

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Ústav speciálněpedagogických studií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Michaela Nytrová

**Dyslexie ve speciálněpedagogickém a neurovědeckém pojetí se
zaměřením na motorický deficit.**

Olomouc 2019

Vedoucí práce: Mgr. Hana Karunová, Ph.D

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Dyslexie ve speciálně pedagogickém a neurovědeckém pojetí se zaměřením na motorický deficit“ vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce Mgr. Hany Karunové, PhD. a konzultantky Kateřiny Lukašové, PhD. a použila zdroje uvedené v seznamu literatury.

V Olomouci dne 16. 4. 2019

.....
Michaela Nytrová

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí diplomové práce Mgr. Haně Karunové, PhD. a konzultantce Kateřině Lukašové, PhD, za odborné vedení mé diplomové práce, za vstřícnost, ochotu a cenné připomínky. Děkuji také svoji rodině a příteli za pomoc a podporu v průběhu celého mého studia.

OBSAH

ÚVOD	6
TEORETICKÁ ČÁST	7
1 DYSLEXIE	7
1.1 Terminologie.....	7
1.2 Etiologie.....	7
1.2.1 Teorie vzniku dyslexie	8
1.2.2 Mozečková teorie dyslexie	9
1.3 Symptomatologie	10
1.4 Diagnostika	13
1.4.1 Školní dokumentace	13
1.4.2 Anamnéza	14
1.4.3 Vyšetření dítěte	14
1.4.4 Diagnostika dospělých	16
1.5 Intervence dyslexie.....	17
1.5.1 Techniky čtení (dekódování)	18
1.5.2 Čtení s porozuměním	19
2 OČNÍ POHYBY.....	21
2.1 Zrakový analyzátor.....	21
2.1.1 Anatomie oka.....	21
2.2 Druhy očních pohybů	24
2.3 Oční pohyby u dyslektiků.....	26
2.4 Techniky sledování očních pohybů.....	27
2.4.1 Eye-trackery.....	28
2.5 Vývoj výzkumu očních pohybů	29
3 FUNKČNÍ MAGNETICKÁ REZONANCE	32
3.1 Mozkové hemisféry	32
3.2 Fungování funkční magnetické rezonance	32
3.3 Využití funkční magnetické rezonance v praxi	33
3.4 Funkční magnetická rezonance a dyslexie	34
PRAKTICKÁ ČÁST	37
4 VÝZKUMNÝ PROJEKT.....	37
4.1 Výzkumné otázky.....	38

4.2	Metodologie	38
4.2.1	Výzkumný vzorek	38
4.2.2	Použité metody.....	39
4.2.3	Organizace šetření.....	42
4.2.4	Zpracování dat	43
5	VÝSLEDKY A INTERPRETACE	49
5.1	Výsledky a interpretace neuropsychologických testů	49
5.2	Výsledky a interpretace funkční magnetické rezonance	53
5.3	Výsledky a interpretace eye trackingu	57
6	DISKUZE.....	60
7	LIMITY VÝZKUMU	63
8	ZÁVĚR.....	65
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	66
	SEZNAM ZKRATEK	72
	SEZNAM PŘÍLOH	77
	PŘÍLOHY	

ÚVOD

Dyslexie je nejznámější a zároveň nejčastější specifickou poruchou učení. Je to porucha čtení, která se začíná projevovat především při nástupu do základní školy. Právě při počátku čtení a psaní si často začneme těchto obtíží všimnout. Každý z nás se jistě s takovýmto člověkem už setkal. Ať už to byli spolužáci, rodina či kamarádi. Typickými projevy u těchto lidí jsou problémy se čtením. Co však tyto problémy způsobuje je stále otázkou a návrhem na řadu teorií. Někteří autoři se přiklánějí k teoriím fonologickým, jiní k motorickým či magnocelulárním. Motoricky podložená dyslexie není tak často probíraná, je však velice zajímavou oblastí. U motorické dyslexie pak tyto problémy můžeme spatřovat například v pohybech očí. Jelikož však nejsou tyto pohyby viditelné běžným okem, je nutné použít specializované eye trackery. Motorické obtíže se objevují ale také v jiných oblastech.

Pomocí funkční magnetické rezonance a eye trackingu se pokusíme zjistit jaké oblasti mozku osoby s dyslexií a osoby kontrolní aktivují během neverbálních úkolů. Úkoly budou 2 a to časově odlišné. Půjde o pohybující se černý bod v rychlosti 500 ms (tedy prediktivní sakády) a 1667 ms (reflexní sakády). Zároveň nás bude zajímat, jaké rozdíly se u těchto osob objevují. Zda je možné, že osoby s dyslexií zapojují jiné oblasti mozku, či naopak některé oblasti neaktivují vůbec.

Diplomová práce je rozdělena na dvě části a to teoretickou a praktickou část. V první kapitole teoretické části bude popsán termín dyslexie a její zařazení v rámci MKN 10 a MKN 11 beta verzi. Také budou uvedeny teorie vzniku dyslexie, její symptomatologie, diagnostika a intervence. V druhé kapitole bude popsán zrakový analyzátor, druhy očních pohybů a také možnosti jejich sledování. Třetí kapitola je věnována funkční magnetické rezonanci. Popsán bude princip funkční magnetické rezonance, využití v praxi a možnosti spojení fMRI a dyslexie.

Praktická část je zaměřena na neuropsychologické testy, které byly prováděny u účastníků před samotným testováním fMRI. Dále bude popsána metoda zpracování dat snímků mozku z fMRI. V šesté kapitole budou popsány výsledky a jejich interpretace. V závěru práce jsou poté shrnuty výsledky výzkumu, které jsou dále diskutovány. Na konci nechybí ani limity výzkumu.

TEORETICKÁ ČÁST

1 DYSLEXIE

1.1 Terminologie

Dyslexie je jednou z podkategorií specifických poruch učení. Vzniklo již mnoho definic dyslexie a jednotliví autoři nahlízejí na vymezení různě. Například Jošt (2009, s. 8), pojímá definici následujícím způsobem: *„Dyslexií se rozumí omezená schopnost naučit se číst navzdory normální inteligenci, dobrému tělesnému i duševnímu zdraví, přiměřené vzdělávací nabídce, motivaci a vyvíjenému úsilí dotyčného jedince. Dotyčný jedinec své problémy bez cizí pomoci nezvládne a porucha závažným způsobem zasahuje do jeho života, zpočátku školního a posléze i pracovního, tj. významně ho omezuje v uplatnění jeho nadání a tvořivosti“*. Zelinková (2009) uvádí, že dyslexie je nejznámější ze skupiny poruch učení a začalo se o ní hovořit nejdříve, jelikož je ve školním prostředí nejvíc nápadná a ovlivňuje tak školní úspěšnost dítěte. U Vitáskové (2006) najdeme definici v následujícím pojetí: *„Dyslexie, specifická porucha čtení, je nejčastějším typem specifické poruchy učení. Jedná se o sníženou či úplnou neschopnost naučit se číst při dostatečném výukovém vedení, přiměřené inteligenci a dostatečné sociokulturní příležitosti. Projevuje se narušením běžné rychlosti čtení, chybami v průběhu hlasitého čtení, poruchami porozumění přečteného textu a popřípadě i negativními (rušivými) průvodními jevy při čtení.“* V Mezinárodní klasifikaci nemocí její 10. revize najdeme dyslexii pod kódem F81.0 Specifická porucha čtení. Tyto Specifické vývojové poruchy školních dovedností (F81) spadají pod poruchy psychického vývoje (F81-89). V nové MKN 11, beta verzi, bude dyslexie pod kódem 6A03.0 Developmental learning disorder with impairment in reading, tu poté autoři řadí pod 6A03 Developmental learning disorder (06 Mental, behavioural or neurodevelopmental disorders). Názvy v 11. verzi jsou anglicky, jelikož se jedná pouze beta verzi, která ještě nevešla v platnost (MKN 10; MKN 11 dostupné z <http://www.uzis.cz/cz/mkn/index.html> [online] [cit. 23. 10. 2018]).

1.2 Etiologie

Etiologie dyslexie není jednotná. Obvykle se jedná o spolupůsobení několika dílčích faktorů, dědičných dispozic a v neposlední řadě vnějších vlivů. Vzniklo však také několik samostatných teorií o příčinách dyslexie. V dnešní době mluvíme o třech ucelených teoriích

vzniku dyslexie a to fonologické, mozečkové a magnocelulární (Vyhnálek, Brzezny, Jeřábek, 2006).

1.2.1 Teorie vzniku dyslexie

V následujícím textu se seznámíme s jednotlivými teoriemi dyslexie a budeme se zabývat jejich srovnáním.

- **Fonologická teorie:** Na dyslexii jako jazykovou poruchu se dívá Libermanová, která navrhla, že jádrem problému je fonémové uvědomění. Děti nejprve vnímají řeč globálně a až postupně dochází ke sluchové analýze. Fonémové uvědomění dítě potřebuje až v okamžiku, kdy se učí číst. Každému fonému je zpravidla přiřazen grafický znak neboli písmeno. Dítě při čtení musí odlišit konkrétní grafém od všech ostatním a přiřadit k němu daný foném čímž jej ozvuční. Jedná se o grafém-fonémovou korespondenci. U dětí s dyslexií dochází k obtížnějšímu zachycení rychle se měnících fonémů v řeči a není tak schopen se orientovat ani v grafém-fonémové korespondenci (Jošt, 2011).
- **Teorie magnocelulární :** Je důležité vysvětlit si funkci magnocelulárního systému a systému pravocelulárního. Magnocelulární systém (velkobuněčný) neboli M-buňky jsou rozloženy rovnoměrně po celé sítnici a tvoří 10 % ganglionárních sítnicových buněk. Systém je citlivý na změny v čase, rozlišuje i malé časové intervaly a zpracovává informace o pohybu. Oproti tomu pravocelulární systém (malobuněčný) neboli P-buňky jsou koncentrovány ve žluté skvrně a tvoří 80 % ganglionárních sítnicových buněk. Systém se specializuje na vnímání barev, velikost podnětu a vzdálenost mezi nimi. Tím nám pravocelulární systém umožňuje vnímat detailněji (Stein, 2018). U dyslektiků se objevuje narušená funkce magnocelulárního systému, která je kompenzována zvýšenou funkcí systému pravocelulárního (Vyhnálek, Brzezny, Jeřábek, 2006). Tyto systémy mají také funkci sustentativní a tranzitoritní. Funkci sustentativní plní pravocelulární systém, tím uchovává obraz podnětu a umožňuje nám čas na zpracování vizuální informace. Tranzitoritní funkci plní systém magnocelulární, čímž činí obraz podnětu časově omezeným, dává mu přechodnou dobu trvání. U začínajících čtenářů si to můžeme představit následovně. Například u slova *dům* – pravocelulární systém uchovává písmeno *d* a umožňuje tak zpracovat ho vizuálně a ozvučit fonologicky. Poté nastupuje systém magnocelulární, který vymaže obraz písmene *d*, čímž udělá místo pro systém pravocelulární. Děj se opět opakuje s následujícími písmeny.

U dyslektiků však systém magnocelulární nefunguje správně a vzniká tak chaotický vizuální útvar (Jošt, 2011).

- **Teorie mozečková:** Mozeček neboli cerebellum leží v zadní části mozku nad prodlouženou míchou a Varolovým mostem. Tvoří jej dvě mozečkové polokoule (hemisféry). Na jeho povrchu nacházíme šedou hmotu, ve středu pak bílou hmotu. Mozeček je významný především řízením a koordinací svalového napětí, rovnováhou, přesností a správným provedením úmyslných pohybů (Šmerda J. a kol., 2007). Cerebelární teorie vychází z poznatku, že u dyslektiků se objevují také potíže neязыkové. Jejich podklad je v narušené, oslabené, funkci mozečku. Dyslektici tak často mívají problémy se svalovým napětím, rovnováhou, obtíže v koordinaci oko-ruka, rychlém pojmenování předmětů a dalších. Tyto obtíže se projevují již v dětském věku (Jošt, 2011).

Pro tuto práci je důležitý fakt, že cerebelární teorie má blízko k obtížím v koordinaci očních pohybů. Často nejsou schopni sledovat řádek, ztrácí v něm orientaci, řádek přeskočí, či vynechají jeho část. Důležité je, že se nejedná o poruchu pozornosti nebo nedostatečnou motivaci. Oči dyslektiků se pohybují nekoordinovaně a kvalita neodpovídá věku dítěte.

Bishopová však mozečkovou teorii zpochybňuje. Tvrdí, že dyslektické děti, které mají obtíže ve čtení a psaní se těmito činnostem budou vyhýbat, čímž ochuzují mozeček o stimulaci. Mozeček je však plastický a následkem toho bude jeho dysfunkce (Bishop, 2002).

1.2.2 Mozečková teorie dyslexie

Většina autorů se přiklání k fonologické teorii dyslexie. Jsou však zde i výzkumy, které se přiklání a zkoumají roli mozečku a jeho dysfunkci právě u osob s dyslexií. Pokud by se potvrdila tato teorie, mohlo by to například pomoci v oblasti dřívější diagnostiky dyslexie. Motorické deficity by se daly zkoumat již v předškolním věku a nemuselo by se tak čekat na školní dovednosti. Výzkumy v tomto ohledu jsou však zatím pouze v malém měřítku. Uvádíme zde některé z nich.

Výzkum prováděný týmem Nicolson, Fawcett a Dean se zaměřuje na hypotézu mozečkové příčiny dyslexie. Zjistili, že osoby s dyslexií mají potíže s automatizací dovedností, ať již spadají či nespádají do oblasti gramotnosti. Poukazují na fakt, že u vysokého procenta diagnostikovaných dětí s dyslexií se potvrdila behaviorální abnormální funkce mozečku (Nicolson, Fawcett, Dean, 2011).

Další z řad výzkumů se zaměřil na fakt, že kromě poruch v dovednostech souvisejících s gramotností vykazují dyslektické děti charakteristické potíže v oblasti fonologických dovedností, motorických dovedností a rovnováhy. Existují behaviorální a biochemické důkazy, že tyto potíže mohou být přičítány mírné mozečkové dysfunkci. Tým výzkumníků chtěl zjistit, zda došlo k abnormální aktivaci mozku, když dospělí dyslektici vykonali úkony, u kterých je známo, že zahrnují aktivaci mozečku. Výzkumu se zúčastnilo 6 osob s dyslexií a 6 kontrolních osob. Testované osoby měly za úkol provádět pohybové aktivity prstů, které již znaly a poté sekvence, které byly nové. Z výsledků je zřejmé, že u osob s dyslexií byla aktivace mozku významně nižší než u kontrolní skupiny. Přesněji menší aktivaci v levém singulárním gyru při provádění známé sekvence pohybu a pravém mozečkovém kortexu při učení sekvence nové (Nicolson a kol., 1999).

Vybraní autoři také poukazují na fakt, že někteří jedinci s dyslexií mají senzomotorické deficity. Autoři zdůrazňují, že terapie dyslexie by se měla vždy primárně zaměřovat na četbu a hláskování. Zaměření se na motorické funkce by mělo být pouze doplňkové (Barth a kol., 2010).

Nicméně, většina autorů se přiklání spíše k možnosti, že existuje více typů příčin dyslexie. Tedy ne všichni dyslektici musí mít nutně mozečkové dysfunkce či pouze fonologické obtíže (Kirby a kol., 2008).

1.3 Symptomatologie

Dyslexie se projevuje obtížemi ve čtení. Dle Jucovičové a Žáčkové (2008) je čtení u dyslektiků dvojího typu. V prvním případně je čtení pomalé, namáhavé, neplynulé, s menším výskytem chyb. Označuje se také jako pravoemisférové čtení. V druhém případě je naopak rychlé, překotné, se zvýšenou chybovostí a označuje se jako levoemisférové čtení. Ne vždy však můžeme tuto kategorizaci přesně určit.

Zelinková (2009) uvádí základní čtyři znaky čtenářského výkonu dyslektiků, a to rychlost, správnost, techniku a porozumění čtenému textu.

Rychlost čtení – dítě hláskuje, neúměrně dlouho slabikuje, nebo naopak čte zbrkle, objevuje se také domýšlení slov.

Chybovost – nejčastěji se jedná o záměny písmen tvarově nebo sluchově podobných. Mohou se však také objevit záměny písmen zcela nepodobných. Ovšem některé písmena (např. *b-d*) zaměňují také začínající čtenáři, kteří nemají dyslexii.

Technika čtení – časté je tzv. dvojí čtení. Dítě si slovo nejprve přečte potichu po hláskách a poté jej vysloví nahlas. Pro metodu čtení analyticko-syntetickou je dvojí čtení

prohřeškem. Učí-li se dítě číst metodou genetickou, jde o zcela běžný postup. Může však dojít k obtížím, kdy dítě není schopno hláskové syntézy, tedy spojit písmena do slov.

Porozumění – závisí na předešlých ukazatelích (rychlosti dekodování, syntéze, odhalení obsahu slov).

Pro dyslektiky jsou typické specifické chyby, a to:

- Záměny písmen tvarově podobných (např. b-d, m-n, l-k atp.).
- Záměny sluchově podobných hlásek (např. s-z).
- Vynechávání písmen, slabik či celých slov, vět nebo celých částí řádků.
- Přidávání písmen, slabik, slov, vět.
- Přesmykování slabik.
- Vynechávání diakritických znamének nebo jejich nesprávné použití.
- Domýšlení si koncovek slov.
- Čtení v pravolevém směru.
- Komolení slov.
- Poruchy porozumění přečtenému textu.
- Dvojí čtení (tzv. tiché čtení pro sebe, poté přečtení nahlas) (Jucovičová, Žáčková, 2008).

Vedle specifických chyb se u dyslexie a jiných specifických poruch učení mohou objevovat také chyby nspecifické. Tyto chyby se však musí vyskytovat současně se specifickými, jinak nelze mluvit o specifických poruchách učení. Mezi tyto chyby dle Vitáskové (2006) řadíme:

Deficity pozornosti. Poruchy pozornosti mohou postihnout pozornost jak ke sluchovým, tak také zrakovým podnětům. U dítěte se můžeme setkat s roztržitostí, ale také se objevuje přílišná koncentrace pozornosti na podnět nebo činnost. Obtíže se mohou týkat také rozdělení pozornosti, což je neschopnost rozdělit pozornost na vnímání dvou a více podnětů, které působí současně, nebo následují krátce po sobě.

Zvýšená unavitelnost bývá častou reakcí na přetíženost. Dítě se snaží únavě vyhnout a může tak působit, že záměrně vyrušuje (obtěžování spolužáků, hraní si s předměty nebo jejich poškozování atd.) Důležité je únavu včasné zachytit, všimnout si můžeme známek únavy jako je zívání, zahledění se „do prázdna“, zčervenání nebo slzení očí a jiné.

Deficity paměti se týkají hlavně sluchové, zrakové, krátkodobé i dlouhodobé. Dětem činí obtíže zapamatovat si slovní řady, pravidelně se střídající aktivity během dne či týdne.

Setkat se můžeme také s poruchami pohybové paměti, což se projeví při sportovních a tělocvičných úkonech, ale také například v logopedické intervenci.

Motorické deficity činí u jedinců problémy především s koordinací pohybu a jemnou motorikou. Mohou ovlivnit výkon v grafomotorice (např.: úchop, tlak, kreslení či rýsování) nebo v tělesné výchově.

Obtíže v časoprostorové orientaci a ve vnímání posloupnosti. Tuto schopnost můžeme označit také pojmem serialita. Je to schopnost jedince předjímat následný krok na základě znalosti pořadí jednotlivých prvků v dané řadě. Ve čtení se tyto problémy mohou projevit například jako neschopnost předvídat pořadí hlásek ve slově.

Obtíže v pravolevé orientaci činí dítěti obtíže v rozlišování zrakových podnětů, a tím ovlivňují také výkon dítěte v grafomotorice nebo čtení.

Obtíže v jazyce a řeči jsou deficity ve smyslu snížení úrovně tzv. jazykového citu nebo specifických poruch výslovnosti (specifická asimilace a artikulační neobratnost). Při specifických asimilacích dochází k obtížím v diferenciaci tzv. tvrdých a měkkých skupin hlásek či slabik, v rozlišování sykavek, nebo hlásek lišících se znělostí. Může se také jednat o nedostatečnou schopnost odlišit krátké a dlouhé slabiky. Artikulační neobratnost se projeví obtížemi při výslovnosti složitějších souhláskových shluků či dvojhlásek, případně slov víceslabičných a složených.

Emoční labilita a psychomotorická instabilita může narušit výkon jedince, a to i při stejných úkolech během dne. Emoční labilita se projevuje nečekanými projevy jednání, kdy se jedinec jakoby vrací k dětským vzorcům chování. Příčinou tohoto chování může být výše zmíněná unavitelnost, přílišná koncentrace, ale také nevhodný postoj okolí k problémům dítěte.

Poruchy aktivity se mohou projevit jako hyperaktivita či hypoaktivita. Tyto projevy můžeme pozorovat již v raném věku dítěte a mohou být spojeny s poruchami pozornosti.

Poruchy senzorní integrace se projeví jako obtíže s integrováním vjemů odlišných modalit. Obtížněji a déle vytvářejí vztahy sluchových, zrakových vjemů a to následně vede k obtížím ve spojování hlásek s danými tištěnými písmeny a jejich psanou podobou.

U dospělých osob mohou symptomy způsobit sníženou či slabou výkonnost. Mezi nejčastější projevy dospělých osob s dyslexií patří:

- Problémy s psanými instrukcemi.
- Špatné zapamatování čísel či instrukcí.
- Špatné sekvenční zpracování.

- Obtíže v orientaci v tabulkách či mapách.
- Problémy s organizací.
- Mohou se objevit emoční poruchy (Pospíšilová, 2006).

1.4 Diagnostika

Jako diagnostiku lze označit „činnost směřující k zjištění diagnózy, projevů a příznaků choroby s cílem odhalit její příčiny, způsob léčby a prognózu vyléčení“ (Hartl, Hartlová, 2009, s. 111). Na tomto procesu se podílejí pedagogové, psychologové, lékaři, logopedové a další odborníci.

Matějček (1993) popisuje 3 základní postupy diagnostiky:

1. Zjistit, zda se opravdu jedná o specifickou vývojovou poruchu čtení, čímž ji odlišíme od nepravých dyslexií.
2. Jedná-li se o dyslexii, je důležité zjistit, jaká je etiologie konkrétního případu. Jaký je jeho obraz a stupeň závažnosti.
3. V neposlední řadě zjistíme všechny okolnosti, které mají význam pro další terapeutickou práci.

1.4.1 Školní dokumentace

Učitel, nebo rodič je zpravidla první, kdo si všimne nápadnosti u dítěte. Nejčastěji se pozastavují nad špatným prospěchem dítěte, aniž by jeho inteligence byla podprůměrná. Učitel většinou také jako první doporučuje odborné vyšetření dítěte. A právě školní dokumentace je jednou z důležitých informací pro diagnostiku. Důležité je zjistit, jak si dítě vede v mateřském jazyce a jak je na tom v ostatních předmětech. Největším ukazatel je poté rozdíl stupně známkování v matematice a českém jazyce. Matematika nejvíce ze všech předmětů koreluje s inteligencí měřenou psychologickými testy. Jestliže je tedy známka z českého jazyka výrazně horší, může riziko dyslexie vzrůst.

Časový průběh školních obtíží je dalším z ukazatelů, který nám může učitel poskytnout. Je důležité vědět, zda problémy trvají již od začátku školní docházky, nebo se objevily až v pozdějším stádiu. Zda jsou projevy stálé, nebo mají patrné výkyvy, zvýrazňují se, nebo jich naopak ubývá. Žádáme také učitele, aby nám projevy podrobně popsal. Odhad inteligence dítěte ze strany učitele je také kvalitním ukazatelem. Podkladem pro anamnestický rozhovor s rodiči nám může sloužit popis spolupráce rodiny se školou a názor na rodinné prostředí ze strany učitele (Lechta, 2003).

1.4.2 Anamnéza

Sepsání anamnézy by mělo předcházet samotnému vyšetření s dítětem. Důležitou informací je výskyt podobných obtíží ve čtení, jaké má dané dítě, u příbuzných. Zajímá nás také úroveň dosaženého vzdělání rodičů dítěte, jejich uplatnění. Zjišťujeme i výskyt narušené komunikační schopnosti v rodině, výskyt leváctví a dalších nápadností.

Poté se zaměříme na údaje konkrétního dítěte. Získáváme informace o průběhu těhotenství, porodu, vývoji dítěte. Snažíme se zjistit prodělané nemoci dítěte. Důležité pro diagnostiku je pohybový vývoj dítěte, lateralita a vývoj sociálních návyků. Na vývoj řeči dítěte se zaměříme podrobněji. Zajímá nás vztah dítěte k rodinným příslušníkům, průběh v mateřské škole, navazování kamarádských vztahů, vztah k učitelům. V další části anamnézy se zaměříme na výchovu. Kým a jak je dítě vychováváno, který z výchovných stylů se v rodině uplatňuje.

