

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI**

**PEDAGOGICKÁ FAKULTA**

**Ústav speciálněpedagogických studií**

## **Diplomová práce**

Monika Jirásková

Dyslexie ve speciálněpedagogickém a neurovědeckém pojetí  
se zaměřením na fonologické zpracování

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že diplomová práce na téma Dyslexie ve speciálněpedagogickém a neurovědeckém pojetí se zaměřením na fonologické zpracování byla vypracována samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce s použitím uvedené literatury a pramenů.

V Olomouci, 15.4.2019

.....

Monika Jirásková

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí mé diplomové práce Mgr. Haně Karunové, Ph.D. za její odborné vedení, cenné rady a především za všechny čas, který mi při zpracování diplomové práce věnovala. Dále bych ráda poděkovala paní Kateřině Lukášové, Ph.D., pod jejíž záštitou celý výzkum vznikl a díky jejímu mentoringu jsem se do něj mohla zapojit a vytvořit tuto diplomovou práci, PhDr. Lence Morávkové Krejčové, Ph.D. za pomoc s realizací výzkumného šetření a Ing. Michalu Miklovi, Ph.D. za účast na vzniku projektu a zajištění možnosti sběru dat. Rovněž bych chtěla poděkovat za podporu celé své rodině, bez které by tato diplomová práce nemohla vzniknout a všem, kteří se podíleli na realizovaném výzkumném šetření.

Tato práce vznikla jako součást výzkumného projektu „Reading and visual motor adaptation task in adults with developmental dyslexia: international study in different orthographic system“, který byl realizován ve spolupráci University of Sao Paulo, Brasil, laboratoře MAFIL, CEITEC MU v Brně, PdF Univerzity Palackého v Olomouci a FF Univerzity Karlovy v Praze.

Vědecká data byla získána s využitím laboratoře MAFIL, CEITEC MU, s podporou výzkumné infrastruktury Czech-BioImaging (projekt LM2015062) financované MŠMT ČR.

Řešení projektu předcházelo schválení etickou komisí na PdF UPOL (jednací číslo 6 /18).

# OBSAH

|  |    |
|--|----|
| ÚVOD.....  | 7  |
| 1. DYSLEXIE A DALŠÍ SPECIFICKÉ PORUCHY UČENÍ .....                             | 8  |
| 1.1. Vymezení pojmu dyslexie .....   | 8  |
| 1.2. Další specifické poruchy učení.....                                       | 9  |
| 1.2.1. Dysgrafie.....  | 9  |
| 1.2.2. Dysortografie .....   | 10 |
| 1.2.3. Prolínání dyslexie, dysgrafie a dysortografie.....                      | 10 |
| 1.3. Příčiny dyslexie .....  | 11 |
| 1.3.1. Vnitřní příčiny dyslexie .....  | 11 |
| 1.3.2. Vnější příčiny dyslexie.....  | 14 |
| 1.4. Teorie vzniku dyslektických obtíží.....                                   | 14 |
| 1.4.1. Fonologická hypotéza vzniku dyslexie.....                               | 15 |
| 1.5. Symptomatologie dyslexie.....   | 16 |
| 1.6. Dyslexie v dospělém věku .....  | 17 |
| 1.6.1. Dyslexie a studium vysoké školy.....                                    | 17 |
| 2. PROCES ČTENÍ .....  | 19 |
| 2.1. Transparentnost jazyka .....  | 19 |
| 2.2. Vizuální rozpoznávání slov .....  | 21 |
| 2.2.1. Oční pohyby při čtení.....  | 21 |
| 2.2.2. Oční pohyby osob s dyslexií.....  | 22 |
| 2.3. Proces zpracování čteného textu.....                                      | 23 |
| 2.3.1. Model dvou drah .....   | 25 |
| 2.4. Vybrané poznatky z korpusové lingvistiky .....                            | 25 |
| 2.4.1. Český národní korpus.....   | 26 |
| 2.4.2. Psycholingvistické charakteristiky jazyka ovlivňující proces čtení..... | 28 |

|  |    |
|--|----|
| 3. DYSLEXIE Z POHLEDU ZOBRAZOVACÍCH METOD .....                          | 31 |
| 3.1. Funkční zobrazování mozku pomocí magnetické rezonance .....         | 32 |
| 3.1.1. Magnetická rezonance.....   | 32 |
| 3.1.1. Funkční magnetická rezonance .....                                | 35 |
| 3.2. Využití neurozobrazovacích metod pro výzkum dyslexie.....           | 37 |
| 4. VÝZKUMNÉ ŠETŘENÍ.....   | 40 |
| 4.1. Cíle výzkumu.....   | 40 |
| 4.2. Popis výzkumného souboru .....                                      | 41 |
| 4.3. Organizace výzkumného šetření.....                                  | 44 |
| 4.4. Neuropsychologické testy.....                                       | 45 |
| 4.4.1. Metodologie .....   | 45 |
| 4.4.2. Výsledky .....  | 52 |
| 4.5. Měření s využitím funkční magnetické rezonance a eye trackingu..... | 56 |
| 4.5.1. Metodologie .....   | 57 |
| 4.5.2. Výsledky .....  | 66 |
| 4.6. Interpretace výsledků a diskuze.....                                | 75 |
| 4.7. Limity výzkumného šetření .....                                     | 80 |
| ZÁVĚR .....  | 82 |
| BIBLIOGRAFIE.....  | 83 |
| Zdroje obrázků.....  | 89 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ.....  | 90 |
| SEZNAM TABULEK .....   | 91 |
| SEZNAM GRAFŮ .....   | 92 |
| ABECEDNÍ SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....                                  | 93 |
| SEZNAM PŘÍLOH .....  | 95 |

## ÚVOD

Diplomová práce se zabývá dyslexií v neurovědeckém kontextu. Zobrazovací metody jsou v poslední době stále častěji využívány k hlubšímu zkoumání problematiky různých neurovývojových poruch, včetně specifických poruch učení. Následující práce vznikla v rámci spolupráce na mezinárodním projektu zahájeném na Faculty of Medicine of The University of Sao Paulo (FMUSP) pod vedením Kateřiny Lukášové, Ph.D. Cílem celého projektu je prohloubení poznatků o dyslexii z hlediska zobrazovacích metod, a to funkční magnetické rezonance (fMRI) a eye trackingu. Právě toto propojení a současné použití obou zmíněných technických prostředků může být velmi přínosné pro zpřesnění znalostí o specifických poruchách čtení. Dalším cílem projektu je vzhledem k jeho rozsahu i srovnání na mezinárodní úrovni, což může přinést další zajímavé poznatky o rozdílných pojetí dyslexie v různých jazykových prostředích.

Smyslem této diplomové práce je shrnout dostupné teoretické informace vztahující se k této problematice a provést výzkumné šetření k ověření a zpřesnění těchto poznatků v českém jazykovém prostředí.

Práce obsahuje teoretickou část a popis výzkumného šetření. V úvodu teoretické části se pokusíme shrnout aktuální relevantní informace o specifické poruše čtení (včetně stávajících a očekávaných terminologických změn z pohledu nového diagnostického materiálu Světové zdravotnické organizace). V další kapitole bude popsán samotný proces čtení z psycholingvistického pohledu, včetně některých oblastí korpusové lingvistiky, kterou jsme využívali při tvorbě českého stimulačního materiálu pro výzkumné měření. Dále bude v práci přiblížena oblast zobrazovacích metod, a to zejména funkční magnetické rezonance a částečně eye trackingu, včetně možností jejich využití v rámci speciální pedagogiky. Vzhledem k rozsahu jednotlivých témat je hlavním záměrem teoretické části práce vytvořit určitý vhled do problematiky a objasnit možnosti propojení lingvistiky a funkčního zobrazování s logopedií.

V rámci výzkumného šetření nejprve popíšeme neuropsychologické testy použité u probandů k orientačnímu ověření jejich čtenářských schopností, intelektu, pozornosti atd. S přihlédnutím k rozsahu výzkumného projektu se po stručném popisu celého měření zaměříme pouze na jednu jeho část, a to na oblast fonologických deficitů u osob s dyslexií. V obou částech měření (neuropsychologické testy i měření fMRI) bude uvedena metodologie (popis použitých materiálů, průběhu měření a vyhodnocování a zpracování dat) a výsledky, které budou následně v diskuzi porovnány s dostupnou odbornou literaturou.

# 1. DYSLEXIE A DALŠÍ SPECIFICKÉ PORUCHY UČENÍ

Specifické poruchy učení jsou v současné době velmi aktuálním tématem, ve kterém s rozvojem poznatků dochází k výrazným změnám, např. v oblasti terminologie, ale i diagnostiky nebo intervence. S ohledem na zaměření práce bude v této kapitole vymezena dyslexie a související specifické poruchy učení (dysgrafie, dysortografie), a to zejména z pohledu terminologie, příčin vzniku a symptomatologie. V závěru kapitoly budou zmíněna také některá často opomíjená specifika dyslexie v dospělém věku.

## 1.1. Vymezení pojmu dyslexie

Na pojem dyslexie lze nahlížet mnoha způsoby. V současné době jsou patrné poměrně velké změny v pojetí dyslexie i poruch učení obecně. Tyto změny jsou významně spjaty s revizemi dvou důležitých diagnostických materiálů, a to DSM (Diagnostický a statistický manuál Americké psychiatrické organizace) a MKN (Mezinárodní klasifikace nemocí Světové zdravotnické organizace).

Aktuálně platná pátá revize Diagnostického a statistického manuálu uvádí jako kritéria pro diagnostiku specifické poruchy učení přítomné obtíže s učením a používáním školních dovedností, které jsou pod očekávanou úrovní pro chronologický věk jedince a narušují tak školní/pracovní výkon a každodenní aktivity. Tato narušení není možné vysvětlit poruchou intelektu, zraku, sluchu, jinými duševními nebo neurologickými poruchami, psychosociálními problémy ani špatnou znalostí vyučovacího jazyka nebo špatnou výukovou metodou (Raboch, 2015).

Podobně se k dyslexii vyjadřuje i 10. revize MKN (MKN, 2017<sup>1</sup>). Obě klasifikace zmiňují jako diagnostické kritérium horší čtenářský výkon vzhledem k věku a inteligenci, tedy tzv. diskrepanční kritérium. Jedná se o rozdíl mezi IQ a čtenářským výkonem, často měřeným pomocí tzv. ČQ – čtenářského kvocientu (Jošt, 2011).

Oba tyto dokumenty definovaly dyslexii mimo jiné vyloučením faktorů, které nemohou být pro diagnózu dyslexie přítomné. Proti tomuto způsobu definování dyslexie existuje mnoho námitek a připomínek (zejména pak k využití zmíněného diskrepančního kritéria) – viz např. Jošt, 2011. Přesto je odborníky tento způsob vymezení dyslexie stále přijímán a využíván a hraje důležitou roli v současném pojetí dyslexie. V nově platných revizích obou

---

<sup>1</sup> MKN 10 je v ČR v platnosti již od roku 1994 a byla za dobu své platnosti několikrát aktualizována. Poslední aktualizace proběhla k 1.1.2018, ale oblast poruch učení touto aktualizací nebyla nijak změněna. V současné době probíhá implementace nové 11. revize do českých podmínek – viz dále.



diagnostických dokumentů jsou však definice aktualizované a do značné míry změněné. Jošt (2011, s. 20) v souladu s oběma diagnostickými dokumenty definuje dyslexii jako „*omezenou schopnost naučit se číst navzdory normální inteligenci, dobrému tělesnému i duševnímu zdraví, přiměřené vzdělávací nabídce, motivaci a vyvíjenému úsilí dotyčného jedince.*“

V novém diagnostickém manuálu (Mezinárodní klasifikaci nemocí – MKN 11<sup>2</sup>) termín dyslexie jako takový nenajdeme, protože byl nahrazen zastřešujícím termínem vývojová porucha učení (developmental learning disorder) s přidaným specifikátorem „*with impairment in reading*“ – s problémy ve čtení (ICD 11 International Classification of Diseases 11th Revision, 2018). Český ekvivalent tohoto anglického termínu zatím není znám, neboť česká verze MKN 11 zatím není k dispozici. V současné české terminologii se ale termín dyslexie stále používá a můžeme se s ním setkat i v některých aktuálně vydávaných zahraničních člancích.

Z pohledu české logopedie spadá dyslexie (stejně jako další vývojové i získané poruchy učení) pod jednu z 10 kategorií narušení komunikační schopnosti (NKS), které definoval Lechta, a to konkrétně pod tzv. narušení grafické stránky řeči (Lechta, 2003).

## **1.2. Další specifické poruchy učení**

Kromě dyslexie se v české literatuře setkáme ještě s dalšími pojmy, jako je dysgrafie, dysortografie nebo dyskalkulie. Dyskalkulie je specifická porucha matematických dovedností (Zelinková, 2015). Protože jsme se matematickým schopnostem ve výzkumu nevěnovali, nebudeme dyskalkulii dále věnovat pozornost ani v teoretické části práce. Dysortografie a dysgrafie pro nás ale mohou být v mnohém důležité, protože se také významně týkají jazykového zpracování. V minulosti byly dokonce všechny tyto poruchy slučovány pod souhrnný název „dyslexie“, který zahrnoval specifické obtíže školního věku, charakteristické zejména horšími výkony ve čtení a psaní (Pokorná, 2010a).

### **1.2.1. Dysgrafie**

Dysgrafii definuje Zelinková jako poruchu osvojování psaní, která postihuje grafickou stránku psaného projevu, jeho čitelnost a úpravu (Zelinková, 2015). Projevuje se zejména v problémech s osvojením si tvarů písmen, obtížích s čitelností písma, dodržování velikosti písma a jeho celkové upravenosti. Tempo psaní je při dysgrafii pomalé, osoba s dysgrafií může

---

<sup>2</sup> Anglicky ICD – International Classification of Diseases 11th Revision. Tento dokument bude v ČR závazný od roku 2022 (*WHO releases new International Classification of Diseases*, 2018)

mít problém vybavovat si odpovídající tvary písmen a celý proces psaní pro ni vyžaduje nepřiměřeně velké množství energie (tamtéž).

### **1.2.2. Dysortografie**

Za dysortografii považujeme poruchu osvojování pravopisu (Zelinková, 2015). Projevuje se zejména zvýšeným množstvím chyb v psaném textu. Existují tzv. specifické dysortografické chyby, mezi které patří špatné rozlišování krátkých a dlouhých samohlásek, tvrdých a měkkých slabik, sykavek, vynechávání nebo záměna písmen ve slově a problémy s dodržováním hranic slov v psaném textu (tamtéž). Tyto chyby mohou pramenit zejména z nedostatečně rozvinutého fonemického uvědomění. Dalším problémem osob s dysortografií mohou být obtíže s osvojováním a uplatňováním gramatických pravidel (Smečková, 2013).

### **1.2.3. Prolínání dyslexie, dysgrafie a dysortografie**

Pojem dysortografie se často neodlišuje od dysgrafie, anebo jsou dysortografické potíže zahrnovány pod souhrnnou diagnostickou kategorií dyslexie. V současně platné MKN 10 najdeme pouze kategorii F81.0 jako specifickou poruchu čtení a F 81.1 jako specifickou poruchu psaní a výslovnosti. U kategorie F 81.0 je upozorňováno na možné a často se vyskytující spojení s problémy se psaním, které často mohou přetrvávat navzdory dobře překonaným čtenářským obtížím (MKN, 2018).

Podle nové MKN 11 bychom mohli dysgrafii zařadit do kategorie „6A03.1: *Developmental learning disorder with impairment in written expression*“, kde najdeme projevy, jako zhoršený individuální výkon psaní, stejně jako problémy s osvojením hláskování slov, gramatických pravidel atd. Do této kategorie bychom tedy mohli řadit i dysortografii (ICD 11, 2018).

Krejčová a Bodnárová (2018) upozorňují, že všechny tři zmíněné typy specifických poruch učení (dále jen SPU) - dyslexie, dysgrafie a dysortografie, se velice úzce prolínají, protože většina lidí, kteří mají obtíže se čtením, budou mít obdobné obtíže i při psaní a v určitých případech je proto možné používat pojem „dyslexie“ jako zastřešující pro jmenované poruchy.

Pokorná (2010) uvádí i jiné dělení specifických poruch učení, a to na poruchy primárně závislé na poruchách řečových funkcí a tzv. neverbální poruchy učení, tedy poruchy primárně závislé na poruchách neřečových funkcí a dále poruchy primárně závislé na poruchách vlastního výkonu ve všech modalitách. Do první zmíněné kategorie řadí obtíže vzniklé

na základě fonologického zpracování, obtíže na základě intermodálního kódování (spojování grafémů a fonémů) a obtíže při vyhledávání slov.

### 1.3. Příčiny dyslexie

Existuje mnoho teorií pojednávajících o příčinách vzniku dyslexie, z nichž některé jsou s postupem času vyvraceny a jiné dále ověřovány. Z německé literatury k nám pronikl tzv. Angermaierův katalog příčin SPU, který je v českém prostředí často zmiňovaný. Seznam pochází z roku 1972 (Pokorná, 2010b) – viz příloha 1. Jedná se o výčet všech možných příčin SPU, jenž ukazuje a zdůrazňuje širší a nejednotnost dané problematiky. V souladu s ním je možné najít mnoho zdrojů a výzkumů zabývajících se různými faktory, které mohou vznik SPU způsobit. Nutno však podotknout, že ne všechny Angermaierem zmiňované faktory jsou v současné době považovány za skutečné příčinné faktory vzniku SPU. Například faktor „*nižší inteligence*“ nebo „*poruchy zraku nebo sluchu*“ se přímo vylučují s definicí MKN, která říká, že dyslexii nebo jinou specifickou poruchu učení můžeme definovat jen tehdy, má-li jedinec alespoň průměrnou úroveň intelektu a problémy nejsou způsobeny jinou přidruženou poruchou nebo postižením (MKN 10, 2018). Dále např. skupina faktorů pojmenovaných jako „*poruchy koncentrace a menší odolnost vůči námaze*“ se mohou zdát zavádějící neboť „*lenost nebo úzkostnost*“ může v dnešním pojetí být spíše příčinou vzniku nespecifické poruchy učení, nikoli poruchy specifické (Pokorná, 2010a). Podobná situace je i v případě tzv. „*nedostatečných vnějších faktorů*“, které mohou mít vliv na projevy SPU, ale nemohou být jedinou příčinou jejich vzniku (tamtéž). Obecně ale můžeme katalog příčin považovat za důležitý zdroj v celkovém náhledu na příčiny SPU. Dává nám jednak informace o tom, jak se náhled na tyto poruchy vyvíjel a zároveň poskytuje základní oporu v některých stále platných bodech, které se stávají předmětem dalších výzkumů a diskuzí.

Na základě některých položek tohoto rozsáhlého seznamu se totiž postupně vyvíjely různé etiologické teorie, které byly (a dodnes jsou) zkoumány ve výzkumech s využitím dostupné techniky a poznatků z jiných souvisejících oblastí. V současné době je uznávaný Müllerův náhled na poruchy učení jako na multidimenzionální problém, který může být způsoben různým vlivem několika základních faktorů (Pokorná, 2010a).

#### 1.3.1. Vnitřní příčiny dyslexie

Mezi příčiny specifických poruch učení v současnosti řadíme zejména tzv. dispoziční (konstituční) omezení, tedy odchylky na úrovni centrální nervové soustavy. Tyto konstituční odchylky mohou být důvodem vzniku různých deficitů (např. v oblasti paměti, vnímání,

koncentrace atd. – souhrnně je můžeme označit jako deficity dílčích funkcí (Pokorná, 2010a). Na podkladě těchto deficitů se mohou rozvinout specifické obtíže typické pro danou poruchu učení, které nám utváří symptomatický obraz této poruchy.

Dle dostupné české literatury můžeme vymežit dva základní konstituční faktory, a to dědičné riziko projevení odchylek CNS (a následného rozvoje SPU) a tzv. lehké (drobné) poškození mozku spojené s netypickou organizací mozkových aktivit a netypickou dominancí mozkových hemisfér, vzniklé v průběhu prenatalního nebo perinatálního období, které bylo dříve souhrnně označováno jako tzv. lehká mozková dysfunkce nebo lehká dětská encefalopatie (Smečková, 2013).

Genetickými faktory při vzniku specifických poruch učení se zabývalo mnoho odborníků (např. Schulte-Korne in Pokorná, 2010a). Genetická zátěž může znamenat riziko vzniku SPU, konkrétní informace o genetickém přenosu rizik však dosud nejsou přesně známy. Hovoří se také o genetickém přenosu některých odchylek a netypických vlastností CNS (Pokorná, 2010a). Tento předpoklad by mohl propojovat dvě někdy oddělované etiologické teorie (teorii dědičnosti a tzv. deficitů dílčích funkcí).

Co se týče právě odchylek na úrovni centrální nervové soustavy, jedná se o problematiku, která bude našemu výzkumu velice blízká. Dle Pokorné (2010) mohou tyto odchylky nebo drobná poškození CNS vznikat prenatalně (např. vlivem infekčních nemocí matky, Rh inkompatibility, alkoholismu nebo lékové závislosti matky, nedostatečného přísunu kyslíku k plodu aj.), dále v průběhu porodu (perinatálně; může dojít k přímému pohmoždění hlavy při klešťovém porodu nebo nedostatečnému přísunu kyslíku při protražovaném nebo naopak překotném porodu atd.). Neméně důležité je i období postnatální, tedy těsně po porodu, kdy se mohou objevit např. obtíže způsobující nedostatek kyslíku v krvi (dýchací problémy atd.). Další odkazy (Smečková, 2013) uvádějí jako riziková také infekční onemocnění, která dítě prodělá do dvou let věku.

Ne každé dítě s lehkou odchylkou CNS ale musí mít v pozdějším věku poruchu učení. Jak uvádí Pokorná s odkazem na výzkum Lemppa (1978), nemusí být u všech dětí s lehkým poškozením mozku patrné obtíže v učení, ale u dětí, kterým je porucha učení diagnostikována, jsou odchylky na úrovni CNS velmi časté. Právě drobná poškození mozku se v minulosti ukázala jako jedna z příčin poruch psychomotorického vývoje, na jehož podkladě mohou vzniknout tzv. deficity dílčích funkcí podmiňující podle některých autorů poruchu učení. V tomto pojetí se mohou objevovat poruchy učení vzniklé na bázi deficitů motoriky, případně na bázi poruch rozvoje řeči, paměti atd.

