll, K., Snowling, M.J., Landerl, K.** (2015). Effects of orthographic consistency on eye movement behavior: German and English children and adults process the same words differently. *Journal of Experimental Child Psychology*. *130*, 92-105.
- Rayner, K.** (1979). Eye guidance in reading: Fixation location within words. *Perception*, *8*, 21-30.
- Rayner, K.** (1986). Eye movements and the perceptual span in beginning and skilled readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, *41*, 211-236.
- Rayner, K.** (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, *124*, 372-422.
- Rayner, K., Binder, K.S., Ashby, J., & Pollatsek, A.** (2001). Eye movement control in reading: Word predictability has little influence on initial landing positions in words. *Vision Research*, *41*, 943-954.
- Rayner, K., Slattery, T. J., & Bélanger, N. N.** (2010). Eye movements, the perceptual span, and reading speed. *Psychonomic Bulletin & Review*, *17*, 834-839.
- Rayner, K., Well, A.D.** (1996). Effects of contextual constraint on eye movements in reading: A further examination. *Psychonomic Bulletin & Review* *3*(4), 504-509.
- Rayner, K., Well, A.D., & Pollatsek, A.** (1980). Asymmetry of the effective visual field in reading. *Perception and Psychophysics*, *27*, 537-544.

- Rayner, K., Well, A.D., Pollatsek, A., & Bertera, J.H.** (1982). The availability of useful information to the right of fixation in reading. *Perception & Psychophysics*, *31*, 537-550.
- Reichle, E.D. i sur.** (2013). Using E-Z Reader to examine the concurrent development of eye-movement control and reading skill. *Developmental Review*, *33* (2), 110-149.
- Reis, A, Araujo, S. Morais, I.S., Faisca, L.** (2020). Reading and reading-related skills in adults with dyslexia from different orthographic systems: a review and meta-analysis. *Annals of dyslexia*, Objavljeno online: <https://doi.org/10.1007/s11881-020-00205-x>.
- Rello, L., Ballesteros, M.** (2015). Detecting Readers with Dyslexia Using Machine Learning with Eye Tracking Measures. W4A '15: Proceedings of the 12th International Web for All Conference, 16, 1-8.
- Richardson, S.O.** (1992.). Historical Perspectives on Dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, *25* (1).
- Richlan F, Kronbichler M, Wimmer H.** (2009). Functional abnormalities in the dyslexic brain: a quantitative meta-analysis of neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*. *30*, 3299–3308.
- Rodruiguez, D.L. i sur.** (2016). The Impact of Language Opacity and Proficiency on Reading Strategies in Bilinguals: An Eye Movement Study. *Frontiers in psychology*. *7*, 649.
- Rose, J.** (2009). Identifying and teaching children and young people with dyslexia and literacy difficulties (The Rose Report). Nottingham, UK: DCSF Publications.
- Saksida A., Bogliotti C., Demonet, J.F., Billard C., Huezey, M.F., George, F., Iannuzzi, S., Chaix, Y., Bricout, L., Nguyen-Morel, M.A., Soares-Boucaud, I., Ziegler, J.C.** (2016). Phonological Skills, Visual Attention Span, and Visual Stress in Developmental Dyslexia. *Developmental Psychology* , *52* (10), 1503–1516.

- Scarborough, H.S., Dobrich, W., Hager, M. (1991).** Preschool Literacy Experience and Later Reading Achievement. *Journal of Learning Disabilities*, 24 (8).
- Schroeder, S. i sur. (2022).** Eye movements of children and adults reading in three different orthographies. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 48(10), 1518–1541.
- Seymour, P.H., Aro, M., Erskine, J.M. (2003).** Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*. 94, 143–174.
- Shaywitz, S.E., Escobar M.D., Shaywitz B.A. , Fletcher J.M., Makuch, R.(1992.).** Evidence That Dyslexia May Represent the Lower Tail of a Normal Distribution of Reading Ability. *The New England Journal of Medicine*, 326, 145-150.
- Shaywitz, B.A., Lyon G.R., Shaywitz S.E. (2006).** The role of functional magnetic resonance imaging in understanding reading and dyslexia. *Developmental neuropsychology*, 30 (1), 613-632.
- Silver, A., Hagin, R. (2002)** *Disorders of learning in childhood* (2nd ed.). New York: Wiley.
- Snowling, M. J. (1995).** Phonological processing and developmental dyslexia. *Journal of Research in Reading*, 18(2), 132–138.
- Tiadi, A., Gerard, C.L., Peyre, H., Bui-Quoc, E., Bucci, M.P. (2016).** Immaturity of Visual Fixations in Dyslexic Children. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 58.
- Tiffin-Richards, S. P., Schroeder, S. (2015).** Children’s and adults’ parafoveal processes in German: Phonological and orthographic effects. *Journal of Cognitive Psychology*, 27, 531–548.
- Valdois, S. (2022).** The visual-attention span deficit in developmental dyslexia: Review of evidence for a visual-attention-based deficit. *Dyslexia*, 2022, 28 (4), 397-415.

- Wagner, R. K., Torgesen, J. K., Laughon, P., Simmons, K., & Rashotte, C. A.** (1993). Development of young readers' phonological processing abilities. *Journal of Educational Psychology*, 85(1), 83–105.
- Wagner, R.K., Torgesen, J.K.** (1987).. The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin*, 101, 192–212.
- Welsh, M., C., Pennington B.F., Rodgers S.** (1983.). Word recognition and comprehension skills in hyperlexic children. *Brain and Language*, 32 (1), 76-96.
- Willcutt E.G., Pennington B.F., Duncan L., Smith S.D., Keenan J.M., i sur.** (2010). Understanding the complex etiologies of developmental disorders: behavioral and molecular genetic approaches. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 31, 533-544.
- Wolf, M., Bowers, P. G., & Biddle, K.** (2000). Naming-speed processes, timing, and reading. A conceptual review. *Journal of Learning Disabilities*, 33(4), 387–407.
- Zelazo, P. D., Blair, C. B., & Willoughby, M. T.** (2016). Executive function: Implications for education Washington, DC: National Center for Education Research, Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education.
- Zhang, Y., Zhou, W.** (2022). Research on Dyslexia Detection based on Eye Tracking. 2022 IEEE 2nd International Conference on Electronic Technology, Communication and Information (ICETCI). 27-29. svibnja 2022.
- Ziegler, J.C., Perry, C., Ma-Wyatt, C., Ladner, D., Korne, G.S.** (2003). Developmental dyslexia in different languages: Language-specific or universal?. *Journal of Experimental Child Psychology*, 86 (3), 169-193.
- Zoccolotti, P., De Luca, M., Di Pace, E., Judica, A., Orlandi, M., & Spinelli, D.** (1999). Markers of developmental surface dyslexia in a language (Italian) with high grapheme-phoneme correspondence. *Applied Psycholinguistics*, 20, 191-216.