Poslední a nejdůležitější část věnujeme obtížím dítěte, pro které je vyšetřováno. V našem případě, kdy máme podezření na dyslexii, se ptáme na zájem dítěte o knížky. Jaký má dítě vztah ke čtení, kdy se přibližně naučilo číst. Jak se dítě těšilo na vstup do základní školy. Jak je dítě schopno pochopit slovní hříčky, rozložit slova na slabiky, učit se básničky. Kdy si rodiče prvně všimli obtíží u dítěte, a jak se tyto problémy projevují. V neposlední řadě po rodičích chceme, aby sami pověděli, co shledávají za příčinu těchto problémů a jak postupují při odstraňování těchto obtíží (Lechta, 2003).

1.4.3 Vyšetření dítěte

Vyšetření dítěte s dyslexií je časově velmi náročné, je proto důležité si tento čas perfektně zorganizovat. Během zkoušek bychom neměli zapomenout na dodržování standardních podmínek. V následující části uvádím některé z možných testů při vyšetření dítěte s dyslexií:

Vyšetření čtení: v našich podmínkách se nejčastěji používá zkouška hlasitého čtení. Dále pak provádíme detailní rozbor čtenářského projevu dítěte. Používají se standardizované texty, které jsou odstupňované dle grafické i obsahové náročnosti. Můžeme využít text pro děti prvních tříd, několik náročnějších textů pro děti vyšších ročníků, nebo text nesmyslný. Nesmyslný text obsahuje české hlásky a je napsán českým pravopisem, objevují se zde však slova, které v českém jazyce nenajdeme. Děti čtou text po dobu nejdéle třech minut.

Při vyšetření je pro nás jedním z nejdůležitějších ukazatelů **rychlost čtení**. Dítě necháváme číst dvě až tři minuty, hodnotíme však výkon pouze z přečteného během první minuty. Všechny děti necháváme číst stejný text. Vyhodnocuje se počet správně přečtených

slov za minutu. Tento počet se pak vyjadřuje jako čtenářský kvocient. Následně se zaměřujeme na **počet chybně přečtených slov**. Ukazatel četnosti špatně přečtených slov významně souvisí s rychlostí čtení. Dalším ukazatelem je **stupeň vývoje čtenářských návyků**. Čtení dítěte se může pohybovat na stupnici od hláskování, přes slabikování, plynulé slabikování, čtení jednotlivých slov, čtení malých či větších skupin, až po čtení skupin slov se správnou intonací. Je důležité zaměřit se také na tempo čtení dítěte. Některé děti mohou číst velmi pomalu, avšak vyspělým způsobem. Naopak děti, které mají velmi rychlé tempo, mohou číst „primitivním“ stylem. Kvalita chyb ve čtení je pro nás ukazatelem, zda dítě již zná všechny písmena. Sledujeme, zda se chyby objevují na začátku, uprostřed, nebo na konci slova. Dítě může slova zaměňovat. Zrcadlové zaměňování písmen je časté, například písmena b-d, a-e. Další možná záměna písmen je tvarově podobných, například m-n. Dítě může také zaměňovat sled písmen ve slově, například tašky-šátky. Může se objevovat také přidání či vynechání písmen ve slově. Jedním z posledních ukazatelů je **průvodní chování dítěte při čtení**. Zaměřujeme se na předbílání a vracení se ve čtení, zadržování, protahování konců slov, na nádechy před každým slovem. U dětí s dyslexií se často setkáme s dvojitým čtením, tj. dítě si slovo řekne potichu pro sebe a pak až jej řekne nahlas. Na konci tohoto testování je důležité dítě pochválit a nezdůrazňovat jeho chyby. Aby si dítě mohlo číst pro zábavu a přinášelo mu uspokojení, měla by být rychlost čtení přibližně 60-70 slov za minutu a počet chyb by měl zůstat pod hranici 5 %, plynulé by mělo být čtení alespoň po slovech a bez nadměrného luštění (Lechta, 2003).

Zkoušky psaní a pravopisu: standardizované zkoušky na pravopis a psaní bohužel v České republice nemáme, pracovníci používají takové metody, které se jim v jejich praxi nejvíce osvědčily. Na písemný projev dítěte se zaměřujeme, jelikož je dyslexie často spjatá s poruchou psaní neboli dysgrafií. Grafomotorický akt má velice blízko ke stupni zralosti nervového systému dítěte, může nám tedy prozradit poškození či jiné poruchy. V písemném projevu dítěte si všímáme velikosti, tvaru písmen, ale také jistoty tahu, kterou dítě má. Hodně nám může prozradit také tlak na podložku, sklon směru písma. Některé děti mohou často přetahovat, či nedodržovat písmo na lince. Důležité jsou také spoje mezi písmeny a navazování jednoho písmena na druhé. Dítě může psací náčiní držet křečovitě, tvrdě, nebo mít zvláštní postavení prstů či ruky, což vede k trhanému, nekoordinovanému písmu. Při vyšetření pak můžeme použít také metodu diktátu. Zde zjistíme, jak je na tom dítě se sluchovou analýzou slov na hlásky, rozlišováním hlásek artikulačně či zvukově blízkých. Objevit se u dítěte mohou také specifické asimilace, problémy s určování pořadí slabik, či hlásek. V návaznosti na školní dokumentaci si prohlédneme také sešity a další písemné

projevy daného jedince. Porovnáme písemný projev dítěte ve škole a v našich zkouškách. Často se stává, že dítě ve škole, kde je hodně dětí a nedává takový pozor, udělá chyb více.

Po zkouškách čtení, psaní a pravopisu můžeme u dítěte provést i další vyšetření, které diagnostiku zpřesní. Mezi takovéto zkoušky můžeme zařadit například **test laterality**, který obsahuje hodnocení laterality rukou, nohou i očí. Dále si všímáme **motorické vypěstlosti dítěte** a to jeho množství pohybů, ale i vyzrálosti pohybů. Zaměříme se také na jemnou motoriku. Nápadnost pohybů u osob s dyslexií může být spojeno také s jednou ze zmíněných příčin dyslexie, a to mozečkové. Dále vyzkoušíme u dítěte **pravo-levou orientaci**. Edfeldův reverzní test nám pomůže zjistit úroveň **zrakového vnímání** dítěte. Ve **sluchovém vnímání** nám pomohou testy Zkouška sluchové analýzy a syntézy a také Zkouška sluchové diferenciacie od Wepmana a Matějčka. Dyslektici často nerozlišují krátké a dlouhé slabiky, rytmizace jejich řeči může být nedokonalá. K zjištění těchto projevů nám může pomoci zkouška smyslu pro rytmus, která se provádí pomocí bzučáku.

V neposlední řadě v rámci psychologického vyšetření je dobré provést zkoušku inteligence. Často tak můžeme v rámci diferenciální diagnostiky odlišit dyslexii od nepravé neboli pseudodyslexie. Pseudodyslexii mají často děti, které sice čtou pomalu a špatně, toto čtení je však způsobeno úrovní intelektových schopností.

Mezi méně známé a používané metody v rámci diagnostiky dyslexie můžeme zařadit právě vyšetření očních pohybů, či zkoumání mozku dyslektiků, například možností funkční magnetické rezonance.

1.4.4 Diagnostika dospělých

Většina dyslektiků je diagnostikována již v dětském věku. Často jsou k tomu nuceni právě kvůli školním problémům. Zelinková (2009) uvádí, že v roce 1998 byly publikovány první informace o diagnostikování dospělých jedinců s SPU. V dnešní době známe tento test pod názvem Dystest. Dystest se používá pro diagnostiku specifických poruch učení u studentů vysokých škol a uchazečů o vysokoškolské studium. Dystest zahrnuje oblasti čtenářských dovedností, jazykových kompetencí, zrakové a sluchové percepce a paměti (Cimlerová, 2014).

Autoři často používají i u dospělých zkoušky, které se běžně používají u dětí. Jedná se o zkoušky čtení bezesmyslných slov, analýzu první a poslední hlásky, jmenování čísel, rýmování a další (Zelinková, 2009).

V diagnostice dospělých se však mohou objevit i obtíže. Dospělí jedinci často mají přidružené symptomy, které mohou diagnostiku komplikovat. Jedná se například o malý

počet přečtených textů, což omezuje jejich příležitost rozšířit si slovní zásobu a získávat nové informace (Mertin, 1998).

1.5 Intervence dyslexie

U dyslexie mluvíme o intervenci, mnoho autorů však stále užívá nesprávný termín reedukace. Například Jucovičová (2003) v knize definuje reedukaci jako převýchovu, znovu obnovenou výchovu. Tímto pojmem označuje soubor speciálně pedagogických postupů, metod práce, které se zaměřují na rozvoj porušených nebo nevyvinutých funkcí. Reedukační proces při dyslexii poté tedy chápe jako postupný rozvoj, zlepšování úrovně daných porušených nebo nevyvinutých funkcí důležitých pro čtení.

Prvním krokem k dobře odvedené práci při intervenci dyslexie je kvalitně provedena diagnostika. Jelikož je intervence vždy individuální záležitostí a vychází z daných potřeb dítěte, musíme perfektně znát okolnosti vzniku ale i klinický obraz, kterým se dyslexie projevuje. Jinak budeme postupovat, pokud víme, že je dyslexie zapříčiněna geneticky, nebo zde hraje roli čistě fonologický či motorický deficit. Dalším krokem v úspěšné intervenci a práci s dítětem je navození příznivé atmosféry a motivace dítěte. Intervenci je dobré začínat na úrovni dítěte, kterou s jistotou ještě zvládá. Tak dítě od práce neodradíme a pomocí pozitivní motivace podněcujeme dítě a posouváme se v obtížnosti. Za pozitivní motivaci můžeme například označit pochvaly za dobře splněný úkol či ujištění dítěte o naší podpoře a pomoci. V neposlední řadě nezapomínáme na multisenzorický přístup. Do intervenčního procesu zahrnujeme co nejvíce smyslů (zrak, hmat, sluch, čich). Podněty pro dítě tak nejsou jednostranné a má možnost vnímat větším počtem analyzátorů. Využitím více smyslů můžeme docílit lepšího vštípení do paměti, důkladnějšího uchování, ale i snazšího a rychlejšího vybavení z ní. Tento přístup je také dobrý z důvodu rozmanitosti osobního stylu učení. Každé dítě využívá při učení jiný typ smyslů. Některé děti jsou spíše auditivně založené, jiné vizuálně, či hapticky (Jucovičová, 2003, Matějček, 1995).

Jucovičová (2003) také dodává, že při intervenci je dobré začínat nácvikem percepčně motorických funkcí. Tyto funkce tvoří podklad poruchy a navíc jsou tato cvičení pro děti lákavá a zábavná. Upozorňuje také na fakt, že nejlepší práce je individuální. I přesto, že jsme v některých situacích nuceni pracovat ve skupině, neměl by počet přesáhnout 3-5 dětí.

Mimo tyto klasické způsoby intervence zde existují i kontroverzní typy léčby dyslexie. Uvádíme je zde spíše pro zajímavost a rozšíření povědomí o jiných typech terapie. Mezi takovéto typy můžeme zařadit například **barevné čočky**. Byl popsán takzvaný „skotopický syndrom citlivosti“, který je charakteristický bolením hlavy, hemeroidy a obtížemi ve čtení.

Dítě je vyšetřeno diapositivy různých barev, aby se našlo správné zbarvení pro dané dítě. Mezi další technika patří také **trénink zraku**. Mnozí optometristé zastávají názor, že specifické poruchy učení jsou založeny primárně na zhoršení zraku. Na tomto základě jsou pak předepsána oční cvičení, takzvaný trénink zraku, čímž dojde ke zlepšení způsobu, jakým oči pracují. Cvičení očních pohybů při čtení popisuje také Zelinková (1994). Při nácviku popisuje cviky jako jmenování předmětů zleva doprava, čtení prvních písmen či slabik ve slově, usměrňování očních pohybů pomocí „okénka“ nebo záložky. Poukazuje také na řadu počítačových programů, které nabízejí zrakové cvičení a jsou pro děti lákavé. Další technikou je **procvičování laterality**. Již kdysi Orton poukázal na selhání dominance jako příčinu specifických poruch učení. Na tomto základě byla sestavena právě tato terapie, pod kterou najdeme například cvičení na opravení „nedominantního oka“ (Selikowitz, 1998). Jelikož ale tyto a další kontroverzní typy léčby dyslexie neměly prokázaný účinek, nebudeme se jimi dále zabývat.

1.5.1 Techniky čtení (dekódování)

V první části se zaměříme na techniky čtení, jeho dekodování. Při procesu dekodování musí dítě zvládat zrakovou identifikaci tvaru písmen, spojení psaného písmene s odpovídajícím zvukem (hláskou), musí ovládat zrakoprostorové uspořádání, hláskovou syntézu a analýzu. S těmito úkoly mají děti s dyslexií časté problémy.

Při **zrakovém vnímání** písmen může dítěti pomoci také hmat. Zkousíme poznávat daná písmena pohmatem se zavřenýma očima. Použít můžeme také různé materiály, a to textilie, dřevo, papír, korálky, dle naší fantazie. V další etapě s dítětem zkoušíme **spojení písmene s hláskou**. Využíváme multisenzoriální přístup, zapojujeme tedy všechny smysly. Dítě při ohmatávání písmeno zároveň pojmenovává a uvědomuje si aktivitu artikulačních orgánů. V této fázi reedukace často narazíme na problém dítěte s rozlišováním hlásek tvarově podobných (b-d, m-n, a-e), ale také zvukově podobných (t-d, sykavky). Problémy se však pomohou objevit i u písmen lišících se délkou nebo písmen nepodobných. Při **rozlišování písmen b – d - p** opět používáme spojení obrázku s písmenem, nebo na vlastním těle. Předřikáváme dítěti slova a ono ukazuje na správný tvar písmene. Využít můžeme také barevné kroužkování či vyškrtávání těchto písmen v textu. Stejně postupy platí i při **rozlišování písmen m - n**. Při **spojuvání hlásek a písmen do slabik** mají problém převážně děti, které nejsou schopné kvalitní analýzy a syntézy. Při nácviku můžeme využít manipulaci s kostkami, na kterých jsou písmena, modely písmen z papíru, či textilií. Aby byl nácvik pro děti lákavější, můžeme jej spojit také s pohybem. Postupně přecházíme ke **čtení slov**.

Začínáme od slov jednodušších, kratších. Postupně přidáváme slabiky otevřené, poté i uzavřené, nakonec si necháváme slova se souhláskovými shluky. Při nácviku čtení slov můžeme využít také dyslektické okénko, kde je odkryta vždy jen jedna slabika. Na počátku však posunuje s okénkem dospělý, jelikož manipulace je někdy pro děti náročná. Když přecházíme na **čtení souvislého textu**, dbáme na to, aby věty v textu byly pro dítě ze začátku snadné a krátké. Usnadnění je také, pokud se slova v textu často opakují. Písmena by měla být ze začátku větší, napsaná výraznějším typem. Nezapomínáme na zásadu cvičit krátce a častěji. Dítěti stačí tři až pět minut čtení několikrát během dne. Dalšími z možných variant při nácviku čtení je čtení v duetu, střídavé čtení, čtení s předčítáním, či vyhledávání obtížných slov (Jucovičová, 2008, Zelinková, 2009).

1.5.2 Čtení s porozuměním

Cílem při čtení je porozumět tomu, co bylo přečteno. Důležitým prvkem je také to, že porozumění úzce souvisí s dekodováním. Čím lepší a jistější je dítě v dekodování, tím více se může zaměřit na obsah přečteného. Musíme brát v potaz také úroveň čtení a věk dítěte. Zelinková (2008) uvádí možnosti nácviku, které pomáhají porozumění textu. Mezi ně patří nácvik čtení obtížných slov, čtení po částech se zdůrazněním základní myšlenky, grafická úprava textu, ale také předcházející seznámení s textem formou rozhovoru.

Jucovičová (2008) uvádí konkrétní postup, kdy nejprve s dítětem začínáme poznávat jednoduché slova pomocí obrázku na kartičkách. Poté daný obrázek přiřazuje do věty, kterou řekne i svými slovy. Další úroveň může být vynechané slovo ve větě, kdy dítě podle významu doplní vhodné slovo. Těžší úroveň je pak text, kde je vynecháno více slov, které jsou umístěny vedle textu. Dítě si nejprve přečte samostatná slova, poté text a snaží se slova správně doplnit. Při další fázi chceme po dítěti vyjádřit například obrázkem krátký přečtený text. Pokud již zvládá, necháme jej převyprávět text svými slovy. Využít můžeme také rozstříhané věty, kdy dítě seřazuje věty podle děje. V konečných fázích pak dítě žádáme o dokončení příběhu, či domýšlení nadpisů. Důležité je, neskončit pouze na úrovni, kdy dítě registruje text, zapamatuje si ho a převypráví. Podstatné je, aby zvládalo uvědomit si souvislosti v textu, vyčlenit podstatné informace, posoudit kvalitu, pravcovost a další. Jak vybrat vhodnou knihu pro dítě a jak mu ještě více při porozumění pomoci popisuje poté Jucovičová v samostatné kapitole Čtení pro život, v knize Metody reedukace specifických poruch učení, 2008. V této práci však není již více prostoru se tímto zabývat.

Lechta (2011) uvádí při porozumění čtení časový plán nácviku, který zahrnuje tři etapy. **První etapa** začíná před čtením textu. Zde je dobré, aby si dítě text prohlédlo. Může v textu

vyhledat neznámá slova a porozumět jim, dospělý může dítěti říct hlavní myšlenku příběhu. Dále si dítě může klást otázky, které se týkají hlavního tématu příběhu. **Druhá etapa** nám ukazuje, co se děje během čtení textu. Zde nám může pomoci ilustrace či obrazy. Dítě si během čtení snaží v mysli představit obraz toho, co čte. Pomocí nám může modelování, kdy dospělý popisuje nahlas obraz vytvořený v mysli. Následně chceme po dětech, aby sami zkusili tento obraz popsat. Mezi technické pomůcky, které v této fázi můžeme využít, patří například magnetofon. Text se nahraje a následně se pouští nahlas. Dítě sleduje text a může si dělat poznámky. Podceňovat by se také neměla technika podtrhávání. Podtrhávat dítě může jak fráze či věty, tak pouze klíčová slova. Poslední, **třetí etapou** je fáze po přečtení textu. Nejběžnější metodou je zde kladení otázek, na které dítě odpovídá. U starších dětí můžeme využít grafy, kde vytváříme sémantické sítě. V neposlední řadě se využívá také shrnutí textu, dítě může příběh převyprávět, nakreslit, pomoci mu můžeme otázkami.

Těmito metodami a postupy můžeme docílit lepšího porozumění čteného textu u dítěte. Obsah textu tak bude dítěte méně unikat. Navíc při zlepšení porozumění textu se může zlepšit také výkon dítěte v matematice, při řešení slovních úloh (Zelinková, 1998).

2 OČNÍ POHYBY

V této kapitole se budeme zabývat očními pohyby. Nejprve si popíšeme oko jako takové, abychom lépe pochopili, jak funguje. Následně popíšeme typy očních pohybů. Vysvětlíme si, v čem jsou jiné oční pohyby dyslektiků od běžných čtenářů. V poslední kapitole zmíníme dřívější výzkumy, které se zabývaly očními pohyby u těchto skupin.

2.1 Zrakový analyzátor

Zrak je pro nás patrně nejdůležitějším smyslem. Člověk pomocí zraku získává až 90 % informací. Prostřednictvím speciálních světločivých receptorů, které jsou uloženy v sítnici oka, nám zrak umožňuje vnímat světlo. Zrakový analyzátor se skládá z oční koule a přídatných očních orgánů (Merkunová, Orel, 2008).

2.1.1 Anatomie oka

Oční koule (bulbus oculi) je kulovitého tvaru a má průměr asi 23 mm ve vertikálním a příčném směru a 26 mm v předozadním směru. Oční koule má 2 póly, přední pól neboli polus anterior a pól zadní neboli polus posterior. Přední a zadní pól spojuje oční osa. Zrakový nerv vystupuje mediálně od zadního pólu. Dále u oční koule rozlišujeme stěnu a obsah. Stěna oční koule se skládá ze 3 částí :

- **Zevní vazivové vrstvy** – tvořena bělimou a rohovkou.
- **Prostřední vrstvy** – tvořena je cévnatkou, řasnatým tělískem a duhovkou.
- **Vnitřní vrstvy** – tvořena sítnicí.

Bělina neboli sclera je pevná, tuhá vazivová blána. Zaujímá 5/6 celé oční koule. Její funkce je chránit hlubší oddíly oční koule. Také představuje pevnou oporu pro připojující se šlachy okohybných svalů. Má bílou barvu, jelikož je prakticky bezcévná. Na přední straně skléry je otvor o průměru asi 12 mm, do něhož je vsazen zkosený okraj rohovky (Synek, Skorkovská, 2014).

Rohovka neboli cornea překlenuje a uzavírá kruhový otvor v předním okraji bělimy. Má tvar segmentu koule, který se vyklenuje dopředu. Zaujímá 1/6 oční koule. Její tloušťka se liší od 0,5 do 1 mm, na okrajích je silnější, na vrcholu užší. Povrch rohovky je velmi citlivý na dotyk, díky množství volných nervových zakončení. Rohovkový epitel se

kompletně mění během 7 až 10 dnů. Tato velká regenerační schopnost zajišťuje velmi dobré hojení malých poranění rohovky. Pokud je však poškozena Bowmanova membrána, poranění se hojí jizvou, což snižuje průhlednost rohovky. Důležitá je průhlednost neboli prostupnost rohovky pro světelné paprsky. Představuje tak vstupní oddíl tzv. optického prostředí oka a z hlediska indexu lomivosti světla je jeho nejvýznamnější součástí (Synek, Skorkovská, 2014).

Cévnatka neboli choroidea zaujímá zadní 2/3 oční koule, tím představuje nejrozsáhlejší část prostřední vrstvy. Je to tenká černohnědá blána, která je bohatá na cévy. K bělimě se přikládá povrchovou stranou. Dutinová strana cévnatky, která je hladká a naléhá na ní sítnice, je také bohatě pigmentovaná. Pohlcuje světelné paprsky, zabraňuje jejich odrazům a přesvětlení oka. Je tvořena sítí kapilár. Představuje tak tmavou komoru pro optickou vrstvu sítnice. Z kapilární sítě jsou vyživovány pigmentové buňky sítnice (čípky a tyčinky). Zadním otvorem cévnatky prostupují vlákna zrakového nervu, sítnicová tepna a žíla. Okraj cévnatky přechází do řasnatého tělíska (Synek, Skorkovská, 2014).

Řasnaté tělísko neboli corpus ciliare má tvar zřaseného prstence, který je přiložen na vnitřní stranu bělimy. V řezu má tvar trojúhelníku. Zadní okraj řasnatého tělíska, který se ztenčuje, přechází plynule do cévnatky. Směrem dopředu se řasnaté tělísko ztlušťuje a spojuje se s duhovkou. Výběžky řasnatého tělíska vylučují do zadní oční komory komorový mok. Musculus ciliaris (hladké svalové buňky) tvoří vazivové stroma, které je podkladem řasnatého tělíska. Prstencitý svěrač, tvořený také musculus ciliaris, svou kontrakcí uvolňuje závěsný aparát čočky. Díky pružnosti mění tvar a optickou mohutnost, a tím umožňuje akomodaci čočky (Synek, Skorkovská, 2014).

Duhovka neboli iris je nejvíce dopředu vysunutá část prostřední vrstvy. Má tvar mezikruží s centrálně uloženým otvorem zvaným zornice neboli panenka (pupilla). Přední plocha duhovky se obrací proti rohovce, mezi nimi je přední komora oční. Přední část duhovky je různě zbarvena, podle množství pigmentu, a určuje tak barvu očí. Rozlišujeme také svěrač a rozvěrač zornice. Svěrač je tvořen cirkulárně orientovanými svalovými buňkami a jeho kontrakce způsobí zúžení pupily. Tím omezí množství světla, které do oka vniká. Rozvěrač zornice je tvořen radiálně uspořádanými svalovými buňkami a při jeho kontrakci se zornice rozšiřuje. Úloha duhovky je světelná clona. Podle množství světla si sítnice mění své osvětlení pomocí pupilárního reflexu tak, aby mělo optimální hodnoty (Synek, Skorkovská, 2014).

Sítnice neboli retina tvoří celou dutinovou stranu oční koule až k okraji duhovky. Sítnice se dělí na dva stavebně i funkčně odlišné oddíly, a to optickou a slepou část sítnice.

Tyto oddíly jsou od sebe odděleny nerovnou čarou zvanou ora serrata. Optická část sítnice je funkčně nejvýznamnější vrstvou. Na očním pozadí rozlišujeme několik útvarů. U zadního pólu oka leží žlutá skvrna, která má kruhovitý tvar o průměru asi 3 mm. Ve středu je prohlubeň, nazývaná fovea centralis. V tomto místě je nejostřejší vidění, jelikož se do ní promítá centrální paprsek. V místě žluté skvrny jsou nahromaděny jen čípky, které zda mají největší hustotu. Ve vzdálenosti asi 4 mm od žluté skvrny je bělavé políčko, kterým vystupuje z oční koule zrakový nerv. Slepá část sítnice kryje vnitřní plochu řasnatého tělesa a duhovky. Stavba této části je velmi jednoduchá. Tvoří jí pouze pigmentová vrstva a neobsahuje žádné smyslové buňky. Bývá také označována jako pigmentový list řasnatého tělesa a duhovky.