Vztah mezi morfologickým defektem a funkční poruchou se ale v novějších výzkumech ukázal jako těžko prokazatelný. Na místo sledování morfologických změn CNS se proto v posledních letech řada výzkumů soustřeďuje na změny funkční. Mezi nejsledovanější hypotézy patří teorie odchýlné organizace cerebrálních aktivit v mozku osob s SPU. Odborníci sledují s využitím dostupných technických prostředků aktivitu jednotlivých částí mozku při různých úkolech včetně čtení. K tomuto sledování bylo dosud využíváno např. EEG, kde byly sledovány specifické odlišnosti ve zpracování vizuálních a akustických podnětů (Pokorná, 2010a).

Jiným způsobem je sledování látkové výměny v jednotlivých mozkových oblastech. I zde se ukázaly specifické odlišnosti. Výzkumy často poukazují na zvýšenou aktivitu v oblasti gyrus angularis, což je někdy interpretováno jako potřeba zvýšeného úsilí ke splnění určitých úkolů spojených např. se čtením (Smečková, 2013).

Dalším sledovaným faktorem v této oblasti je lateralizace mozkových hemisfér a jejich specializace. V některých zdrojích můžeme najít dělení dyslexie na tzv. L typ (s převahou levé hemisféry) a R typ (s převahou pravé hemisféry). Toto rozdělení vychází z modelu funkční specializace mozkových hemisfér, který říká, že každá hemisféra je primárně specializovaná na jiné funkce, jiné způsoby zpracování podnětů a jejich vzájemná spolupráce významně ovlivňuje naše fungování. Obecně je levá hemisféra považovaná za více analytickou část mozku, která za běžných okolností zpracovává jazykové podněty a je více zodpovědná za řešení logických problémů. Naproti tomu pravá hemisféra je považována za část mozku zodpovědnou za celostnější, komplexní vnímání (založené zejména na smyslových podnětech) a více se podílí na intuitivním a kreativním myšlení. Uvedené rozdělení není vždy univerzálně platné a zvláště v případech, kdy dojde k určitému poškození části mozku, hovoříme o tzv. plasticitě mozku. Na základě plasticity jsou schopny nepoškozené oblasti mozku částečně přebírat i funkce, které jim primárně nepřísluší (Jošt, 2011). Podíváme-li se z pohledu funkce hemisfér na čtení, najdeme v různých fázích vývoje různou aktivaci obou hemisfér. V počáteční fázi vývoje čtení je zapojována více pravá hemisféra (dítě se učí ve zvucích rozlišovat hlásky, ve zrakových podnětech poznávat písmena a přiřazovat je). V dalším průběhu vývoje čtenářských schopností dochází ke stále většímu zapojování levé (analytické) hemisféry, která je aktivována ve chvílích, kdy dítě písmena a hlásky skládá a rozkládá do slabik a slov a dále když k těmto jazykovým prvkům přiřazuje význam. (tamtéž). U vyspělého čtenáře tak při čtení převažuje činnost levé hemisféry (vzhledem k výše popsanému zaměření je proto také levá hemisféra označována jako jazyková nebo řečová, a protože jazyk a řeč využíváme v životě téměř neustále, někdy bývá levá hemisféra označována také jako hemisféra dominantní).

Na základě této teorie funkční specializace mozkových hemisfér vytvořil Bakker (1990) výše zmíněné dělení dyslexie. První zmiňovaný L typ nazývá také lingvistickým typem dyslexie. V případě tohoto typu je oslabena pravá hemisféra. V důsledku popsaného oslabení má čtenář problémy se smyslovým vnímáním jazykových symbolů (hlásek a písmen). Při čtení proto dělá mnoho chyb, zaměňuje zejména tvarově nebo zvukově podobná písmena, vynechává části slov nebo si slova domýšlí. Tempo čtení ale bývá většinou adekvátní nebo až příliš rychlé. Druhý typ tzv. R typ neboli percepční typ dyslexie je v podstatě opačný případ, kdy pravá hemisféra funguje dobře, ale levá nedostatečně. V takovém případě se čtenářské obtíže objevují později po relativně dobře zvládnuté etapě počátečního čtení (které se, jak již bylo zmíněno, účastní především hemisféra pravá). I přes pokročilou dobu nácviku čtení tak výkon takového čtenáře stále připomíná výkony začínajících čtenářů – tempo čtení je pomalé a porozumění problematické.

### **1.3.2. Vnější příčiny dyslexie**

Kromě všech výše zmiňovaných vnitřních příčin SPU bychom měly v souladu s odbornou literaturou zmínit i tzv. příčiny vnější, kam řadíme např. sociální prostředí jedince, školní podmínky a vyučovací metody. Tyto příčiny mohou pouze umocnit vliv příčin vnitřních, ale jako takové nejsou považovány za samostatné možné příčiny vzniku specifických poruch učení (Smečková, 2013).

## **1.4. Teorie vzniku dyslektických obtíží**

V současné době lze najít velké množství teorií vzniku dyslektických obtíží, tedy teorií, které vysvětlují, na jakém principu vznikají dané specifické obtíže ve čtení (jaké konkrétní deficity způsobí, že se obtíže vzniklé na podkladě výše zmíněných příčin projeví obrazem, který nazýváme dyslexií). Mezi tyto teorie patří např. teorie magnocelulární, cerebelární, fonologická nebo vizuální (Jira, 2014). Ačkoli se tyto teorie mohou zdát v některých aspektech až protichůdné, Vyhnálek a kol. (2006) upozorňuje, že není jeden univerzální mechanismus vzniku čtenářských obtíží, ale že tyto obtíže mohou u různých osob vznikat na podkladě různých mechanismů (např. dále zmiňovaná fonologická a motorická příčina vzniku čtenářských obtíží).

Lukášová (2006) ve svém výzkumu uvádí, že u dětí s dyslexií jsou patrné motorické a fonologické deficity, které mohou způsobovat obtíže ve čtení. V souladu s tím se ve své práci věnuje fonologické a motorické hypotéze vzniku poruch čtení. V české literatuře se touto problematikou zabývá např. Vyhnálek (2006), který upozorňuje zejména na věkové opoždění

vyrávání očních pohybů u osob s dyslexií, přičemž není jasné, zda je toto opoždění přímým důsledkem mozkového poškození (a v důsledku odchylných očních pohybů vznikají problémy se čtením textu) nebo naopak jsou abnormality očních pohybů při čtení u dyslektiků projevem čtenářských obtíží. Tato práce se bude zabývat především fonologickou hypotézou, hypotéza motorická bude popsána v současně vzniklé práci Nytrové (2019, v tisku).

### **1.4.1. Fonologická hypotéza vzniku dyslexie**

Fonologická teorie má významné místo v současných znalostech o dyslexii (Jira, 2014). Jedná se o teorii, podle které mají osoby s dyslexií problém se zpracováním fonologické informace, tedy obtížně zpracovávají tzv. zvukovou stránku jazyka.

Fonologickou teorii vzniku dyslexie formulovala podle Jošta (2011) poprvé Isabelle Liberman v roce 1974.<sup>3</sup>

Ve své práci vycházela Liberman (in Jošt, 2011) z jazykových teorií vzniku obtíží osob s dyslexií. Za podstatu problému považovala tzv. fonémové uvědomění (phoneme awareness) a dyslexii tedy za jazykovou, nikoli motorickou poruchu. Foném můžeme definovat jako nejmenší, dále nedělitelnou zvukovou jednotku jazyka (Jošt, 2011). Konkrétní realizací fonému je potom hláska, která je vždy vyslovená a fonému tak dává konkrétní akustické a artikulační vlastnosti. Každý foném se odlišuje od ostatních alespoň jednou tzv. distinktivní vlastností. Sám o sobě foném nenesé žádný význam, ale spojováním fonémů mohou vznikat významové celky. K diferenciaci významových rozdílů potom může sloužit i jen jeden foném (Jošt uvádí jako příklad tohoto jevu diferencí slov hrabě a hrábě). Počet fonémů je omezený, v češtině jich Krčmová (2008) uvádí 39.

V průběhu osvojování řeči se děti učí používat slova ve spojení s určitým významem. Schopnost dělit tyto významové celky (slova) na jednotlivé fonémy se dítě učí až v pozdějším věku, zpravidla při nástupu do školy a výuce čtení. Právě tuto schopnost rozdělit celek na jednotlivé fonémy označuje Jošt (2011) jako tzv. fonémové uvědomění. Kromě toho si dítě při výuce čtení a psaní musí osvojit také schopnost tzv. fonémově-grafémového převodu, kdy je potřeba nejen slovo rozdělit na základní segmenty (fonémy), ale také ke každému fonému přiřadit odpovídající grafický symbol (grafém) nebo naopak – k jednotlivým grafémům přiřadit správné fonémy a jejich postupným vyslovením a spojením získat informaci o významu

---

<sup>3</sup> Liberman, Isabelle Y., Donald Shankweiler, F. William Fischer and Bonnie Carter (1974). Explicit syllable and phoneme segmentation in the young child. *Journal of Experimental Child Psychology* 18 (2), s. 201-212.

napsaného slova. Na základě uvedeného jsou někdy jako základ fonologické teorie vzniku dyslexie uváděny právě obtíže na úrovni rozpoznání fonémů ve zvukových celcích.

Dalším poznatkem, na kterém Liberman (in Jošt, 2011) založila svou teorii, jsou deficity v krátkodobé verbální paměti, které objevila u osob s dyslexií. Při ověřování této skutečnosti zaregistrovala, že děti intaktní (bez dyslexie) si všeobecně pamatovaly řady slov lépe než děti s dyslexií, ale zároveň měly spíše horší výkony v opakování řad slov, která si byla po zvukové stránce podobná. Naopak děti s dyslexií měly všeobecně v opakování horší výkon (což poukázalo na možný deficit krátkodobé paměti), ale ve skupinách slov podobných a nepodobných byly výkony srovnatelné (což Liberman vysvětluje tím, že děti s dyslexií nepoužívají k zapamatování slov fonologický kód – je jedno, jestli jsou slova podobná nebo úplně odlišná).

V souladu s výše popsanými názory bychom mohli podstatu fonologické teorie vzniku dyslexie shrnout takto: Osoba s dyslexií má primárně obtíže se sluchovým rozlišováním jednotlivých zvukových segmentů řeči (hlásek) a jejich propojením s příslušným grafickým symbolem (písmeno, znak). Tyto obtíže znesnadňují dané osobě, aby si bez problémů osvojila dovednost čtení, která zmíněné schopnosti ve značné míře využívá. Obtíže v nabývání této dovednosti mají charakter specifické poruchy čtení a projevují se typickými znaky, které popisujeme jako symptomy dyslexie.

## **1.5. Symptomatologie dyslexie**

Symptomy dyslexie můžeme obecně rozdělit na symptomy specifické a nespecifické. Nespecifické symptomy jsou takové, které se vyskytují u všech specifických poruch učení. Patří sem např. deficity pozornosti, paměti, motorické deficity, obtíže v časoprostorové a pravolevé orientaci nebo emoční labilita (Vitásková, 2006).

Specifické symptomy jsou ty, které jsou typické pouze pro danou poruchu, v našem případě pro dyslexii. Mezi ty nejzákladnější patří nápadně pomalé tempo čtení. Dítě s dyslexií může dlouho slabikovat, domýšlet si slova atd. Tento symptom, i když je jeden z nejzákladnějších, se nemusí vyskytovat vždy. Zelinková (2015) upozorňuje i na případy, kdy dítě s dyslexií čte adekvátním tempem, ale nezvládá sledovat a chápat obsah čteného textu. Dalším klíčovým příznakem je vyšší chybovost (Vitásková, 2006). Nejčastěji se jedná o záměny podobných písmen. Podoba písmen může být tvarová (např. b–p–d) nebo zvuková (t–d). Může docházet i k záměnám písmen nepodobných. U dětí s dyslexií se v průběhu nácvičku čtení může vyskytovat tzv. dvojí čtení, tedy určitá strategie, kdy si dítě čte po hláskách slovo potichu a poté ho teprve vysloví nahlas. Tato technika může být problematická z hlediska



budování schopnosti pracovat s hláskovou strukturou slova, ačkoli v některých metodách nácvičku čtení (Zelinková (2015) udává jako příklad genetickou metodu) je tato strategie běžná. V neposlední řadě se problémy mohou vyskytovat na úrovni porozumění čtenému textu, které může být narušeno obtížemi se zpracováním struktury slov a následným přiřazením významu (Zelinková, 2015).

## **1.6. Dyslexie v dospělém věku**

Vzhledem k tomu, že se náš výzkum v souladu s výzkumem realizovaným v Brazílii<sup>4</sup> zaměřuje na osoby s dyslexií ve věku 18–38 let, v následující části vymezíme specifika dyslexie v dospělém věku. Jira (2014) k této problematice uvádí, že dyslexie je v české společnosti často spojována výhradně s dětským věkem a problematice dyslexie u dospělých osob není věnována velká pozornost. Brunswick (in Jira, 2014) upozorňuje dále na obtížnost diagnostiky dyslexie u dospělých osob vzhledem k různým kompenzačním mechanismům, které osoby s dyslexií často používají. Přesto však může dyslexie v dospělém věku přinášet mnohé komplikace, a to obzvláště v současné době založené často na písemné komunikaci. Někteří odborníci rovněž upozorňují na to, že lehčí formy dyslexie mohou být diagnostikovány právě až v dospělém věku, kdy nároky na užívání písemných komunikačních forem vzrůstají (např. Reid a Kirk, 2000).

### **1.6.1. Dyslexie a studium vysoké školy**

V dnešní době je již poměrně běžné, že osoby s dyslexií mohou mít dobré sociální uplatnění a věnovat se mimo jiné i studiu na vysoké škole. Tímto fenoménem se zabývalo mnoho autorů, zejména z řad psychologů (např. Jira, 2014, Heinman a Precel, 2003 nebo Heaton a Mitchel, 2001). Jak uvádí Heaton a Mitchel (2001), studium vysoké školy má samo o sobě specifické nároky, které nemusí být pro všechny přijatelné (např. částečná ztráta podpory rodiny, absence průběžné kontroly studia ze strany vyučujících atd.). K tomu se u studentů s dyslexií pojí možné obtíže charakteristické pro SPU, jako je např. rychlejší unavitelnost, obtíže s formulací myšlenek atd. (Mortimore a Crozier, 2006). Někteří autoři (např. Hoiem a Sundberg, 2000) zmiňují také psychosociální vlivy dyslexie na studium, mezi které můžeme zařadit např. možné snížení sebedůvěry. O tom, že osoby s dyslexií v současné době relativně často studují vysoké školy, nás může přesvědčit např. analýza Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy z roku 2010, která uvádí, že v daném roce studovalo na veřejných vysokých

---

<sup>4</sup> Reading and visual motor adaptation task in adults with developmental dyslexia: international study in different orthographic systems (viz odkaz na číslo projektu, s. 4)

školách celkem 302 studentů se specifickou poruchou učení nebo ADHD. Toho času se jednalo o nejpočetnější skupinu studentů z hlediska typu postižení (z celkového počtu 1119 osob se zdravotním postižením studujících vysokou školu), přičemž nejčastější studované obory v této skupině byly obory v oblasti technických věd a nauk (Analýza současné situace studentů se specifickými nároky na vysokých školách, 2010).

V roce 2018 studovalo na veřejných vysokých školách dohromady 1988 studentů se specifickými potřebami. Dá se tedy předpokládat, že i počet osob s dyslexií na vysokých školách úměrně s tímto sledovaným nárůstem vzrostl (Monitorovací ukazatele, 2019).

Při posuzování počtu studentů je ale nutné vzít v potaz argument, který ve shodě s uvedenou analýzou zmiňuje např. i Jira (2014). Jedná se o rozdíl mezi skutečným počtem osob s dyslexií, které studují vysokou školu a mezi počtem těchto osob započítaných ve sledovaných analýzách. Zmíněná statistika (2010 i 2019) např. pracovala s počty studentů, kteří využívají služeb center pro podporu studentů se specifickými vzdělávacími potřebami na jednotlivých univerzitách. Jak uvádí Heinman a Precel (2003), ne každý student vysoké školy dané služby využívá, ať už z důvodu strachu z možné stigmatizace nebo pocitu, že danou podporu při studiu nepotřebuje.

Důležitý je dále fakt, že uvedený počet zahrnuje nejen osoby s dyslexií nebo dysortografií, ale také s jinou specifickou poruchou učení (např. izolovaná dysgrafie nebo dyskalkulie) a dále osoby s poruchou pozornosti (poruchy pozornosti se často vyskytují i zároveň s SPU (Hall, 2008).

## 2. PROCES ČTENÍ

Čtení je komplexní kognitivní proces, ke kterému je zapotřebí mnoha schopností, mimo jiné schopností ortografických a fonologických (Park, 2012). Jedná se o proces, který vyžaduje schopnosti paměťové, myšlení, určitou úroveň inteligence a vnímání (Sternberg, 2009).

Na podstatu procesu čtení se podíváme nejprve z pohledu kognitivní psychologie. Ta zdůrazňuje čtení jako proces současného zapojení mnoha kognitivních funkcí. První funkcí, kterou při čtení používáme je schopnost vizuálního vnímání (percepce). Poté proces zahrnuje převod vizuálně vnímaného písmene na zvuk, tedy schopnost vytvoření tzv. fonemického kódu (Sternberg, 2009). Zde narážíme na první odlišnost různých jazykových prostředí. Převod vizuálně vnímaného písmene na zvuk má v každém jazyce svá pravidla. V některých jazycích (jako např. čeština) má převod mezi písmenem a zvukem své jasně dané zákonitosti, které lze aplikovat ve většině slov. Naproti tomu v jiných jazycích (např. v angličtině) často neexistuje přímý vztah mezi písmenem a zvukem. Jedno písmeno (příp. skupinu písmen) lze tedy vyslovovat mnoha způsoby v závislosti na okolních písmenech nebo přímo na daném slově, ve kterém se písmeno nachází (tamtéž).

### 2.1. Transparentnost jazyka

Vztah mezi ortografickou a fonologickou stránkou daného jazyka popisuje vlastnost tzv. transparentnosti (Jošt, 2011). Jošt (2011) udává, že „*dokonale transparentní ortografie by mohla být charakterizována tím, že každá hláska by měla svůj vlastní grafém, písmeno*“ (s. 65). Čím méně je ortografie daného jazyka transparentní (konzistentní), tím více v něm existuje hlásek pro stejné množství písmen. Stejný autor uvádí např. angličtinu jako příklad velmi málo transparentního jazyka. V souladu s ním i Koukolík (in Sternberg, 2009 jako pozn. překl.) uvádí, že v zemích, kde se ortografie výrazně odlišuje od fonologie (jak je popsáno výše) je výskyt specifických poruch čtení častější než v zemích, kde se fonologie a pravopis víceméně shodují. Jošt (2011) proto používá např. pro angličtinu termín „*dyslektogenní jazyk*“. Pro označení tzv. transparentnosti jazyka můžeme v některých zdrojích najít také výraz ortografická hloubka (Trojanová, 2013). Při použití této terminologie je zmiňovaná angličtina příkladem tzv. hlubokého jazyka, kde existuje velké množství samohlásek reprezentovaných malým množstvím grafémů (tamtéž).

Spencer (in Jošt, 2011) v této souvislosti upozorňuje na charakteristiky slov v daném jazyce, které ovlivňují jejich čtenářské zvládnutí většinou čtenářů. Mezi tyto charakteristiky řadí zejména grafém-fonémovou diskrepanci (kolik fonémů lze přiřadit k jednomu grafému),

délku slov a jejich slovní frekvenci. Za slovní frekvenci zmíněný autor označuje četnost používání daného slova, resp. jeho zastoupení v tisku, rozhlasu, beletrii atd.

Čeština je proti angličtině a mnoha dalším jazykům výrazně transparentní jazyk, k většině grafémů lze v češtině přiřadit 1–2 zvukové reprezentace, proto může být proces čtení v českém jazyce snazší a výskyt poruch tohoto procesu tudíž nižší. Pro další zkoumání procesu čtení je ale důležité dbát na další zmíněné charakteristiky slov, které mohou ovlivnit to, jak dobře a rychle budou slova čtenářem zvládnuta – mezi ty hlavní v češtině patří právě frekvence a délka slova (Jošt, 2011).

S uvedenou problematikou významně souvisí již zmíněná fonologická teorie vzniku dyslexie, která spatřuje příčiny dyslexie převážně v deficitech fonologických schopností. Tato teorie vznikla v anglosaském jazykovém prostředí a byla postupně ověřována v mnoha dalších prostředích. U nás ji již v roce 1988 ověřoval svým výzkumem jeden z předních českých odborníků na dyslexii profesor Matějček (1988). Ve svém výzkumu zjišťoval u předškolních dětí schopnost aliterace<sup>5</sup> a rýmu, a to opakovaně po určitých časových obdobích. Tato zkouška ověřovala fonémové uvědomění předškolních dětí a dokázala, že schopnost fonémového uvědomění v čase zůstává relativně stejná. Když byla ovšem tato schopnost porovnána s pozdějším prospěchem v českém jazyce, ukázalo se, že v českém jazykovém prostředí není tato souvislost tak významná jako v prostředí anglosaském. Obdobný výzkum byl realizován např. v rovněž relativně transparentním německém jazykovém prostředí prof. Schneiderem (1999, in Jošt, 2011) s podobným závěrem. Při tomto výzkumu se ukázalo, že rozvoj fonologických schopností v předškolním věku je velmi důležitý (fonologický trénink zvedl úroveň fonologických schopností u experimentální skupiny dětí významně více oproti spontánnímu zlepšení kontrolní skupiny v této oblasti). Naproti tomu očekávané rozdíly v pozdějších čtenářských výkonech (stejně jako v českém prostředí) nebyly v závislosti na úrovni fonologických schopností prokázány.

Projevy dyslexie se u osob z transparentního a netransparentního prostředí liší (Smolík, 2014). Jošt (2011) tyto rozdíly shrnuje. Zmiňuje zejména častější chyby v tzv. fonologizaci (přiřazení zvukových ekvivalentů k ortografickým tvarům slov, „přesnosti čtení“) u anglicky mluvících osob s dyslexií (pocházejících z netransparentního jazykového prostředí), naproti tomu u německy mluvících osob s dyslexií hovoří o relativně vysoké přesnosti čtení a transformaci problémů do pomalého tempa čtení.

---

<sup>5</sup> Aliterace je stylistická figura spočívající v opakování stejných písmen na začátku slov řazených za sebou (Kraus, 2005).