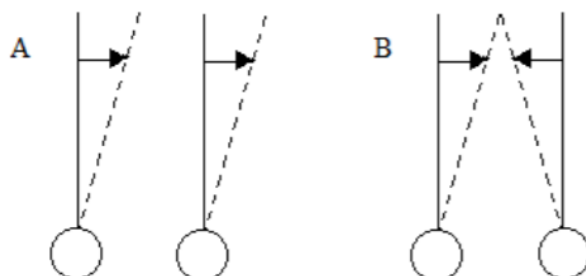
Za pohyb oční koule a její mechanické a chemické chránění mohou přídatné oční orgány. Tvoří je **očnicové svaly, vazivový aparát očnice, víčka, spojivka a ústrojí slzné. Očnicové svaly** můžeme rozdělit do dvou skupin, a to na příčně pruhované svaly – pohybují oční kouli (neboli okoohybné svaly – ty dále dělíme na přímé a šikmé, řadíme k nim i zdvihač horního víčka) a hladké svaly očnice (Synek, Skorkovská, 2004).

Okohybné svaly jsou inervovány motorickými vlákny III., IV., VI. hlavového nervu. **Oční víčka** jsou horní a dolní. Podloženy jsou tuhými vazivovými ploténkami a vepředu se nachází jemná kůže. Na okraji víček jsou řasy a drobné žlázy, které produkují maz, ten zabraňuje přetékaní slz. **Spojivka** je tenká růžová blanka, která má slizniční charakter. Její funkce je krytí vnitřní plochy víček a následně přechází na bělimu. Její konec je při obvodu rohovky. **Slzné ústrojí** tvoří slzná žláza, jejímž produktem jsou slzy. Ty zvlhčují povrch oční koule a usnadňují pohyb očního bulbu i víček (Merkunová, Orel, 2008).

V této kapitole jsme si popsali zrakový analyzátor a jeho funkci. Tyto pojmy pro nás budou důležité i v následujících kapitolách. Dále se v diplomové práci budeme zabývat očními pohyby, jak u intaktních osob, tak u dyslektiků. Popíšeme si také jejich druhy a funkce.

2.2 Druhy očních pohybů

Oční pohyby nejčastěji dělíme na konjugované a diskonjugované.



Obrázek č. 1 – konjugované a diskonjugované oční pohyby (Jošt, 2009).

Ke konjugovaným očním pohybům (A) řadíme pohyby fixační, sakadické, plynulé sledovací a vestibulárně-optokinetické. Oči se pohybují ve stejném směru vzhledem k objektu. K diskonjugovaným pohybům (B) řadíme vergenci. Zde se oči pohybují v opačném směru. Abychom viděli kvalitně, je důležitá součinnost obou těchto pohybů.

Naše oko je v pohybu, i když se díváme na pevný bod. Popisují se tři druhy **fixačních očních pohybů** (tremor, drift a mikrosakády). **Tremor** neboli třes je charakteristický svou vysokou frekvencí (až 100 Hz či kmitů za sekundu) a nízkou amplitudou. Tremor jednoho oka nesouvisí s pohybem oka druhého. Každé oko se chvěje jinak, není zde žádná souvislost. Funkční význam tremoru není znám. Jednou z možností příčin je nepřesná kontrola okohybných svalů. Tremor nastupuje po driftu a mikrosakádách. **Drift**, typický svými pomalými klouzavými pohyby, má nízkou a proměnlivou frekvenci (méně než 0,5 Hz) ale vysokou amplitudu oproti tremoru. Drifty posouvají oko mimo střed fixace. Každé oko opět driftuje nezávisle na druhém. **Mikrosakády** se vyznačují frekvencí 1 až 2 pohyby za sekundu a amplitudou podobnou jako u driftu. Mikrosakády vykonávají pohyb oka zpět do středu fixace. Jsou velice rychlé, až stovky úhlových stupňů za sekundu. Oproti driftu a tremoru jsou mikrosakády obou očí spojeny (podobný je směr, velikost, reakční čas). Mikropohyby během fixace lze pozorovat pouze vysokofrekvenčními eye-trackery, nikoli lidským okem. Ani jedny z fixačních očních pohybů nemůžeme ovládat vůlí (Jošt, 2009; Popelka, 2018).

Nejrychlejší z očních pohybů jsou **sakády**. Jejich název je původem z Francie, kde je označován jako *saquer*. Sakády zahrnují rychlé přesměrování očí z jednoho obrazu, cíle, na obraz druhý. Díky jejich velké rychlosti jsou oční svaly nejrychlejšími svaly v lidském těle

(Enderle, 2010). Funkcí sakád je zachytit pohybující se předmět a jeho obraz promítnout na žlutou skvrnu (foveu), což je místo nejostřejšího vidění umístěno na sítnici oka. Jako identifikační znak sakád u neznámého očního pohybu se užívá pojem „hlavní sekvence“. Tento pojem znamená, že se nemění poměr mezi maximální rychlostí a velikostí (amplitudou), tedy čím delší je sakáda, tím vyšší je maximální rychlost. Stejně jako fixační oční pohyby ani rychlost sakád není ovladatelná vůlí. Jelikož se sakády pohybují velkou rychlostí, dalo by se očekávat, že obrazy okolního světa, které se promítnou na sítnici, budou rozmazané. Ovšem tomuto rozmazání a deformaci obrazu zabráňuje jev, který se nazývá sakadické suprese, nebo omise. Jošt (2010) popisuje 2 existující vysvětlení sakadické suprese. První z nich je centrální anestezie, její vysvětlení tkví v ignorování všech ostatních podnětů působících na nás během sakád. Tento příkaz přichází z mozku při spuštění sakády. Druhým vysvětlením je vizuální maska, která úzce souvisí s tranzitoritním a sustentativním systémem, který jsme si již vysvětlili v první kapitole. Vysvětlit si to můžeme následovně, v době fixace je spuštěn systém sustentativní, v době sakády, která přichází po fixaci, sustentativní systém přetrvává a tím zůstává obraz, z doby fixace, v krátkodobé paměti. Tento obraz zajistí překrytí rozmazaného objektu v době sakády, proto jej nazýváme vizuální maskou. Na konci sakády se opět aktivuje systém tranzitoritní, který obraz udržovaný sustentativním systémem vymaže. Tím vzniká místo pro nový obraz v následující fixaci. Zde vidíme i vysvětlení v rámci dyslexie. Pokud je příčina dyslexie v poruše magnocelulárního systému, je narušen tranzitoritní a sustentativní systém, dochází u dyslektiků k vizuálnímu chaosu.

Plynulé sledovací oční pohyby nám dovolují objekt sledovat souvisle. Oční pohyby tak kopírují dráhu objektu. Jestliže se objekt zrychlí, nebo zpomalí, to samé udělají oční pohyby, vidění tudíž zůstává jasné. Pro plynulé oční pohyby je však podmínkou určitá rychlost pohybu daného obrazu. Také pokud se objekt pohybuje nepravidelnou rychlostí, naše schopnost ho plynule sledovat je snížena. Jestliže objekt překročí rychlost pohybu, při které jsou schopny plynulé oční pohyby fungovat, nastoupí místo nich sakády. Ty se vyznačují právě schopností zaznamenat objekt v nejvyšší rychlosti a ten následně uvidíme jasně a zřetelně. (Jošt, 2009, Kuchynka, 2007).

Vestibulárně-optokinetické pohyby řadíme mezi reflexy, které jsou řízeny z nižší úrovně mozku. Zajišťují nám udržení obrazu pozorovaného objektu na fovei i přes pohyb hlavy či celého těla. Pokud otočíme hlavou o 10 stupňů doprava, naše oči se pohnou o 10 stupňů doleva. Tím udrží objekt, který bude stále jasně viditelný, na fovei. Reakční doba vestibulárně-optokinetických pohybů, jelikož se jedná o reflex, je oproti sakádám velmi

nížká. Význam těchto očních pohybů zřejmý. Pokud by měl člověk tento systém poškozen, mohl by číst či sledovat objekty pouze s fixovanou hlavou ve speciálním zařízení (Jošt, 2011).

Vedle již popsaných konjugovaných očních pohybů máme také pohyby diskonjugované pod které spadá **vergence**. Wong (2008) popisuje vergenci jako oční pohyby opačným směrem. Funkcí vergence je vnímání objektu jako jednoho celku. Jošt (2011) uvádí, že aby k tomuto došlo, oči mění svůj úhel na rozvírající se, či svírající se. Význam můžeme pozorovat při sledování objektu, který umístíme před sebou a poté jej oddálíme. Objekt vidíme dvojmo, avšak v běžném životě si tento stav neuvědomujeme, zásluhou již zmíněné vergence. Rozdíl spatřujeme také v délce působení objektu, na který se díváme. Pokud podnět působí pouze krátkodobě, reakce vergence je velmi rychlá, krátká a slabá, bez úsilí. Pokud ovšem podnět bude působit delší dobu, rychlost vergence je menší a je podložena silným neurálním úsilím. Tak samo uvádí i Wong (2008), rychlé vergence jsou odpovědi na velké a náhlé změny (potřeba náhlého zaostření z blízka do dálky), kdežto pomalé vergence jsou odpovědi na malé a pomalé změny. I přesto, že si vergenci neuvědomujeme, podléhá volní kontrole.

2.3 Oční pohyby u dyslektiků

V této kapitole se budeme zabývat očními pohyby u osob s dyslexií. Pohyby těchto osob se liší od pohybů u běžných čtenářů. Popíšeme si některé z nich a vysvětlíme si rozdíly.

U dyslektiků si všímáme prvních rozdílů již při vergenci. Vergence, jak jsme si výše vysvětlili, patří pod diskonjugované oční pohyby. Vergence nám umožňuje vidět obraz objektu jako jeden. Po srovnání dyslektiků s běžnými čtenáři se zjistilo, že přes 2/3 dyslektiků mají nepřiměřené vergentní reakce. Oči dyslektiků se pohybují souběžně a vergentní reakce byly tedy opožděné. Problémy se ukázaly nejen při čtení, ale také při nečtenářských úkolech. Tyto výsledky byly viditelné, i přesto, že chronologický věk dobrých čtenářů byl přibližně o 2 roky méně. Dyslektické děti s nedyslektickými se srovnávaly podle čtenářského věku (Jošt, 2011).

Zajímavým zjištěním je také vztah špatných vergencí a fonologického uvědomění. Existují dyslektici, kteří mají převahu obtíží v očních pohybech. Často jim písmena splývají dohromady a obtížně se orientují v textu. U dyslektiků, kteří mají spíše fonologický deficit, jsou oční pohyby (tedy výše zmíněné vergence) v pořádku. Příčina jejich obtíží má tedy základ v jazykové oblasti. Objevuje se však i typ smíšený, u nichž se objevují problémy jak fonologické tak okulomotorické. Návaznost je zde také na mozkové hemisféry. Vergence je

funkcí pravé hemisféry, kdežto fonologická analýza hemisféry levé. Základní příčina dyslexie může tedy spočívat v poruše jedné či obou mozkových hemisfér (Jošt, 2011).

Sakády jsou dalším významným ukazatelem. Existují dvě úlohy, při kterých zjišťujeme sakády. Jedna je založena na překryvu takzvaně overlap task. Na obrazovce se rozsvítí nejprve jeden bod a poté, aniž by první bod zhasnul, se rozsvítí bod druhý (neboli sakadický). Druhá úloha je založena na intervalovém provedení neboli gap task. Zde svítí nejprve jeden fixační bod, který však zhasne a po určitém čase se rozsvítí bod druhý. U dyslektiků jsou zajímavé takzvané expresivní sakády, což jsou velmi rychlé sakadické reakce. Tyto expresivní sakády můžeme u dyslektiků pozorovat především v úloze overlap task, tedy při překryvu bodů. U běžných čtenářů se tyto expresivní sakády mohou také objevit, avšak ve velmi malém měřítku. S postupujícím věkem pak expresivní sakády ubývají. Zajímavé je také to, že dyslektici expresivní sakády produkují mnohem více ve směru doleva. Tato stranová asymetrie je pravděpodobně zapříčiněna nedokonalou lateralizací dyslektiků (Jošt, 2011).

Antisakády je pojem, který užíváme, pokud se oči probanda podívají na opačnou stranu, než kde se objeví sakadický podnět. Proband sleduje fixační bod, pokud se napravo od něj objeví fixační bod, proband má za úkol podívat se nalevo, tedy na opačnou stranu. Tato reakce se nazývá antisakáda. Někteří dyslektici nejsou těchto antisakád schopni. Jiní ji sice vyprodukují, avšak až po několika pokusech, před nimiž nastalo několik prosakadických odpovědí. Je však i malé množství dyslektiků, kteří reagují přiměřeně a srovnatelně s kontrolní skupinou, tedy dobrými čtenáři. S rostoucím věkem se tento úkol zlepšuje a to v obou skupinách, u dyslektiků však pomaleji (Jošt, 2011).

O rozdílných očních pohybech u dyslektiků mluví také Zelinková (1994). Popisuje problémy začínajících čtenářů při čtení zleva doprava. Dyslektické děti mají problém udržet plynulé oční pohyby v tomto směru. Pro dyslektiky jsou typické regrese, neboli vracení se k přečtenému slovu. Dále zdůrazňuje, že čím lepší je čtenář, tím více znaků je schopen zachytit jednou fixací. Začínající čtenáři fixují každou hlásku, kdežto dobří čtenáři zvládají fixovat i více slov najednou.

2.4 Techniky sledování očních pohybů

Oční pohyby se sledují pomocí přístroje zvaného eye-tracker. Eye-trackery se využívají v mnoha oborech, například v psychologii či kognitivní lingvistice. První poznatky o očních pohybech a jejich studiu byly již kolem roku 1800. V roce 1879 Louie Emile Javal popsal oční pohyby během čtení. Zjistil, že oční pohyby se nepohybují hladce, ale naopak se jedná

o sérii rychlých trhaných pohybů. Tento objev vedl k velkému zájmu a řadě nových výzkumů v oblasti pozorování očních pohybů. Jeden z první eye-trackeru sestavil Edmund Huey. Využíval kontaktní čočky, v nichž byla díra pro pupilu. Pro zaznamenávání očních pohybů byl využit hliníkový ukazatel na čočce. Tento invazivní eye-tracker se příliš dlouho neudržel a nahradil ho neinvazivní eye-tracker, se kterým přišel Guy Thomas Buswell. (Vadivel, 2014). Buswelluv výzkum dnes považujeme za základ eye-trackingu. Zaznamenával pohyby očí u celkem 200 respondentů, kterým předkládal více obrázků. Tím vzniklo více než 2000 záznamů pohybu očí. Buswell pro svůj výzkum použil světelné paprsky, které se odrážely od očí čtenářů, a zaznamenával je na filmový pásek. V jeho monografii „How People Look at Pictures“ dokonce najdeme mapu hustoty fixací v jednotlivých částech obrazu. Ruský psycholog, Alfred Lukyanovich Yarbus, navázal na Buswella. Zjistil, že pokud respondentům před sledováním obrazu položí otázku, týkající se daného obrazu, jejich oči se zaměří právě na tu část, která je pro danou otázku relevantní. Dalším poznatkem bylo sledování lidského obličeje. Ukázalo se, že lidský obličej sledujeme fixacemi na oči a poté ústa, tedy do tvaru trojúhelníku. Významný byl také český fyziolog Jan Evangelista Purkyně, který přispěl svými obrazy odrážejících se od povrchu oka. Popsal celkem 4 typy obrazů, které nám pomohou v přesném záznamu polohy oka. První obrázek je odraz od vnější strany rohovky, druhý obrázek je odrazem od její vnitřní strany. Třetí je odraz od přední strany čočky a čtvrtý obrázek je odrazem od její zadní stěny. V 70. letech byl velký pokrok v oddělení očí od pohybů hlavy. Cílem mnoha výzkumu bylo technické vylepšení eye-trackeru, a to v jejich přesnosti. V 80. letech se začínají využívat počítače, které byly již schopné sledovat oční pohyby v reálném čase (Popelka, 2018).

Sledování očí se začalo hojně využívat v oblasti reklam na internetu a webových stránkách. V dnešní době je technologie sledování očí využívána v mnoha oblastech. Často jako prostředek ke komunikaci osob se zdravotním postižením, v oftalmologii, pro lepší pochopení pohybu očí, diagnostice a léčbě abnormalit. Stále zůstává využití také v oblasti webových stránek, počítačových her či mobilních zařízení.

2.4.1 Eye-trackery

V další části textu si uvedeme několik způsobů sledování očních pohybů. Například Duchowski (2007) uvádí čtyři techniky sledování očních pohybů:

- Elektrookulografie.
- Kontaktní čočky.
- Videookulografie.

- Pupil and Corneal Reflexion Tracking.

Elektrookulografie má výhodu v tom, že dokáže měřit očních pohyby i při zavřených očích, tedy i během spánku. Elektrody umístěny kolem očí zaznamenávají rozdíl elektrického odporu kůže. Rozdíly kožního odporu jsou velice malé, ale i přesto z nich lze vypočítat pohyby očí. Nevýhodou je měření polohy hlavy vůči očím. Zkoumání směru pohledu tedy můžeme zjišťovat, jen pokud je současně měřena poloha hlavy. Z uvedených technik je elektromyografie nejméně přesná, přesto však v 70. letech byla hojně používaná. Další metodou jsou **kontaktní čočky**. Technika se sice řadí mezi nejpřesnější, pro respondenta je však velice nepohodlnou. Jde o vložení čočky do oka respondenta, kde čočka je umístěna na rohovce a bělimě. Na čočku se umísťují mechanická zařízení jako drátěná cívka nebo fosfor. Oko je tedy zatěžováno také hmotností čočky. Pohyb čočky, a tedy i oka, je měřen prostřednictvím elektrického napětí vytvářeného v magnetickém poli. I tato technika nelze oddělit od pohybů hlavy. **Videookulografie** je sice neinvazivní metodou, avšak i zde je problém v odlišení pohybů očí od pohybů hlavy. Pro upevnění hlavy se využívají opěrky hlavy nebo tzv. bite-bar, upevnění pomocí zubů. Při tomto způsobu měření se využívá detekce tvaru zornice, pozice limbu a infračervený paprsek odražený od oka. Používá se například limbus tracker, který má namontované infračervené fotodiody na rámu, který je okolo oka. Nevýhodou může být časté překrytí limbu očními víčky. Interpretace z videozáznamu může být příliš dlouhá a náchylná k chybám. Dalším z používaných trackerů je Dual Purkinje Image. Tento tracker využívá prvního a čtvrtého obrázku Purkyně, které jsme si popsali výše. I zde je však nutné upevnění hlavy, nejlépe v kombinaci se zuby. Poslední metodou je **Pupil and Corneal Reflexion Tracking**. Tato metoda již dokáže odlišit pohyby hlavy od otáčení očí a tím zjistit směr pohledu. Nezbytné v tomto případě je měření pozice středu zornice a infračerveného odrazu od rohovky. Zařízení obsahuje kameru, která snímá oči respondenta, a více infračervených světel, které svítí na daného uživatele. Podstatné je, aby kamera vyhledala střed zornice a korneální odraz infračerveného světla. Z těchto dvou bodů se poté vypočítá směr pohledu. Respondent tyto trackery mívá umístěné na hlavě, jsou namontované na přilbách, nebo jsou ve formě brýlí (Popelka, 2018). Tento poslední typ eye-trackeru využíváme také v naší experimentální části.

2.5 Vývoj výzkumu očních pohybů

Jednou z možností diagnostiky dyslexie již v předškolním věku je vyšetření očních pohybů dyslektiků. Již v 19. století Louis Émile Javal popsal vyšetření očních pohybů při čtení. Francouzský lékař požil přísavku s perem, kterou přichytil na oční bulbus pacientů

a sledoval, jak se oko při čtení pohybuje. I přesto, že vyšetření nebylo nějak příjemné a těžko bychom ho dnes použili, došel Javal k zjištění, že oční pohyby nejsou plynulé, ale sakadické (Jošt, 2011).

Velkým posunem ve zkoumání očních pohybů u dyslektiků byl v 80. letech výzkum Pavlidise. Pavlidis se zajímal především o sakády a fixace. Pro výzkum vybral Pavlidis čtenáře různého stupně, od nadprůměrných přes průměrné a podprůměrné až k dyslektikům. Kritériem pro výběr respondentů bylo IQ, které mělo být v pásmu průměru, následně vyloučil také děti s podezřením na zanedbalost, emoční poruchy, smyslové vady a neurologické diagnózy. Věk všech respondentů byl srovnatelný. Úkolem dětí bylo číst předložený text, během čtení Pavlidis registroval oční pohyby (zejména sakády a fixace). Výsledkem byly 2 skupiny dětí. V první skupině se objevili převážně dyslektici, kteří se vyznačovali větším počtem sakád, kratší fixací a vysokým počtem regresí. Druhou skupinu tvořily děti bez dyslexie a malý počet dětí s dyslexií.

V další fázi výzkumu zjistil, že není rozdíl ve čtení dyslektiků podle náročnosti textu. Jestliže dítěti s dyslexií předložíme jednodušší text (například 10 letému dyslektikovi dáme přečíst text na úrovni 8 letého dítěte) jeho oční pohyby se nijak nezlepší. Pohyby očí zůstanou prakticky stejně chybné, chaotické a budou se nadále lišit od očních pohybů nedyslektiků.

Ve třetí fázi výzkumu byl úkol neverbální (sekvenční neverbální). Děti měly za úkol sledovat bod, který se pohyboval zleva doprava, tedy stejné sekvence jako při čtení. Prakticky byla úloha provedena pomocí žárovek, které se postupně rozsvěcovaly a zhasínaly zleva doprava. Žárovky se střídaly, když svítila jedna, druhá zhasla. Pavlidis předpokládal, že i v tomto úkolu budou dyslektici selhávat. Hypotéza se mu potvrdila. Opět dostal skupiny dětí s odlišnými očními pohyby jako při první fázi testování (Jošt, 2009).

Zajímavým výzkumem v roce 2013 byl výzkum 32 čínských dětí s dyslexií (9 dívek a 32 chlapců), rozmezí věku bylo 7,72-13,53 let. Všechny děti měly IQ nad 80 a normální zrakovou ostrost. Nevyskytovaly se u nich žádné emoční poruchy, poruchy pozornosti či hyperaktivita. V kontrolní skupině bylo 39 dětí bez dyslexie ve věkovém rozmezí 7,55-11,54 let s normálními čtenářskými dovednostmi. Děti z kontrolní skupiny netrpěly žádnými emočními poruchami, ADHD, poruchou učení nebo jinou neuropsychologickou nemocí. Oční pohyby dětí byly zaznamenávány na Eye Tracker EyeLink II High-Speed. Účastníci seděli na upravené kancelářské židli, která zabraňovala rotačnímu pohybu a byla přibližně 70 cm od obrazovky počítače. Před pokusem byla provedena stručná kalibrace devíti bodů a v případě potřeby byla opakována mezi bloky. Dětem byly promítány písmena (d, p, q, b),

jejich úkolem bylo vyhledat písmeno d. Dále byly dětem promítány čínské znaky. Třetím úkolem bylo rozlišení číslic 6, 9, 0 a 8. Následně děti rozlišovaly čínské fráze. V předposledním úkolu děti vybíraly daný obrázek z řad několika obrázků. Šestým úkolem bylo nalézt předložený výraz obličeje ženy mezi 12 různými výrazy. Z výsledku vyplývá, že skóre vizuálního vyhledávání bylo nejnižší u výrazu obličeje, zatímco u čísel bylo nejvyšší. Dyslektické děti měly významně nižší výsledky než kontrolní skupina. Výzkumníci dospěli k závěru, že děti s dyslexií měli nižší přesnost vyhledávání, menší rozpětí vizuálního vyhledávání a zpracovávali méně informací během jedné fixace. Tento závěr naznačuje, že vedle fonologických schopností hraje vizuální vyhledávání významnou roli při získávání čtenářských dovedností a výskytu dyslexie. Současná zjištění ukazují, že špatná rozpětí vizuálního vyhledávání dyslektických dětí může přispět k jejich atypickým vzorům pohybu oka. Tyto výsledky jsou pohnutkami k provedení dalších výzkumů k určení příčin nedostatku rozpětí vizuálního vyhledávání u osob s dyslexií (Li, a kol., 2013).

3 FUNKČNÍ MAGNETICKÁ REZONANCE

V poslední kapitole si vysvětlíme pojem funkční magnetické rezonance (dále jen fMRI). Nejprve si ve stručnosti popíšeme mozek a sídla jazyka a řeči v něm. Poté si vysvětlíme princip fMRI a její fungování. Uvedeme také využití fMRI při diagnostice dyslexie.

3.1 Mozkové hemisféry

Náš mozek je tvořen dvěma hemisférami. Mozkové polokoule nejsou zrcadlově podobné. Ani z funkčního hlediska si nejsou rovny, jsou funkčně specializovány. Jsou však propojeny a při fyziologických okolnostech se doplňují a úzce spolupracují (Merkunová, 2008). Můžeme říci, že levá hemisféra je specializovaná pro logické uvažování a pro řeč, a to jak expresi, tak percepce. Označuje se také jako hemisféra „intelektuální“. Pravá mozková hemisféra je spíše „citová“. Slouží ke zpracování smyslových podnětů s emočním doprovodem, ovládá představivost, chápání perspektivy, prostoru a jiné (Orel, Facová, 2009).