Z uvedeného a dalších výzkumů na podobné téma (např. Wimmer, & Schurz, 2010) vyplývá, že vliv jednotlivých deficitů na míru závažnosti projevené poruchy (v našem případě dyslexie) je v různých jazykových prostředích odlišný.

## **2.2. Vizuální rozpoznávání slov**

Dalším stupněm v procesu čtení je proces uspořádání jednotlivých zvuků (na které při čtení převedeme jednotlivá písmena) do slov. Dále dochází k identifikaci slova a přiřazení významu tomuto slovu. Sternberg (2009) uvádí, že tento proces probíhá vždy od začátku při čtení každého slova, Koukolík mu ale oponuje v tom, že zkušení čtenáři do zvukové podoby vnímaná písmena postupně nepřevádí a význam přiřazují jen na základě vnímání grafické podoby, a proto mohou číst rychleji (Koukolík in Sternberg, 2009 – jako pozn. překl). U začínajících čtenářů a osob s dyslexií ovšem tato komponenta (převod písmen a slov na zvuky) přetrvává.

Při osvojování si dovednosti čtení jsou podle Sternberga (2009) důležité dva druhy percepčního zpracování informací: lexikální zpracování a sémantické zpracování. Lexikální zpracování využíváme k rozpoznání písmen, slov a informací o těchto slovech v paměti. Sémantické zpracování potom využíváme k přiřazování významu čteného textu.

### **2.2.1. Oční pohyby při čtení**

V průběhu čtení se oči čtenáře pohybují po řádcích textu nikoli plynule, ale ve skocích, tzv. sakádách (Vyhnálek, 2006). Mezi sakádami následují doby tzv. fixací, tedy určitý čas, kdy je oko fixováno na daný bod v textu. Sakády slouží k posouvání se v textu a v době fixací čtenář získává čtenářské informace. Jako důkaz tohoto tvrzení předkládá Jošt (2011) několik výzkumů, kdy si účastníci všimli změny čteného textu, pokud k ní došlo v průběhu fixace, ale nevšimli si jí, když byla změna provedena v průběhu sakády (např. Rayner, 1998 in Jošt, 2011). Lexikální zpracování slov ale probíhá i v průběhu sakád. (Irwin in Jošt, 2011).

Sledovat a analyzovat oční pohyby nám umožňuje eye tracking. Jedná se o zařízení, které s pomocí kamery a počítačového softwaru rozlišuje a zpracovává chování očí při dané aktivitě. Stupavská (2017) upozorňuje, že jakkoli je eye tracker moderním zařízením, první pokusy o sledování očních pohybů probíhaly již na konci 19. století. Na základě vlastního pozorování již v roce 1879 oftalmolog Louis Émile Javal rozlišil dva druhy pohybů očí, a to již dříve v textu zmiňované sakády a fixace. Metoda snímání očních pohybů je v dnešní době značně rozšířena nejen v oborech zabývajících se čtením textu, ale např. i v marketingu nebo

geografii. Oční pohyby při čtení jsou zpravidla nevědomé, automatické, přestože jsme schopni nad nimi krátkodobě vědomě převzít kontrolu (Stupavská, 2017).

Sternberg (2009) upozorňuje na to, že délka fixací není vždy stejná. To podkládá výzkumem Carpenterové a Justa (1981), který dokazuje, že delší a méně známá slova jsou fixována delší dobu než slova známá (slova, jejichž frekvence užívání v daném jazyce je vyšší). Tento předpoklad jsme rovněž využili v našem výzkumu, proto se k němu ještě vrátíme. Dále bylo zjištěno, že čtenáři nefixují všechna slova, ale zejména ta, která nesou význam (podstatná a přídavná jména, slovesa), přičemž vizuální rozsah jedné zrakové fixace může být až 4 znaky vlevo a 4–15 znaků vpravo, sakády jsou potom v kratším rozsahu – průměrně 7–9 znaků (Sternberg, 2009). Proto můžeme předpokládat, že část získané informace během fixace slouží jako příprava na fixaci další. Doba fixací se zkracuje a délka znaků v jedné fixaci prodlužuje, pokud má daná osoba číst na rychlost (Just, Carpenter a Masson, 1992 in Sternberg, 2009). Okem a očními pohyby v průběhu čtení se více zabývá práce Nytrové (2019, v tisku). V této práci se zaměřujeme na rozdíly ve fixacích v závislosti na lingvistických charakteristikách čteného textu.

### **2.2.2. Oční pohyby osob s dyslexií**

V předcházejícím textu byly popsány dva druhy očních pohybů, které můžeme sledovat při čtení. Jedná se o sakády (skokovitý pohyb ve směru čtení textu) a fixace (setrvání očí na určitém bodě). Někteří autoři dále doplňují tzv. antisakády, tedy zpětný pohyb očí (Jošt, 2011).

Úlohou těchto pohybů a jejich specifikací se zabývá více práce Nytrové (2019, v tisku), která se věnuje motorickým aspektům ve vztahu k dyslexii, tedy i očním pohybům z hlediska motorického (popis očních pohybů a mozkové aktivace při sledování bodu). Jak jsme již dříve popsali, oční pohyby se u většiny čtenářů liší v závislosti na charakteru čteného textu. Jedním z cílů této práce je porovnat, jak se liší oční pohyby u osob s dyslexií a osob bez dyslexie právě při čtení slov s různými vlastnostmi. Jinými slovy jde o to, jakým způsobem ovlivňuje předložený text charakter a kvalitu očních pohybů u osob s dyslexií.

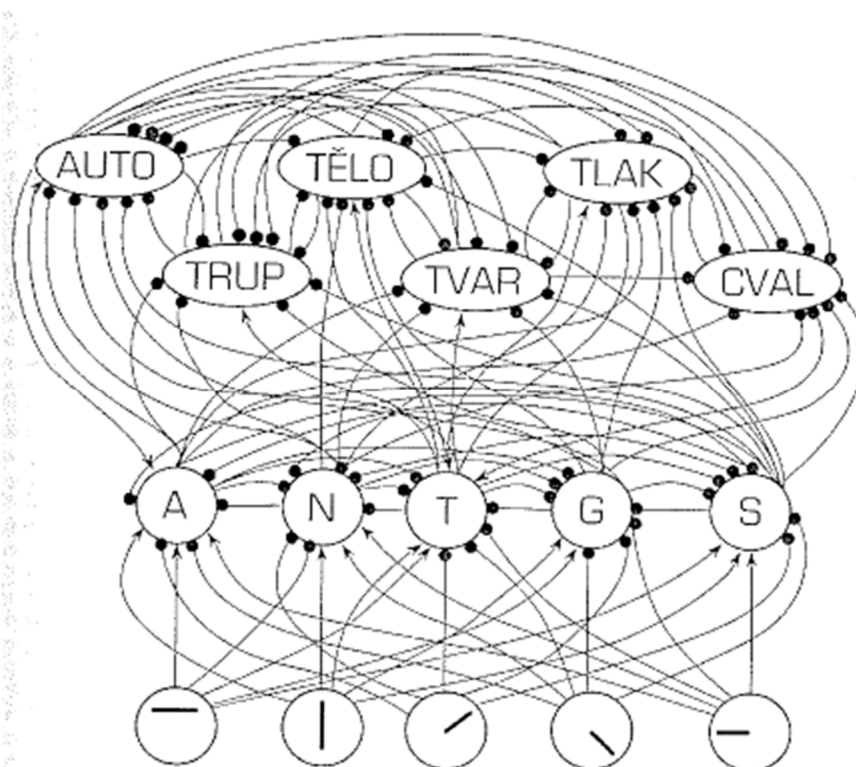
Vyhnálek (2006) zmiňuje možnou výraznou úlohu rozdělení pozornosti na sledovaný text. Při fixaci věnuje většina čtenářů největší pozornost textu, který je ve střední části zrakového pole a tato pozornost se zmenšuje s přibývajícím vzdáleností textu od středu zorného pole. Vnímání těchto „okrajových“ částí slouží k plánování dalších sakadických pohybů. Pokud je u osob s dyslexií tato pozornost rozdělena nepravidelně, může být plánování dalších sakád a zároveň vnímání fixovaného textu značně problematické, což může vést k většímu množství tzv. antisakadických, zpětných pohybů očí.

Další úvahy vedou k tomu, že oční pohyby osob s dyslexií nápadně připomínají oční pohyby začínajících čtenářů. Hovoří se proto o tzv. opožděném vyzrávání očních pohybů (Vyhnálek, 2006). V této souvislosti je důležité také zmínit složitost čteného textu, protože intaktní začínající čtenáři mají oční pohyby podobné jako osoby s dyslexií zejména v případech, kdy je předložený text nad jejich čtenářské dovednosti. S tím souvisí i výše zmíněné lingvistické vlastnosti jazyka (např. frekvence výskytu slova), které určují „složitost“ předkládaného textu.

V zahraniční literatuře najdeme i výzkumy zaměřené na to, jaký styl předkládaného písma je pro dyslektiky nejvhodnější (např. Rello, Baeza-Yates, 2017), také s využitím eye trackingového měření. Zmiňovaní autoři (2017) prokázali, že kvalitu čtení a očních pohybů neovlivňuje jen obsahová složka předkládaného textu, ale i složka formální.

### **2.3. Proces zpracování čteného textu**

Vzhledem k tomu, že se fixační doby liší v závislosti na daném slově, vědci se zaměřili také na to, jakým způsobem identifikace jednotlivých slov v mozku probíhá. Sternberg (2009) v tomto kontextu zmiňuje tzv. lexikální přístup, který vysvětluje jako interaktivní proces identifikace slova, na jejímž základě přiřadíme slovu z paměti jeho význam. Na modelu Rumelharta a McClellanda (in Sternberg, 2009) vysvětluje podstatu tohoto interaktivně-aktivačního modelu.



Obrázek 1: Interaktivně-aktivační model poznávání slov dle Rumelharta a McClellanda (in Sternberg, 2009). Kulaté zakončení křivky znamená inhibici, šipka značí spuštění aktivace.

Zmínění autoři ve svém modelu popisují tři úrovně zpracování – úroveň tvarů, písmen a slov, které se vzájemně aktivují nebo inhibují, a to jak ve směru od tvarů ke slovům (např. svislá čára v levé části písmene aktivuje písmeno N ale inhibuje písmeno G, písmeno N na začátku inhibuje slovo AUTO, ale aktivuje slovo NOHA atd.), ale i ve směru opačném (slovo TRUP inhibuje písmena A, G, S a aktivuje písmeno T ...) – viz obrázek 1.

To, jakým způsobem dochází k identifikaci a zpracování slov můžeme v současné době sledovat s využitím zobrazovacích metod mozku zmíněných v dalších částech textu. Pro proces identifikace slov je důležitý tzv. efekt nadřazenosti, který je částečně patrný i z předchozího popisovaného schématu. Tento efekt, který poprvé popsal Jamese McKeen Catell již v roce 1886, spočívá v tom, že člověk snáze rozpozná písmena, pokud tvoří slovo (Sternberg, 2009). Tento efekt dále rozpracovali a potvrdili např. Reicher a Wheeler tzv. úkolem lexikálního rozhodování (lexical-decision task), ve kterém bylo probandům předvedeno slovo a poté dvě písmena. Úkolem probanda bylo určit, které ze dvou zobrazených písmen se vyskytovalo v předchozím slově. Odpovědi byly ve výzkumu jednoznačně přesnější, pokud bylo písmeno poprvé zobrazeno jako součást smysluplného slova, dokonce i v porovnání s jinou variantou, kdy bylo písmeno v první fázi zobrazeno samostatně (Hildebrandt, 1994). Podobně byl popsán také obdobný efekt na úrovni vět (tzv. efekt nadřazenosti věty)<sup>6</sup> (Sternberg, 2009).

<sup>6</sup> Slova jsou lépe a rychleji identifikována, jsou-li prezentována ve větě než izolovaně.



### 2.3.1. Model dvou drah

V kontextu sledování procesu čtení můžeme dále zmínit tzv. model dvou drah nebo-li „dual route model“ (Břečková Chalupová, 2012). Jedná se o model, který označuje dvě dráhy postupu od psaného textu k řeči. Prvním článkem zpracování psaného slova je podle tohoto modelu vizuální zpracování (rozpoznání písmen a jejich pozic), po kterém dochází buď k aktivaci sémantické reprezentace slova na základě jeho nalezení ve vizuálním lexikonu (tzv. lexikální cesta čtení – uplatňuje se u slov, která čtenář již zná), nebo dochází k tzv. grafémově-fonémovému převodu, na základě kterého je čtenář schopen slovo vyslovit (nelexikální cesta čtení – v případě neznámých nebo nesmyslných slov). Jak uvádí Břečková Chalupová (2012) podle tohoto modelu začínající čtenáři využívají především druhou dráhu, zatímco zkušení čtenáři čtou většinou lexikální cestou. S odkazem na další autory ovšem upozorňuje na možné odlišnosti v případě jazyků s více transparentní ortografií, než je angličtina (na které byl model vytvořen) a dále na další teorie přidávající předpoklad, že k zapojení lexikální cesty čtení dochází vzhledem k výše popsanému efektu nadřazenosti i při čtení pseudoslov.

## 2.4. Vybrané poznatky z korpusové lingvistiky

Abychom mohli sledovat, jak se liší čtení v závislosti na typech čtených slov, využijeme poznatky korpusové lingvistiky. Lingvistika je „vědecký obor zabývající se výzkumem jazyka“ (Mareš, 2014, s. 8). Korpusová lingvistika je část tohoto oboru, která se zaměřuje na tvorbu, studium a práci s tzv. jazykovými korpusy (tamtéž). Jak vysvětluje Šulc (1999, s. 9) v úvodu své publikace, korpus je slovo pocházející z latiny a v lingvistice znamená „soubor dokladů autentického užití přirozeného jazyka“. Je to tedy soubor promluv/psaných textů, který slouží k analýze a popisu daného jazyka a jeho reálného používání. Lingvistika se korpusy začala významněji zabývat zejména v době, kdy počítačová technika umožnila získaná data rychle a přesně zpracovávat, přestože doklady o evidenci používání jazyka najdeme již mnohem dříve (uvedený autor zmiňuje např. dříve používané kartotéční lístky). V současné době jsou korpusy výhradně v elektronické podobě. Korpus slouží převážně pro vědecké účely ke zkoumání používání jazyka (jistým způsobem tedy i ke zkoumání a dokumentaci aktuální kultury).

V naší práci jsme využili korpus jednoho (českého) jazyka, konkrétně Český národní korpus. Kromě takových korpusů existují i paralelní korpusy, které obsahují tytéž texty ve dvou nebo více jazycích, a tak umožňují srovnávání jazyků (Český národní korpus, 2016).

Všeobecné (nebo také vyvážené, základní) korpusy by měly obsahovat texty z různých žánrů, stupňů formálnosti atd. Například současný Český národní korpus obsahuje souhrn

publicistických textů, beletrie a odborných textů vyvážených i z hlediska žánrů, zaměření a odbornosti<sup>7</sup>. Texty shromážděné v korpusu nebo jednotlivé jejich části jsou potom dále zpracovány podle konkrétních potřeb různými specializovanými počítačovými softwary nebo mohou být dále zpracovávány a řazeny do slovníků atd.

Pro práci s korpusy je důležité znát některé základní pojmy korpusové lingvistiky. Jedním z těchto pojmů je lemma. Jedna z definic říká, že „*lemma = slovní tvar, který je dohodou vybrán jako reprezentující celé paradigma. Stojí v hlavičce slovníkového hesla.*“ (Šulc, 1999, s. 77). Zjednodušeně můžeme říci, že se jedná o určený základní tvar daného slova – v českém jazyce u podstatných a přídavných jmen většinou první pád čísla jednotného (u přídavných jmen zpravidla v mužském rodě), u sloves infinitiv.

S tímto pojmem souvisí také „*lematizace = proces, ve kterém je slovům v textu přiřazováno odpovídající lemma a výsledek tohoto procesu*“ (Šulc, 1999, s. 81). Tyto základní pojmy jsou klíčové pro práci s korpusovými daty a základní orientaci v nich.

#### **2.4.1. Český národní korpus**

Český národní korpus tvoří Ústav Českého národního korpusu, který vznikl v roce 1994 v rámci Filozofické fakulty Univerzity Karlovy (UK), se kterou je velmi úzce propojen doposud (Český národní korpus, 2016). Kromě UK Ústav dále spolupracuje např. s Českým vysokým učením technickým v Praze, Masarykovou univerzitou v Brně nebo Akademií věd ČR (Filozofická fakulta Univerzity Karlovy, 2015). V našem případě jsme pracovali s korpusem SYN2015<sup>8</sup> (viz kapitola 4.5.1 Metodologie).

V případě obecného českého jazykového korpusu psaných textů jsou vždy sdružovány psané texty z různých oblastí (např. texty knih od nakladatelů, články z tisku atd.<sup>9</sup>), materiály jsou evidovány, uloženy do archivu a následně zpracovávány. Do korpusu by měly být použity převážně texty větné podoby (tedy např. ne obsahy, knih, tiráže atd.). Texty jsou dále zpracovávány a formátovány do konečného formátu (SGML, neboli Standard Generalized Markup Language = standardní generalizovaný značkovací jazyk), ve kterém mají texty a jejich části přiřazené značky, na jejichž základě jsou evidovány (uvádí se např. typ textu – báseň, publicistika atd., médium – časopis, kniha, skripta, internet aj.). S tímto konečným formátem

---

<sup>7</sup> Dále viz webové stránky Ústav Českého národního korpusu [online] [cit. 2.3.2019] [www: http://ucnk.korpus.cz](http://ucnk.korpus.cz)

<sup>8</sup> Jedná se o korpus současné psané češtiny obsahující sto milionů textových slov (Filozofická fakulta Univerzity Karlovy, 2015).

<sup>9</sup> V případě korpusu SYN2015 33,33 % tvoří beletrie, 33,33 % oborová literatura a 33,33 % publicistika (Filozofická fakulta Univerzity Karlovy, 2015)

pracují všechny softwary, které jsou k využívání korpusu dostupné, jedná se o různé vyhledávače apod. (Šulc, 1999).

Protože by měl korpus obsahovat reprezentativní vzorek všech psaných textů v určitém jazyce a daném časovém období, má výběr textů pro korpus určitá pravidla stanovená na základě výzkumů čtenosti jednotlivých typů textů (tamtéž). Vzhledem k uvedenému můžeme z korpusu usuzovat mimo jiné i to, jak často se průměrný čtenář může setkat např. s vybraným slovem, a různá slova tak můžeme mezi sebou porovnávat.

V našem výzkumu jsme český jazykový korpus využili k tvorbě adekvátního stimulačního materiálu a na základě korpusových dat jsme porovnávali, jakým způsobem probíhá čtení různých předem charakterizovaných skupin slov. Jednou z možností, kterou jsme při výběru slov využili, je třídění a řazení slov dle četnosti jejich výskytu v korpusu. Vzhledem k tomu, že korpus by měl být reprezentativním vzorkem česky psaných textů v současné době, můžeme z něj získat informaci o tom, která slova v češtině jsou více frekventovaná (běžný čtenář se s nimi setkává častěji) a která méně. K tomuto zjištění lze využít tzv. frekvenční slovník (Filozofická fakulta Univerzity Karlovy, 2015).

Tzv. četnost výskytu neboli frekvence znamená v korpusové lingvistice počet výskytů daného výrazu (slova) v celém korpusu (Pořízka, 2014). Můžeme ji zjišťovat buď v celém korpusu nebo jen v určitých typech textů a následně ji porovnat (např. četnost výskytu daného slova v publicistických textech může být výrazně vyšší než v textech odborných atd.). V rámci našeho výběru jsme díky této možnosti např. vyřadili všechna slova, která se nápadně častěji vyskytovala jen v jednom ze sledovaných typů textů. Mohlo jít např. o odborné výrazy, které jsou velmi frekventované v odborné literatuře, ale v publicistických textech nebo beletrii se nevyskytují téměř vůbec. I když tak celková frekvence v rámci korpusu bude spíše vysoká, pro čtenáře, který nečte odbornou literaturu, nebude slovo tak běžné, jak bychom očekávali.

Tzv. frekvenční seznam má podobu sloupcového seznamu, kde jsou jednotlivá slova seřazena podle celkové frekvence (tamtéž). Tyto seznamy jsou volně dostupné ke stažení na webových stránkách (Cvrček, Richterová, eds., 2016). Ke stažení jsou dostupné tři typy seznamů:

Prvním je abecední slovník, kde jsou slova seřazena podle abecedy, dále frekvenční slovník, kde jsou slova seřazena podle četnosti výskytu od nejfrekventovanějšího po nejméně se vyskytující slova a retrogradní slovník, kde jsou slova seřazena abecedně odzadu (od posledního písmene v abecedě). Slova mohou být také řazena podle vlastnosti „rank“ (Pořízka, 2014). Tuto vlastnost bychom mohli definovat jako pořadí slova určené na základě četnosti

výskytu (několik slov, které se v celém korpusu vyskytla stejněkrát, bude mít stejnou hodnotu pořadí – rank).

V rámci frekvenčního seznamu najdeme údaje o tzv. absolutní a relativní frekvenci. Absolutní frekvence vyjadřuje počet výskytů daného výrazu v korpusu. Relativní frekvence je vypočítaná z frekvence absolutní, a to vzhledem k celkové velikosti korpusu nebo jeho části (Cvrček, Richterová, eds., 2016). Můžeme tak např. vyjádřit relativní frekvenci určitého podstatného jména vůči všem podstatným jménům v korpusu. Relativní frekvence se vypočítá tak, že absolutní frekvenci vydělíme celkovým počtem výrazů v korpusu vynásobeným normalizačním číslem ( $f_{(real)} = \frac{f_{(abs)}}{N \times f_{(norm)}}$ ), kdy  $f_{(real)}$  je relativní frekvence daného slova,  $f_{(abs)}$  celkový počet jeho výskytů,  $N$  celkový počet výrazů v korpusu a  $f_{(norm)}$  tzv. normalizační číslo (Pořízka, 2014). Můžeme tedy říci, že relativní frekvence neutralizuje velikost databáze, díky čemuž můžeme srovnávat např. frekvenci výskytu určitého výrazu v různých korpusech, které nemusí být stejně velké. Nejčastěji se udává v procentech nebo jako násobek čísla 1 000 (případně 1 000 000), čímž se značí frekvence výskytu daného výrazu na jeden tisíc (resp. milion) slov (tamtéž). I tento údaj je možné najít ve frekvenčních seznamech českého národního korpusu.