Obě hemisféry jsou tvořeny čtyřmi laloky, a to čelním, spánkovým, temenním a týlním. Spánkový lalok levé hemisféry kontroluje řeč, uvažování a její plánování. Některé z oblastí jsou důležité pro tiché čtení. Temenní lalok je zodpovědný za spojení psané a mluvené řeči do paměti. Tento proces je velice důležitý, abychom pochopili, co čteme nebo slyšíme. Týlní lalok je zodpovědný za vizuální percepce. Jeho role je v identifikaci písmem. Spánkový lalok poté pomáhá zpracovávat slyšenou, mluvenou řeč (Eboch, 2014).

To, že určitá část našeho mozku souvisí se čtením, zjistil již neurolog Dejerine v druhé polovině 19. století. Objevoval se popis dospělých, kteří obvykle kvůli mrtvici ztratili svou schopnost číst, stav je označován jako získaná alexie. Dejerine se zajímal o tyto posmrtné studie a v roce 1891 naznačil, že část levé oblasti mozku je pro čtení velmi důležitá. Přesněji se jedná o tři oblasti. První z nich je Brockova area (inferior frontal gyrus), která je důležitá pro artikulaci a analýzu slov. Druhá oblast je v parietotemporální oblasti a slouží k analýze slov. Poslední, třetí oblast je okcipitotemporalní, která umožňuje rychlou, automatickou a plynulou identifikaci slov (Mather, Wendling, 2012).

3.2 Fungování funkční magnetické rezonance

Funkční magnetická rezonance je neinvazivní a bezpečná metoda, která se může používat opakovaně (Mather, Wendling, 2012). fMRI je metodou, která používá MR

tomografu. Tato metoda je poměrně mladá a využívá 2 typy nepřímého mapování neuronální aktivity mozku. První způsob mapování zkoumá změnu poměru mezi okysličenou a neokysličenou krví v místě neuronální aktivity. Tento způsob se také nazývá BOLT efekt. Druhým způsobem je lokální sledování lokálního zvýšení průtoku krve, nazýváno perfuzí, v místě neuronální aktivity (Eboch, 2014). Dnes se téměř všude používá technika BOLT (*blood oxygenation level dependency*). Jeho princip funguje následovně. Červené barvivo v krvi, neboli hemoglobin, je přenašečem kyslíku. Při změně množství kyslíku v krvi dochází také ke změně v poměru hemoglobinu s navázaným kyslíkem a bez něj (oxygenovaná a deoxygenovaná forma). Hemoglobin, který nemá navázaný kyslík, vykazuje paramagnetické vlastnosti. Tím vytváří přirozenou kontrastní látku pro magnetickou rezonanci. V místě, kde se tedy deoxygenovaná forma hemoglobinu nachází, vidíme silnější signál než jinde. Tento jev se nazývá BOLT efekt (Orel, Procházka, 2017). Výsledkem jsou poté snímky anatomického zobrazení mozku, kde vidíme barevné mapy aktivit (Tupý, 2018).

Abychom dosáhli požadované aktivity v mozkových centrech, musí pacient provádět dané úkoly bezchybně, v pravidelných intervalech, kdy se střídá klid a aktivita v rámci blokového schématu. Pacient leží v přístroji magnetické rezonance přibližně 30 až 45 minut. Důležitá je fixace hlavy, jelikož i drobné pohyby mohou způsobit nepřesnosti. Pacient má také na uších sluchátka, které jej chrání před hlukem, který přístroj vydává. Zároveň může díky nim pacient komunikovat s personálem, který přístroj obsluhuje ve vedlejší místnosti (Tupý, 2018). Kontraindikací pro vyšetření ve funkční magnetické rezonanci je stejné jako v běžné magnetické rezonanci. Mezi takovéto omezení patří elektronické přístroje v těle, kovové implantáty, klaustrofobie, či zdravotně nestabilní a neklidný pacient (Novák, 2009).

3.3 Využití funkční magnetické rezonance v praxi

Funkční magnetická rezonance může pomáhat při diagnostice řad onemocnění. Jednou možností využití je například Alzheimerova choroba, která je typická postupnou ztrátou paměti a dalšími poruchami kognitivních funkcí. Anatomické změny můžeme pomocí funkční magnetické rezonance pozorovat již před rozvinutím symptomů poruchy. Takto by se dalo včasné diagnostikovat Alzheimerovu chorobu například u genetické predispozice.

Dalšími oblastmi, kde se může funkční magnetická rezonance uplatnit, jsou psychiatrické onemocnění jako schizofrenie či endogenní deprese. U těchto nemocí jsou časté problémy s pozorností, paměti či verbální fluencí a tyto změny mohou být díky MR tomografu viditelné. Je však důležité mít na paměti, že pomocí fMRI neurčíme přesnou

diagnózu, tato metoda je stále pouze doplňující a vedlejší (Chlebus, Mikl, Brázdil, Krupa, 2005.)

V oblasti logopedie, se pro aktivaci řečových center u fMRI používají nejčastěji dva testy. První z nich je test slovní plynulosti. V aktivní části pacient leží se zavřenýma očima, vybavuje si a pouze pro sebe pojmenovává části těla. Důležité je, že pacient nepohybuje rty. Následuje klidová fáze, kde pacient pouze leží a odpočívá. Druhým testem je pojmenování obrázků. V tomto testu má pacient oči otevřené. V první části pacient bezhlasně pojmenovává obrázky, které vidí před sebou na obrazovce. Důležité je, že pacient mluví bez hlasu, ovšem pohybuje rty i jazykem (provádí se i vyšetření motorických oblastí jazyka a rtů). Poté následuje klidová fáze, kde pacient nehnutě odpočívá. Před každým vyšetřením je důležité zhodnotit celkový stav a předpoklad pacienta pro fMRI vyšetření (Tupý, 2018).

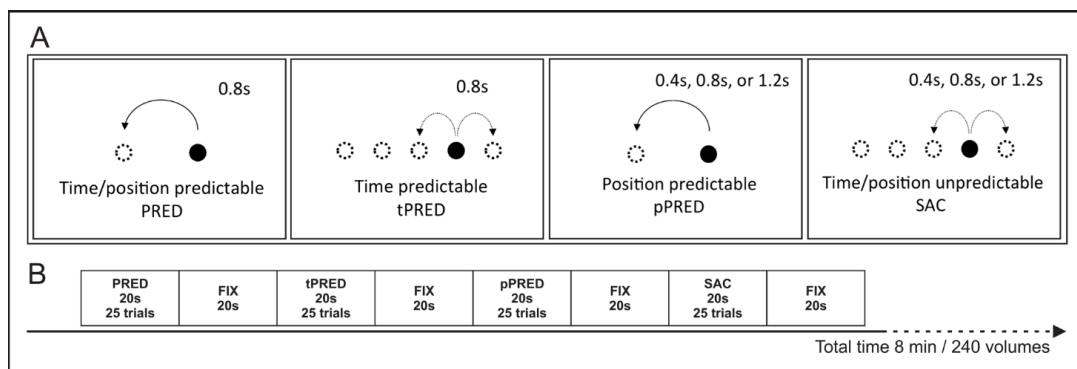
3.4 Funkční magnetická rezonance a dyslexie

Funkční, v názvu funkční magnetická rezonance, znamená, že pacient pracuje nebo provádí úkoly během testu. Úkoly mohou zahrnovat jak odpovědi na otázky, týkající se obrazů nebo zvuků, tak provedení jednoduchých úkonů, jako například dotknutí se všech prstů palcem. Silný magnet pomáhá určit průtok krve v mozku a ukazuje tak, jak mozek reaguje. Tento jev je možná vidět v mozku spíše při akci, než v klidu. Proto při zkoumání mozku u osob s dyslexií nevidíme oblasti, důležité právě pro čtení, tak aktivní, jako u běžných čtenářů. Zajímavým zjištěním je, že oblasti mozku se snaží tento nedostatek kompenzovat a tak jsou u dyslektiků viditelné aktivnější jiné části mozku, než u běžných čtenářů. Tyto části mozku však nemusejí být stejně účinné. To by mohlo vysvětlit, proč i ti, kteří dokáží číst přesně, jsou stále pomalí. Jelikož jejich mozek funguje těžším způsobem, nemohou pracovat tak rychle (Eboch, 2014).

Nevýhodou a také důvodem, proč se fMRI běžně nepoužívá pro diagnostiku dyslexie, je její finanční náročnost. Výzkum vyžaduje finančně nákladné počítače a softwary, ale také pracovníky, kteří studie provádějí a interpretují výsledky. Mimo to, zkoumané osoby musejí v průběhu testování držet hlavu v jedné, klidné poloze. Toto může být pro děti obtížným úkolem (Eboch, 2014).

Níže uvádíme studii realizovanou v Sao Paulu, které se účastnilo 21 dospělých a 15 dětí. Všichni účastníci byli praváci. Všichni dospělí absolvovali nebo studovali vysokou školu a jejich průměrný věk byl 24 let. U dětí byl průměrný věk 11 a všichni docházeli na stejnou základní školu. U žádného z respondentů se neobjevovalo psychiatrické či neurologické onemocnění. Při testování byla použita kombinace fMRI a sledování očí (eye

trackingu). Úkolem respondentů bylo sledovat bod pohybující se na obrazovce v horizontální rovině a určitěm čase a pozici. Čas i pozice se mohly na sobě nezávisle měnit (čas 0,4 s., 0,8 s., 1,2 s., místo vpravo či vlevo). Byly nastaveny čtyři podmínky: časově i pozičně předvídatelný úkol (PRED), pouze pozičně předvídatelný úkol (pPRED), pouze časově předvídatelný úkol (tPRED) a vizuálně řízené sakády – časově i pozičně nepředvídatelný úkol (SAC).



Obrázek č. 2 – znázornění jednotlivých úkolů v různém čase i pozici (Lukášová, 2018).

Byl zkoumán reakční čas v rozdílech dospělých a dětí. Zatímco u dospělých se reakční doba zkracovala, u dětí byl tento posun velice malý, přibližně 150ms. Jinými slovy můžeme tedy říct, že dospělí byli úspěšnější v udržování sekvencí prediktivních sakád než děti. Co se týká aktivity mozku, u dospělých osob se objevila aktivita ve frontálních a okcipitálních oblastech při PRED, v oblasti intraparietálního sulcu v úkolu pPRED a v úkolu tPRED ve frontálním očním poli, posteriorním intraparietálním sulcu a mediální oblasti (Lukášová a kol., 2018).

Dalším zajímavým výzkumem byl výzkum španělských dětí s dyslexií ve srovnání s dětmi s poruchami oční motility, které byli ale běžní čtenáři. Všechny děti byly pravoruké. Podmínkou bylo vyloučit děti, které v minulosti vykazovaly neurologické onemocnění, poranění hlavy, psychiatrické onemocnění, sociální deprivaci nebo nesnášenlivost funkční magnetické rezonance z důvodu klaustrofobie nebo nedostatku spolupráce. Na základě vyšetření byly děti rozděleny do tří skupin: dobré čtenáře (19 dětí), děti s dyslexií (19 dětí) a děti s poruchou oční motility (17 dětí). Skupiny byly rozděleny podle věku. Úkolem dětí bylo čtení slov a pseudoslov. Pokud děti zaznamenaly slovo jako skutečné, zmáčkly pravé tlačítko, pokud se slovo jevílo jako pseudoslovo, zmáčkly tlačítko levé. Dalším úkolem bylo porovnání dvojice slabik pseudoslov. Děti měly posuzovat, zda jsou stejné, či odlišné. Poslední úkol byl zaměřen na sémantickou kategorizaci. Dětem byly předloženy 3 slova,

v horní části 2 ze stejné sémantické kategorie a dole slovo jedno, o kterém měly rozhodnout, zda patří do stejné kategorie, či nikoliv. Slova se střídaly po 5 sekundách.

Otázkou bylo, zda jsou vizuální abnormality zodpovědné za poruchy čtení nebo naopak, že dyslexie je nezávislá na zrakovém postižení. Konečným cílem bylo pochopení základní neurobiologické dysfunkce spojené s dyslexií, která přispěje k tomu, aby děti s diagnózou dyslexie dostávaly odpovídající podporu a individualizovaný přístup.

Z výsledků vyplývá, že dyslektické děti mají tendenci hypoaktivovat některé z oblastí levé hemisféry zabývající se fonologickým zpracováním. Výzkumníci se domnívají, že tyto děti tak mohou kompenzovat poškození fonologické cesty skrz ortografické cesty obou hemisfér. Poruchy oční motility by tak neměly být příčinou dyslexie. I přesto, že je v dnešní době důležitá multidisciplinární spolupráce a léčba, měla by tato práce být založena především na zlepšení fonologického uvědomění a jazykového vývoje (Saralegui a kol., 2014).

PRAKTICKÁ ČÁST

4 VÝZKUMNÝ PROJEKT

Diagnostika dyslexie se zaměřuje především na fonologickou příčinu a symptomy z ní vycházející. Jsou však také autoři, kteří využívají jiné pohledy a přístupy v oblasti poruch čtení. Jednou z možností problémů dyslektiků by mohl být motorický deficit. Pomocí eye trackingu a funkční magnetické rezonance u neverbálních úkonů jsme se snažili zjistit aktivní oblasti mozku a sakadické pohyby očí u dyslektických osob a osob bez dyslexie.

V rámci diplomové práce jsme se zaměřili na motorický deficit u dyslexie. Praktická část diplomové práce byla realizována v rámci výzkumného projektu Kateřiny Lukášové, Ph.D. (Faculty of Medicine of the University of Sao Paulo (FMUSP)). Výzkum probíhal také za pomoci Faculty of Medicine of the University of Sao Paulo (FMUSP), Palackého Univerzity v Olomouci (UPOL), Central European Institute of Technology Brno (dále jen CEITEC), Masarykovy Univerzity v Brně a Univerzity Karlovy v Praze a PhDr. Lenky Morávkové Krejčové, Ph.D. Řešení projektu předcházelo schválení etickou komisí na PdF UPOL pod jednacím číslem 6/18. Vědecká data byla získána s využitím laboratoře MAFIL, CEITEC MU, s podporou výzkumné infrastruktury Czech-BioImaging (projekt LM2015062) financované MŠMT ČR.

Výzkum byl prováděn také na Faculty of Medicine of the University of Sao Paulo pod vedením doktorky Kateřiny Lukášové. V rámci diplomové práce prezentujeme jen vybrané dílčí části. Cíle doktorky Lukášové je dále porovnání aktivních oblastí mozku při úklonech neverbálních i čtecích u dospělých z České republiky a Brazílie s dyslexií a dobrými čtenáři (bez dyslexie).

Na výzkumu se také podílely všechny výše zmíněné osoby. Kateřina Lukášová, Ph.D. měla na starosti zpracování dat z funkční magnetické rezonance, eye trackingu a neuropsychologických testů. PhDr. Lenka Morávková Krejčová, Ph.D. pomáhala s výběrem a zpracováním neuropsychologických testů. Pracovní tým CEITECu zajišťoval testování pomocí funkční magnetické rezonance a eye trackingu. Pracovníci měli na starosti nastavování přístrojů a kalibraci. Na výzkumu se také podílela doktorandka Mgr. Lucie Pazourková, a to při testování a instruktáži účastníků.

4.1 Výzkumné otázky

Stanovili jsme si následující výzkumné otázky:

1. Jsou u dyslektiků aktivována stejná mozková centra při neverbálních úkolech – sakádách, jako u osob bez dyslexie?
2. Existují rozdíly v aktivaci mozkových center při prediktivních a reflexních sakádách u dyslektiků?

4.2 Metodologie

V následující kapitole si uvedeme výzkumný vzorek a popíšeme metody výzkumu (neuropsychologické testy, eye tracking a funkční magnetická rezonance). V následující podkapitole si popíšeme organizaci šetření. Dále uvedeme zpracování dat neuropsychologických testů, eye trackingu a funkční magnetické rezonance.

4.2.1 Výzkumný vzorek

Výzkumný vzorek tvořilo 27 účastníků, 14 osob s dyslexií a 13 intaktních, kontrolních osob. Věk účastníků byl věkově omezen od 18 od 38 let. Nejmladší účastník měl 19 let, nejstarší 31 let.

Původní plán byl 60 účastníků, 30 intaktních a 30 s dyslexií. Z důvodu časové a kriteriální náročnosti se však nepodařilo tento počet splnit. Kritéria pro výběr účastníků byl věk (18 – 38 let), vysokoškolské vzdělání (minimálně započaté), český jazyk jako rodilý a u dyslektiků potvrzená diagnóza dyslexie. Vylučujícím kritériem byla porucha pozornosti, psychiatrické a neurologické problémy či nemoci, úrazy mozku. Vzhledem k funkční magnetické rezonanci bylo vylučujícím kritériem těhotenství, kov v těle či klaustrofobie. Vylučujícím kritériem u eye trackingu byla porucha zraku, pokud testovaný nenosil nebarevné kontaktní čočky. Účastníci byli oslovení za pomoci Centra podpory studentu se specifickými potřebami na Univerzitě Palackého v Olomouci, oslovena byla také Masarykova Univerzita, Technická univerzita v Brně a Karlova Univerzita v Praze. Dále byli účastníci osloveni také pomocí sociálních sítí (facebook), nebo blízkého okolí autorky. Pro oslovení byl vytvořen leták a email (viz příloha č. 2 a příloha č. 3). Po přihlášení do výzkumu účastník obdržel email s úvodním dotazníkem (viz příloha č. 4), který vyplnil a poslal zpět. V případě osobního kontaktu účastník dotazník nevyplňoval, pouze odpověděl na otázky. Dle kritérií byl poté zařazen do výzkumu či nikoliv.

4.2.2 Použité metody

Níže si popíšeme metody, které sloužily ke sběru dat.

Mezi metody neuropsychologické byly zařazeny:

- *Dotazník čtenářských zkušeností pro dospělé*, který byl přeložen z anglického originálu Adult Reading History Questionnaire – ARHQ. Překlad do českého jazyka najdeme v rigorózní práci Mgr. Františka Jiry. Sebeuposuzovací dotazník tvoří 23 otázek s možnou odpovědí 0-4, některé z nich mají vedle čísel také slovní označení. V dotazníku nalezneme například otázky na výkon ve škole, volnočasovou četbu či krátkodobou paměť. Testovaný vždy zaškrtně číslo, které nejvíce odpovídá jeho situaci. Na dotazník není omezen časový limit, jeho časová náročnost je v průměru 10 až 15 minut. Při vyhodnocování se počítají čísla jako body. Čím větší bodový počet testovaný získá, tím stoupá pravděpodobnost obtíží ve čtení. Pokud je výsledek nad 0,3 jedná se o pozitivní historii čtenářských zkušeností (Jira, 2014).
- *TIP*. Subtest TIP najdeme v testu KIP, který slouží ke screeningu intelektových schopností. Test obsahuje 4 subtesty, kdy jeden z nich je TIP, vytvořený Řičanem. Test je použitelný od 12 do 59 let a 11 měsíců. Test obsahuje 4 strany, první zácvičnou a 3 testové. Úkolem testovaného je vybrat z pravé části šesti obrázků, ten, který se nejvíce hodí do řady obrázků v levé části. Celkový čas na test je 12 minut. Za každou správnou odpověď se počítá 1 bod. Maximum je 29 bodů.
- *RAN*. Test rychlého automatického jmenování, byl převzat z anglického testu Rapid automatic naming. V testu jde o pojmenování objektů, barev, písmen a čísel. Test je dobrým ukazatelem možných důsledků specifických poruch učení. Osoby s problémy ve čtení bývají při testování pomalejší (Johnson, 2015). Administrace k testu byla přeložena. Nejprve byla předložena zácvičná stránka a instrukce zněla: „*Na této stránce vidíte barvy /předměty/čísla/písmena. Prosím jmenujte, co vidíte*“. Poté následovala testovací stránka A a B. Instrukce zněly: „*Ted' budete jmenovat další barvy /předměty/čísla/písmena. Říkejte názvy co nejrychleji, postupujte od prvního po poslední, po řádkách. Je vše srozumitelné?*“ Úkolem bylo měřit čas i správnost pojmenování.
- *Test pozornosti*. Test pozornosti byl přejet z portugalského originálu Teste de Atenção por Cancelamento (TAC). Test tvoří 3 části, z nichž každá má jiný typ úkolu. V každém testu je 6 různých černých symbolů (čtverec, obdélník, kruh, hvězda, kříž, trojúhelník) na bílém podkladě. Úkolem je vyškrtnout všechny

symboly, které jsou v horní části jako vzor. První část testu hodnotí selektivní pozornost. V tomto úkolu musí účastník vybrat a vyškrtnout předložený symbol (kruh), mezi ostatními symboly. Na papíře je celkem 300 symbolů šesti typů, rozloženo do 15 řádků po 20 symbolech. Každý z 6 symbolů se objevuje 50 krát. Maximální doba na úkol je jedna minuta. Maximální skóre je 50 bodů. Druhá část hodnotí selektivní pozornost s větší obtížností. Testovaný má za úkol vyškrtnout dva předložené symboly v horní části papíru. Je důležité dodržovat pořadí symbolů (čtverec a následně trojúhelník). Opět je na papíře 300 symbolů po 15 řádcích, každý s 20 symboly. Symboly jsou uspořádány v jiném pořadí než v prvním úkolu. Předložená dvojice symbolů se objevuje pouze sedm krát. I zde je maximální doba jedna minuta. Maximální počet bodů je 7. Ve třetím, posledním úkolu se objevuje opět 15 řádků po 20 symbolech. Cílový symbol se však mění v každém řádku. Počáteční symbol řádku tedy určuje, který symbol bude testovaný vyškrtávat. Opět je maximální doba jedna minuta. Maximální skóre je 52 bodů.

- *Opakování čísel.* Test je součástí subtestů pracovní paměti v testu WAIS-III - Wechslerova inteligenční škála pro dospělé. Test má dvě části. V první části je úkolem testovaného opakovat čísla v přesném znění jak zadává testující. Instrukce zněla následovně: „*Nyní vám budu říkat nějaká čísla. Poslouchejte a až skončím, zopakujte čísla přesně po mně. Prostě řekněte to, co řeknu já.*“ V druhé části testovaný opakuje čísla pozpátku. Instrukce zněla: „*Ted' vám budu říkat další čísla. Tentokrát ale, když skončím, budete vy opakovat pozpátku.*“ Za správnou odpověď hodnotíme 1 bodem, za špatnou 0 bodů. Maximální počet pro opakování je 16 bodů, pro opakování pozpátku 14 bodů. Maximálně tedy testovaný může dosáhnout 30 bodů.
- *Dystest (subtest 3,10 a 12).* Jedná se o baterii testů pro diagnostiku specifických poruch učení, která vznikla v České Republice. Testy jsou určeny studentům vysokých škol a uchazečům o vysokoškolské studium. Dystest se zaměřuje na problematiku dyslexie a to v oblastech čtenářských dovedností, jazykových kompetencí, paměti, zrakové a sluchové percepce. Pro potřeby diplomové práce byl použit subtest 3 – Vnímání známých fonémů, 10 – čtení pseudoslov a 12 – fonologická kompetence. Pro subtest 3 a 12 se využívají audionahrávky. Subtest číslo 3 se skládá ze sluchové analýzy, syntézy a opakování slov. Test celkově obsahuje 18 položek, kdy za každou správnou odpověď je možno získat 2 body, celkem tedy 36 bodů. Můžeme očekávat, že účastníci se specifickou poruchou učení

budou ve všech částech testu dosahovat významně nižších výkonů než intaktní osoby. V subtestu číslo 10 má účastník za úkol číst nahlas text ve vymyšleném jazyce, ověřujeme tak znalost a úroveň fonologického i ortografického dekodování textu. Zaměřujeme se na čas i přesnost čtení. Účastník má 3 minuty, kdy po každé minutě zaznamenáváme počet přečtených slov a počet chyb. Pro zjištění úrovně fonologických dovedností využíváme subtest 12. Účastníkovi pouštíme z nahrávky pseudoslova, jeho úkolem je slovo zopakovat a následně slovo zopakovat ještě jednou s vynecháním určité hlásky v blíže specifikované pozici daného pseudoslova. Subtest 12 má tři části dle náročnosti. Celkem test obsahuje 18 pseudoslov. Hodnotíme 2,1 nebo 0 bodem. Maximální počet je tedy 36 bodů. Účastníci se specifickými poruchami učení budou mít tendenci více chybovat a jejich reakce budou pomalejší. Při stanovení percentilů se zvláště určuje percentil u osob se SPU a zvláště u osob intaktních. Percentil vypočítá aplikace Dystest po zadání dat (Cimlerová, 2014).

Mezi další metody sběru dat patřily také:

- *Funkční magnetická rezonance*- pomocí funkční magnetické rezonance byly zjišťovány aktivní oblasti v mozku při sledování bodu na obrazovce. Byl použit přístroj Siemens Prisma 3T. Důležitá byla nehybnost probandů v magnetu, především upevnění hlavy. Pro minimalizaci pohybů hlavy byly použity pěnové výplně. Pro odhlučnění okolí měli probandi špunty do uší. Všichni testovaní měli u sebe také balonek, který v případě potřeby mohli zmáčknout a komunikovat tak s personálem.
- *Eye tracking* – pomocí monokulárního systému od firmy MRC (Německo) byly sledovány oční pohyby účastníků. Eye tracker využíval dark pupil eye-tracking with cornea reflex, což znamená, že osvětlovač je umístěn mimo optickou osu, a zornice se tak jeví tmavší než clona. Parametry eye trackeru byly následující:
 - Accuracy (přesnost): 0.4° (přesnost) – Přesnost popisuje, do jaké míry se určený bod pohledu shoduje se skutečným bodem pohledu účastníka. Přesnost je definována jako průměrná vzdálenost čáry pohledu mezi určenou fixací a odpovídajícím cílem (kalibrační bod).
 - Precision (preciznost): 0.5° (preciznost, přesnost snímání)
 - Frekvence: 60 Hz.