## **2.4.2. Psycholingvistické charakteristiky jazyka ovlivňující proces čtení**

### ***Frekvence slov v jazyce***

Mnoha výzkumy (např. Jošt, 2011, s. 242) bylo zjištěno, že všechna slova nejsou čtena úplně stejným způsobem. Při čtení souvislého textu např. běžný čtenář některá slova přeskakuje (zejména ta krátká nebo s nízkou obsahovou hodnotou – předložky, spojky...). Naopak slova, která čtenář nevidí příliš často a není na ně tolik zvyklý, vyžadují při čtení důkladnější zaměření. Tento rozdíl může být podstatný pro analýzu procesu čtení a jeho narušení. Jedním z podstatných rozdílů mezi slovy je proto kromě zmíněné délky slov i to, jak často se slovo v jazyce vyskytuje. Tato vlastnost se v korpusové lingvistice nazývá frekvence (Pořízka, 2014).

Efekt frekvence výskytu slov v jazyce na rychlost jejich vizuálního rozpoznávání byl zkoumán v mnoha studiích. Zejména studie využívající výše zmíněné lexical-decision tasks

(LDT)<sup>10</sup> prokazují rychlejší rozpoznání slov s vyšší frekvencí (vyšším výskytem) v jazyce (např. Balota in Lim SWH, 2016).

### ***Ortografická podobnost slov***

Grainger (2005) ve své studii zmiňuje vliv tzv. hloubky ortografického sousedství slov<sup>11</sup> (ortographic neighbourhood density) na jejich vizuální rozpoznávání. Autor popisuje dvě složky zpracování, které se zapojují při vizuálním rozpoznávání slov (tamtéž). První složkou je ortografické zpracování (proces rozpoznání a zpracování písmen a jejich pořadí), na které navazuje (s časovou latencí 20-30 milisekund) fonologické zpracování. Z výzkumů vyplývá, že obě tyto složky ovlivňují rychlost a přesnost vizuálního rozpoznávání slov – tedy zjednodušeně řečeno slova, která jsou si fonologicky (zvukově) nebo ortograficky (skladbou písmen) podobná, jsou hůře rozlišitelná (tamtéž). Pro některá slova můžeme najít hodně slov, která se mu hláskovou strukturou nebo zvukově podobají, pro jiná slova najdeme takových slov méně. Vzhledem k výše zmíněné vysoké transparentnosti českého jazyka se může fonologická podobnost jevit jako méně určující faktor, neboť tzv. homofonů (slov zvukově shodných, ale graficky odlišných) máme výrazně méně než v málo transparentních jazycích.

Vlastnost ortografického sousedství bychom v souladu s Graingerem (2005) mohli definovat následujícím způsobem: Počet ortograficky sousedních slov k danému slovu označuje počet takových slov, které se od daného slova liší pouze jedním písmenem na libovolné pozici. Jinými slovy jedná se o všechna slova daného jazyka, která vzniknou, vyměníme-li v daném slově jedno písmeno na kterékoli pozici ve slově. Např. podstatné jméno „hájení“ má v českém jazykovém korpusu z roku 2015 tři takováto slova (Český národní korpus, 2015). Jedná se o slova „pájení“ (výměna písmene na první pozici), „hojení“ (výměna písmene na druhé pozici) a „házení“ (výměna písmene na třetí pozici).

Vycházejíce z cizojazyčných zdrojů můžeme v českém jazyce najít jednu odlišnost, a to skloňování českých slov. Konkrétně jde o problematiku toho, zda dva tvary téhož slova v jiném pádě (např. „lavice“ a „lavici“) můžeme považovat za slova ortograficky příbuzná (sousední) či nikoli. Vzhledem k výše uvedeným definicím jsme se pro účely této výzkumné práce rozhodli, že tvary slov budeme považovat za „ortograficky sousední slova“ vzhledem k praktickému dopadu této vlastnosti (čtenář se na slova musí více soustředit, protože jsou

---

<sup>10</sup> LDT úkoly jsou úkoly, při nichž probandi rozhodují, zda je prezentovaný stimul smysluplné slovo nebo nikoliv.

<sup>11</sup> V české literatuře je používán termín efekt sousedství např. v disertační práci Břečkové Chalupové (2012)

zaměnitelná s jinými tvary, zároveň ale dané slovo může znát z více situací, protože se v různých tvarech může vyskytovat častěji).

Otázkou vlivu ortografického sousedství na vizuální rozpoznávání slov se zabýval např. Lim, který porovnával efekt této vlastnosti u slov s nízkou a vysokou frekvencí výskytu v jazyce (Lim SWH, 2016). Tzv. ortograficky sousední slova jsou slova, která jsou obecně velmi snadno zaměnitelná s původním slovem.

Na základě citovaných výzkumů (např. McClell a Rumelhart, 1981<sup>12</sup>) Lim (2016) uvádí, že vyšší počet ortograficky sousedních slov má facilitující efekt na rozpoznávání slov s nízkou frekvencí. Důvodem je pravděpodobně to, že slova s vyšší frekvencí rozpoznáme díky předchozím zkušenostem jako celek dříve, než se výrazně projeví vliv zapojení aktivace na úrovni písmen.

Kromě ortografického sousedství lze k porovnávání slov využít také hodnotu Damerau-Levenstheinovy distance (vzdálenosti). Tuto vzdálenost můžeme definovat jako minimální počet úprav potřebných k přetvoření jednoho slova (řetězce) na jiné slovo. Výsledkem tohoto porovnání je tedy číselná hodnota získaná pro každou vybranou dvojici slov. Při tomto procesu mohou být využity následující úpravy: delece (odstranění jednoho písmene), inverze (záměna dvou písmen), inserce (včlenění písmene) nebo transpozice (prohození dvou sousedních písmen). Damerau-Levenstheinova vzdálenost má využití nejen v lingvistice, ale např. i v biologii a dalších oborech, protože je dobrým ukazatelem rozdílnosti určitého prvku od dalších prvků daného souboru (viz např. Owsianková, 2018). Podle Yarkoniho (2008) je v lingvistice možné porovnávat slova tak, že hodnotu této vzdálenosti vypočítáme pro každou dvojici slov v dostupném seznamu zvlášť, poté seřadíme podle velikosti od nejmenší všechny hodnoty týkající se vybraného slova a z prvních dvaceti hodnot spočítáme průměr. Získáme tak hodnotu, která nám udává, jak moc podobná slova k vybranému slovu se v korpusu nacházejí. Jinými slovy zjistíme, jak moc je námi vybrané slovo podobné nebo odlišné od zbylých slov v souboru (Yarkoni, 2008). V tomto případě platí, že čím menší je výsledná hodnota u vybraného slova (= menší počet změn potřebný k tomu, abychom ze slova vytvořili jiné slovo), tím podobnější je slovo ostatním slovům souboru a naopak, čím vyšší je hodnota, tím je slovo v rámci souboru „jedinečnější“.

---

<sup>12</sup> McClell, J.L.,and Rumelhart, D. E.(1981). An interactive activation model of context effect sinletter perception: Part 1.An account of basic findings. *Psychol. Rev.* 88,375–407.doi:10.1037/0033-295X.88.5.375

### 3. DYSLEXIE Z POHLEDU ZOBRAZOVACÍCH METOD

V současné době se hovoří o oboru tzv. neuropedagogiky, tedy vědním oboru, který kombinuje poznatky a metody neurovědy, psychologie a pedagogiky (Maršák, 2014). Jedná se o interdisciplinární obor, který slučuje poznatky a metody všech výše uvedených disciplín s cílem lepšího pochopení psychologických a pedagogických jevů a jejich podstaty. Maršák a Janoušková (2014) upozorňují na to, že lepší pochopení může např. vést k navrhování a využívání vhodnějších metod učení jedinců. Obor je relativně mladý a výrazně se vyvíjí s rozvojem nových technologií, které umožňují lepší zkoumání mozku a jeho činnosti.

O dyslexii se často hovoří jako o tzv. neurovývojové poruše, předpokládá se tedy určitá odlišnost ve vývoji CNS (Matějček, 2006). Zkoumány jsou jak strukturální, tak funkční odchylky mozku a CNS u osob s dyslexií, hovoří se také o poruchách koordinace a integrace funkcí CNS.

První studie zaměřené na dyslexii s využitím zobrazovacích metod se zaměřovaly zejména na morfologické změny mozku u osob s dyslexií. Tradičně je proto s dyslexií z neurobiologického hlediska spojována zejména asymetrie v oblasti planum temporale (Ramus a kol., 2018). Park a kol. (2012) ovšem ve své studii připomínají, že podle posledních výzkumů je pro zpracování morfologických charakteristik významnější asymetrie parietální oblasti mozku. Např. Booth a Burman (2001) dále upozorňují na menší množství šedé hmoty mozkové v parietotemporální oblasti mozku u osob s dyslexií.

Dyslexie může dále souviset s narušenou koordinací levé a pravé mozkové hemisféry. Vágnerová (2006) upozorňuje, že ačkoli v dospělosti má pro čtení největší význam většinou levá hemisféra, pro počátky čtení je velmi důležitá vzájemná spolupráce obou hemisfér. Zejména v oblasti rozvoje předčtenářských dovedností (zraková a sluchová diferenciací) má velký význam hemisféra pravá. V průběhu automatizace čtení a psaní nabývá na významu zapojení levé hemisféry, kde se soustřeďují jazykové funkce. Tato hemisférová specializace se v dětském věku vyvíjí obdobně jako lateralizace těla (ruky, oka, ucha...). Pokud zde dojde k nějakému problému a dominance se přesně nevyhraní, může být proces osvojování schopností číst a psát komplikovanější. Zjednodušeně můžeme říci, že když se levá hemisféra částečně zapojuje do úkonů, do kterých se běžně (u člověka s vyhraněnou lateralitou) nezapojuje, nezbyvá jí taková kapacita pro jazykové funkce, na které by měla být specializovaná a naopak (Skoupá, 2013).

Mezi moderní neurozobrazovací metody patří např. neinvazivní funkční magnetická rezonance (fMRI), která umožňuje sledování mozkové aktivity v průběhu různých činností.

Funkční magnetická rezonance se již nezaměřuje jen na neuroanatomické změny, tak jak bylo popsáno na předchozích řádcích, ale sleduje právě funkční zapojení jednotlivých oblastí mozku (Orel, 2017). Proto nám tato vyšetřovací metoda může poskytnout další cenné informace, a to zejména o tom, jakým způsobem se zapojují oblasti mozku u osob s dyslexií v porovnání s osobami bez dyslexie.

Tato metoda má podle Maršáka a Janouškové (2014) výborné prostorové rozlišení (dokážeme díky ní relativně přesně detekovat, které oblasti mozku jsou aktivní), ale horší rozlišení časové (hůře zachytí změny aktivace v čase). Z tohoto důvodu výzkumy, které využívají tuto metodu (stejně jako náš výzkum), pracují s celými sériemi stejných stimulačních podnětů, aby i vzhledem k určité časové prodlevě bylo možné určit, na jaký typ podnětů dané oblasti mozku reagují.

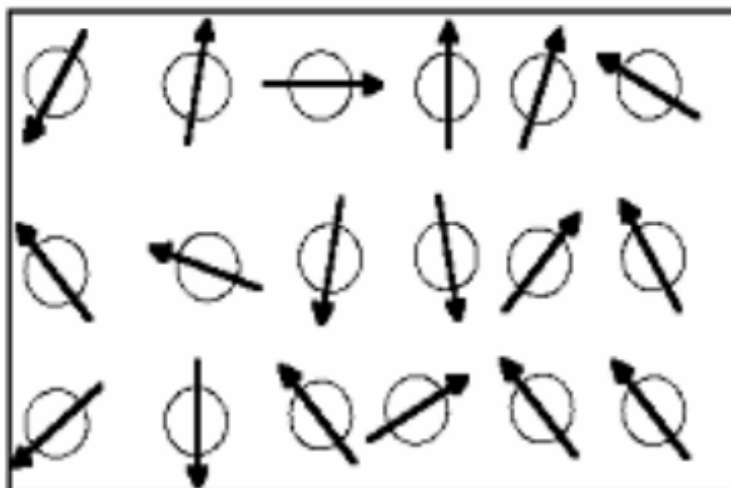
### **3.1. Funkční zobrazování mozku pomocí magnetické rezonance**

Magnetická rezonance je jednou z velmi často používaných zobrazovacích metod v medicíně a neurovědách, která umožňuje sledovat strukturální a anatomické odlišnosti různých částí těla. Funkční magnetická rezonance nám navíc umožňuje sledovat zapojení jednotlivých oblastí při určitých aktivitách (Orel, 2017). V následujícím textu bude pro lepší pochopení oblasti neurozobrazovacích metod blíže popsán princip fungování nejprve magnetické rezonance obecně a poté přímo funkční magnetické rezonance.

#### **3.1.1. Magnetická rezonance**

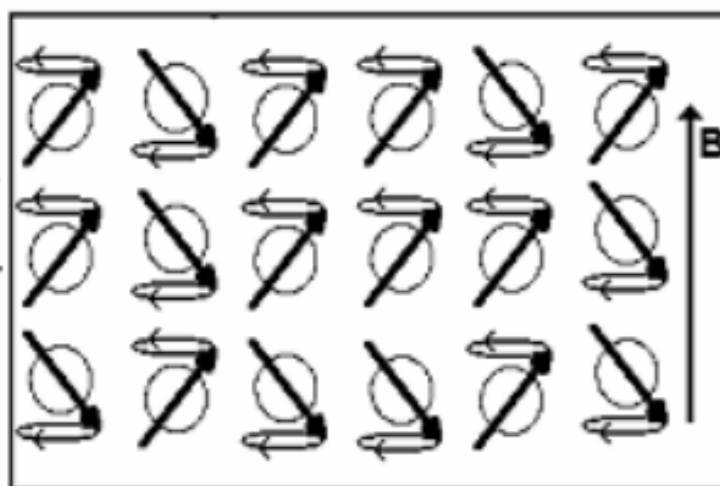
Pro přiblížení podstaty zobrazování pomocí magnetické rezonance (MRI) je třeba vysvětlit několik základních fyzikálních principů, které využívá. Jev, ze kterého princip zobrazování vychází, je založen na interakci částic s vnějším magnetickým polem. Zjednodušeně můžeme říci, že každá částice se neustále pohybuje – rotuje kolem osy, jejíž směr je daný vlastností, kterou nazýváme magnetický moment částice. Za běžných podmínek jsou tyto osy otáčení rozmístěny náhodně a navzájem se tak ruší – celkový magnetický moment je nulový (Beneš, 2015).





Obrázek 2: Náhodně rozmístěné osy otáčení jednotlivých částic (Sedlář, 2011, s. 14).

Pokud jsou ale tyto částice umístěny do vnějšího magnetického pole (jako v případě zobrazování pomocí magnetické rezonance<sup>13</sup>), dojde ke změně natočení os rotace, a to buď ve směru působení zevního magnetického pole (souhlasně, paralelně) nebo proti směru působení zevního pole (nesouhlasně, antiparalelně). V tuto chvíli už se jednotlivé směry os rotací navzájem nevyruší, ale bude přebývat určité množství částic rotujících kolem osy, která má stejný směr jako působení vnějšího magnetického pole. Částice kromě toho začnou vykonávat ještě druhý (tzv. precesní) pohyb, který lze znázornit jako pohyb po plášti kužele. Tento jev můžeme nazvat magnetizace.



Obrázek 3: Magnetizace – větší část částic rotuje kolem osy otočené ve směru působení statického magnetického pole (B) (Sedlář, 2011, s. 15).

<sup>13</sup> Obrázek popisovaného zařízení (MRI scanneru – viz kapitola 4.5.1 Metodologie)

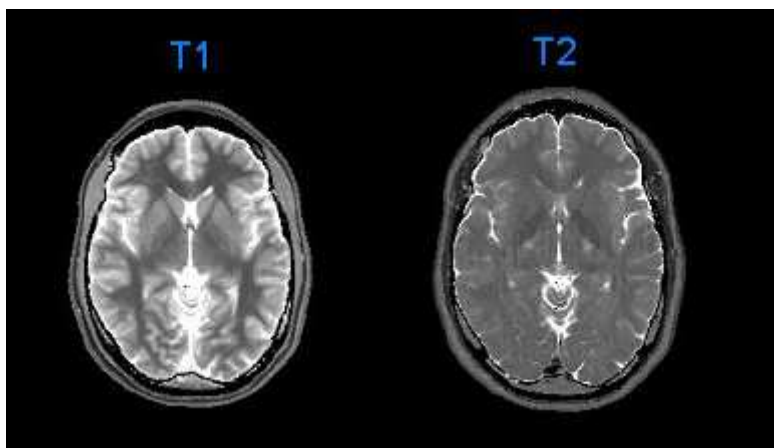
V tomto stavu se přidává ještě druhé elektromagnetické pole, které je „sepnuto“ pouze v určitých časových intervalech. Směr působení tohoto pole je kolmo na směr statického (stálého) magnetického pole. Druhý zdroj při aktivování vysílá elektromagnetické (radiofrekvenční) impulsy. Tato energie je absorbována částicemi (pokud se frekvence impulsu shoduje s úhlovou frekvencí precese částice – ta se liší mj. i v závislosti na vlastnostech dané částice, resp. daného prvku) a vyvolá pohyb – změnu vektoru tkáňové magnetizace. Změna stavu částic vede k indukci napětí na cívce a toto napětí je měřeno. Když zdroj impulsu přestane působit, částice se vrátí do původního stavu (dochází k tzv. relaxaci). Rychlost návratu částic do rovnovážného stavu charakterizují konstanty T1 a T2 (tzv. relaxační konstanty<sup>14</sup>). Získané signály jsou dále počítačově zpracovány do výsledných obrazů, kde je intenzita měřeného signálu většinou zobrazována ve škále odstínů od bílé po černou. Kromě relaxačních časů mohou být sledovány i další vlastnosti<sup>15</sup>.

V případě magnetické rezonance se využívá taková rezonanční frekvence, která se shoduje s frekvencí rotačních pohybů sledovaných jader. Nejčastěji je využíváno zobrazování vodíku, jehož rezonanční frekvence je 42,58 MHz/T (fMRI Brno, 2004). Právě vodík je využíván proto, že je součástí všech organických sloučenin (Beneš, 2015) a je součástí molekul vody, která tvoří více než 60 % hmotnosti lidského těla (Sedlář, 2011). V každé tkáni tedy bude určité zastoupení jader vodíku a tato jádra se budou chovat odlišně v závislosti na dalších prvcích sloučeniny (u jednotlivých typů tkání v závislosti na jejich složení se liší hodnoty T1 a T2). Například tkáň, které obsahují větší množství vody než okolní tkáň, vykazují nízký signál na T1 obrazech (na T1 obrazech jsou zobrazeny tmavě), ale vykazují vysoký signál na obrazech T2 (na T2 obrazech jsou znázorněny světle). Pokud tedy např. patologická léze v mozku obsahuje více vody (edém, nádor...), zobrazí se na snímcích T2 výrazně světlou barvou na tmavším pozadí.

---

<sup>14</sup> T1 = tzv. longitudinal relaxation time, T2 = tzv. trasverse relaxation time

<sup>15</sup> Dále např. viz Orel, Procházka, 2017 nebo Beneš, Kyplová, Vítek, 2015



Obrázek 4: T1 a T2 anatomické snímky mozku (Zdeny, 2004).

Díky frekvenční a fázové modulaci radiofrekvenčních impulsů docílíme reakce pouze určitých sledovaných oblastí – obraz tak může být tvořen postupně ve více rovinách.

MRI může dále využívat tzv. paramagnetické a diamagnetické vlastnosti látek, ať už látek tělu vlastních (hemoglobin v krvi) nebo látek aplikovaných do těla cíleně k získání kontrastu – tato tzv. kontrastní látka svými vlastnostmi změní relaxační časy tkáně a tím může zvýšit intenzitu měřeného signálu ve tkáni, ve které se nachází (Orel, 2017).

### 3.1.1. Funkční magnetická rezonance

Funkční magnetická rezonance (fMRI) je zobrazovací metoda, kterou lze využít k zobrazení odezvy mozku a jednotlivých mozkových struktur na určitý podnět. Využívá se tedy k mapování zapojení jednotlivých částí lidského mozku do určitých činností, aktivit apod.

Způsob, jakým tyto informace získáváme, je založený na nepřímém měření aktivity. Nepřímé proto, že primárně neměříme aktivitu, ale její ukazatele, konkrétně změny okysličení (oxygenace) a průtoku krve (perfuze) v jednotlivých oblastech mozku (Orel, 2017). Tento princip vychází z toho, že neurony při zvýšení své aktivity spotřebovávají více energie, kterou získávají z glukózy procesem, při němž je spotřebováván kyslík. Pokud se tedy zvýší aktivita neuronů v určité oblasti, zvýší se její prokrvení, aby bylo k neuronům dopravováno více kyslíku.

Existují dvě metody zjišťování mozkové aktivity skrze fMRI. Tzv. perfuzní fMRI je založena právě na sledování změn prokrvení a objemů krve v určitých oblastech mozku. Druhá metoda, používaná výrazně častěji, je tzv. BOLD fMRI (zkratka pro blood oxygen level-dependent), která sleduje změny poměru okysličené a neokysličené formy hemoglobinu

v dané oblasti. Princip je založen na sledování změn tzv. hemodynamických<sup>16</sup> poměrů, které slouží jako náhradní indikátory změn mozkové aktivity (Seidl, 2007).

Hlavním přenašečem kyslíku v krvi je hemoglobin (červené barvivo), které se vyskytuje v červených krvinkách (Orel, 2017). Při zvýšeném zapojení určité oblasti mozku dojde k dočasnému zvýšení přísunu okysličené krve do této oblasti, který je vždy vyšší než reálná spotřeba kyslíku v dané oblasti. To vede v daném místě k dočasnému převážení výskytu okysličené krve oproti neokysličené.

Metoda zobrazování je zaměřena na sledování přítomnosti dvou hlavních molekul: tzv. oxyhemoglobinu, což je molekula hemoglobinu nesoucí kyslík a deoxyhemoglobinu, což je molekula hemoglobinu po uvolnění kyslíku. Deoxyhemoglobin je paramagnetický, tedy ve vnějším magnetickém poli je zdrojem magnetického pole přitahován. Naproti tomu diamagnetické látky (mezi které patří i oxyhemoglobin) se od zdroje vnějšího magnetického pole odpuzují. Dočasné změny poměru těchto dvou látek v krvi způsobí rozdíly v měřeném signálu a aktivovaná oblast bude rozlišitelná od ostatních (které by při standardní MRI byly zobrazeny stejně). Tento princip se nazývá tzv. BOLD efekt (Orel, 2017).

Orel a Procházka (2017) upozorňují, že neexistují žádné přesně dané referenční hodnoty, se kterými bychom mohli srovnávat hodnoty okysličení jednotlivých oblastí a usuzovat tak na aktivitu v ní. Proto je vždy nutné porovnávat stav v klidu se stavem při plnění určeného úkolu a tento úkol navíc opakovat několikrát pro možnost získání optimálních statisticky zpracovaných dat. Hovoříme o střídání tzv. aktivačních úkolů (activation task), kdy předpokládáme zvýšenou aktivitu určité oblasti a úkolů/momentů, kdy zapojení nepředpokládáme, tzv. baseline task (Price, 2000).

Vyšetření fMRI se v současné době využívá zejména pro neurovědecké účely (Orel, 2017). Metodu je ale možné využívat i v klinické praxi, a to např. při předoperačních vyšetřeních mozku. Objevuje se i několik diagnostických možností fMRI vyšetření (např. byly prokázány rozdíly v aktivaci mozkových oblastí u pacientů s Alzheimerovou chorobou, zejména v oblasti paměti, rozhodování nebo vyšších vizuálních funkcí. Tyto rozdíly by mohly být využity k časné diagnostice nebo predikci nemoci). Vomáčka (2015) navíc dodává např. možnost využití fMRI v ekonomice pro sledování účinků reklamy atd.

---

<sup>16</sup> Hemodynamický poměr je poměr okysličené a neokysličené formy hemoglobinu obsažené v krvi

### 3.2. Využití neurozobrazovacích metod pro výzkum dyslexie

Price (2000) ve své studii popisuje význam neurozobrazovacích metod a pomocí funkčního zobrazení popisuje, kde v mozku probíhá zpracování jednotlivých slov při čtení. Upozorňuje také na to, že další struktury mohou být zapojovány v průběhu čtení souvislého textu s ohledem na spojování slov do vět atd. Autor dále zdůrazňuje, že schopnost efektivně používat jazyk vyžaduje koordinaci optimálního senzoryckého vstupu, paměti (fonologické, ortografické a sémantické) a motorického výstupu. Také uvádí, že první studie jazyka s využitím funkčních neurozobrazovacích metod byla publikována Petersenem v roce 1988 a měla za cíl zmapovat oblasti mozku zodpovědné za lexikální a sémantické zpracování.

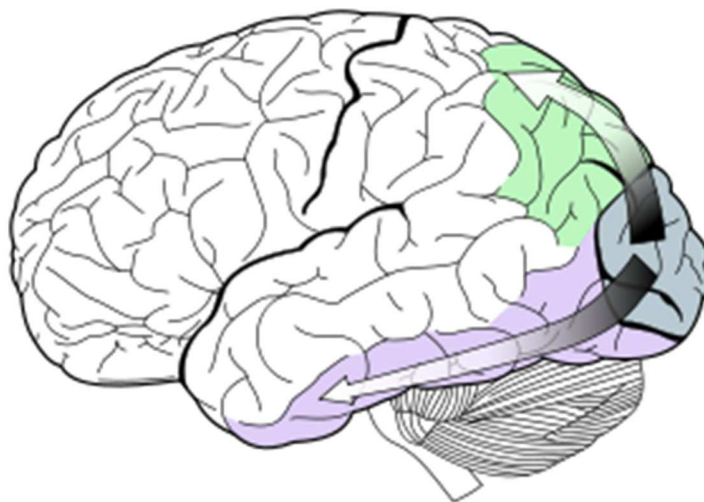
Např. při sledování napsaného slova a jeho čtení probíhá v mozku mnoho procesů zároveň a je velmi složité je navzájem odlišit. Zapojováním jednotlivých oblastí mozku při čtení se zabývalo mnoho studií. Například v roce 2000 publikoval McCrory et al. výsledky studie, ve které se ukázalo zapojení primárního auditorního kortexu, Wernickeho arey, zadní části Brocovy arey (pars opercularis) a části motorického kortexu při opakování slyšených slov. V roce 1996 publikoval Price studii, ze které vyplývá, že při hlasitém čtení slov se zapojují tytéž oblasti navíc s vizuálním kortexem (primární auditorní kortex se zapojuje proto, že při hlasitém čtení proband slyší sám sebe číst slovo, při tichém čtení se tato oblast nezapojuje). Tyto poznatky částečně korespondují s původními neurovědeckými teoriemi o zpracování jazyka (oblast Wernickeho a Brocovy arey a další oblasti se často alespoň částečně aktivují v souladu s dřívějšími poznatky a předpoklady), najdeme ale drobné odlišnosti, které je zapotřebí specifikovat s pomocí dalších úzce zaměřených výzkumů (Price, 2000).

Na základě neuropsychologických výzkumů a pozorování a v souladu se zjištěními neurozobrazovacích metod jsou uváděny modely čtení, které rozlišují některé dílčí funkce, jako např. fonologické zpracování, grafémově-fonémový převod atd. (Quaglino a kol., 2007).

Funkční magnetická rezonance umožňuje hledat a potvrdit přítomnost určitých deficitů, které mohou tvořit podstatu dyslexie. Z takto zaměřených studií můžeme jmenovat například studii Quaglino a kol. z roku 2007, která předkládá důkaz přítomnosti fonologického deficitu u dětí s vývojovou dyslexií.

Quaglino (2007) z předchozích výzkumů různých autorů shrnuje následující poznatky. Výrazná aktivita se při čtení objevuje v levých frontotemporoparietálních oblastech. Dolní prefrontální oblasti (BA 44/45) se zapojují do fonologických sublexikálních procesů a lexikálně sémantických procesů (tedy fonologické zpracování hlásek a slabik a přiřazení významu danému slovu). Dále připomíná dva popsané proudy aktivní při (zejména zrakovém) poznávání

slov: jedná se o dorzální proud zahrnující temporoparietální oblasti a ventrální proud zahrnující okcipitální a dolní temporální oblasti (viz obrázek 5).



Obrázek 5: Dorzální proud (zelená barva) a ventrální proud (fialová barva).  
Zdroj: Scrabby. [online]. [cit. 6.3.2019]

Dorzální proud se aktivuje při receptivních jazykových procesech, tedy při fonologických operacích a grafémově-fonémovém převodu. Ventrální proud se podílí primárně na identifikaci objektů a zapojuje se při lexikálně-sémantickém zpracování. Byla popsána aktivace oblasti gyru fusiformis (BA 37) levé hemisféry při propojování vizuálních a verbálních reprezentací. Mezi těmito oblastmi existují různá propojení, Quaglino (2007) dále píše, že vztahy mezi aktivacemi jednotlivých oblastí při čtení jsou dosud nejasné.

Quaglino (2007) v souladu s dalšími autory v článku uvádí, že hlavní podstatou dyslexie je fonologický deficit spočívající v problémech s identifikací a zpracováním hláskové struktury slov. Předchozí studie prokázaly menší funkční propojení temporoparietální oblasti a zadních částí gyru temporalis superior et medius v levé hemisféře. Tato odlišnost bývá spojována s fonologickým deficitem. V roce 1998 Horowitz et al. poukázal na horší propojení levého gyrus supramarginalis a angularis s okcipitálním a temporálním lalokem během čtení slov. Ukázalo se, že povaha daného úkolu, který vyšetřované osoby v průběhu měření plní, výrazně ovlivní výsledky, které výzkumníci získají (Horowitz in Quaglino, 2007). Quaglinova studie byla zaměřena na srovnání propojení temporoparietofrontálních oblastí dětí s dyslexií a bez dyslexie. Vzhledem k zaměření na fonologický deficit bylo využito čtení slov a pseudoslov. Studie se zúčastnily tři skupiny francouzsky mluvících dětí: děti s dyslexií, děti bez dyslexie ve stejném věku a děti bez dyslexie se stejnými čtenářskými schopnostmi jako měly děti s dyslexií. U všech dětí s dyslexií byl testy prokázán fonologický deficit. V průběhu fMRI měření měli účastníci za úkol pojmenovávat obrázky, potichu číst jednotlivá slova a pseudoslova. Jednalo

se o výběr pravidelných slov<sup>17</sup> s vysokou frekvencí. Sledovány byly zejména tři oblasti a jejich propojení, a to BA 44/45, BA 40 a BA 37. Zapojení a vzájemné propojování těchto oblastí bylo zdokumentováno v předchozích studiích. Ukázaly se rozdíly v propojení těchto oblastí. U dětí s dyslexií se ukázalo slabší propojení oblastí BA 44/45 a BA 40 (korespondující s tzv. dorzálním proudem), a to i v porovnání se skupinou mladších dětí na stejné úrovni čtenářských dovedností. U dětí s dyslexií se při čtení pseudoslov tento proud téměř nezapojoval. Tato skutečnost ukazuje na potvrzení přítomnosti fonologického deficitu. Ventrální proud (spojení BA 37 a BA 44/45) se výrazně více zapojovalo u začínajících čtenářů a u dětí s dyslexií, jeho aktivace (činnost vyvinutá ve spojitosti se spojováním slov a významů) v průběhu zlepšování čtenářských dovedností tedy postupně slábne. Dalo by se tedy říci, že u dětí s dyslexií nejsou tolik využívány oblasti spojené s fonologickým zpracováním a na místo toho jsou výrazněji aktivována místa zodpovědná za lexikálně-sémantické procesy. Autor ale zároveň upozorňuje, že literatura popisuje několik druhů dyslexie a pro tuto studii byly vybrány pouze děti vykazující fonologické obtíže (Quaglino, 2007). Připouští tedy i variantu, že u jiných dětí s dyslexií, u kterých budou obtíže primárně motorické, by mělo být propojení oblastí zodpovědných za fonologické zpracování silnější.

Martin a kol. (2015) shrnuje v metaanalýze celkem 40 studií využívajících fMRI zaměřených na čtení, z toho polovinu zaměřujících se na dospělé čtenáře a polovinu zaměřujících se na děti. Z této rozsáhlé studie vyplynulo několik oblastí mozku, jejichž zapojení při čtení je podle autorů typické. Jedná se zejména o ventrální okcipito-temporální oblast levé hemisféry, spodní frontální a zadní parietální oblasti. Při tom u dětí se v porovnání s dospělými aktivovaly více levé horní temporální oblasti a doplňkové motorické oblasti, zatím co u dospělých osob se objevovaly větší aktivace levých dorsálních precentrálních oblastech.

---

<sup>17</sup> ve francouzštině existují i nepravidelná slova – čtou se jinak než podle pravidel francouzské výslovnosti

## 4. VÝZKUMNÉ ŠETŘENÍ

### 4.1. Cíle výzkumu

Předkládaný výzkum je realizován v návaznosti na již proběhlé výzkumné šetření, které se uskutečnilo v Brazílii pod záštitou Faculty of Medicine of The University of Sao Paulo (FMUSP)<sup>18</sup>. Celkovým záměrem je přispět k rozvoji poznatků o specifických poruchách čtení a skrze nové poznatky eventuálně přispět ke zvýšení efektivity v časném odhalování, prevenci a reedukaci dyslexie.

Záměrem realizace výzkumu v českém prostředí bylo také mezinárodní propojení a získání přesnějších vědecky podložených důkazů o odlišnostech specifických poruch čtení v různých jazykových prostředích. Zjištění mohou být dobrými východisky k prohloubení poznatků na toto téma, obzvláště v současné době typické mísením kultur, jazyků atd. Vzhledem k využití zobrazovacích technologií může výzkum doplnit poznatky o SPU objektivními daty.

Cílem této diplomové práce je objasnit a popsat aspekty čtení slov u specifických poruch čtení, a to jak z pohledu současně dostupné literatury, tak z pohledu experimentálního ověřování v rámci výzkumného šetření. Praktická část této diplomové práce proto bude zaměřena zejména na tu dílčí část celého výzkumu, která k této problematice směřuje. Cílem praktické části diplomové práce bude na základě provedení experimentu zjistit a popsat odlišnosti mozkové aktivity a očních pohybů při tichém čtení slov a „pseudoslov“ u dospělých osob se specifickou poruchou čtení a bez ní a výsledky následně porovnat se současně dostupnými odbornými zdroji.

V rámci vytyčené části výzkumného šetření můžeme navrhnout tyto hlavní výzkumné otázky a podotázky:

1. Jak se liší mozková aktivita při tichém čtení slov u dospělých osob s dyslexií a bez dyslexie?
  - Jaké oblasti mozkových systémů se zapojují při tichém čtení více u osob s dyslexií v porovnání s kontrolní skupinou (které oblasti bychom mohli určit jako kompenzační, podpůrné)?

---

<sup>18</sup> Reading and visual motor adaptation task in adults with developmental dyslexia: international study in different orthographic system



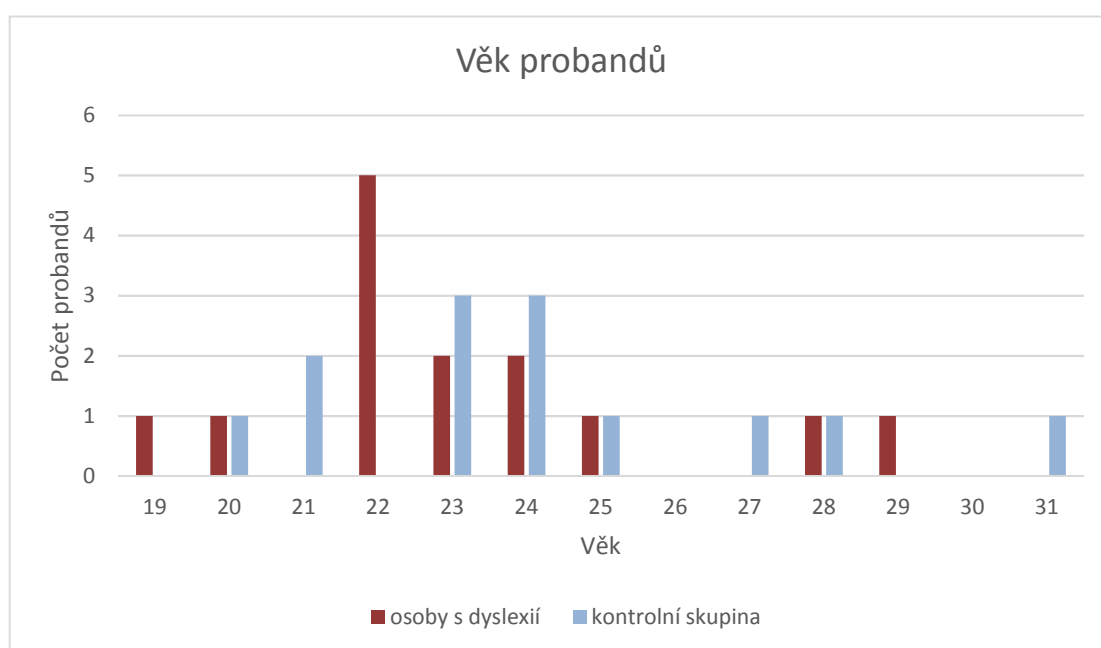
- Jaké oblasti mozkových systémů se zapojují při tichém čtení více u kontrolních osob v porovnání s osobami s dyslexií (které z těchto oblastí mohou být neurofunkčně zodpovědné za identifikované deficity ve čtení u osob s dyslexií)?
2. Jakým způsobem ovlivňují vlastnosti čteného materiálu mozkovou aktivitu při čtení u dospělých osob s dyslexií a bez dyslexie?
- Existuje rozdíl v mozkové aktivitě při čtení slov v porovnání se čtením pseudoslov u osob s dyslexií a bez dyslexie (tzv. efekt lexikality)?
  - Existuje rozdíl v mozkové aktivitě při čtení slov s malým množstvím ortograficky podobných slov v jazyce v porovnání se čtením slov s velkým množstvím ortograficky podobných slov v jazyce u osob s dyslexií a bez dyslexie (tzv. efekt „hloubky ortografického sousedství“; v angl. orthographic neighbourhood density)?
3. Jak se liší oční pohyby dospělých osob s dyslexií a bez dyslexie při tichém čtení?

Pro další pokračování výzkumu nad rámec této práce se nabízejí další výzkumné otázky týkající se porovnání jazyků, např. jakým způsobem se liší mozková aktivace při čtení u osob, které mají jako mateřský jazyk češtinu a brazilskou portugalskou.

## 4.2. Popis výzkumného souboru

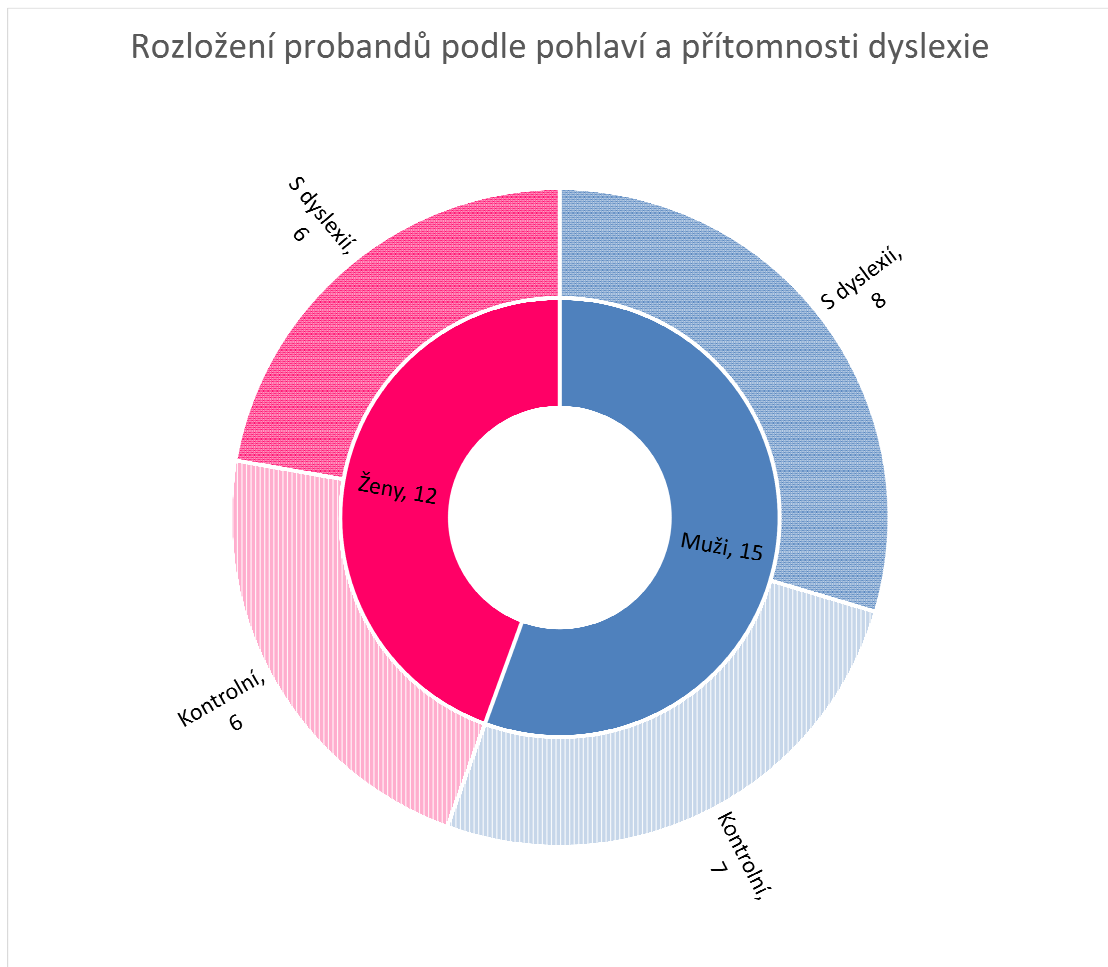
Výzkumu se zúčastnilo celkem 27 osob, z toho 14 osob v cílové skupině mělo diagnostikovanou specifickou poruchu čtení (dyslexii nebo dysortografii, případně i v kombinaci s dysgrafií). Dalších 13 osob patřilo do kontrolní skupiny osob s intaktní úrovní čtenářských schopností (bez poruchy čtení). Počátečním cílem celého výzkumného projektu bylo nasbírat data od 60 probandů (30 s SPU a 30 v kontrolní skupině). Tento počet se bohužel v době dokončování a zpracovávání výsledků této práce (únor/březen 2019) nepodařilo naplnit (viz také kapitola 4.7. Limity výzkumného šetření). Vzhledem k dalšímu pokračování projektu budou data sbírána dále, aby mohly být výsledky této práce zpřesňovány (viz dále kapitola 4.6. Interpretace výsledků a diskuze).

Diagnózu SPU dokládali účastníci předložením zprávy z pedagogicko-psychologické poradny, speciálně-pedagogického centra, příp. vysokoškolské poradny pro studenty se specifickými potřebami. Nikdo z probandů neměl v minulosti diagnostikovanou poruchu pozornosti. Všichni účastníci někdy studovali nebo alespoň začali studovat vysokou školu (zahraniční literatura, např. Cavalli a kol, 2017, používá pro tuto skupinu osob označení „*high-achieving adult dyslexics*“). Pro všechny účastníky je čeština mateřský jazyk. Věkové hranice pro účast ve výzkumu byly v souladu s brazilským výzkumem stanoveny na věk 18–38 let. Našeho výzkumu se konkrétně v době zpracovávání této práce zúčastnili lidé ve věkovém rozmezí 19–31 let (viz graf 1). Věkový průměr námi sledovaného souboru účastníků byl 23,7 let.



Graf 1: Věkové rozložení účastníků výzkumu

Kromě věkového faktoru jsme při výběru účastníků do kontrolní skupiny brali v potaz i pohlaví účastníků. Jak jde vidět v grafu 2, i v tomto aspektu jsou námi porovnávané skupiny relativně vyrovnané.