Zároveň byl využit také camera-mirror mounts (držák na zrcadlo). Kamera se tak mohla dívat do zrcadla a sledovat objekt, zatímco účastník neviděl kameru

za zrcadlem. Bylo tak možné prezentovat stimul prostřednictvím zrcadla a provádět sledování pohybu očí současně.

Nastavování a kalibraci eye trackingu měli na starost zaměstnanci MAFILu, kteří byli s tímto programem a přístrojem seznámeni a proškoleni. V průběhu testování však nastaly problémy s eye trackerem ze strany MAFILu. Z toho důvodu nebylo možné získat u všech respondentů plná data o očních pohybech.

Úkolem probandů bylo nejprve fixovat oči na bod ve středu obrazovky (černý bod na šedém pozadí). Poté se bod střídal konstantní rychlostí v horizontální rovině buď do levé, nebo pravé strany. Intervaly byly 500 a 1667 milisekund. Poté vždy následovala 20 sekundová fixace na středu. U času 500 milisekund proband pohyb předvídá, pokud se čas zvýší na 1667 milisekund, stává se bod však nepředvídatelným. Úkol trval 9 minut.

Čas 500 a 1667 milisekund byl stanoven na základně předchozích výzkumu (například: Joiner, Shelhamer, 2006). Kdy autoři došli ke zjištění, že pokud se objekt pohybuje pod hranici 1000 ms, objevují se u lidí prediktivní sakády (účastník tedy pohyb předvídá). Hranice 1000 ms je označována jako mezní, kdy se objevují u některých osob stále prediktivní sakády a u některých již sakády reflexní. Nad hranici 1000 ms se již objevují sakády reflexní.

4.2.3 Organizace šetření

Pilotní testování neuropsychologických testů proběhlo v září 2018. Bylo doladěno přesné znění zadávání testů a zaznamenávání odpovědí. V této době byl vytvořen také propagační leták a email. V říjnu 2018 proběhlo první testování funkční magnetické rezonance v Multimodální a funkční laboratoři (MAFIL) v CEITECu v Brně. Zároveň byly provedeny také psychologické testy. Sběr dat probíhal od října 2018 do února 2019. Testování ve funkční magnetické rezonanci probíhalo hodinu a půl, psychologické testy trvaly 50 minut. Časová náročnost každého účastníka tedy byla dvě a půl hodiny. Účastníci před samotným šetřením podepisovali informovaný souhlas (viz příloha č. 1). Všechny podepsané informované souhlasy jsou uloženy u vedoucí diplomové práce Mgr. Hany Karunové, PhD. Dále byli účastníci informováni, jak bude testování probíhat. Účastníkům byly vysvětleny úkoly, které je v průběhu funkční magnetické rezonance budou čekat. Také podepisovali

a vyplňovali souhlas na funkční magnetickou rezonanci přímo od Multimodální a funkční laboratoře (MAFIL) v CEITECu. Termín testování byl domlouván pomocí emailu na

základě volného času účastníků a volného magnetu v Multimodální a funkční laboratoři (MAFIL) v CEITECu. Výsledky z psychologických testů byly zapisovány do tabulky v excelu. Výsledky z funkční magnetické rezonance a eye trackingu byly v databázi Multimodální a funkční laboratoři (MAFIL) v CEITECu a následně byly posílány ke zpracování doktorce Lukašové.

Testování funkční magnetické rezonance, jak již bylo popsáno výše, trvalo u každého účastníka přibližně hodinu a půl. U některých účastníků se čas protáhl z důvodu delšího nastavování eye trackingu či prodloužené kalibrace. Před vstupem do magnetu bylo účastníkům vysvětleno, co je čeká. Byly jim popsány úkoly a byli požádáni o co možná nejmenší pohyb z důvodu snímku mozku. Průběh probíhal následovně:

- Nastavení eye trackingu.
- Měření anatomických snímku mozku
- Kalibrace eye tracinu.
- První úkol (reflexní a prediktivní sakády).
- Druhý úkol (čtení slov, pseudoslov, hebrejské znaky – dále viz Jirásková, 2019).
- Anatomické snímky.
- Resting state (klidová poloha – sledovní kříže, trvá 7 minut).

Pro tuto práci byl důležitý první úkol, neverbální úlohy, tedy reflexní a prediktivní sakády. Proband měl za úkol sledovat pohybující se bod na obrazovce v různém čase (1667 ms a 500 ms), ve směru zprava doleva a naopak.

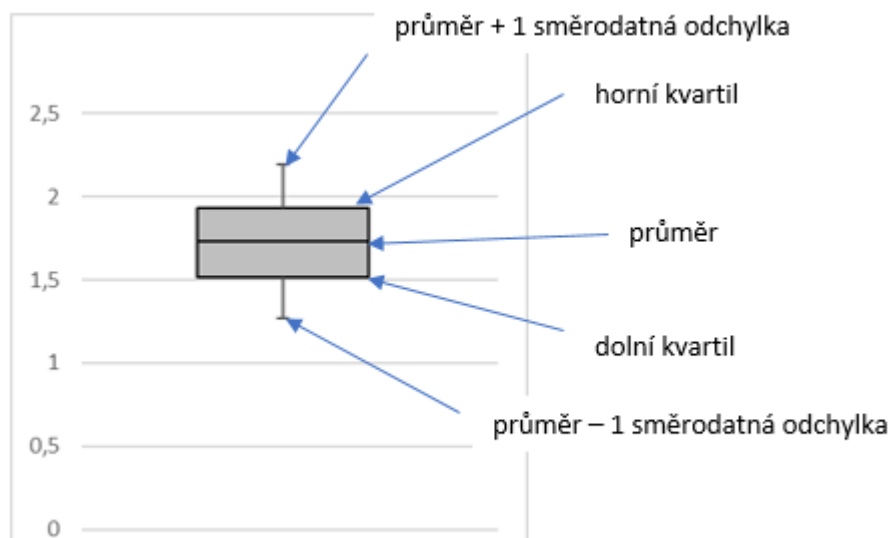
4.2.4 Zpracování dat

V následující podkapitole si popíšeme metody zpracování dat z neuropsychologických testů, eye trackingu a funkční magnetické rezonance.

Metoda zpracování neuropsychologických testů: Bylo využito celkem 8 neuropsychologických testů. Všechny testy jsou popsány výše v kapitole metodologie. Testy byly vybrány na základě podobnosti s testy, které využívá doktorka Kateřina Lukášová ve svém projektu vedeném na Faculty of Medicine of the University of San Paolo. Testy byly použity pro zhodnocení pozornosti, inteligence, paměti, rychlého jmenování, dyslektických obtíží a čtenářských zkušeností.

Při vyhodnocování testů a vytvoření grafů byl použit tabulkový procesor Microsoft Excel. Pro grafické zobrazení grafů byl použit krabicový graf. Krabicový graf znázorňuje horní a dolní kvartil (25. a 75. percentil). Kvartil ukazuje oblast, kde bylo 50% účastníků. Nad její horní hranicí se pak nachází 25% nejvyšších výsledků a pod dolní hranicí zbylých

25% nejnižších výsledků. Dále v grafu vidíme ve střední části obdélníku průměr. Nad a pod šedým obdélníkem jsou poté znázorněny rozptyly jedné směrodatné odchylky.



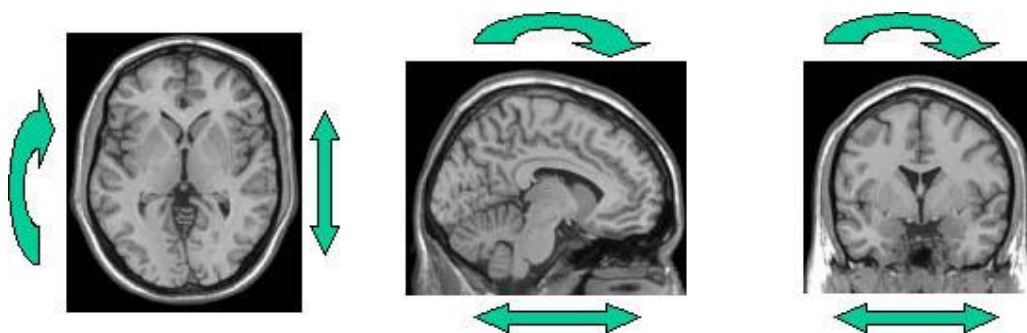
Obrázek č. 3 – popis krabicového grafu (vlastní tvorba).

Dále v grafech bude vždy uvedena signifikance rozdílu dvou skupin p , značena bude symboly: „*“ pokud $p < 0.05$, „**“ pokud $p < 0.01$, „***“ pokud $p < 0.001$.

Metoda zpracování dat z funkční magnetické rezonance: Experiment se skládá ze tří základních částí. První část zahrnuje snímání strukturních snímků, které jsou důležité pro následnou lokalizaci a koregistraci na funkční oblasti mozku. Tato část má účastníka experimentu také uvést do klidu a trvá přibližně 11 minut (T1 snímky cca 5 minut). Po strukturních snímcích následují funkční snímky, které budou popsány níže. Je důležité, aby měl při snímání proband oči otevřené. Funkční snímky u sakád (tedy motorická aktivita) obsahují prediktivní a reflexní úkoly. Nejprve je 40 sekundový blok s rychlostí změny bodu po 500 milisekundách. Následně pokračuje 20 sekundový fixační kříž. Poté přichází další 40 sekundový blok s rychlostí pohybu bodu 1667 milisekund. Pozadí obrazovky je šedé a bod je černý se zorným úhlem $0,5^\circ$. Vzdálenost mezi podnětem na pravé a levé straně je 10° zorného úhlu. Celková doba trvání úkolu je 9 minut.

Veškerá data byla snímána v Laboratoři multimodálního a funkčního zobrazování Středoevropského technologického institutu Masarykovy university (MAFIL), kde je využit 3T 37 tomograf Magnetom Prisma od firmy Siemens a 12 kanálová hlavová cívka. Strukturní snímky jsou T1 váhované snímky měřené sekvencí MPRAGE s izometrickým voxellem $1 \times 1 \times 1$ mm, což vyžaduje menší rychlost pro snímání obrázků s dobrým rozlišením.

Funkční data jsou měřena EPI sekvencí, což je nejčastější využívanou technikou snímání BOLD fMRI velmi rychlou sekvencí (doba skenu se pohybuje od 2 do 5s), s izovoxelem 3x3x3 mm. Každou sekvencí charakterizují určité parametry. Mezi základní charakteristiky, kromě již zmíněné velikosti voxelu, patří šířka řezu, počet řezů, velikost zorného pole (FOV) a repetiční čas (TR). Repetiční čas udává dobu měření jednoho skenu. Strukturní snímky slouží k rozlišení různých typů tkání, zatímco cílem funkčních snímků je hodnocení funkce zobrazovaných struktur. Dále bude popsána jen sekvence zaměřena na funkční data, což je hlavním zájmem této práce. Funkční snímání má celkem 247 skenu a v rámci jednoho skenu je 45 řezů s šířkou řezu 3 mm.



Obrázek č. 4 – strukturní snímky mozku (fMRI TEAM Brno, 2004).

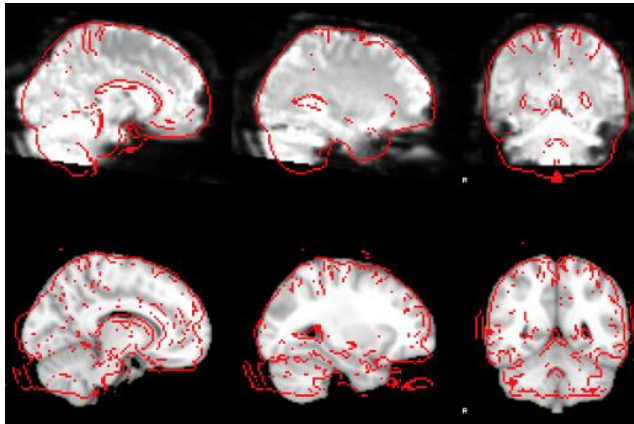
Data byly zpracovány v programu FSL (FMRIB's Software Library, www.fmrib.ox.ac.uk/fsl) pomocí free toolboxu FEAT (FMRI Expert Analysis Tool, Version 6.00), který byl navržen pro analýzu dat mozku, získaných pomocí zobrazovacích metod.

Předzpracování dat je tvořeno 4 kroky:

- Zarovnání dat.
- Koregistrace.
- Normalizace.
- Prostorové vyhlazení.

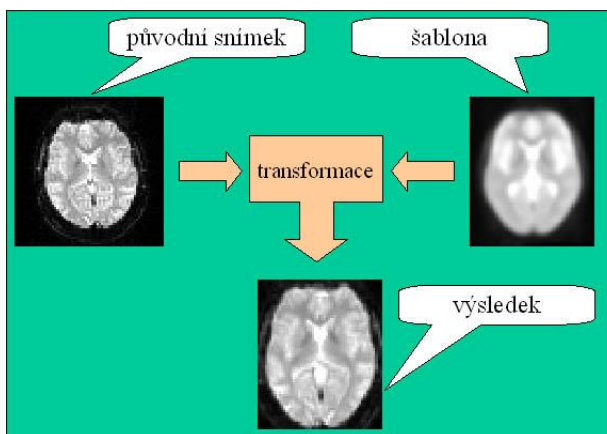
Zarovnání dat: Jde o zarovnání funkčních snímků k sobě, neboli slícování, které slouží ke korekci drobných pohybů člověka ležícího v magnetické rezonanci. V průběhu zarovnání se využívají operace translace a rotace.

Koregistrace: jedná se o slícování dat na standardní šablony mozku MNI (Montreal Neurological Institute). V průběhu slícování jsou použity tuhé geometrické transformace, a to translace a rotace. Pro vyjádření podobnosti mezi obrazy je použita kritériální funkce.



Obrázek č. 5 – Koregistrace na standardní šablony mozku MNI (vlastní tvorba, 2019).

Normalizace: Normalizace je pojem označující slícování obrazů s využitím deformací. Vzhledem k tomu, že každý člověk má jiný tvar lebky a mozku, je třeba data upravit tak, aby měla stejnou velikost a tvar. Normalizace předpokládá existenci MRI šablony mozku, tzv. průměrné hlavy, s níž mají být snímky mozku slícovány. Tento krok předzpracování je důležitý pro získání signálu ze správného místa, které je určeno v šabloně. Dále je také důležitý pro porovnání výsledků s anatomickými atlasy, či srovnání snímků více osob mezi sebou. Srovnání více osob je nezbytné pro následnou skupinovou statistiku.

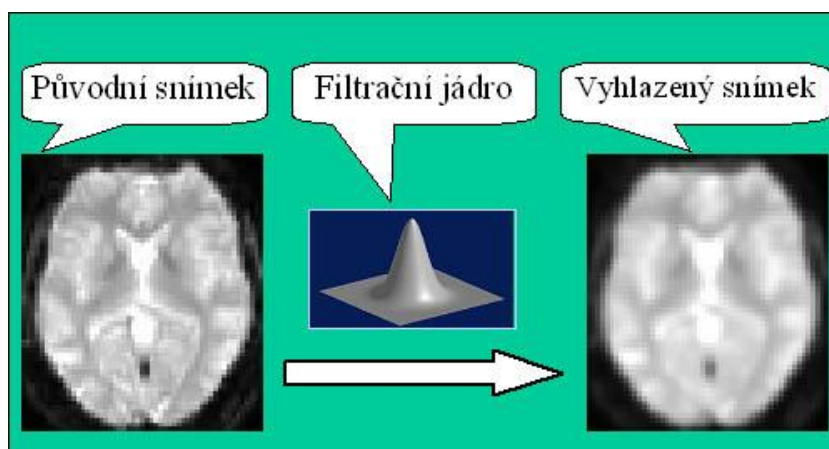


Obrázek č. 6 – prostorová normalizace mozku (fMRI TEAM Brno, 2004).

Pro naši práci je důležitým bodem skupinová statistika. Byly sledovány ohraničené úseky, při kterých probíhala stimulace: prediktivních sakád (500 ms) a reflexních sakád (1667 ms). V další části práce jsou popsány aktivní oblasti mozku u daných skupin (kontrolní a dyslektici) při konkrétních úkolech.

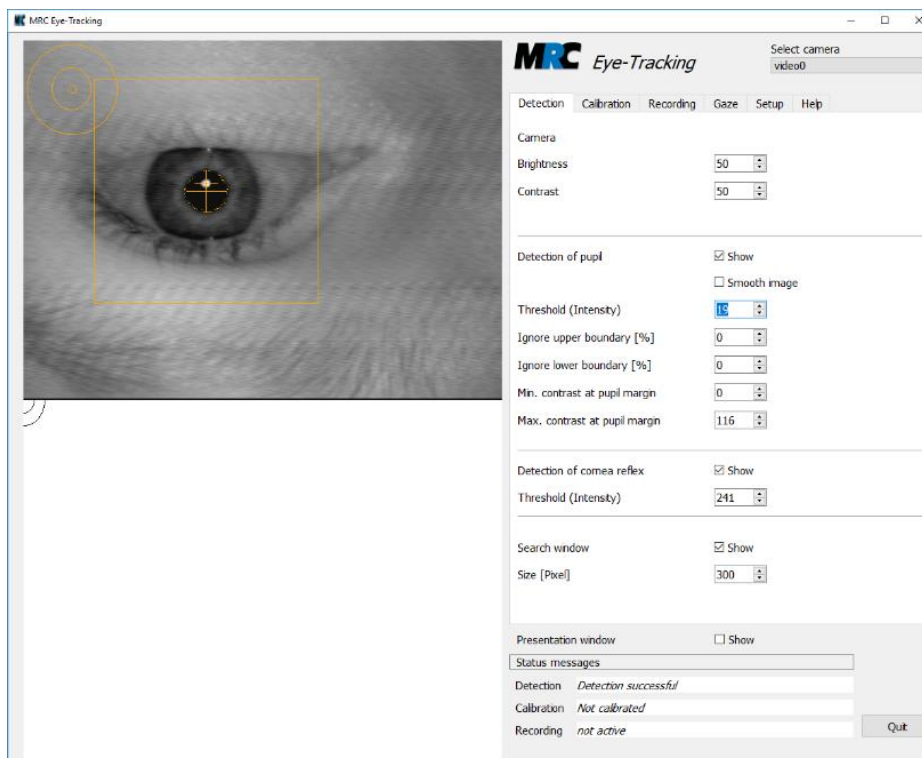
Prostorové vyhlazení: Pojem prostorové vyhlazení označuje proces, při kterém dojde k prostorové filtraci vysokých frekvencí. Tímto krokem se sníží šum a zvýší poměr signál-

šum. K prostorové filtraci se nejčastěji používá Gaussova filtru. Prostorovu filtraci provádíme pouze u funkčních skenů.



Obrázek č. 7 – prostorové vyhlazení mozku (fMRI TEAM Brno, 2004).

Metoda zpracování eye trackingových dat: Jak bylo popsáno již výše, pomocí monokulárního systému od firmy MRC (Německo) byly sledovány oční pohyby účastníků, přesněji prediktivní a reflexní sáky. Eye tracker využíval dark pupil eye-tracking with cornea reflex. Zároveň byla díky umístění eye trackeru ve funkční magnetické rezonanci využita také camera-mirror mounts (držák na zrcadlo). Umístění do funkční magnetické rezonance bylo možné díky typu kamery 12M-i. Toto zařízení je možno použít v prostředí magnetického pole až o síle 9,4 T. Následně bylo tedy možné prezentovat stimul prostřednictvím zrcadla a provádět sledování pohybu očí současně. Na obrázku níže poté vidíme počítačový software MRC Eye Tracking při snímání očních pohybů (obrázek č. 1).



Obrázek č. 8 - Počítačový software MRC Eye Tracking při snímání očních pohybů (archív autora).

Data z eye trackingu byla vyhodnocována s využitím home-made skriptu v programu MATLAB. Důležitými parametry pro zpracování byly zejména souřadnice, které udávají polohu pohledu a rychlost změny těchto souřadnic. Prvním krokem zpracování byla identifikace fixací a sakád. Fixaci zjišťujeme na základě stanovení rychlosti pohybu pro každou pozici oka a následně porovnáním této rychlosti s námi stanovenou prahovou hodnotou. V našem případě byla prahová hodnota stanovena na 18° za sekundu. Pokud tedy byla rychlost větší než určena prahová hodnota (18° za sekundu), a pokud se rychlost zvyšovala během 44 Ms, byla tato část záznamu označena jako sakáda. Pokud byla však rychlost nižší, byla označena jako fixace. (Ordaz a kol., 2013).

Důležitým bodem byly také latence, tedy doba mezi cílem a nástupem sakády, a to ve dvou kategoriích: prediktivní a reflexní sakády.

Jako bylo popsáno již výše, data z eye trackingu nebylo možno statisticky porovnat. Došlo k technickým závadám přístroje, jako například špatně detekující pohyb oka v průběhu měření. Následně proto nebylo možné tyto data porovnat. Pokud by tak bylo učiněno, mohlo by dojít k nepřesným údajům v dalším zpracování.

5 VÝSLEDKY A INTERPRETACE

V rámci této kapitoly si uvedeme výsledky a interpretaci neuropsychologických testů, funkční magnetické rezonance a eye trackingu.

5.1 Výsledky a interpretace neuropsychologických testů

V rámci této kapitoly uvedeme interpretaci a výsledky neuropsychologických testů.

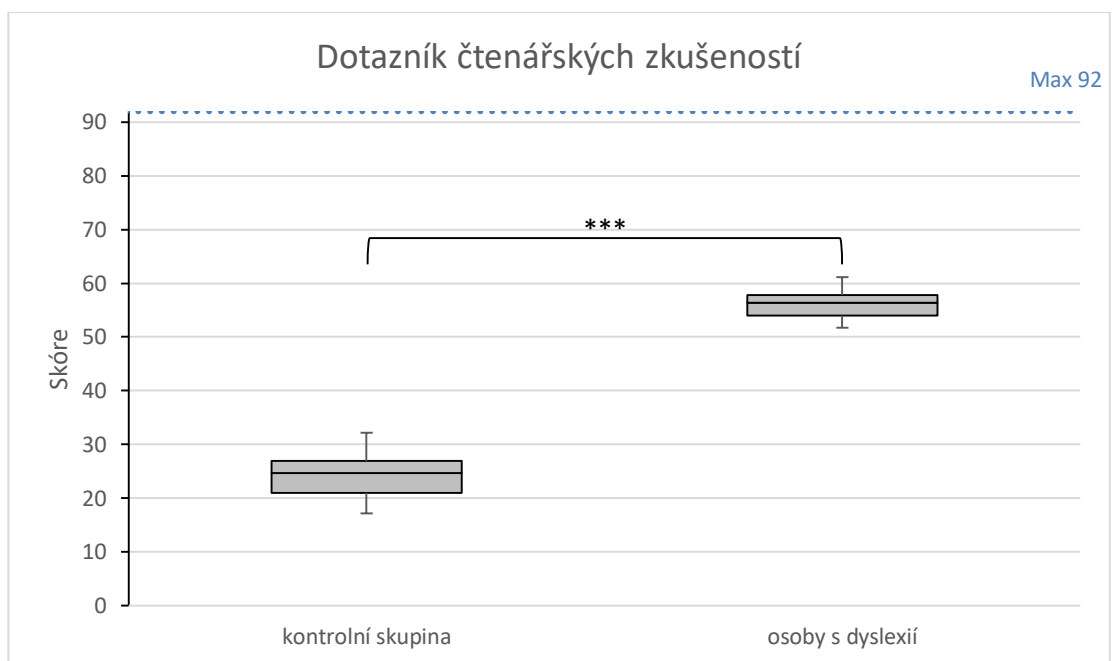
Níže uvádíme tabulku výsledků všech neuropsychologických testů. V tabulce vidíme název testu, označená skupiny (0= kontrolní, 1= dyslektik), průměr, směrodatnou odchylku a celkový počet účastníků v dané skupině. Zpracování dat z neuropsychologických testů bylo provedeno v počítačovém programu IBM SPSS Statistics 23.

	skupina	průměr	standardní odchylka
Dotazník čtenářských zkušeností	0	24,6923	7,49872
	1	56,4286	4,73472
	dohromady	41,1481	17,27093
Test opakování čísel	0	16,9231	3,75192
	1	15,6429	3,27243
	dohromady	16,2593	3,50376
Test pozornosti	0	104,0000	6,51920
	1	103,0714	6,26915
	dohromady	103,5185	6,28411
RAN	0	131,9500	17,04820
	1	168,9086	23,63158
	dohromady	151,1137	27,70378
TIP	0	25,0000	2,64575
	1	26,0714	1,94004
	dohromady	25,5556	2,32600
DysTest 3	0	32,1538	3,95487
	1	28,4286	4,03283
	dohromady	30,2222	4,35301
DysTest 10	0	0,9638	0,22011
	1	1,7178	0,46414
	dohromady	1,3548	0,52676
DysTest 12	0	28,9231	4,11221
	1	27,3571	5,59680
	dohromady	28,1111	4,90944

Tabulka č. 1 výsledky neuropsychologických testů.