Graf 2: Rozložení účastníků z hlediska pohlaví a přítomnosti dyslexie (kontrolní/s dyslexií)

Výběr účastníků probíhal formou oslovování studentů prostřednictvím VŠ poraden pro studenty se specifickými potřebami v Olomouci, v Brně a v Praze, dále s využitím databáze zájemců o výzkumy v Laboratoři multimodálního a funkčního zobrazování (CF MAFIL, CEITEC MU, Brno). K oslovení potenciálních zájemců o výzkum byly využity také některé sociální sítě. Pro tento účel byla autorkou práce vytvořena leták (viz příloha 2). Zájemcům byl dále poslán dokument s podrobnějšími informacemi o výzkumu. Vhodnost jednotlivých zájemců pro účast ve výzkumu byla ověřována rozhovorem/dotazníkem (viz příloha 3).

Na základě námi provedených orientačních neuropsychologických testů byla ověřena i další kritéria zahrnutí účastníků do výzkumu. Důležitý pro nás byl zejména inteligenční kvocient a úroveň pozornosti alespoň v pásmu normy (další popis viz kapitola 4.4 Neuropsychologické testy).

Kromě výše uvedených kritérií se výzkumu vzhledem k měření v magnetické rezonanci nemohly zúčastnit osoby, které mají kardiostimulátor, kochleární implantát, kov v těle, nové tetování, případně trpí klaustrofobií. Měření nebylo vzhledem ke standardům pracoviště možné

ani u těhotných žen. Vylučujícím kritériem bylo také známé psychiatrické onemocnění nebo prodělané trauma hlavy.

Vzhledem k tomu, že uvnitř magnetické rezonance byl probandům na obrazovce prezentován stimulační materiál, bylo nutné, aby na obrazovku dobře viděli bez brýlí, které není možné v magnetické rezonanci mít (vzhledem k odleskům při snímání očních pohybů nebylo možné využít ani brýle vhodné pro měření v magnetické rezonanci, které byly na pracovišti dostupné). Všichni probandi tak museli mít zrak bez výraznější oční vady (vzhledem k velikosti obrazovky a písmen bylo možné měření u osob s méně než 1 dioptrií na každém oku), v případě potřeby větší zrakové korekce se mohli výzkumu zúčastnit jen uživatelé kontaktních čoček. Všechna tato kritéria výrazně omezila výběr probandů a výrazně tak zhoršila možnosti výzkumu vzhledem k nutnosti odmítnout relativně velké množství zájemců o výzkum (viz kapitola 4.7. Limity výzkumného šetření).

### **4.3. Organizace výzkumného šetření**

První fází realizace výzkumu byla příprava a tvorba použitých materiálů. Nejprve byly vybrány psychologické testy, ze kterých byl vytvořen níže popsáný používaný soubor. K testu pozornosti byly (jak je popsáno níže) přeloženy instrukce do češtiny. V oblasti výběru, použití a zpracování neuropsychologických testů jsme spolupracovali s PhDr. Lenkou Morávkovou Krejčovou, Ph.D. z Filozofické fakulty Univerzity Karlovy (FF UK) v Praze. Dále byl vytvořen stimulační materiál pro měření ve fMRI (viz popis v dalších kapitolách textu) a v srpnu 2018 bylo provedeno první zkušební měření v CF MAFIL, které vedlo k dalším drobným úpravám stimulačního materiálu.

V září 2018 proběhlo několik zkušebních testování psychologickými testy, v jejichž průběhu byly drobně upraveny detaily týkající se zadávání testů a administrace. V průběhu září byli také oslovováni první potenciaální účastníci skrze centra podpory studentů se specifickými potřebami na UPOL a VUT Brno prostřednictvím emailu a propagačního letáku.

Sběr dat probíhal v období říjen 2018–únor 2019. Za tuto dobu byla nasbírána data od 27 probandů. Tato data jsou zpracována v této práci. Sběr dat vzhledem k nenaplnění původního cíle výzkumu nebyl dosud ukončen a měření v rámci realizovaného projektu probíhají (s účastí autorky práce) dále. Data jsou získávána s využitím laboratoře MAFIL, CEITEC MU, s podporou výzkumné infrastruktury Czech-BioImaging (projekt LM2015062) financované MŠMT ČR.

Na následném zpracování dat z fMRI a eye trackingu, stejně jako statistickém zpracování výsledků neuropsychologických testů, se podílela Kateřina Lukášová, Ph.D., se kterou jsme také konzultovali jednotlivé části projektu.

## **4.4. Neuropsychologické testy**

Následující kapitola pojednává o neuropsychologických testech, které byly v rámci výzkumného šetření provedeny se všemi účastníky za účelem získání orientačního profilu každého probanda. Testy byly jednotlivě vyhodnoceny a výsledky obou skupin porovnány. V následujícím textu budou nejprve popsány využití testové materiály, způsob jejich použití v rámci našeho výzkumného šetření a statistické porovnání výsledků obou skupin v jednotlivých testech.

### **4.4.1. Metodologie**

Do souboru neuropsychologických testů byly vybrány jednotlivé testy tak, abychom získali kognitivní profil probandů a ověřili tak, že všichni splňují výše popsaná kritéria pro zahrnutí do výzkumu. Díky použitým neuropsychologickým testům si můžeme ověřit: zda lidé z kontrolní skupiny nemají poruchu čtení/částečné problémy ve čtení (mohou být dobře kompenzované a daná osoba tak nikdy nemusela být vyšetřena v PPP nebo SPC, ale při vyšetření by mohla být porucha objevena – proto takovou osobu nemůžeme zařadit do kontrolní skupiny), dále zda dobrovolník (z cílové nebo kontrolní skupiny) nemá např. problémy s pozorností, pracovní pamětí, má přiměřenou úroveň inteligence atd.<sup>19</sup> Tyto informace jsou důležitými výzkumnými faktory, které garantují, že výsledky obou skupin budou dostatečně reprezentativní a že se sledované skupiny liší jen v klíčových kognitivních doménách spojených s dyslexií.

Testy byly sestavovány tak, aby odpovídaly testům použitým v Brazílii. Vybírali jsme většinou dostupné české alternativy k daným testům, v jednom případě (test pozornosti) jsme použili původní brazilskou verzi – vzhledem k tomu, že se jedná o nejazykový test, nebyl s jeho použitím v podstatě problém. Navíc vzhledem k výzkumné funkci materiálů nepotřebujeme přesné normy standardizované na českou populaci.

Pro neuropsychologické testování jsme vybrali soubor těchto testů:

---

<sup>19</sup> Např. paměť nebo pozornost jsou domény, ve kterých se u osob s dyslexií mohou objevovat určité specifické deficity, na které upozorňuje např. Jira (2014) a které by bylo možné dále srovnávat. Pro popisovanou část výzkumného šetření je ale důležité zejména vyloučit významné odlišnosti v těchto vlastnostech (které by mohly vést k nepřesné interpretaci dalších výsledků) u kteréhokoli probanda.

1. Dotazník čtenářských zkušeností pro dospělé,
2. Test opakování čísel – převzatý z WAIS III.,
3. Test pozornosti – brazilská verze s přeloženými českými instrukcemi,
4. Zkouška rychlého automatického pojmenování – převzatá z baterie CTOPP, subtest RAN (Rapid automatical naming),
5. TIP – neverbální test inteligence, doplňování logických řad – subtest převzatý z KIT,
6. 3 subtesty ze souboru DysTest – zaměřené na vnímání známých fonémů (analýza a syntéza slov, opakování slov pozpátku), čtení pseudoslov (text Latyš) a fonologickou kompetenci.

Kromě těchto testů probandi vyplňovali ještě dotazník zaměřený na aktuální stav pocitů a emocí těsně před měřením v magnetické rezonanci a po jeho skončení. Tyto dotazníky slouží ke zhodnocení aktuálního psychického stavu jedince, který může testování ovlivnit (prostředí magnetické rezonance může např. způsobit stres, únavu atd.). Jejich vyhodnocení se v této práci vzhledem k rozsáhlosti tématu nebudeme věnovat.

Aplikace testů byla nejprve zkušebně ověřena v několika simulacích s dospělými dobrovolníky. V následujícím textu budou stručně popsány jednotlivé testy, jejich smysl, provedení a způsob jejich administrace a vyhodnocování.

### **1. Dotazník čtenářských zkušeností pro dospělé**

Jedná se o sebesuzovací dotazník. Původní verze tohoto dotazníku je v anglickém jazyce (Adult Reading History Questionnaire – ARHQ) a je zaměřena na zjišťování možných odchylek čtenářského výkonu v dospělé populaci. Českou verzi dotazníku vytvořil Jira (2014).

Dotazník má celkem 23 položek, na které proband odpovídá výběrem čísla ze čtyřbodové škály (0–4, některá čísla mají i slovní popis, např. „0 – ne“, „4 – velmi často“, aby se proband mohl na škále lépe orientovat).

Dotazník zahrnuje zejména otázky zaměřené na probandovy zkušenosti se čtením – tedy jak často čte, jestli si čte pro zábavu nebo v práci/při studiu, jestli měl v dětství problémy se čtením, učením nebo školním prospěchem atd.

Hrubý skóre v testu je dán součtem označených čísel v jednotlivých položkách. Obecně platí, že čím vyšší hrubý skóre je, tím větší je pravděpodobnost čtenářských obtíží.

Vzhledem k tomu, že tento dotazník zjišťuje pouze subjektivní hodnocení situace probandem, můžeme na pravděpodobnost čtenářských obtíží (např. ve smyslu dyslexie) pouze usuzovat, i přesto, že byla výzkumem prokázána validita a reliabilita dotazníku i v českých podmínkách (Jira, 2014). Dotazník totiž relativně spolehlivě rozlišuje „pouze“ to, jakým

způsobem své problémy reflektuje daná osoba a nevyužívá žádná objektivní diagnostická kritéria. Domníváme se však, že právě tento způsob hodnocení může být velmi důležitý, zvláště pak u námi sledovaných studentů a absolventů vysokých škol, kteří se v průběhu studia mohli naučit svou poruchu celkem dobře kompenzovat a v objektivně diagnostikovatelných úlohách podávají relativně dobré výkony (vliv podle nás hraje také dlouhotrvající nácvik typově podobných úloh v průběhu speciálně pedagogické intervence, kterou naši probandi často v minulosti absolvovali).

## **2. Test opakování čísel**

Test opakování čísel je subtestem komplexní diagnostické baterie kognitivních schopností WAIS–III (Wechslerův test inteligence). WAIS–III je testová baterie zaměřená na měření intelektových schopností adolescentů a dospělých osob (WAIS–III, 2010). Subtest opakování čísel byl vybrán proto, že posuzuje úroveň pracovní paměti. Výrazné narušení v oblasti pracovní paměti u některého z probandů by mohlo ovlivnit výsledky fMRI měření i dalších částí, neboť odchylky v této oblasti by mohly způsobit obtíže, které bychom bez rozlišení tímto testem mohli přisuzovat poruše čtení.

Test opakování čísel je rozdělen na dvě části. V první části je úkolem probanda opakovat čísla po administrátorovi. Administrátor předřkává čísla v přibližně vteřinovém intervalu. První část má celkem 8 položek, z nichž každá položka se liší délkou číselné řady. Každá položka má dva pokusy. Číselné řady v první položce mají 2 číslice, v poslední, osmé, položce jsou číselné řady o devíti číslicích. V každé položce administrujeme oba pokusy a test ukončíme ve chvíli, kdy proband oba pokusy v jedné položce zopakuje chybně nebo vůbec. Za každý správně zopakovaný pokus přičítáme 1 bod. Celkově tak v této části testu může proband získat maximálně 16 bodů.

Ve druhé části testu opakuje proband po administrátorovi číselné řady pozpátku. Po úvodním zácviku následuje 7 položek, přičemž každá položka má dva pokusy. Postup administrace i ukončení testu je stejný jako v první části. Za tuto část může proband získat maximálně 14 bodů. Body z obou částí se následně sčítají (celkově může proband v testu získat maximálně 30 bodů).

## **3. Test pozornosti**

Test pozornosti slouží k orientačnímu zhodnocení úrovně pozornosti daného probanda. Tak jako v předchozím případě i u tohoto testu platí, že důvodem jeho zařazení bylo odhalení případných výraznějších nápadností v oblasti pozornosti, které by mohly ovlivnit výsledky

měření. Vzhledem k tomu, že poruchy pozornosti jsou u osob s dyslexií poměrně časté (Neubauer, 2018), je důležité tuto možnost zkrácení konečných fMRI dat vyloučit.

Pro účely našeho výzkumu byl test převzat z portugalského originálu Teste de Atenção por Cancelamento (TAC). Vzhledem k tomu, že test není nijak jazykově zaměřený, mohli jsme použít zahraniční verzi, ke které jsme do češtiny přeložili instrukce. Test má tři části. V každé z nich má proband za úkol vyškrtávat určené symboly mezi jinými. V první části testu má proband za úkol v řadách symbolů vyškrtávat vždy jeden daný symbol prezentovaný v horní části stránky (kolečko), ve druhé části vyškrtává na stránce vždy stejnou dvojici symbolů předloženou v horní části stránky a ve třetí části proband vyhledává v každém řádku symbol, který je zobrazen na jeho začátku (pro každý řádek je vyškrtávaný symbol jiný). Na splnění každé části testu má proband 1 minutu.

Po ukončení testu hodnotíme čas, za který proband splnil každou část testu, dále počet vynechaných a chybně označených symbolů. Každý správně vyškrtnutý symbol je hodnocen 1 bodem a maximální skóre v první části je 50 bodů, ve druhé části 7 bodů a ve třetí části 52 bodů. Při vyhodnocení počítáme i celkový skóre, tedy součet časů, za které proband splnil všechny tři části a součet chyb. Vzhledem k tomu, že test nemá dostupné české normy, bylo možné pouze srovnat výsledky jednotlivých probandů, přičemž proband s nápadně nižším skóre v testu by mohl být kvůli přesnosti interpretace dále získaných dat z výzkumného souboru vyloučen. Na základě výsledků ale není možné přímo usuzovat na přítomnost poruchy pozornosti.

#### **4. RAN – Zkouška rychlého automatického pojmenování**

Test RAN je součástí testové baterie CTOPP (Comprehensive test of phonological processing). Jedná se o zahraniční testový soubor využívaný ke zhodnocení schopnosti fonologického zpracování (Wagner a kol., 1999). Subtest RAN (Rapid automatic naming – Zkouška rychlého automatického pojmenování) se v předchozích výzkumech ukázal jako vhodný k odlišení specifických poruch učení (Raberger, 2003)

Administrace testu probíhá tak, že probandovi postupně předkládáme obrazový materiál (tištěná příloha testu CTOPP). Vždy se jedná o jednu stranu (formátu A4), na které jsou v řádcích barevné čtverce/obrázky předmětů/číslice/písmena. Test tak má 4 části podle toho, co proband jmenuje. Každá část má potom v testovacím materiálu 3 strany – první je zácvičná, další dvě strany (Form A a Form B) jsou testové. Probanda vždy požádáme, aby jmenoval barvy/objekty/číslice/písmena, které uvidí na další straně postupně po řádcích od prvního po



poslední co nejrychleji. Poté měříme čas a kontrolujeme správnost pojmenování, vždy zvlášť pro část A a pro část B.

Normy k tomuto testu existují pouze v zahraničí, nikoli u nás a jsou odstupňované podle věku probandů do 24 let. Jak uvádí Kejřová (2013), i u starších osob se dají alespoň orientačně tyto normy pro dospělou populaci využít, neboť ve schopnosti fonologického zpracování a rychlého pojmenování nedochází po dosažení dospělosti k žádným výraznějším změnám.

### **5. TIP – Test intelektového potenciálu**

Test TIP je součástí testové baterie s názvem Krátký inteligenční test (KIT), která je určena ke screeningovému zhodnocení intelektových schopností (Krátký inteligenční test, 2017). Autorem subtestu TIP je Říčan. V rámci standardizace celé testové baterie KIT byly normy TIP aktualizované na současnou českou populaci. Jedná se o neverbální test inteligence, tedy test, který nepracuje se slovy. Tento test byl do souboru zařazen proto, že pro optimální srovnání obou skupin je zapotřebí, aby nebyl u žádného probanda inteligenční kvocient pod normou. Pokud by tomu tak bylo např. u probanda s poruchou učení, mohli bychom pomýšlet na to, že jeho přítomné problémy v učení nemusí být čistě dyslektického charakteru, ale může na ně mít vliv intelektový deficit. Tuto možnost jsme tedy u všech probandů vyloučili tímto testem. Zároveň bylo nutné testem ověřit, že obě skupiny jsou z hlediska intelektu srovnatelné.

Úkolem probanda v testu je doplnit obrázkové logické řady. Test má celkem 4 strany, z nichž první je zácvičná. Na dalších třech stranách je celkem 29 logických obrázkových řad. V levé části stránky jsou vždy tři čtverce s obrázky a čtvrtý prázdný vyčárkovaný čtverec. Úkolem probanda je vybrat z nabídky šesti vyplněných čtverců (na každém řádku v pravé části stránky) ten, který patří do řady vlevo na místo vyčárkovaného čtverce. Na vyplnění testu má proband 12 minut.

Hodnotíme počet správně vyplněných řad na každé straně a v rámci počítačové aplikace poté získáme IQ skór, percentil a index relativní výkonosti. Na tyto hodnoty by mělo být nahlíženo spíše orientačně, neboť jsou vypočítány pouze na základě jednoho testu z celé testové baterie. Na druhou stranu využití verbálních testů inteligence by mohlo naše výsledky zkreslit vzhledem k přítomným poruchám čtení a delší testování by bylo vzhledem k již tak velkému souboru testů zbytečně náročné.

### **6. DysTest**

DysTest je testová baterie sloužící k diagnostice specifických poruch učení u studentů vysokých škol a uchazečů o vysokoškolské studium (Cimlrová, 2014). Celkově má DysTest 15 částí (subtestů), ze kterých jsme vybrali 3 tak, aby testované schopnosti odpovídaly

schopnostem testovaným brazilskými testy. Vzhledem k časové náročnosti administrace celé testové baterie by bylo zbytečně zatěžující procházet s probandy všechny části testu.

První vybranou částí je subtest č. 3 – Vnímání známých fonémů. V tomto subtestu se zaměřujeme na schopnost sluchové analýzy a syntézy. Subtest je rozdělen na tři části. V první části má proband za úkol rozložit slyšená slova na jednotlivé hlásky, ve druhé spojit hlásky slyšené v nahrávce do jednoho celku (nesmyslného slova) a ve třetí zopakovat slova slyšená v nahrávce pozpátku.

Každou položku v každé části hodnotíme 0–2 body (2 body v případě správné odpovědi, 1 bod nejčastěji v případě, kdy proband podnětové slovo zopakuje chybně, ale rozloží správně). Celkový součet bodů potom porovnáваме s normou v rámci online vyhodnocení DysTest.

Z DysTestu jsme dále použili subtest č. 10 – Čtení pseudoslov. V tomto subtestu je využit text Latyš převzatý ze Zkoušky čtení (Matějček, Štruma, Vágnerová in Cimlerová et al., 2014). Jedná se o text obsahující 170 nesmyslných slov poskládaných do vět a odstavců. Tato slova a i jejich uspořádání respektují fonotaktická pravidla českého jazyka, což znamená, že se v nich vyskytují jen takové skupiny hlásek, které jsou typické pro česká slova a proband pro ně má tak již vytvořené artikulační stereotypy (Kejřová, 2013). I slova v textu jsou poskládaná tak, aby připomínala české věty. Velká chybovost a dlouhý čas čtení textu Latyš může poukazovat na deficitní fonologické zpracování, a to i v případech, kdy čtení běžného textu danému probandovi nedělá výraznější problémy (v textu Latyš se nemůže opřít o odhadování a předjímání čteného textu na základě jeho smyslu). Proto byla prokázána vysoká schopnost tohoto testu odhalit specifickou poruchu čtení i u dospělých čtenářů s relativně dobrým výkonem ve čtení smysluplného textu (Cimlerová, 2014).

V tomto subtestu tedy proband čte předložený text „*ve vymyšleném jazyce*“ (Cimlerová, 2014). Zaznamenáváme počet přečtených slov za první, druhou a třetí minutu. Rovněž zaznamenáváme chyby ve čtení textu. Celkový skór je potom vypočítán pomocí počítačového programu DysTest, kde z uvedených údajů získáme skór a percentil vázaný k rychlosti čtení (počet přečtených slov za minutu) a chybovosti (poměr správně přečtených k celkovému počtu přečtených slov v procentech).

Posledním použitým subtestem z testové baterie DysTest byl subtest č. 12 – Fonologická kompetence. Tento subtest obsahuje celkem 18 nesmyslných slov rozdělených do tří částí. Tato slova jsou pouštěna probandovi z nahrávky a jeho úkolem je provést příslušnou manipulaci s fonémy dle instrukce. V prvních čtyřech (vždy čtyřhláskových) slovech má proband za úkol vynechat vždy druhou hlásku (schéma CCVC, kdy C je konsonant

– souhláska a V vokál – samohláska a proband vynechává konsonant na druhém místě), v dalších dvou skupinách (čtyři čtyřhlásková a čtyři pětihlásková slova) má proband za úkol vynechat vždy třetí hlásku (schéma CVCC a CCCCV). Každou položku testu hodnotíme stejně jako v případě subtestu č. 3 (0–2 body).

Všechny výše jmenované testy jsme spojili do souboru sestaveného pouze pro účely našeho testování. Soubor obsahuje testy v pořadí, ve kterém jsou výše jmenovány a popsány. Administrace všech výše uvedených testů trvala 45–60 minut. Pořadí použitých testů nebylo zaměňováno. Testy byly vždy administrovány v klidném prostředí tak, aby se proband mohl na předložené testové materiály plně soustředit. Záznamové archy ke všem testům byly vyplňovány vždy v tištěné podobě. Tyto záznamy jsou uloženy u vedoucí diplomové práce. Výsledky jednotlivých subtestů a jejich částí byly následně po testování vždy zadány do tabulky v MS Excel. Na základě těchto záznamů probíhalo následné statistické zpracování.

### ***Zpracování a vyhodnocování dat***

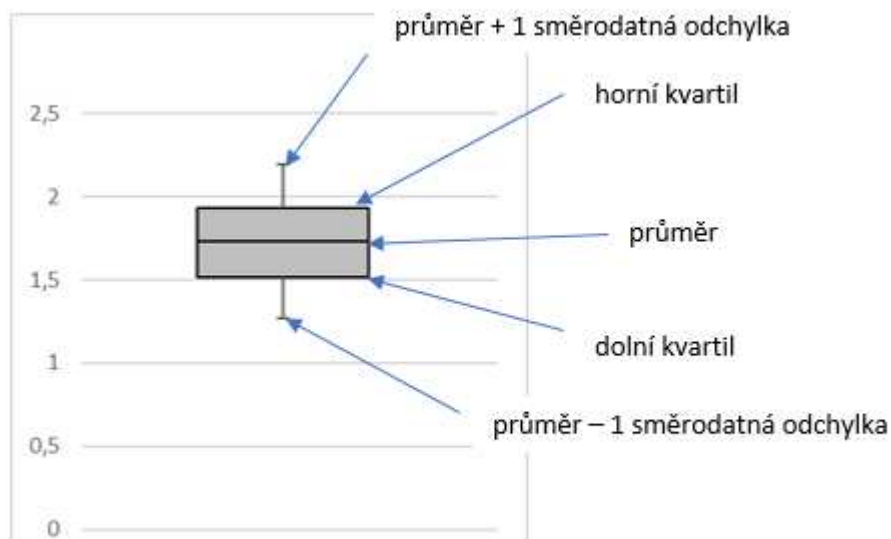
Zpracování dat z neuropsychologických testů bylo provedeno v počítačovém programu IBM SPSS Statistics 23 s využitím principu MANOVA (multivariate analysis of variance, neboli vícerozměrná analýza rozptylu<sup>20</sup>).

Výsledky jsou popsány v další části textu. V případě testů, u kterých nám vyšel statisticky významný rozdíl mezi skupinami budou uvedena i názorná zobrazení v podobě grafů. Pro grafické zobrazení jsme zvolili typ krabicových grafů, ve kterých šedá část grafu zobrazuje vždy oblast horního a dolního kvartilu<sup>21</sup>, předělová čára v šedé oblasti znázorňuje průměr a chybové úsečky (v případě krabicových grafů někdy nazývané „vousy“) zobrazují rozptyl jedné směrodatné odchylky od průměru v každém směru (viz obrázek).

---

<sup>20</sup> Jedná se o statistickou metodu sloužící k porovnání úrovně několika sledovaných proměnných ve více skupinách.

<sup>21</sup> 25.-75. percentil, tedy oblast, ve které se nachází výsledky 50 % účastníků – nad horní hranicí se nachází 25 % nejvyšších výsledků a pod spodní hranicí 25 % nejnižších výsledků



Obrázek 6: Popis a vysvětlení grafu, který je v práci využíván k demonstraci výsledků neuropsychologických testů

Takovéto znázornění jsme zvolili s ohledem na velkou grafickou názornost krabicového grafu při porovnávání dvou skupin a zároveň s ohledem na to, že vzhledem k malému vzorku probandů zahrnutých do statistického zpracování a předpokládanému normálnímu rozložení sledovaných vlastností ve sledovaných skupinách je průměr a směrodatná odchylka více vypovídající než (v krabicových grafech častěji zobrazovaná) minimální a maximální hodnota.

V grafech je dále graficky znázorněna signifikance rozdílu dvou skupin „p“, a to následujícími symboly: „\*“ pokud  $p < 0.05$ , „\*\*“ pokud  $p < 0.01$ , „\*\*\*“ pokud  $p < 0.001$ .

#### 4.4.2. Výsledky

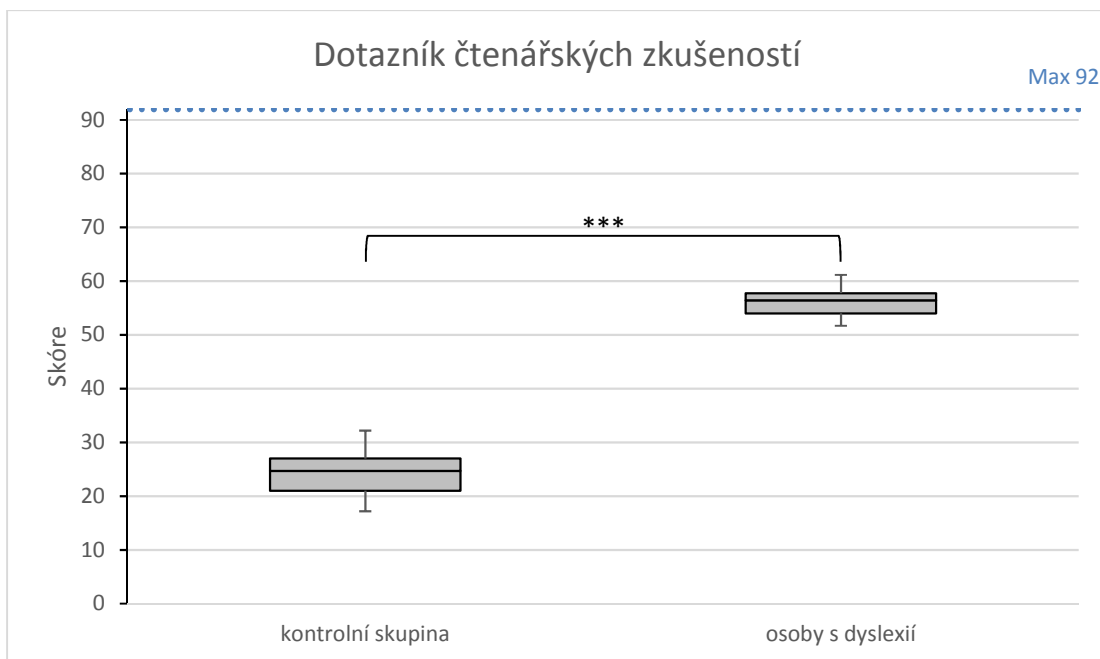
Při vyhodnocení a statistickém srovnání obou skupin jsme došli k následujícím výsledkům:

|                                 | 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 1: Výsledky statistického zpracování neuropsychologických testů – průměr a standardní odchylka u skupiny osob s dyslexií (1) a kontrolní skupiny (0)

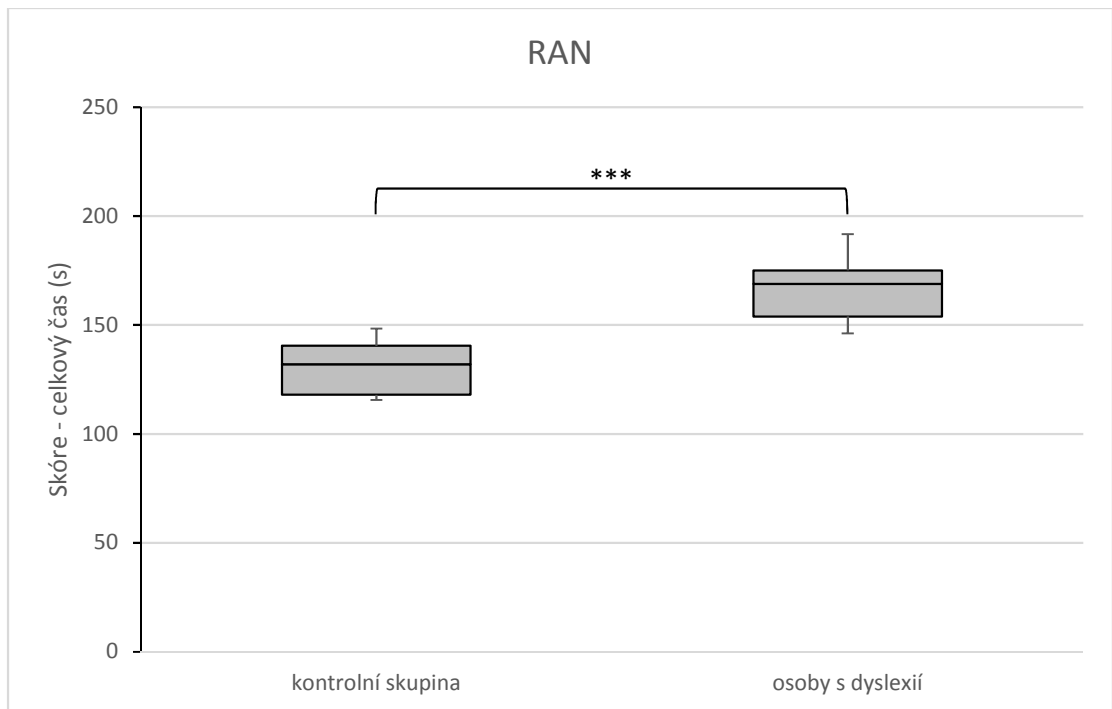
Statisticky významný rozdíl mezi výsledky skupiny osob s dyslexií a kontrolní skupiny se ukázal v Dotazníku čtenářských zkušeností, v testu RAN (rychlé automatické pojmenování) a ve dvou subtestech testu DysTest (konkrétně v subtestu číslo 3 – Vnímání známých fonémů a 10 – Čtení pseudoslov).

Rozdíl ve skóru Dotazníku čtenářských zkušeností 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). Výsledek naznačuje, že námi sledované osoby s dyslexií měly nebo mají větší problémy se čtením a školním prospěchem a čtou výrazně méně (ať už v práci nebo pro zábavu) – viz graf 3.



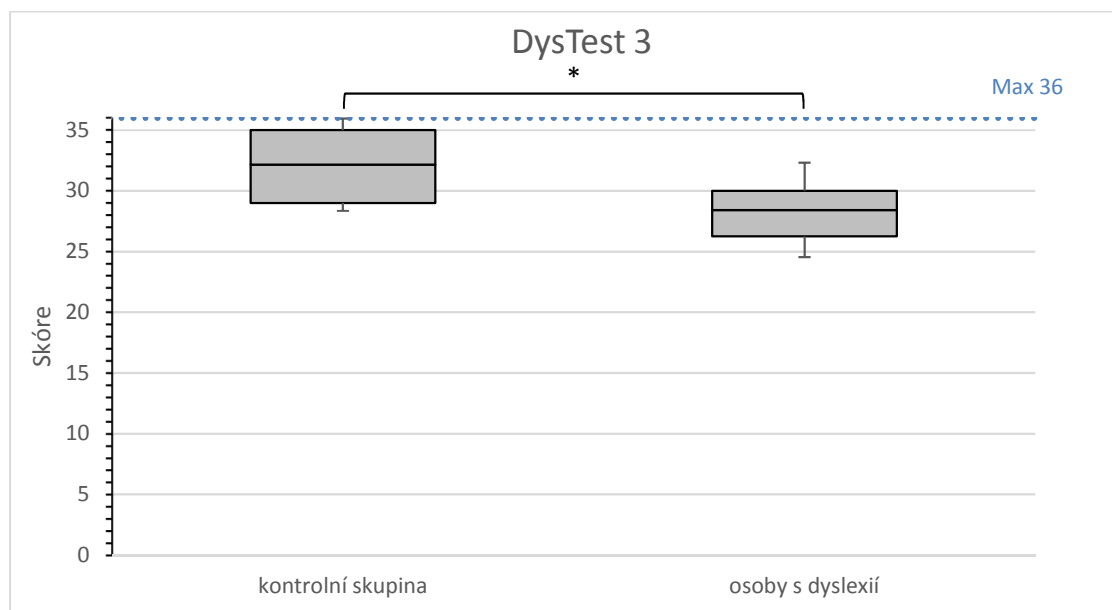
Graf 3: Porovnání výsledků dvou sledovaných skupin v Dotazníku čtenářských zkušeností pro dospělé. (Čím nižší celkový skóre, tím menší pravděpodobnost čtenářských obtíží).

Statisticky signifikantní bylo rovněž porovnání výsledků v testu RAN (rychlé automatické pojmenování). Rozdíl se ukázal ve všech subtestech RAN (pojmenování barev, objektů, číslic i písmen) i v celkovém hodnocení ( $F [1,27]=21,417$ ;  $p < 0,001$ ). Účastníci s dyslexií potřebovali více času na splnění úkolu. Výsledky, které zde uvedeme pro referování (viz graf 4) znázorňují cca o 30 sekund pomalejší vybavnost slov a pojmů (lexical access) u sledovaných osob s dyslexií v porovnání s kontrolní skupinou. Výsledky jsou znázorněné v grafu 4.



Graf 4: Porovnání výsledků dvou sledovaných skupin v testu rychlého automatického pojmenování (RAN), graf zobrazuje celkový skór ve všech čtyřech subtestech (pojmenování barev, objektů, čísel a písmen) dohromady.

Další signifikantní rozdíl se projevil ve dvou subtestech testu DysTest, a to v subtestu číslo 3 a číslo 10. V subtestu 3 (Vnímání známých fonémů) byl výsledek statistického porovnání skupin signifikantní ( $F [1,27] = 5,859$ ;  $p = 0,023$ ), což naznačuje, že skupina osob s dyslexií v našem testování vykazovala horší výsledky v úkolech zaměřených na sluchovou analýzu a syntézu fonémů. Výsledek je patrný z následujícího grafu 5.



Graf 5: Porovnání výsledků dvou sledovaných skupin v subtestu č. 3 testu DysTest (Vnímání známých fonémů).

V subtestu č. 10 testu DysTest (Čtení pseudoslov) se rovněž prokázal statisticky signifikantní rozdíl, konkrétně  $F [1,27]= 28,329$ ;  $p < 0,001$  (viz graf 6). Tento výsledek naznačuje, že osoby s dyslexií měly horší výkon (rychlost a chybovost) v oblasti čtení pseudoslov.



Graf 6: Porovnání výsledků dvou sledovaných skupin v subtestu č. 10 testu DysTest (Čtení pseudoslov).

V ostatních testech nebyl v porovnání výsledků obou skupin statisticky významný rozdíl. V případě testu pozornosti, opakování čísel a testu TIP byl tento výsledek žádoucí, neboť poukazuje na to, že odlišnosti v fMRI a dalších provedených měřeních budou pravděpodobně způsobeny přítomností a absencí dyslexie a nikoli např. přítomností znaků poruchy pozornosti, deficitů pracovní paměti nebo intelektu.

Provedenými testy a jejich statistickým zpracováním jsme dokázali, že porovnávané skupiny se liší námi vytyčenou vlastností (úroveň čtenářských schopností ukazující na specifickou poruchu čtení) a neliší se jinými vlastnostmi důležitými pro adekvátní zpracování stimulačních podnětů v průběhu měření magnetické rezonance (pozornost, pracovní paměť, intelekt...).

#### **4.5. Měření s využitím funkční magnetické rezonance a eye trackingu**

V následujícím textu bude popsána metodologie a výsledky výzkumného šetření z pohledu fMRI a eye trackingu.



### 4.5.1. Metodologie

Pro měření ve funkční magnetické rezonanci bylo na začátku výzkumu nutné vytvořit stimulační materiál k měření vhodný pro české jazykové prostředí. Tento materiál jsme vytvářeli podle stimulačního materiálu použitého v původním brazilském výzkumu. Jako zdroj pro výběr adekvátních českých slov jsme využili český jazykový korpus SYN2015 (Filozofická fakulta Univerzity Karlovy, 2015). Proto, aby byly výzkumy porovnatelné, musely se materiály (použité soubory slov) shodovat v některých klíčových parametrech. Vybírali jsme proto slova, která:

1. jsou složená ze šesti písmen,
2. neobsahují nepísmenné znaky (-/ atd.),
3. jsou podstatnými jmény v 1. pádu čísla jednotného,
4. mají nízkou frekvenci výskytu v jazyce.

Hotový výběr musel obsahovat:

- 50 slov s malým množstvím ortograficky podobných slov v jazyce,
- 50 pseudoslov s malým množstvím ortograficky podobných slov v jazyce,
- 50 slov s velkým množstvím ortograficky podobných slov v jazyce,
- 50 pseudoslov s velkým množstvím ortograficky podobných slov v jazyce.

Vzhledem k výše uvedeným kritériím jsme pro výběr slov zvolili následující postup (celý postup včetně ukázky vytvořených skriptů je popsán v příloze 7 a použité soubory jsou vloženy na CD přiložené k práci):

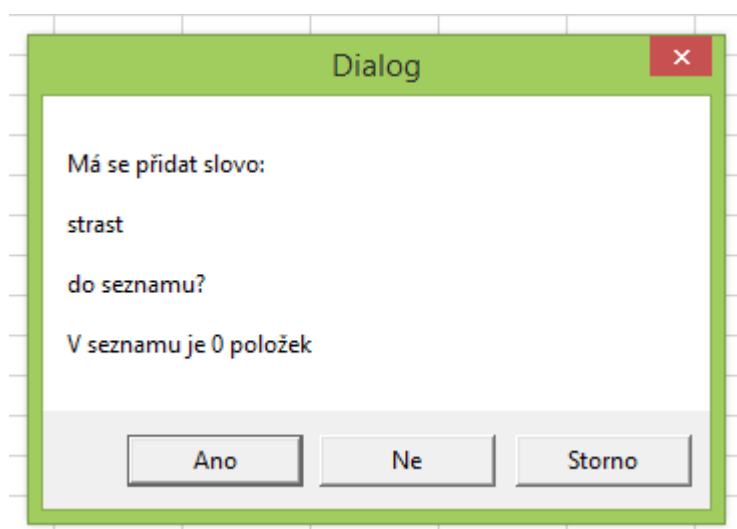
1. Z frekvenčního seznamu korpusu SYN2015 jsme nejprve v programu MS Excel vyfiltrovali všechna slova složená ze šesti písmen.
2. Po drobné úpravě (sloučení opakovaných výskytů lišících se pouze velkým/malým písmenem) jsme vypočítali frekvenční třídu slov dle předem stanoveného postupu. V našem výběru jsme používali pouze slova s nízkou frekvencí (frekvenční třídou větší než  $5^{22}$ , což byla v našem vybraném souboru všechna slova). Ze souboru jsme také odstranili všechna slova s frekvenční třídou nad 18, což jsou slova s velmi nízkou frekvencí výskytu (velmi okrajově používaná slova se sporadickým výskytem

---

<sup>22</sup> Frekvenční třída (z německého „Häufigkeitsklasse“) je kategorie, kterou lze spočítat jako  $N = 0,5 - \log_2 \left( \frac{f_{celk}}{f_{celkM}} \right)$ , kdy  $f_{celk}$  je celková přepočítaná frekvence daného slova a  $f_{celkM}$  je celková přepočítaná frekvence nejčastějšího slova v seznamu (Wikipedia contributors, 2019).

- v korpusu, která by nebyla v porovnání s ostatními slovy z hlediska frekvence výskytu srovnatelná).
3. V další fázi byl za účasti autorky práce vytvořen skript pomocí nástroje Visual Basic, jehož funkcí bylo vybrat ze seznamu vhodná slova. Pomocí tohoto „programu“ jsme provedli následující operace:
    - a. Byla odstraněna všechna slova obsahující nepísmenné znaky („-“, „/“).
    - b. Byla odstraněna všechna slova obsahující písmeno „ch“. Písmeno „ch“ je tzv. spřežka, tedy písmeno složené ze dvou grafémů a vyslovované jako jedna hláska (Ústav pro jazyk český AV ČR). Vzhledem k tomu, že při analýze dat z eye trackingu by mohla být slova s ch problematičtější, protože by se délkou nápadně odlišovala od ostatních slov, rozhodli jsme se tato slova z výběru vyřadit. Tuto úvahu dále podpořila skutečnost, že výsledný soubor tvořil pouze 200 slov z původních 33 258 šestipísmenných slov obsažených v abecedním seznamu českého jazykového korpusu z roku 2015. Vzhledem k tomuto poměru a faktu, že slov se šesti písmeny obsahujících hlásku „ch“ se ve vybraném souboru nacházelo „pouze“ 1771, rozhodli jsme se pro vynechání těchto slov.
    - c. Byla odstraněna všechna vlastní jména.
    - d. Dále jsme se rozhodli využít integrovaný slovník MS Office pro kontrolu pravopisu k vyřazení všech slov, která v tomto slovníku nejsou (jednalo se tedy zejména o cizí slova, citoslovce – např. „ááááá“ atd.).
    - e. Ze souboru slov jsme na základě porovnání se seznamem lemmat vybrali jen základní tvary slov.
  4. U všech zbylých slov (4686) jsme dále zjišťovali jejich „ortografickou podobnost“ v rámci celého korpusu, abychom slova mohli rozdělit na dvě skupiny: slova s malým množstvím ortograficky podobných slov v jazyce a slova s velkým množstvím ortograficky podobných slov v jazyce. K tomuto rozdělení jsme využili dvě hodnoty: hodnotu ortografické příbuznosti a Damerau-Levensteinovy distance:
    - a. Vzhledem ke specifickým znakům českého jazyka (čárky a háčky nad samohláskami) nebylo možné k výpočtu ortografické příbuznosti využít např. program N-watch, který výpočet této vlastnosti nabízí. Proto jsme k výpočtu hodnoty ortografické příbuznosti (orthographic neighbourhood density) na základě slovního popisu této vlastnosti (viz kapitola 2.4.2) vytvořili skript ve Visual Basic pro MS Excel, díky kterému bylo možné hodnotu ortografické příbuznosti získat.

- b. Pro výpočet hodnoty Damerau-Levenstheinovy vzdálenosti jsme využili program Wolfram Mathematica, který má funkci pro tento výpočet již integrovanou<sup>23</sup>.
5. Na základě výše uvedených hodnot jsme rozdělili soubor slov na dvě části, a to na slova „s velkým množstvím podobných slov“ (vysoká hodnota ortografické příbuznosti a nízká hodnota Damerau-Levenstheinovy konstanty) a slova „s malým množstvím podobných slov“ (nízká hodnota ortografické příbuznosti a vysoká hodnota DL konstanty).
6. Z každé skupiny bylo následně potřeba náhodně vybrat 100 slov a z 50 z nich potom vytvořit pseudoslova. Pro náhodný výběr slov jsme vytvořili další skript (viz příloha) s ovládacím prvkem, který umožňuje ruční kontrolu (potvrzení/zamítnutí) každého náhodně vybraného slova. Tato kontrola byla nutná z toho důvodu, že soubor i přes odstranění některých nevhodných slov obsahoval i jiné slovní druhy než podstatná jména (např. příslovce). Proces vyfiltrování takových slov ze souboru by byl složitější než „ruční“ potvrzování jednotlivých slov, proto byla zvolen tento postup.