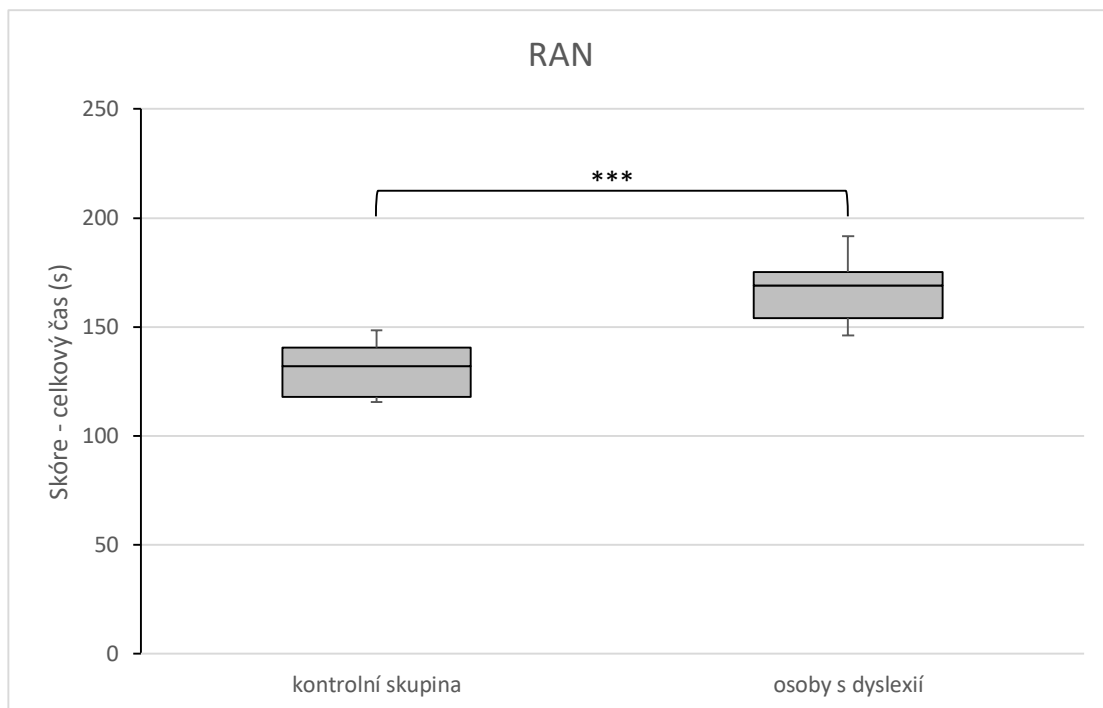
Signifikantními testy byly: test RAN (rychlé automatické jmenování), dystest 3 a 10 a dotazník čtenářských zkušeností.

Prvním testem byl dotazník čtenářských zkušeností. Rozdíl skóre v tomto testu byl statisticky signifikantní ($F[1,27]=175,668$; $p < 0,001$, kdy F je hodnota použitého statistického testu k porovnání skupin – Fisherův test, [1,27] je rozmezí počtu dobrovolníků a p je hladina statistické významnosti. Čím nižší bylo výsledné skóre, tím menší byla pravděpodobnost čtenářských obtíží. Výsledky testu naznačují, že účastníci s dyslexií v porovnání s kontrolními účastníky čtou méně pravidelně, ať už v práci, ve škole, či pro zábavu. Čtení je pro dyslektiky obtížnější a činilo jim také obtíže ve škole.



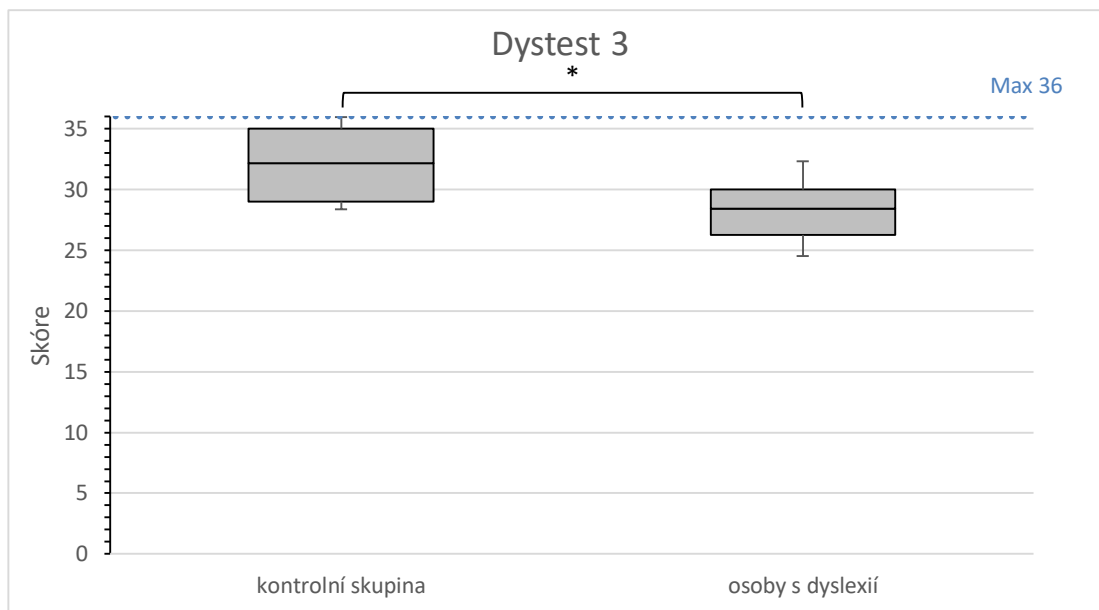
Graf č. 1 – dotazník čtenářských zkušeností (vlastní tvorba).

Dalším signifikantním testem byl test rychlého automatického jmenování RAN. Tento test má subtesty jmenování barev, objektů, čísel a písmen. Rozdíl byl viditelný ve všech těchto subtestech i v celkovém hodnocení, účastníci s dyslexií potřebovali více času na dokončení úkolu než osoby kontrolní ($F[1,27]=21,417$; $p < 0,001$). Na grafu č. 4 můžeme vidět, že účastníci s dyslexií jsou cca o 30 vteřin pomalejší, v porovnání s kontrolními probandy.



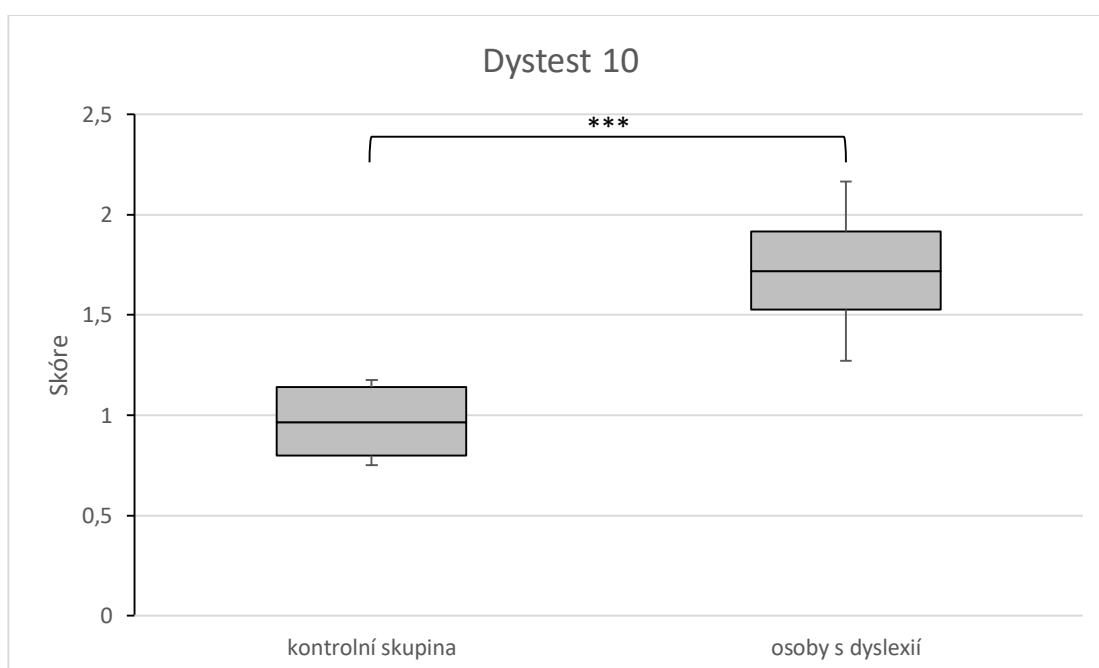
Graf č. 2 – RAN (rychlé automatické jmenování) (vlastní tvorba).

Třetím signifikantním testem byl dystest 3 – vnímání známých fonému, který se skládá z analýzy, syntézy a opakování slov pozpátku. Vyzrálá sluchová syntéza je předpokladem rychlého a bezchybného čtení. Dalo se tedy předpokládat, že dyslektici v tomto úkolu budou mít horší výsledky než kontrolní skupina. Sluchová analýza je pak jako proces náročnější, vyžadující vyzrálější fonologické dovednosti. Výsledek statistického porovnání skupin je signifikantní ($F[1,27]= 5,859$; $p = 0,023$) což naznačuje, že skupina osob s dyslexií v našem testování vykazovala horší výsledky v testech zaměřené na čtenářské schopnosti. V tomto případě konkrétně v úkolech zaměřených na sluchovou analýzu a syntézu.



Graf č. 3 – Dytest 3 (vnímání známých fonémů) (vlastní tvorba).

Posledním statisticky významným testem byl dytest 10 – čtení pseudoslov. Výsledek byl opět statisticky signifikantní, konkrétně $F[1,27]= 28,329$; $p < 0,001$. Tento výsledek poukazuje na fakt, že dyslektici vykazovali horší výkon jak v čase čtení, tak v chybovosti přečtených pseudoslov.



Graf č. 4 – Dytest 10 (čtení pseudoslov) (vlastní tvorba).

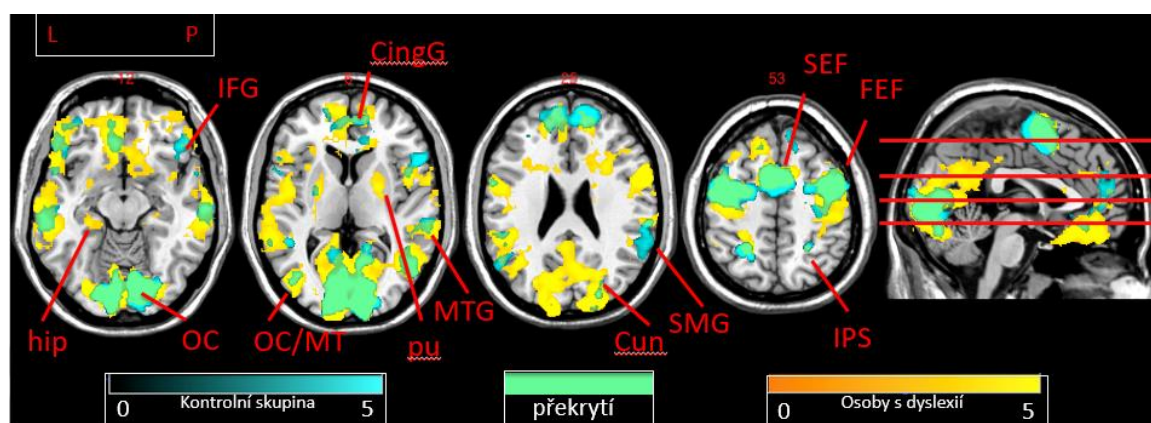
Ostatní testy – test pozornosti, dystest 12, test inteligence, opakování čísel nebyly signifikantně významné. U všech zmíněných testů krom dystestu 12 se tento výsledek očekával. Podobné výsledky obou skupin v těchto testech ukazují, že odlišnosti ve funkční magnetické rezonanci nebyly způsobeny přítomností těchto znaků jako poruchy pozornosti, inteligence či pracovní paměti, ale přítomností či nepřítomností dyslexie.

Zajímavým zjištěním byl dystest 12, fonologická kompetence. Jelikož je test zaměřen přímo na dyslexii, předpokládali jsme, že bude signifikantní. Výsledky kontrolní skupiny však byly podobné jak u dyslektiků. Jedním s důvodů může být znalost tohoto testu dyslektiky. Jelikož osoby s dyslexií často navštěvují zařízení jako PPP či SPC a zde se tyto testy používají, mohli naši probandi tento test již znát z dřívější doby a pamatovat si ho.

5.2 Výsledky a interpretace funkční magnetické rezonance

V následující kapitole si nastíníme výsledky a interpretaci z funkční magnetické rezonance. Obrázky byly vytvořeny v programu MRICron a pro statistické porovnání byla zvolena hladina významnosti $p=0,05$.

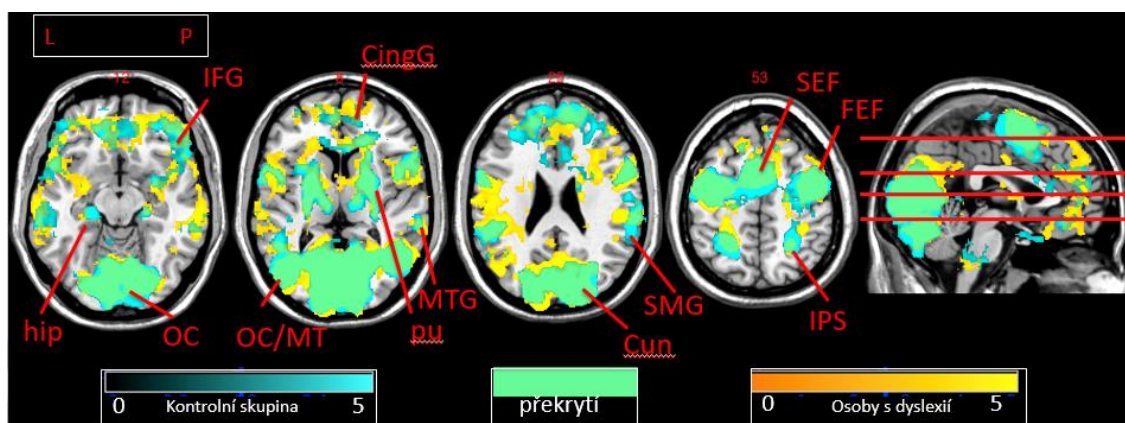
Na následujících obrázcích vidíme výsledky skupinové analýzy dat, které ukazují aktivitu spojenou s reflexními a prediktivními sakádami u kontrolní skupiny (značeno modrou barvou) a dyslektiků (značeno žlutou barvou). Tam kde se aktivace dyslektiků i kontrolních osob překrývají, je barva zelená. V příloze č. 5 poté uvádíme tabulky s přesnými směnicemi aktivních oblastí mozku.



Obrázek č. 9 – Průměrná aktivace reflexivních sakád (Lukašová, 2019).

Na obrázku č. 9, který zobrazuje reflexní sakády (tedy změnu polohy bodu v čase 1667ms) je aktivita zobrazena ve frontálním očním poli (frontal eye field = FEF) a doplňkovém očním poli (supplementary eye field= SEF). Tyto dvě oblasti se podílí na

řízení očních pohybů. Další aktivita je v oblasti parietálního loby, pokrývající anteriorní (přední) část intraparietálního sulku (IPS). Aktivace je také zobrazena v inferiorním (dolním) parietálním lobu u obou hemisfér a to specificky v supramarginálním gyru (SMG), který je zodpovědný například za vnímání prostoru. Obě skupiny také prokazovaly aktivitu v okcipitálním lobu striatového a extrastriatového (V1 až V3) a tato aktivace se protáhla až do okcipito-temporálního spojení (occipito-temporal junction - V5) – OC/MT. Ve frontálním lobu, se kromě aktivace již zmíněných vizuálních oblastí, zobrazuje také oboustranná aktivita v inferiorním (dolním) frontálním gyru (IFG) a anteriorním (zadním) cingulate gyru (CingG). Anterior cingulate gyrus hraje roli při prostorové orientaci objektu v prostředí. Za zmínku stojí také aktivita bazálních ganglií, přesněji v oblasti putamen (pu). U dyslektiků se tato aktivita objevuje bilaterálně a více než u kontrolní skupiny. Kontrolní účastníci vykazují aktivitu v oblasti putamen pouze na levé straně. Putamen má funkci při regulování pohybu v různých fázích (od přípravy po realizaci). U dyslektické skupiny je také aktivní bilaterální oblast hippocampu (hip) a parahippocampu. Tuto aktivitu u kontrolní skupiny nenajdeme. Tyto dvě oblasti hrají velkou roli při krátkodobém uchovávání informací v paměti a při prostorové orientaci.



Obrázek č. 10 – Průměrná aktivace prediktivních sakád (Lukašová, 2019).

Obrázek č. 10 zobrazuje prediktivní sakády (tedy změnu polohy bodu v čase 500ms). Aktivita je zobrazena ve stejných mozkových regionech jako u reflexních sakád, zejména ve fronto-parietální vizuální oblasti (frontal eye field, supplementary eye fields a intraparietální sulcus). U prediktivních sakád je aktivace mnohem rozsáhlejší než u reflexivních sakád a to v oblastech mediální (střední) části mozku, okcipitálním kortexu (kůře), hippocampu a parahippocampu, bazálních ganglií (přesněji v putamen), thalamu a cingulate gyrus anterior. U obou skupin se u prediktivních sakád objevuje také aktivitu ve ventromediálních

a orbitofrontálních regionech. Orbitofrontální oblast se nachází pod označenou oblastí IFG. Bohužel hlubší řez již na obrázku není, a tudíž tuto oblast nevidíme. Ventromediální oblast se poté nachází v mediální oblasti, vlevo od IFG oblasti.

Můžeme říci, že prediktivní sakády jsou pro mozek náročnější a zaměstávají ho více, objevuje se tedy více aktivovaných oblastí, než u sakád reflexivních.

Z obrázků aktivovaných oblastí můžeme také vyčíst, že dyslektická skupina aktivuje mnohem více oblastí mozku a také ve větší míře než skupina kontrolní. Často se objevuje aktivace oblastí, které se u kontrolní skupiny nevyskytují.

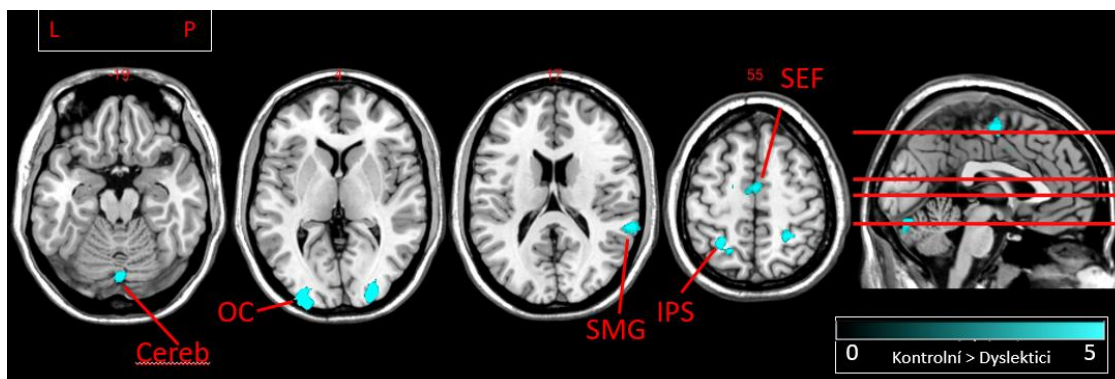
Při porovnání reflexních a prediktivních sakád můžeme vidět, že lepší překrytí se objevuje u sakád prediktivních.

Následně jsme statisticky porovnali skupiny dyslektiků a kontrolních účastníků T-testem.



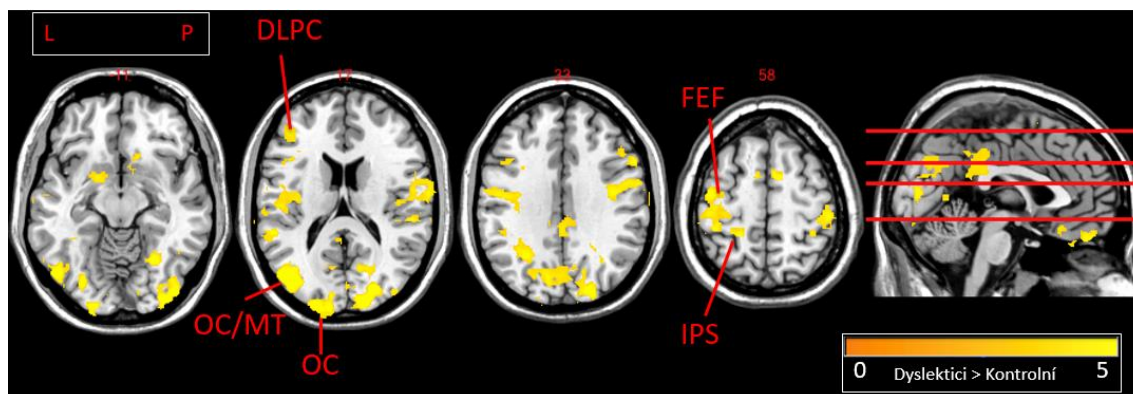
Obrázek č. 11 – Průměrná aktivace reflexních sakád kontrolní > dyslektici (Lukašová, 2019).

V prvním statistickém porovnání skupin T-testem (obrázek č. 11) vidíme aktivní mozkové oblasti, kde kontrolní skupina aktivovala více než dyslektici. Úkol, který vyžadoval reflexní sakády (1667ms) více aktivoval u kontrolní skupiny frontální premotorický gyrus (Supplementar eye field – doplňkové oční pole). Další aktivní oblastí je okcipitální kortex v levé hemisféře. Je zřejmé, že tato aktivace je spojena s motorickým plánováním reflexních sakád. Můžeme říci, že kontrolové se od dyslektické skupiny příliš v aktivaci neliší.



Obrázek č. 12 – Průměrná aktivace prediktivních sakád kontrolní > dyslektici (Lukašová, 2019).

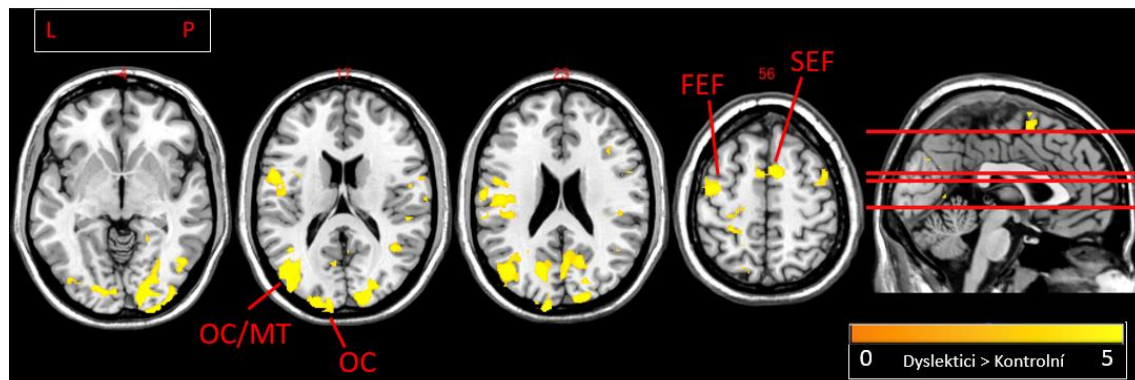
Ve statistické porovnání skupin T-testem v úkolu prediktivních sakád (500ms) se ukázala větší aktivace u kontrolní skupiny ve frontální premotrickem gyru (Supplementar eye field – doplňkové oční pole) a intraparietálním sulcu (IPS). Oproti reflexních sakád, zde vidíme aktivitu také v supramarginálním gyru (SMG), inferiorním okcipitálním lobu a mozečkové struktuře Vermis VI (cereb). Můžeme říci, že prediktivní sakády jsou více závislé na vnitřním plánování pohybů oči spojené s vizuospeciální (zrakově prostorovou) pozorností podpořené fronto-parietálními systémy.



Obrázek č. 13 – Průměrná aktivace reflexních sakád dyslektici > kontrolní (Lukašová, 2019).

Obrázek č. 13 ukazuje větší aktivaci oblastí mozku u dyslektiků oproti kontrolní skupině. Ve statistickém porovnání skupin T-testem v úkolu reflexních sakád (1667ms) se ukázalo několik aktivovaných lokalit. Je zobrazena aktivace v bilaterálním (oboustranném) primárním a sekundárním somatosenzorickém gyru (precentrální i postcentrální gyrus), frontal eye field (frontální okohybné pole) více laterální části a intraparietální sulcus. Dále vidíme aktivitu také v okcipito-temporálního spojení (OC/MT), okcipitálním kortexu,

a posterior cingulate gyrus. V levé hemisféře je aktivace zaznamenána v laterálním okcipitálním kortexu a dorsolaterálním prefrontálním (DLPC) kortexu, které jsou aktivovány při pracovní paměti.



Obrázek č. 14 – Průměrná aktivace prediktivních sakád dyslektici >kontrolní (Lukašová, 2019).

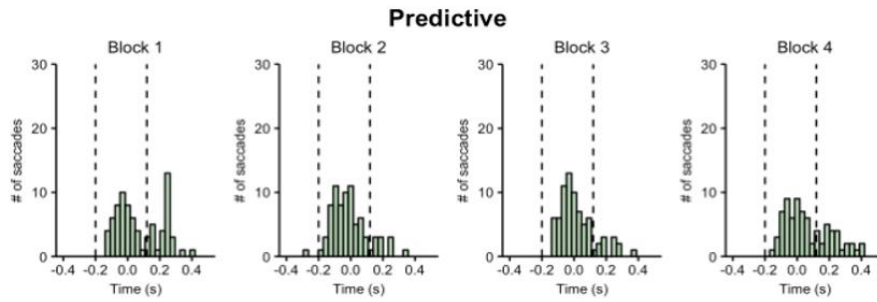
Na dalším obrázku vidíme statistické porovnání skupin T-testem v úkolu prediktivních sakád (500ms), kde dyslektici aktivují více než kontrolové. Aktivita je patrná bilaterálně ve frontálním kortexu (Frontal eye field e Supplemtar eye field – frontální a doplňkové oční pole), okcipitálním lobu a precuneus bilaterálně (které je zodpovědné za vizuospeciální zpracování) a okcipito-temporálního spojení v levé hemisféře.

5.3 Výsledky a interpretace eye trackingu

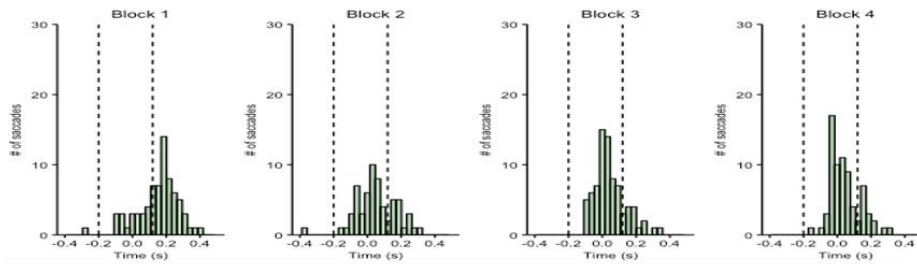
Jelikož nebylo možné kvantitativně porovnat výsledky obou skupin z eye trackingu, uvádíme pouze náhled dvou účastníků (jednoho kontrolního a jednoho dyslektika).

Níže popíšeme výsledky z prediktivních sakád u obou účastníků (Obrázek č. 16 – prediktivní sakády), poté ze sakád reflexních (Obrázek č. 17 – reflexní sakády).

Na obrázcích vidíme čas (T) a sakády. Grafy popisují latenční časy sakád u každé podmínky (prediktivní a reflexní) v každém bloku.



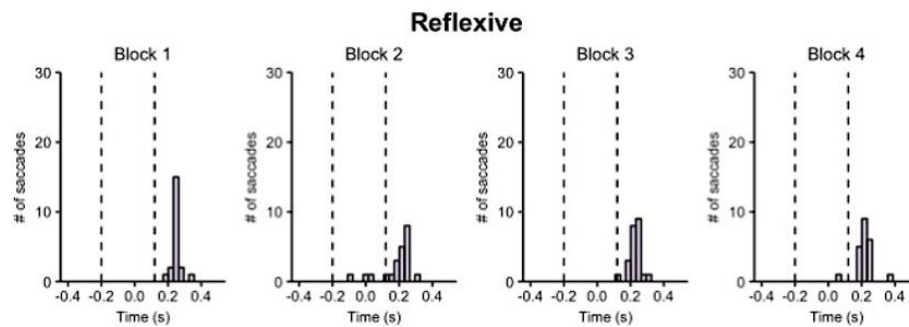
Kontrolní subjekt



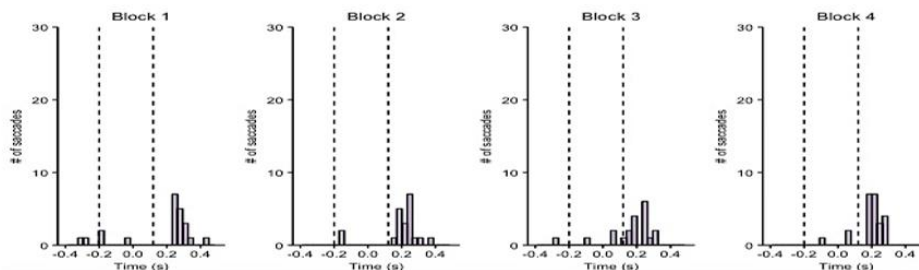
Subjekt s dyslexií

Obrázek č. 15 – prediktivní sakády

Na grafu prediktivních sakád vidíme, že časy latencí jdou dolů, k 0 vteřině. Tento fakt poukazuje na to, že probandi předvídají objevení bodu a učí se z pravidelnosti pohybu, kdy mají další sakády začínat.



Kontrolní subjekt



Subjekt s dyslexií

Obrázek č. 16 – reflexní sakády

U obrázku reflexních sakád vidíme, že většina těchto sakád je kolem 200 – 300 ms, a to jak u kontrolního tak dyslektického účastníka. To naznačuje, že účastníci bod nepředvídají a pohybují očima až po objevení bodu (konkrétně zde tedy s latencí 200 – 300 ms).

U těchto dvou účastníků vidíme, že rozdíl mezi dyslektikem a kontrolem není příliš viditelný. Tento obraz je zajímavý vzhledem k rozdílnosti v fMRI. Bohužel nemáme k dispozici porovnání více osob, což by přineslo určitě zajímavější výsledky.

6 DISKUZE

V rámci výzkumu jsme se zaměřili na aktivitu mozkových oblastí pomocí funkční magnetické rezonance u osob s dyslexií a kontrolních osob, bez dyslexie. Předmětem zájmu byla motorická aktivita. Úkoly byly tedy neverbální a skládaly se ze dvou částí, a to prediktivní a reflexní sakády. Analyzovali jsme mozkové aktivity u obou skupin a následně je porovnávali. Původním plánem bylo také sledování očních pohybů pomocí eye trackingu. Během testování však došlo k technickým problémům s eye trackerem. Nebylo možné provést kalibraci, kamera oko nezachytila nebo se objevily potíže s barvou očí, kdy kamera někdy zachycovala pouze hnědé oči. Z tohoto důvodu nebylo možné výsledky eye trackingu statisticky porovnat.

Jednou z možných etiologických příčin dyslexie jsou motorické obtíže, kterými se zabýval například Nicolson (1999, 2011). I přesto, že stále převládají teorie fonologické, neznamena, že všichni dyslektici mají pouze fonologické obtíže. U některých dyslektiků se může jednat spíše o etiologii motorickou či více faktorů dohromady.

1. Jsou u dyslektiků aktivována stejná mozková centra při neverbálních úkolech – sakádách, jako u osob bez dyslexie?

Z našich výsledků lze vyčíst, že rozdíly v mozkové aktivitě u kontrolních účastníků a účastníků s dyslexií se objevují. V oblastech frontálního a doplňkového očního pole (FEF, SEF) můžeme vidět aktivitu u obou skupin, jak by se dalo předpokládat. Aktivitu těchto oblastí potvrzují i jiné výzkumy jako například Lukášová (2018), nebo Dyckman (2007). Tyto dvě oblasti jsou také zodpovědné za okulomotorické učení. Z porovnání obou skupin vyplývá, že kontrolní účastníci produkují reflexivní a prediktivní sakády s podporou stejných mozkových systémů jako dyslektici. Můžeme si však všimnout větší aktivity doplňkového očního pole (SEF) u reflexních sakád a u prediktivních sakád větší aktivitu v oblastech frontálního očního pole (FEF) a parietálních oblastí intraparietálního sulku (IPS). Kromě těchto základních okulomotorických systémů jsou u dyslektických účastníků identifikována podpurná aktivity i v dalších oblastech. Zajímavá je například aktivita v oblasti cuneu u reflexních sakád. Tuto aktivitu však u kontrolních osob nenajdeme. Oblast cuneu tedy můžeme označit u dyslektiků jako kompenzační. Dalším rozdílem jsou oblasti paměťové a to dorsolaterální prefrontální systém a hipokampus. Aktivaci těchto oblastí bychom tedy více očekávali u prediktivních sakád, kde je potřeba pamatovat si místo

a rychlost střídání bodu. Při porovnání obou skupin, je pouze u dyslektiků signifikantní aktivace v DLPF u sakád reflexních, což je překvapující a naznačuje vyžití paměťové podpory u reflexních sakád (takzvaně stimuli-driven behaviour). Rozdíl je také viditelný v oblasti putamen u reflexních sakád, kde aktivují pouze dyslektici. Opět tuto oblast můžeme označit jako kompenzační. Oproti tomu u prediktivních sakád aktivují tuto oblast obě skupiny. Primární funkce putamen je motorické chování, ať už plánování motorického pohybu nebo posloupnost pohybu. Jeho aktivita je tedy v prediktivních sakádách očekávaná. Očekávaným rozdílem byla aktivita kontrolních osob v mozečku (Vermis V). Tato aktivita je u účastníků s dyslexií jiná. Mozeček je zodpovědný za zrakově prostorovou pozornost a vnitřní plánování pohybu. Je zřejmé, že tato schopnost je v návaznosti na motorický deficit u osob bez dyslexie lepší.

2. Existují rozdíly v aktivaci mozkových center při prediktivních a reflexních sakádách u dyslektiků?

Některé výzkumy se zaměřují na rozdíly u prediktivních a reflexních sakád. Studie poukazují na fakt, že při prediktivních sakádách člověk používá něco jako vnitřní hodiny. Je nucen vnitřně (implicitně) ohodnotit pohyb bodu z minulosti, spojit ho s pohybem přítomným a efektivitou očních pohybů. Následně tak očekávat budoucí bod a podle toho naplánovat budoucí sakády (Joiner, Shelhamer, 2006). Tyto sekvence jsou u osob s dyslexií pravděpodobně narušeny. S tímto výsledkem také souvisí naše výsledky z neuropsychologického testu RAN (rychle automatické pojmenování). Horší výsledky v testu RAN u dyslektiků ukazují také jiné studie jako například Denckla a Rudel, 1976. Dyslektičtí účastníci i zde vykazovali delší časové prodlevy. Dalo by se tedy předpokládat, že jejich vstupy jsou pomalejší. Větší aktivita se u reflexních sakád ukázala v oblasti okcipitálního kortexu. V okcipitálním kortexu leží oblasti důležitá pro zrak. Je možné říci, že u reflexních sakád potřebují dyslektici větší zrakovou pozornost a více očních pohybů, než u sakád prediktivních. Můžeme říci, že při porovnání reflexních a prediktivních sakád dyslektici vykazují menší variaci korových systému (než je viditelné u kontrolních účastníků) - FEF, SEF, IPS, OC, OC-MT. Mezi oběma úkoly je ale přítomna aktivace podpurných oblasti ventromedialních, orbitofrontálních, DLPF, putamen, precuneus a cingulate anterior.

Co se týče očních pohybů, nebylo možné výsledky statisticky porovnat vzhledem k technickým problémům. Uvedli jsme však aspoň na ukázkou výsledky dvou účastníků

(1 kontrolního a 1 dyslektika). V jejich výsledcích není zjevný rozdíl, nemůžeme však říci, že by tento výsledek platil i u všech ostatních účastníků. Vzhledem k našim rozdílným výsledkům z funkční magnetické rezonance by bylo do budoucna velice zajímavé spojení právě eye trackingu a funkční magnetické rezonance. Zajímavé by také mohlo být porovnání konkrétních dat z fMRI a eye trackingu u daného účastníka

Vzhledem k očním pohybům je zajímavé, že některé studie se zaměřovaly právě na okulomotorické cvičení u dyslektiků. Výsledky ukazují, že tento trénink má smysl. Po 3 měsíčním tréninku došlo u dyslektiků ke snížení sakadických latencí, což svědčí o zvýšení vizuální pozornosti (Peyre a kol.). Tuto oblast jsme v našem výzkumu nemohli bohužel hodnotit. Bylo by však zajímavé udělat více podobných výzkumu se zaměřením právě na oblast motoriky očí.

7 LIMITY VÝZKUMU

Při realizaci výzkumného šetření, získávání a zpracování dat byly autorkou shledány možné limity studie. Definováním limitů výzkumu má také za cíl být přínosem pro další výzkumy v této oblasti.

Prvním limitem byl výběr vhodných účastníků. Původní plán byl 60 účastníků, 30 osob s dyslexií a 30 kontrolních osob. V období zpracování bylo přihlášeno 88 účastníků, z toho 46 osob s dyslexií. Jelikož byla stanovena řada omezení, mnoho účastníků bylo z výzkumu vyřazeno. Mezi omezení u potencionálních zájemců výzkumu patřily například:

- Oční vady, kdy korekce byla větší než 1 dioptrie a účastníci nemohli použít kontaktní čočky – 7 osob.
- Těhotenství – 2 osoby.
- Jiný mateřský jazyk než český – 4 osoby.
- Přítomnost ADHD – 3 osoby.
- Prodělané traumata hlavy – 1 osoba.
- Klaustrofobie – 2 osoby.
- U kontrolních osob chybějící účastník s dyslexií odpovídající věku a pohlaví.

V průběhu testování a měření se naskytly problémy s eye trackingem ze strany MAFIL Ceitecu. Přístroj nepracoval dle očekávání. Kalibrace neprobíhala vždy u všech probandů správně a často k ní ani nedošlo. Lepší detekci jsme zaznamenali u hnědých, či tmavých očí. Z tohoto důvodu také nebylo možné data z eye trackingu zpracovat kvantitativně, jak bylo na počátku zamýšleno.

Dalším limitem bylo místo realizace výzkumu a časové omezení. Měření probíhalo vždy v Brně a to v časech od 8 do 17 hodin, z důvodu provozu MAFIL. Jelikož bylo mnoho účastníků z Prahy a dalších vzdálenějších měst, nemohli, či nechtěli přijet. Limitující pro pracující účastníky bylo především časové omezení. V MAFIL Ceitecu bylo domluveno víkendové měření, které by některým účastníkům vyhovovalo. Ovšem z důvodu personálního zajištění ze strany MAFILu a konečného nezájmu ze strany účastníků toto měření zatím neproběhlo. Jedním z limitů byla také vytíženost laboratoře z důvodu množství výzkumu realizovaných v MAFILu. Koncem roku nebylo možné najít volné termíny a účastníci, studenti, neměli čas z důvodu konce semestru a zkoušek.

Posledním z limitů bylo testování neuropsychologických testů. Probandy testovali střídavě 2 výzkumníci a mohlo tedy dojít k mírné změně při zadávání testů. Při pouštění

nahrávek mohlo dojít k mírnému zkreslení kvůli špatným zvukovým podmínkám v místnosti. Také se musí počítat s možným subjektivním hodnocením.

8 ZÁVĚR

U osob s dyslexií se často zaměřujeme pouze na fonologické obtíže. Většina teorií vzniku dyslexie a následné intervence se zaměřuje právě na tuto oblast. Objevují se však také teorie motorické, které stojí za zmínku. Motorické obtíže se navíc objevují již dříve než samotné čtení a psaní, a tudíž si jich můžeme u dítěte všimnout už v předškolním věku. V případě brzké intervence by mohlo dojít ke zlepšení těchto obtíží a předejít tak následným obtížím ve školní docházce.

Diplomová práce byla rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsme se zaměřili na terminologii, etiologii, diagnostiku, symptomatologii a intervenci dyslexie. Druhá kapitola pojednávala o očních pohybech, eye trackerech a dřívějších výzkumech očních pohybů u dyslektiků. Třetí a poslední kapitola teoretické části byla zaměřena na funkční magnetickou rezonanci. Byl popsán princip funkční magnetické rezonance, její využití v praxi, ale také u dyslexie. Praktická část se poté věnovala sledování aktivních oblastí mozku u účastníků s dyslexií v porovnání s kontrolními účastníky. Byly stanoveny dvě výzkumné otázky. První se zaměřila na rozdíly u těchto dvou skupin. Druhá výzkumná otázka poté sledovala rozdíly očních pohybů u osob s dyslexií. V závěru byly vyřknuty také limity studie. Jedním s největších limitů poté byl technický problém s eye trackerem, který znemožnil další zkoumání v této oblasti.

Z výsledků nám vyšlo, že se opravdu objevují rozdílné aktivace mozkových oblastí u dyslektiků a nedyslektiků. Rozdíl byl také viditelný u reflexních a prediktivních sakád u osob s dyslexií. Bohužel nebylo možné výsledky z fMRI spojit a porovnat s eye trackingem. Do budoucna by bylo toto spojení velice zajímavé. Také by bylo určitě dobré, provést výzkum na větším vzorku účastníků pro zpřesnění výsledků.

Do budoucna by tedy mohlo být přínosné zaměřit se více na oblast motoriky u osob s dyslexií. Pokud by došlo k potvrzení našich výsledků a předpokladu motorického deficitu, mohl by být vytvořen materiál na zlepšení těchto funkcí u osob s dyslexií již v předškolním věku a předejít tak výraznějším problémům v následném studiu i osobním životě.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ANTON, M. *Vidění – jak a kde* [online]. (2004), 13.9.2004 [cit. 2018-10-06]. Dostupné z: http://www.4oci.cz/videni-jak-a-kde_4c356.

BARTH, A. E., DENTON C. A., STUEBING K. K., FLETCHER J. M., CIRINO P. T., FRANCIS D. J., VAUGHN S. (2010). A test of the cerebellar hypothesis of dyslexia in adequate and inadequate responders to reading intervention. *Journal of the International Neuropsychological Society* [online]. **16**(03), 368-380 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1017/S1355617710000135. ISSN 1355-6177. Dostupné z: http://www.journals.cambridge.org/abstract_S1355617710000135.

BISHOP, D. V. M. (2002). *Cerebellar abnormalities in developmental dyslexia: Cause, correlate or consequence?* *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 38(4), 491-498.

CIMLEROVÁ, P. a kol., (2014). *Dystest - Baterie testů pro diagnostiku specifických poruch učení u studentů vysokých škol a uchazečů o vysokoškolské studium: Manuál administrátora* [online]. Brno: Masarykova Univerzita [cit. 2019-02-20]. ISBN 978-80-210-7768-3. Dostupné z: https://www.teiresias.muni.cz/dystest/files/manual_administratora.pdf?fbclid=IwAR0QjnkKT9vsOgf6IUE3M3XdHOPwIygFIWMsgr3v8ed53JbN41S_6qUdIoc.

DENCKLA, M. B., RUDEL, R. G. (1976) Rapid 'automatized' naming (R.A.N.): Dyslexia differentiated from other learning disabilities. *Neuropsychologia* [online]. **14**(4), 471-479 [cit. 2019-04-09]. DOI: 10.1016/0028-3932(76)90075-0. ISSN 00283932. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0028393276900750>

DYCKMAN, K. A., (2007). *FMRI/EEG Study of changes in behavior and brain activity during and after saccade practice*. Georgia. Dizertační práce. The University of Georgia. Vedoucí práce Jennifer E. McDowell.

CHLEBUS, P., MIKL M., BRÁZDIL M., KRUPA P. (2005). Funkční magnetická rezonance - úvod do problematiky. *Neurologie pro praxi*. **2005**(3), 133-139. ISSN 1213-1814.

DUCHOWSKI, A. T. (2007). *Eye tracking methodology: theory and practice*. 2nd ed. London: Springer. ISBN 978-1-4471-3750-4.

EBOCH, Chris. (2014). *Living with dyslexia*. Minneapolis, MN: ABDO Publishing Company. Living with health challenges. ISBN 978-162-4032-448.

ENDERLE, J. D. (2010). Models of Horizontal Eye Movements, Part I: Early Models of Saccades and Smooth Pursuit. *Synthesis Lectures on Biomedical Engineering* [online]. **5**(1), 1-163 [cit. 2018-11-25]. DOI: 10.2200/S00263ED1V01Y201003BME034. ISSN 19300328. Dostupné z: <http://www.morganclaypool.com/doi/abs/10.2200/S00263ED1V01Y201003BME034>.

HARTL, P., HARTLOVÁ H. (2009). *Psychologický slovník*. Vyd. 2. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-569-1.

JIRA, F. (2014). *Možnosti diagnostiky dyslexie v populaci dospělých*. Praha. Rigorózní práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce PhDr. Lenka Morávková Krejčová, Ph.D.

JIRÁSKOVÁ, M. (2019) Dyslexie ve speciálně pedagogickém a neurovědeckém pojetí se zaměřením na fonologické zpracování. Olomouc, 2019 - v tisku. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Mgr. Hana Karunová, Ph.D

JOHNSON, K. (2015). Rapid Automated Naming Tests: What You Need to Know. *Understood*[online]. New York, [cit. 2019-02-20]. Dostupné z: <https://www.understood.org/en/school-learning/evaluations/types-of-tests/rapid-automated-naming-tests-what-you-need-to-know>.

JOINER, W. M., SHELHAMER, M. (2006) An internal clock generates repetitive predictive saccades. *Experimental Brain Research* [online]. **175**(2), 305-320 [cit. 2019-04-09]. DOI: 10.1007/s00221-006-0554-z. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00221-006-0554-z>

JOŠT, J. (2009). *Oční pohyby, čtení a dyslexie*. Praha: Fortuna. ISBN 978-80-7373-055-0.

JOŠT, J. (2011). *Čtení a dyslexie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3030-1.

JUCOVIČOVÁ, D., ŽÁČKOVÁ H. (2008). *Dyslexie*. 2., upr. vyd. Praha: D H. Metody reedukace specifických poruch učení. ISBN 978-80-903869-7-6.

KIBBY, M. Y., FANCHER J. B., MARKANEN J., HYND G. W. (2008). A Quantitative Magnetic Resonance Imaging Analysis of the Cerebellar Deficit Hypothesis of Dyslexia. *Journal of Child Neurology* [online]. **23**(4), 368-380 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1177/0883073807309235. ISSN 0883-0738. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0883073807309235>.

- KUCHYNKA, P. (2007). *Oční lékařství*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1163-8.
- LECHTA, V. (2003). *Diagnostika narušené komunikační schopnosti*. Praha: Portál. ISBN 80-717-8801-5.
- LECHTA, V. (2011). *Terapie narušené komunikační schopnosti*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-901-9.
- LI, Xiu-Hong, Jin JING, De-Sheng YANG, Hui WANG, Qing-Xiong WANG, Shan-Shan SONG a Fang FAN. (2013) Eye-movement study during visual search in Chinese children with developmental dyslexia. *Chinese Medical Journal* [online]. 2013, (22), 4306–4311 [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: https://journals.lww.com/cmj/Fulltext/2013/11200/Eye_movement_study_during_visual_search_in_Chinese.23.aspx?casa_token=ZBaewnq0DOgAAAAA:CqcCEzyupHBMXG1oVgo2GODwFIUO7zkxoZyCh4Kn08SJonigpwaq0cOEQWsYORkDUyf6zIHBTqHQ6j0I.
- LUKÁŠOVÁ, K., NUCCI, M., NETO, RMdA., VIEIRA, G., SATO, JR., AMARO, E Jr. (2018) Predictive saccades in children and adults: A combined fMRI and eye tracking study. *PLoS ONE* [online]. 13(5): e0196000. [cit. 2019-02-15] Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196000>.
- MATĚJČEK, Z. (1995). *Dyslexie: specifické poruchy čtení*. 3. upr. a rozšíř. vyd. Jinočany. ISBN 80-857-8727-X.
- MATHER, N., WENDLING B. J. (2012). *Essentials of dyslexia assessment and intervention*. Hoboken, N.J.: J. Wiley. Essentials of psychological assessment series. ISBN 978-047-0927-601.
- MERKUNOVÁ, A., OREL M. (2008). *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Praha: Grada. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-1521-6.
- MERTIN, V. (1998). *Dyslexie u dospělých*. In KUCHARSKÁ, A. (ed.) *Specifické poruchy učení a chování*, Sborník 1997-1998. Praha: Portál, s. 54 - 61. ISBN 80-7178-244-0.
- MKN-10. (2018). *Mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů*. In: Ústav zdravotnických informací a statistiky v ČR. 2018 [online]. [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: <http://www.uzis.cz/zpravy/upravena-verze-mkn-10>.
- MKN-11. MKN-11 Beta Draft. (2018). *Mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů*. [online]. [cit. 2018-10-07]. Dostupné z:

<https://icd.who.int/browse11/l->

[m/en#/](http://en#/)[http%3a%2f%2fid.who.int%2fid%2fentity%2f1298865187.](http://en#/)

NICOLSON, R. I., FAWCETT A. J., BERRY E. L., JENKINS I. H., DEAN P., BROOKS D. J., SHARON V. (1999). Association of abnormal cerebellar activation with motor learning difficulties in dyslexic adults. *The Lancet* [online]. **353**(9165), 1662-1667 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1016/S0140-6736(98)09165-X. ISSN 01406736. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014067369809165X>.

NICOLSON, R. I., FAWCETT, A. J., DEAN, P., (2011) *A TINS debate – Hindbrain versus the forebrain: a case for cerebellar deficit in developmental dyslexia* [online]. [cit. 2019-02-22]. Dostupné z: <http://www.ucd.ie/artspgs/langimp/cerebdys.pdf>.

NOVÁK, T. (2009) Zobrazovací metody v psychiatrické praxi. In: *Psychiatria pre prax* [online]. Bratislava: SOLEN, s. r. o., s. 24-28 [cit. 2019-02-17]. ISSN 1339-4258.

ORDAZ, S. J., FORAN, W., VELANOVA, K., LUNA, B. (2013) Longitudinal Growth Curves of Brain Function Underlying Inhibitory Control through Adolescence. *Journal of Neuroscience*[online]. **33**(46), 18109-18124 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1741-13.2013. ISSN 0270-6474. Dostupné z: <http://www.jneurosci.org/cgi/doi/10.1523/JNEUROSCI.1741-13.2013>

OREL, M., FACOVÁ V. (2009). *Člověk, jeho mozek a svět*. Praha: Grada. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-2617-5.

OREL M., PROCHÁZKA R. (2017). *Výšetření a výzkum mozku: pro psychology, pedagogy a další nelékařské obory*. Praha: Grada. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-5539-7.

POPELKA, S. (2018). *Eye-tracking (nejen) v kognitivní kartografii: praktický průvodce tvorbou a vyhodnocením experimentu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci pro katedru geoinformatiky. ISBN 978-802-4453-132.

POSPÍŠILOVÁ, Z. (2006). *Specifické poruchy učení u dospělých jedinců*. Praha. Magisterská práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce Doc. PaedDr. Olga Zelinkpová, CSc.

PEYRE, H., GÉRARD, C.-L, DUPONG VANDERHORST, I., et al. (2018) Rééducation oculomotrice informatisée dans la dyslexie : essai clinique randomisé en crossover en population pédiatrique. *L'Encéphale* [online]. **44**(3), 247-255 [cit. 2019-04-05]. DOI:

10.1016/j.encep.2017.03.004. ISSN 00137006. Dostupné z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S001370061730088X>

SARALEGUI, I., ONTAÑÓN JM., FERNANDEZ-RANOVA, B., GARCIA-ZAPIRAIN, B., BASTERRA A., SANZ-ARIGITA EJ. (2014). Reading networks in children with dyslexia compared to children with ocular motility disturbances revealed by fMRI. *Frontiers in Human Neuroscience*. [online]. [cit. 2019-16-02]. 8:936. Dostupné z: doi: 10.3389/fnhum.2014.00936.

SELIKOWITZ, M.. (2000). *Dyslexie a jiné poruchy učení*. Vyd. 1., české. Praha: Grada. Pro rodiče. ISBN 80-716-9773-7.

STEIN, J., (2018) The current status of the magnocellular theory of developmental dyslexia. *Neuropsychologia* [online]. [cit. 2018-10-08]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.03.022>.

SYNEK, S., SKORKOVSKÁ, Š. (2004). *Fyziologie oka a vidění*. Praha: Grada. ISBN 80-247-0786-1.

SYNEK, S., SKORKOVSKÁ, Š. (2014). *Fyziologie oka a vidění*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3992-2.

ŠMARDA, J. (2007). *Biologie pro psychology a pedagogy*. Vyd. 2. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-343-7.

TUPÝ, R. (2018). Funkční magnetická rezonance ve vztahu k řečovým zónám. *Listy klinické logopedie* [online]. Praha, 2018/2, 22-26 [cit. 2018-12-18]. ISSN 2570-6179. Dostupné z: <http://casopis.aklcr.cz/subdom/casopis/redakce/>.

Úvod k funkčnímu zobrazování mozku magnetickou rezonancí: Techniky funkčního zobrazování mozku. (2004) In: *FMRI TEAM Brno* [online]. Brno, ©2004 [cit. 2018-11-16]. Dostupné z: http://fmri.mchmi.com/main_index.php?strana=12.

VITÁSKOVÁ, K. (2006). *Specifické poruchy učení pro výchovné pracovníky*. Olomouc: Univerzita Palackého. Texty k distančnímu vzdělávání v rámci kombinovaného studia. ISBN 80-244-1216-0.

VYHNÁLEK, M., BRZEZNÝ, R., a JEŘÁBEK, J. (2006). Oční pohyby u specifických vývojových dyslexií. *Česká a slovenská psychiatrie: Psychiatrické společnosti ČLS JEP a Psychiatrické společnosti SLS* [online]. 7. 3. 2006, (5), 256-260 [cit. 2018-10-11]. ISSN 1212-0383. Dostupné z: <http://www.cspsychiatr.cz/detail.php?stat=253>.

ZELINKOVÁ, O. (1998). *Poruchy učení: dysortografie, dysgrafie, dyslexie*. 3. vyd. Praha: Portál. Speciální pedagogika (Portál). ISBN 80-717-8242-4.

ZELINKOVÁ, O. (2009). *Poruchy učení*. 11.vydání. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-514-1.

VADIVEL, K. S. (2014). *Modeling Eye Tracking Data with Application to Object Detection*. PhD Thesis. UNIVERSITY of CALIFORNIA Santa Barbara.

WONG, A. M. F. (2008). *Eye movement disorders*. New York: Oxford University Press. ISBN 978-019-5324-266.

Citace obrázků:

JOŠT, J. (2009). *Oční pohyby, čtení a dyslexie*. Praha: Fortuna. ISBN 978-80-7373-055-0

LUKÁŠOVÁ, K., NUCCI, M., NETO, RMdA., VIEIRA, G., SATO, JR., AMARO, E Jr. (2018) Predictive saccades in children and adults: A combined fMRI and eye tracking study. *PLoS ONE* [online]. 13(5): e0196000. [cit. 2019-02-15] Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196000>.

Úvod k funkčnímu zobrazování mozku magnetickou rezonancí: Techniky funkčního zobrazování mozku. (2004) In: *FMRI TEAM Brno* [online]. Brno, ©2004 [cit. 2018-11-16]. Dostupné z: http://fmri.mchmi.com/main_index.php?strana=12.

SEZNAM ZKRATEK

BOLD – blood oxygen level-dependan

Cereb – cerebellum (mozeček)

CEITEC – Central European Institute of Technology Brno

CingG –

Cun – cuneus (klín)

č. – číslo

DLPC – dorsolateral prefrontal cortex _ em Midle frontal gyrus

DysTest – Baterie testů pro diagnostiku specifických poruch učení u studentů vysokých škol a uchazečů o vysokoškolské studium.

EEG – elektroencefalografie

F – hodnota Fisherova testu

FEF – Frontal Eye Field (frontální oční pole)

fMRI – funkční magnetická rezonance

FOV - velikost zorného pole

hip – Hippocampus (hipokampus)

Hz – hertz

IFG – inferior frontal gyrus (dolní čelní závit)

IPS – Intraparietal sulcus (intraparietální rýha)

MAFIL – Laboratoř Multimodálního a funkčního zobrazování.

MKN – Mezinárodní klasifikace nemocí

MKN – 10 – Mezinárodní klasifikace nemocí – desátá revize

MKN – 11 – Mezinárodní klasifikace nemocí – jedenáctá revize

MNI – Montreal Neurological Institute

MTG – middle temporal gyrus (střední spánkový závit)

Ms – milisekundy

MŠMT ČR – Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky

OC – occipital cortex (týlní kůra)

OC/MT – occipital cortex V5/medial temporal cortex

p – hladina signifikance

pu – Putamen

RAN – rychlé automatické jmenování

SEF – Supplementary Eye Field (doplňkové oční pole)

SMG – supramarginal gyrus (supramarginální závit)

T – tesla

TIP – Test intelektového potenciálu

TR – repetiční čas

UPOL – Univerzita Palackého

WAIS-III – Wechslerova inteligenční škála pro dospělé.

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1 – dotazník čtenářských zkušeností.

Graf č. 2 – RAN (rychlé automatické jmenování) (vlastní tvorba).

Graf č. 3 – Dystest 3 (vnímání známých fonémů).

Graf č. 4 – Dystest 10 (čtení pseudoslov).

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 - výsledky neuropsychologických testů

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obrázek č. 1** – konjugované a diskonjugované oční pohyby.
- Obrázek č. 2** – znázornění jednotlivých úkolů v různém čase i pozici.
- Obrázek č. 3** – popis krabicového grafu.
- Obrázek č. 4** – strukturní snímky mozku.
- Obrázek č. 5** – Koregistrace na standardní šablony mozku MNI.
- Obrázek č. 6** – prostorové normalizace mozku.
- Obrázek č. 7** – prostorové vyhlazení mozku.
- Obrázek č. 8** – Počítačový software MRC Eye Tracking při snímání očních pohybů
- Obrázek č. 9** – Průměrná aktivace reflexivních sakád.
- Obrázek č. 10** – Průměrná aktivace prediktivních sakád.
- Obrázek č. 11** – Průměrná aktivace reflexních sakád kontrolní>dyslektici.
- Obrázek č. 12** – Průměrná aktivace prediktivních sakád kontrolní>dyslektici.
- Obrázek č. 13** – Průměrná aktivace reflexních sakád dyslektici >kontrolní.
- Obrázek č. 14** – Průměrná aktivace prediktivních sakád dyslektici >kontrolní.
- Obrázek č. 15** – prediktivní sakády.
- Obrázek č. 16** – reflexní sakády.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 Informovaný souhlas.

Příloha č. 2 Leták RAVEL.

Příloha č. 3 Email pro oslovení účastníků.

Příloha č. 4 Úvodní dotazník.

Příloha č. 5 Tabulky aktivace sakád

PŘÍLOHY

Příloha č. 1 Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

pro výzkumný projekt: **Ohodnocení očních, sakadických pohybů a mozkové funkce během čtení u vývojové dyslexie (Reading and visual motor adaptation task in adults with developmental dyslexia: international study in different orthographic system)**

období realizace: **1.1.2018 – 31.12.2019**

řešitelé projektu:

Řešitel zastupující PdF UP: Mgr. Hana Karunová, Ph.D. (roz. Majerová); PdF UP, Olomouc

Autor /hlavní řešitel projektu: Kateřina Lukášová, Ph.D; Federal University of ABC, Brazil

Spoluřešitelé: PhDr. Lenka Krejčová, Ph.D, Karlova Universita, Praha; Ing. Michal Mikl, Ph.D, Ceitec, Brno; Studentky magisterského studia (Monika Jirásková, Michaela Nytrová); Mgr. Lucie Kytnarová, PdF UP, Olomouc (konzultant, nyní mateřská dovolená)

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném projektu, jehož cílem je: sledování **očních pohybů, očních sakadických pohybů a mozkové aktivace během** několika jednoduchých úkolů spojených se čtením slov. Při těchto úkolech bude registrovaná mozková aktivace technikou Funkční magnetická rezonance (fMRI) a pohyby očí (Eye tracking) kompatibilní mikrokamerou.

Co je fMRI?

Funkční magnetická rezonance (fMRI) je neinvazivní zobrazovací vyšetřovací metoda, která sleduje aktivitu jednotlivých mozkových oblastí s využitím MR tomografu. Vyšetření je zcela nebolestivé.

Od vyšetřovaného jedince je pouze požadováno, aby ležel v klidu v MR tomografu a případně dle pokynů vykonával jednoduchý úkol. Od jiných typů vyšetření realizovaných pomocí MR tomografu se fMRI liší tím, že je většinou nutné vykonávat zadaný úkol, který slouží k vyvolání sledované aktivity mozku.

Co je Eye tracking?

Sledování pohybu očí (též Eye tracking) je neinvazivní metoda využívající videozáznam oka pro určování jeho pohybu. Externí mikrokamerou je registrována poloha zornice, infračervený paprsek odražený od oka, a je vypočítávána poloha oka během pohybu (sacady) a fixace (zastavení očí).

Jak bude projekt probíhat?

Jako první bude provedeno neuropsychologické testování klíčových kognitivních funkcí, jako čtení, pozornost, inteligence aj. Testy budou provedeny individuálně školenými studenty a v průměru zaberou cca 90 minut.

Po příchodu na pracoviště MR budete požádáni o vyplnění informovaného souhlasu a bezpečnostního formuláře. Bude Vám vysvětlen úkol a zodpovězeny případné dotazy. Obsluha MR tomografu Vás následně doprovodí do vyšetřovny a připraví na vlastní měření.

MR vyšetření bude trvat cca 65 minut. Nejprve budou snímány podrobné anatomické snímky mozku v délce cca 6 minut. Vyšetření bude dále sestávat z několika fMRI úkolů o celkové délce cca 50 minut. První z úkolů zahrnuje čtení slov, které budou jednotlivě prezentovány na obrazovce. Druhý z úkolů spočívá v pohybu očí ve stejném rytmu jako bod zobrazený na obrazovce.

Vyšetření pomocí magnetické rezonance se běžně používá k vyšetřování pacientů již mnoho let. Vyšetření proběhne jednorázově, jedná se tedy o 1 návštěvu, která celkem zabere asi cca 1 a ½ hodiny (z toho cca 65 minut vlastní MR vyšetření). Při této studii Vám nebudou podávány žádné léky ani nebude prováděn odběr krve či jiných biologických vzorků.

Z účasti na projektu pro Vás vyplývají tyto výhody či rizika:

Před vyšetřením na magnetické rezonanci budete dotázáni personálem na přítomnost kovových materiálů v těle a na jakékoliv jiné implantáty. Vyšetření nelze provést u osob, v jejichž těle nebo na jeho povrchu se nachází předmět z magnetických kovů. Kardiostimulátor či jiný přístroj ovlivnitelný magnetickým polem vylučuje provedení tohoto vyšetření.

Přítomnost nevhodných kovových materiálů či elektronických zařízení ve Vašem těle by mohla vážně poškodit Vaše zdraví. Mnoho nových implantátů a zařízení je již koncipováno jako MR kompatibilních, avšak toto musí být doloženo certifikací výrobce nebo zdravotní zprávou od ošetřujícího lékaře. Možnost vyšetření posoudí odborný pracovník z pracoviště magnetické rezonance a má právo vyšetření odmítnout, pokud se bude domnívat, že by mohlo být poškozeno Vaše zdraví.

Účast ve studii Vám rovněž nedoporučujeme, pokud máte na těle rozsáhlé tetování nebo jste-li těhotná žena.

Vlastní magnetické pole v přístroji magnetické rezonance je zdraví neškodné, v některých případech můžete pouze po dobu vyšetřování cítit nepohodlí z uzavřeného prostoru a ze zvuku, který souvisí s činností přístroje. Vzácně můžete mít pocit kovu v ústech nebo pocit blikajících světél. Vzhledem k omezenému prostoru při vyšetření v MR tomografu může být vyšetření nerealizovatelné, pokud trpíte klaustrofobií. Pokud jste si tohoto vědom/a, oznamte to, prosím, výzkumníkovi nebo komukoliv z personálu MR pracoviště. Zobrazování pomocí magnetická rezonance je běžně využíváno v medicínské diagnostice. Siemens Magnetom Prisma je přístroj schválený pro lékařské použití a k zobrazování využívá magnetické pole o indukci 3 T.

Pokud s účastí na projektu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

Prohlášení

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném projektu. Řešitel/ka projektu mne informoval/a o podstatě výzkumu a seznámil/a mne s cíli a metodami a postupy, které budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami a riziky, které pro mne z účasti na projektu vyplývají. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele/ky zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem

informován/a, že mám možnost kdykoliv od spolupráce na projektu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží moje osoba (nebo zákonný zástupce) a druhý řešitel projektu.

Jméno, příjmení a podpis účastníka v projektu (zákonného zástupce):

V _____ dne: _____

Jméno, příjmení a podpis řešitele projektu:

V _____ dne: _____



Chceš se stát součástí
mezinárodního výzkumu?



RAVEL

*Reading and visual motor adaptation in
adults with developmental dyslexia*

Koho hledáme?

Dobrovolníky s **dyslexií** ve věku
18–38 let, kteří někdy studovali nebo
studují **vysokou školu**.



snímek MRI

Co Tě čeká?

Měření očních pohybů, měření funkční magnetické
rezonance (nebolestivá fyzicky nenáročná vyšetření) +
vyplnění několika krátkých psychologických testů
(zaměřených na pozornost, čtení atd.)

A co Ti nabízíme?

- Příležitost podílet se na vývoji nových trendů v oblasti poruch učení.
- Informační materiál o současných trendech v oblasti dyslexie.
- Možnost dostávat další informace o průběhu a výsledcích výzkumu.
- Snímky vlastního mozku na CD.
- Finanční odměnu 200 Kč.

**Zapoj se a pomoz nám objevit nové poznatky a
souvislosti v oblasti dyslexie...**



EYE tracking



Kontaktujte nás:

Monika Jirásková
+420 777 789 873
monika.jiraskova01@upol.cz

Michaela Nytrová
michaela.nytrova01@upol.cz

Příloha č. 3 Email pro oslovení účastníků.

Ahoj!

Chceš se stát součástí mezinárodního výzkumu zaměřeného na dyslexii a opravdu nám tak pomoci?

Koho hledáme?

Dobrovolníky s **dyslexií** ve věku **18 – 38 let**, kteří někdy studovali nebo studují **vysohou školu**.




Co Tě čeká?

Měření očních pohybů a vyšetření funkční magnetické rezonance (nebolestivá fyzicky nenáročná vyšetření) + vyplnění několika krátkých psychologických testů.

Kdy a kde?

Jednorázově ve vědeckém centru CEITEC v Brně. Účast ve výzkumu vyžaduje cca 2 hodiny času.

A co Ti nabízíme?

- Příležitost podílet se na vývoji nových trendů v oblasti poruch učení
- Informační materiál o současných trendech v oblasti dyslexie + možnost dostávat další informace o průběhu a výsledcích výzkumu
- Snímky vlastního mozku na CD   
- Finanční odměnu 200 Kč

V případě zájmu nebo dalších otázek nás neváhej kontaktovat na **email: monika.jiraskova01@upol.cz / michaela.nytrova01@upol.cz** nebo tel: **777 789 873**. Podrobnější informace o výzkumu najdeš v příloze tohoto emailu nebo je rádi sdělíme osobně.

Děkujeme a těšíme se na setkání!

Za výzkumný tým
Monika Jirásková a Michaela Nytrová

řešitel projektu: Kateřina Lukášová, Ph.D; UFABC, Brazil

Příloha č. 4 Úvodní dotazník

Úvodní dotazník

- 1) Kolik je vám let?

- 2) Jste pravák nebo levák?

- 3) Máte diagnostikovanou dyslexii, jinou specifickou poruchu učení (dysgrafie, dysortografie) nebo ADHD?

- 4) Byl/a jste dlouhodobě léčen/a na nějaké nemoci? Jaké?

- 5) Utrpěl/a jste nějaké zranění hlavy?

- 6) Máte poruchu zraku? (krátkozrakost, daltonismus (barvoslepost) atd., ...)

- 7) Máte na těle piercing či tetování?

- 8) Máte v těle implantáty, šrouby atd.?

- 9) Cítíte se špatně v uzavřených prostorech nebo v situaci s omezenou možností pohybu (například ve výtahu)?

- 10) Jakou máte barvu očí? (Informaci potřebujeme znát pro optimální nastavení zařízení, které snímá oční pohyby)

Příloha č. 5 Tabulky aktivace sakád.

Průměrná aktivace kontrolní osoby – REFLEXNÍ SAKÁDY			Max vox (MNI152)		
Lokace	Velikost (voxels)	P	X	Y	Z
SEF	11185	0,000	-2	-4	60
EYE	11185	0,000	-44	0	50
Occipital cortex	6875	0,000	-8	-92	6
Middle temporal gyrus	1363	0,000	66	-22	-4
Occipital cortex V5/MT	1232	0,000	-48	-50	10
Inferior frontal lobe	947	0,000	54	14	0
Cerebelum left/right VI	438	0,000	-32	-64	-24
Occipital cortex V5/MT	431	0,000	44	-60	10
Intraparietal sulcus	396	0,000	-28	-52	56

Průměrná aktivace dyslektici – REFLEXNÍ SAKÁDY			Max vox (MNI152)		
Lokace	Velikost (voxels)	P	X	Y	Z
Occipital cortex	57828	0,000	-6	-88	-4
FEF	57828	0,000	-42	-6	56
Putamen	346	0,000	24	-2	4
Hipocampus	330	0,000	24	-18	-18
Cerebelum left/right VI	213	0,001	34	-64	-22
Intraparietal sulcos	121	0,031	22	-54	58

Průměrná aktivace kontrolní osoby – PREDIKTIVNÍ SAKÁDY			Max vox (MNI152)		
Lokace	Velikost (voxels)	P	X	Y	Z
Occipital cortex	63811	0,000	-12	-92	-8

Occipital c6rtex V5/MT	63811	0,000	50	-68	4
SEF	63811	0,000	0	-4	60
Middle frontal gyrus (DLPF c6rtex)	312	0,000	-36	26	44
Middle temporal gyrus	298	0,000	64	-32	-16
Cerebelum left/right VI	125	0,050	33	-58	-25

Pr6um6rn6n6 aktivace dyslektici – PREDIKTIVN6 SAK6DY			Max vox (MNI152)		
Lokace	Velikost (voxels)	P	X	Y	Z
FEF	78373	0,000	-40	-8	52
Occipital c6rtex	78373	0,000	14	-92	0

Kontroln6 > Dyslektici – REFLEXN6 SAK6DY			Max vox (MNI152)		
Lokace	Velikost (voxels)	P	X	Y	Z
SEF	150	0,011	0	-6	60
Occipital c6rtex	130	0,022	-28	-100	4

Dyslektici > Kontroln6 – REFLEXN6 SAK6DY			Max vox (MNI152)		
Lokace	Velikost (voxels)	P	X	Y	Z
Occipital cortex	13983	0,000	-20	-102	-6
FEF	2998	0,000	50	-2	30
Intraparietal sulcos	298	0,000	26	-58	-38
Middle Frontal Gyrus	290	0,000	-42	42	10
SEF	151	0,010	10	4	58
Cerebelum Cruz I	117	0,035	42	-72	-38

Kontrolní > Dyslektici –PREDIKTIVNÍ SAKÁDY			Max vox (MNI152)		
Lokace	Velikost (voxels)	P	X	Y	Z
SEF	403	0,000	0	-6	60
Occipital c6rtex	351	0,000	-28	-100	4
Intraparietal Sulcus	170	0,010	-28	-52	56
Supramarginal gyrus	142	0,030	64	-38	18
Cerebelar vermis IV	138	0,032	0	-80	-18

Dyslektici > Kontroln6 –PREDIKTIVN6 SAK6DY			Max vox (MNI152)		
Lokace	Velikost (voxels)	P	X	Y	Z
Occipital cortex	1888	0,000	18	-92	14
Occipital c6rtex V5/MT	1123	0,000	-42	-70	16
Precentral gyrus	789	0,000	-54	2	18
Pr6-SEF	630	0,000	8	4	58
FEF	485	0,000	40	-6	44
Supramarginal gyrus	380	0,000	54	-26	26
Inraparietal sulcus	332	0,000	-26	-42	52
Cerebelum Cruz I	147	0,024	-38	-80	-30

ANOTACE

Jméno a příjmení:	Michaela Nytrová
Katedra nebo ústav:	Ústav speciálněpedagogických studií
Vedoucí práce:	Mgr. Hana Karunová, Ph.D.
Rok obhajoby:	2019

Název závěrečné práce:	Dyslexie ve speciálněpedagogickém a neurovědeckém pojetí se zaměřením na motorický deficit
Název závěrečné práce v angličtině:	Dyslexia in a special educational and neuroscientific concept with a focus on motor deficit.
Anotace závěrečné práce:	Diplomová práce se zaměřuje na zkoumání aktivních oblastí mozku pomocí funkční magnetické rezonance při neverbálních úkolech (prediktivní a reflexní oční pohyby). Dále byla použita metoda eye trackingu pro sledování očních pohybů. Diplomová práce se dělí na teoretickou a praktickou část. V teoretické práci je popsána terminologie, etiologie, symptomatologie, diagnostika a intervence dyslexie. Další dvě kapitoly tvoří popis očních pohybů a funkční magnetické rezonance. Hlavním cílem praktické části bylo zjistit rozdíly aktivace mozkových oblastí mezi dyslektickými a kontrolními účastníky a následně rozdíly v reflexních a prediktivních sákadách u dyslektických účastníků.
Klíčová slova v angličtině:	Dyslexia, functional magnetic resonance, eye movements, predictive and reflex saccades, neuropsychological tests
Anotace závěrečné práce v angličtině:	The thesis focuses on the exploration of active brain regions during nonverbal tasks using functional magnetic resonance imaging (predictive and reflexive eye movements). Furthermore, the eye tracking method was used to observe eye movements. The thesis is divided into theoretical and practical part. The terminology, etiology, symptomatology, diagnosis and intervention of dyslexia are described in the theoretical work. The next two chapters describe eye movements and functional magnetic resonance. The main goal of the practical part was to find out differences in activation of brain areas between dyslexic and control participants and consequently differences in reflex and predictive saccades in dyslexic participants.

Klíčová slova:	Dyslexie, funkční magnetická rezonance, oční pohyby, prediktivní a reflexní sakády, neuropsychologické testy.
Přílohy vázané v práci:	Příloha č. 1 Informovaný souhlas. Příloha č. 2 Leták RAVEL. Příloha č. 3 Email pro oslovení účastníků. Příloha č. 4 Úvodní dotazník. Příloha č. 5 Tabulky aktivace sakád.
Rozsah práce:	77 stran
Jazyk práce:	Český jazyk