Obrázek 7: Dialogové okno sloužící pro kontrolu náhodně vybraných slov

7. Pro tvorbu pseudoslov jsme vytvořili další nástroj. Pomocí tohoto nástroje byla v každém vybraném slově náhodně zaměněna jedna ze souhlásek na pozici 1–3 za jinou náhodně vybranou souhlásku (např. tak ze slova „poleno“ vzniklo pseudoslovo „šoleno“). Vzhledem k tomu, že pseudoslova musela splňovat některé charakteristiky českých slov, nebyly hlásky nahrazovány souhláskami x, w, q a tento náhodný proces

<sup>23</sup> Dále viz <https://reference.wolfram.com/language/ref/DamerauLevenshteinDistance.html>

byl kontrolován autorkou, která vytvořená pseudoslova jednotlivě schvalovala. Na obrázku 8 je dialogové okno sloužící k tvorbě a kontrole vytvořených pseudoslov. Tlačítko „nové zdrojové slovo“ umožňuje přejít na další slovo ve zdrojovém seznamu slov, tlačítko „přegeneruj pseudo slovo“ umožňuje vytvořit jiné pseudoslovo z nabízeného slova (náhodně vybere jinou pozici a jinou souhlásku, kterou bude písmeno nahrazeno) – tuto funkci jsme používali v případě, že vytvořené slovo nebylo z lingvistického hlediska vhodné nebo vzniklo slovo, které v češtině existuje. Když program vygeneroval slovo, které jsme považovali za lingvisticky vhodné, uložili jsme vytvořené pseudoslovo pomocí tlačítka „ulož pseudoslovo“. Konečný výběr slov a pseudoslov byl následně konzultován a schválen odbornou lingvistkou se zkušeností v tomto oboru.

Obrázek 8: Dialogové okno pro tvorbu pseudoslov

Po dokončení výběru byl soubor slov připravován pro vložení do stimulačního programu E-prime. Slova byla jednotlivě vkládána na podklad šedé barvy vždy na jednu ze tří předem zvolených pozic, aby se pozice při prezentaci slov střídaly a proband sledoval prezentovaná slova na různých pozicích vždy zleva doprava (viz obrázek 9).



Obrázek 9: Ukázka 3 slov upravených do formátu vhodného pro stimulaci při měření fMRI. Slova se zobrazovala postupně (na celé sledované obrazovce se objevilo v jednu chvíli vždy jen jedno slovo).

Kromě slov a pseudoslov byly do stimulace zařazeny i sekvence shluků hebrejských znaků o délce připomínající šestipísmenná slova. Tyto stimuly jsme vytvořili z výše popsaných vybraných slov tak, že jsme na základě šířky grafémů použili srovnatelné grafémy hebrejského

písmena. Tato hebrejská „slova“ byla opět vložena jednotlivě na šedé pozadí střídavě do tří pozic stejně jako slova a pseudoslova. Skupiny hebrejských „slov“ byly zařazeny mezi slova a pseudoslova pro zjišťování mozkové aktivity specifické při čtení a její odlišení od mozkové aktivity při sledování objektu. Vyhodnocení této části úkolu se v práci nebudeme věnovat.

Pořadí slov v průběhu úkolu bylo zvoleno tak, aby se vždy střídaly malé skupiny stimulů. Konkrétně je časové schéma úkolu rozepsané v příloze 4 a níže je uvedena jen úvodní část (první minuta úkolu) pro přibližnou představu a vysvětlení. „Křížek“ znamená stimulaci křížkem na šedé ploše pro zrakovou fixaci (klidový stav). Skupiny slov jsou v seznamu označeny zkratkami (N0 pro slova s malým množstvím ortograficky podobných slov, N3 pro slova s velkým množstvím ortograficky podobných slov, PseudoN0 pro pseudoslova s malým množstvím ortograficky podobných slov, PseudoN3 pro slova s velkým množstvím ortograficky podobných slov a PseudoFonts pro shluky hebrejských znaků). Před zkratkou je vždy uveden počet prezentovaných slov z dané skupiny. Každé slovo bylo prezentováno po dobu jedné sekundy:

- křížek (10 s)
- 10 x N0
- křížek (10 s)
- 10 x PseudoN3
- 10 x PseudoFonts
- křížek (10 s)

### ***Průběh testování***

Každý proband v rámci výzkumu absolvoval jedno měření v magnetické rezonanci. Měření se odehrávalo v Laboratoři multimodálního a funkčního zobrazování Středoevropského vědeckého institutu (CF MAFIL) v Brně. Před začátkem měření v magnetické rezonanci musel každý proband vyplnit formulář předložený laboratoří. Proband zde odpovídal na otázky týkající se jeho zdravotního stavu, které mohou být důležité pro MRI vyšetření (přítomnost kovu v těle, prodělané operace hlavy atd.). Následně byl dobrovolník seznámen s průběhem měření a s jednotlivými úkoly stimulace. Těsně před vstupem do prostoru magnetické rezonance proband vždy vyplnil dotazník, kde na grafické škále ohodnocoval své aktuální pocity.

Samotné měření v magnetické rezonanci mělo standardně následující průběh:

1. Nastavení eye trackingu.

2. Měření strukturálních snímků mozku. Tyto snímky jsou nezbytné pro lokalizaci a koregistraci<sup>24</sup> na funkční oblasti mozku. Tato část trvá přibližně 11 minut (tzv. T1 snímky, samotná tvorba snímků trvá cca 5 minut).
3. Kalibrace eye trackingové kamery (proband na obrazovce sleduje bod, který se zobrazuje na různých místech. Při sledování bodů se kalibruje kamera na sledování oka daného probanda).
4. První úkol – proband na obrazovce sleduje bod, který mění pozici. Tento úkol je zaměřen na oční pohyby a motorické aspekty dyslexie, kterým se ve své práci věnuje Nytrová (2019, v tisku).
5. Druhý úkol – proband v duchu čte slova, která vidí na obrazovce. V průběhu úkolu se (bez další instrukce) střídají slova, pseudoslova a hebrejské znaky.
6. Anatomické snímky.
7. Třetí úkol – proband 7 minut sleduje na obrazovce kříž. Tento úkol slouží pro sledování tzv. resting state, tedy klidového stavu mozku. V této práci se mu nebudeme více věnovat.

Celé měření v magnetické rezonanci trvá cca 60–90 minut, přičemž standardní doba je 60 minut (včetně uložení probanda v magnetu, kalibrace atd.) a samotná stimulace a měření anatomických snímků trvá cca 45 minut. V některých případech se doba prodloužila kvůli problémům s nastavením eye trackingu (viz kapitola 4.7. Limity výzkumného šetření).

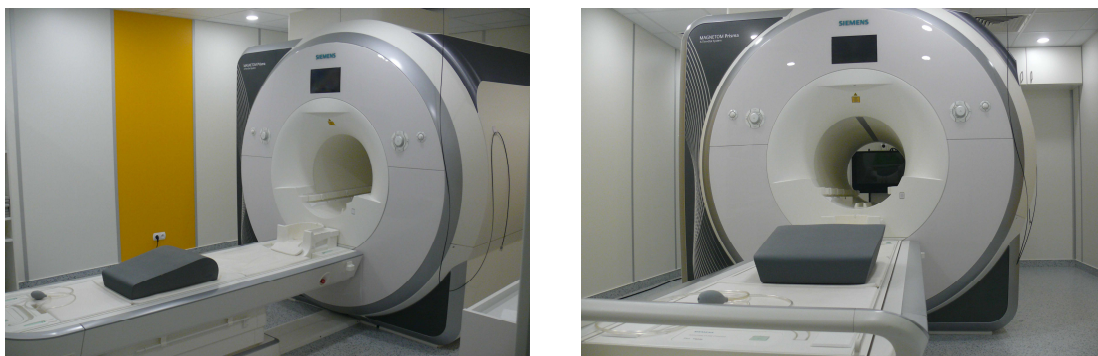
Po ukončení měření v magnetické rezonanci vyplní proband opět stejný dotazník jako v úvodu pro porovnání změny pocitů před a po měření a následně zodpoví několik dotazů týkajících se zhodnocení měření.

---

<sup>24</sup> Koregistrace – funkční data mají nižší prostorové rozlišení a anatomické detaily, proto se většinou koregistrují se strukturálními obrazy

## **Zpracování a vyhodnocování fMRI dat**

Měření bylo realizováno v laboratoři MAFIL, CEITEC MU v Brně. Využit byl celotělový 3T tomograf<sup>25</sup> Magnetom Prisma od firmy Siemens a 12kanálová hlavová cívka<sup>26</sup>. Data byla měřena ve výše uvedeném pořadí, přičemž pro bod 4, 5 a 7 byla využita vizuální stimulace. Podrobnější popis procesu získávání a zpracování fMRI dat je vzhledem k technickému charakteru a rozsahu přesahující rámec této práce obsažen v příloze č. 5.



*Obrázek 10:* Celotělový lidský tomograf Siemens Magnetom Prisma v laboratoři CF MAFIL, CEITEC MU Brno (foto: archiv autorky).

Pro uvedení do problematiky zpracovávání a vyhodnocování fMRI je důležité, že proces zpracování dat probíhá ve dvou fázích. První fáze (tzv. předzpracování dat) je část, při které jsou zpracovávána data každého účastníka zvlášť. Při předzpracování dochází k úpravě snímků ve smyslu korekce drobných pohybů probanda při měření, redukce šumů a normalizace snímků do určité šablony (umožňuje následné přesné porovnání i přesto, že velikost a tvar hlavových struktur jsou u každého člověka odlišné). Toto předzpracování je důležité pro následnou skupinovou analýzu dat, která je druhou fází tohoto procesu. V rámci skupinové analýzy dat jsou potom porovnávány jednotlivé přesně časově definované podmínky. V našem případě byly sledovanými podmínkami časově ohraničené úseky, při kterých probíhala stimulace, a to:

1. slovy s malým počtem ortograficky podobných slov (N0),
2. slovy s velkým počtem ortograficky podobných slov (N3),
3. pseudoslovy s malým počtem ortograficky podobných slov (PseudoN0),
4. pseudoslovy s velkým počtem ortograficky podobných slov (PseudoN3),
5. křížem (tzv. baseline podmínka – kříž pro vizuální fixaci bez dalšího úkolu).

---

<sup>25</sup> 3T znamená zařízení magnetické rezonance (MR) využívající magnetické pole o síle 3 Tesla (3T).

<sup>26</sup> Tzv. RF cívka (RF = radiofrekvenční nebo také vysokofrekvenční) se využívá k vytvoření a/nebo přijímání signálu dynamického magnetického pole při současném působení pole statického, což vyvolává potřebnou excitaci a následné sledované relaxační procesy. Cívky mohou být celotělové nebo povrchové (hlavová, ramenní atd.) – ty jsou blíže sledované části těla, a tak umožňují získání lepšího signálu (Vojtíšek, 2011).

V rámci analýzy je sledována průměrná aktivita, která se u dané skupiny objevila specificky při jednotlivých podmínkách, případně průměrná aktivita, která se objevila výrazně více v jedné ze dvou vybraných porovnávaných podmínek. Tato specifika jsou následně popisována a analyzována.

Námi získané výsledky jsou vzhledem k malému počtu sledovaných probandů platné jen pro námi zvolenou skupinu. Jejich zobecnění by mohlo být možné po přidání dalších naměřených dat.

### ***Zpracování a vyhodnocování dat z eye trackingu***

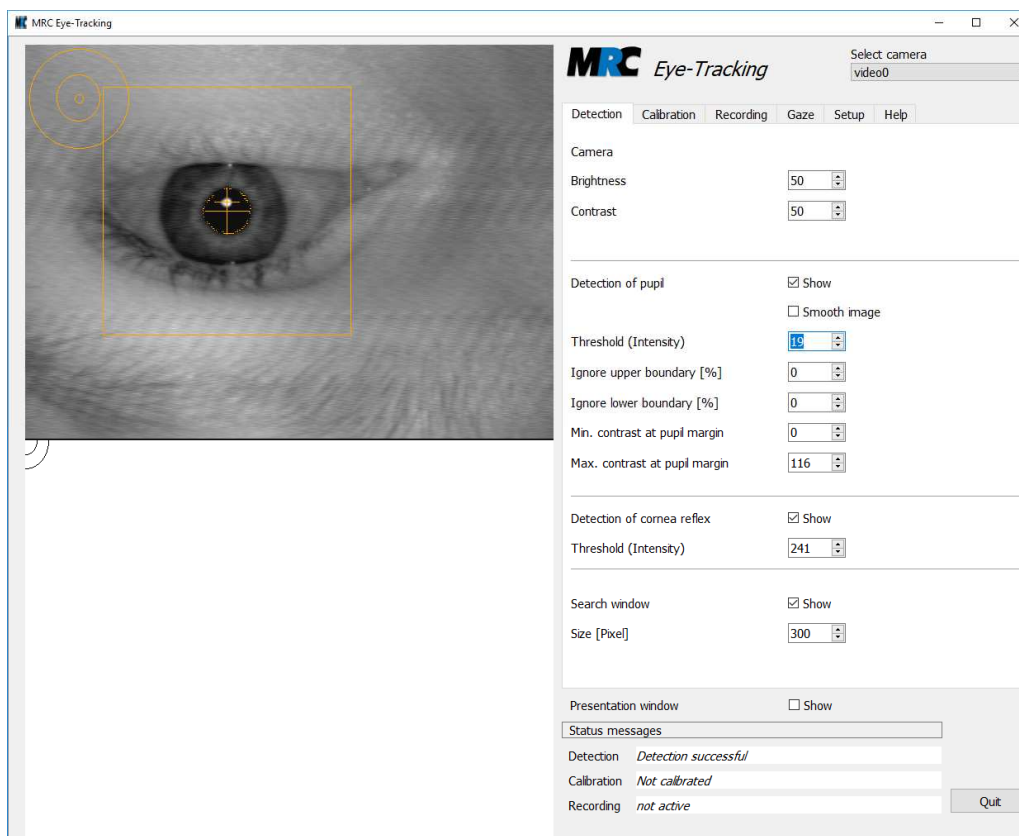
Pro sledování očních pohybů je v naší studii využíván monokulární systém MRC Eye Tracking (typ kamery 12M-i). Jedná se o zařízení využívající kameru, která může být použita v prostředí magnetického pole o síle až 9,4 T, tedy i v námi využívané magnetické rezonanci (MRC Systems GmbH, 2019). Kameru lze umístit k zrcátku na konstrukci nad hlavou ležícího probanda. Díky zrcátku proband může nad sebou sledovat obrazovku umístěnou za tunelem a kamera snímá jeho oční pohyby. Frekvence vzorkování kamery je 60 Hz. Snímaná data jsou dále zpracovávána pomocí softwaru k danému zařízení (náhled na počítačové prostředí programu, který zpracovává oční pohyby viz obrázek 11). K detekci očních pohybů je využita metoda „dark pupil detection“ a sledování odlesku rohovky. Další parametry snímání jsou accuracy (správnost snímání) = 0,4<sup>27</sup> a precision (přesnost snímání) = 0,5<sup>28</sup>.

---

<sup>27</sup> Tuto vlastnost můžeme popsat jako průměrný rozdíl mezi zachyceným pohledem a místem sledovaného bodu („průměrný rozdíl mezi sledovaným a vypočítaným směrem pohledu“).

<sup>28</sup> Tato vlastnost vyjadřuje přesnost možnosti zopakování měření se stejným výsledkem (jak moc se při fixaci na stejný pevný bod liší po sobě naměřené polohy oka)





Obrázek 11: Počítačový software MRC Eye Tracking při snímání očních pohybů (archiv autorky; snímek obrazovky byl pořízen při jednom z měření se souhlasem pracovníků CF MAFIL).

Data z eye trackingu byla vyhodnocována s využitím skriptu v programu MATLAB vytvořeném pro tento účel. Sledované parametry pro následné zpracování jsou zejména souřadnice udávající polohu pohledu a rychlost změny těchto souřadnic (označená časovými značkami). Prvním krokem zpracování je identifikace fixací a sakád. Fixace jsou identifikovány na základě stanovení rychlosti pohybu pro každou pozici oka a následného porovnání této rychlosti se stanovenou prahovou hodnotou. V případě, že je rychlost větší než daná prahová hodnota, je tato část záznamu považována za sakádu, pokud je nižší, je označena za fixaci (podrobněji v české literatuře viz např. Popelka, 2018). Prahová hodnota byla v našem případě stanovena na  $18^\circ$  za sekundu a zároveň bylo stanoveno časové kritérium 44 milisekund, během kterých se prahová hodnota rychlosti musela udržet (podle Ordaz a kol., 2013). Na základě tohoto rozdělení je následně ke každému slovu zaznamenán počet fixací, jejich délka a případný počet refixací. Takto získané údaje by měly být dále statisticky porovnávány mezi oběma skupinami (osoby s dyslexií a kontrolní skupina).

Vzhledem k tomu, že námi získaná data z eye trackingu nebyla ve většině případů vzhledem k technickým nedostatkům zařízení kvalitní, nebylo možné v práci tato data statisticky porovnat. Zařízení detekující pohyb oka v průběhu měření často oko nedetekovalo, což by mohlo vést ke vzniku nepřesných údajů v dalším zpracování. Z tohoto důvodu je nutné

provést ruční kontrolu všech naměřených dat. Pro další zpracování je potom možné použít pouze ty záznamy, ve kterých je více než 80 % dat dobře naměřených a tuto podmínku v našem případě splňovalo jen malé množství záznamů (dále viz kapitola 4.7. Limity výzkumného šetření). Z tohoto důvodu uvádíme jen srovnání dat dvou vybraných účastníků, která byla vyhodnocena jako kvalitní.

## 4.5.2. Výsledky

V následující kapitole bude popsána ta část získaných výsledků, která je relevantní vzhledem k celkovému zaměření práce, tedy výsledky vztahující se ke čtení a fonologickým procesům.

### 4.5.2.1. *fMRI*

V následujícím textu budou prezentovány a popsány obrázky zobrazující rozdíly mozkových aktivací při výše popsáných úkolech. V příloze této práce naleznete tabulky s podrobným rozpisem konkrétních souřadnic aktivací. Ne všechna místa, která jsou uvedena v těchto tabulkách, jsou vidět i na prezentovaných obrázcích, protože pro popis výsledků byly zvoleny pouze čtyři vybrané řezy mozku a ne všechny struktury jsou na těchto vybraných řezech viditelné.

Na obrázcích 12–15<sup>29</sup> je zobrazena průměrná aktivace mozku u obou skupin. Žlutou barvou je znázorněna průměrná aktivace mozku u kontrolní skupiny, červenou barvou je znázorněna průměrná aktivace mozku u skupiny osob s dyslexií, oranžová barva označuje místa, kde se aktivace přerývají (mozek je v těchto oblastech aktivován u obou sledovaných skupin).

Při čtení slov a pseudoslov byl aktivován rozsáhlý levostranný neuronální systém, s již velice dobře popsánymi korovými poli (kortex) v oblasti okcipitálního (týlního), temporálního (spánkového) a frontálního (čelního) laloku. Další aktivace jsou také v oblasti insuly a basálních ganglií. Při čtení pseudoslov byly nalezeny i některé pravostranné aktivace ve frontálních (čelních) korových oblastech. V následujícím textu je podrobně rozepsána aktivace u každého úkolu.

Aktivace u čtení slov je zobrazena na obr. 12 a 13. U kontrolních osob byla aktivace registrována bilaterálně ve zrakové korové oblasti V1–V4 (primární a sekundární zrakové oblasti v okcipitálním laloku, oblasti aktivované při vizuálním vnímání; = occipital cortex, OC)

---

<sup>29</sup> Obrázky 12–21 byly vytvořeny v programu MRICron (MRICron Index Page, 2010), pro statistické porovnání byla zvolena hladina významnosti  $p=0,05$ .

a protáhla se také do ventrálních částí gyru fusiformis (fusiformního závitu, FusiG), kde se nachází visual word form area (VWFA), což je oblast, která je, zejména v levé hemisféře, specializovaná na ortografické rozeznávání slov. Data ale ukazují aktivaci bilaterální. Zejména u osob s dyslexií je tato méně vyhraněná specializace (bilaterální aktivace) očekávaná. Další aktivované oblasti se nacházejí v gyru temporalis superior (horním spánkovém závitu) v levé hemisféře (superior temporalis sulcus, STS). Hlavně u kontrolních probandů se v menším rozsahu objevila i aktivace v pravé hemisféře. Tyto oblasti jsou zahrnuty do zpracování sémanticko-lexikálních a sémanticko-fonologických informací.

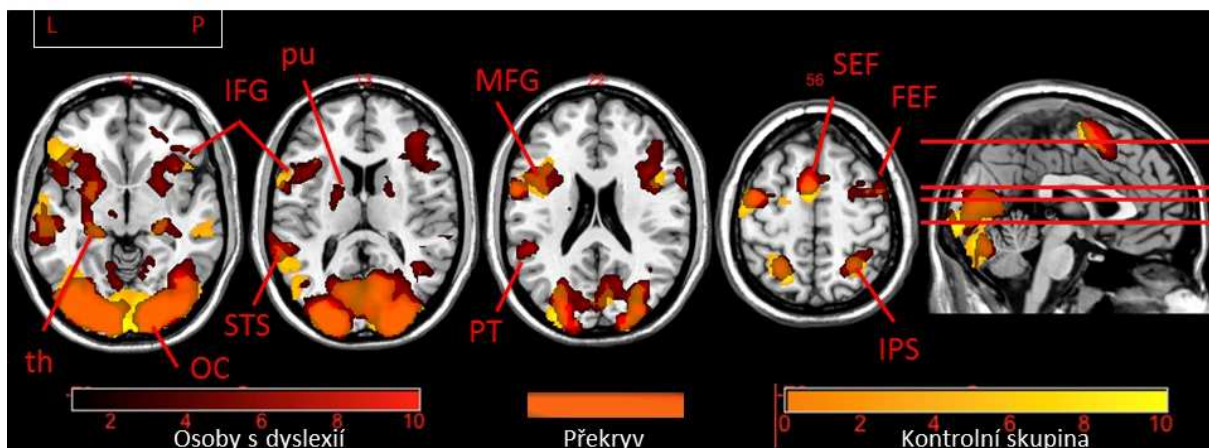
Zpracování sémantických a sémanticko-lexikálních informací je podloženo aktivací prefrontálních oblastí, což je možné sledovat hlavně v levé hemisféře v pars opercularis (Brocova oblast) a v prefrontálním dorzolaterálním kortexu (kůře; inferior frontal gyrus, IFG a middle frontal gyrus, MFG).

Mediální aktivace (aktivace v oblasti středové linie) očních motorických oblastí v gyru frontalis superior (v horním čelním závitu) a bilaterální aktivace očních polí v sulcu precentralis je zodpovědná za motorické plánování očních pohybů spojených se čtením slov (frontal eye field – FEF, supplementary eye field – SEF).

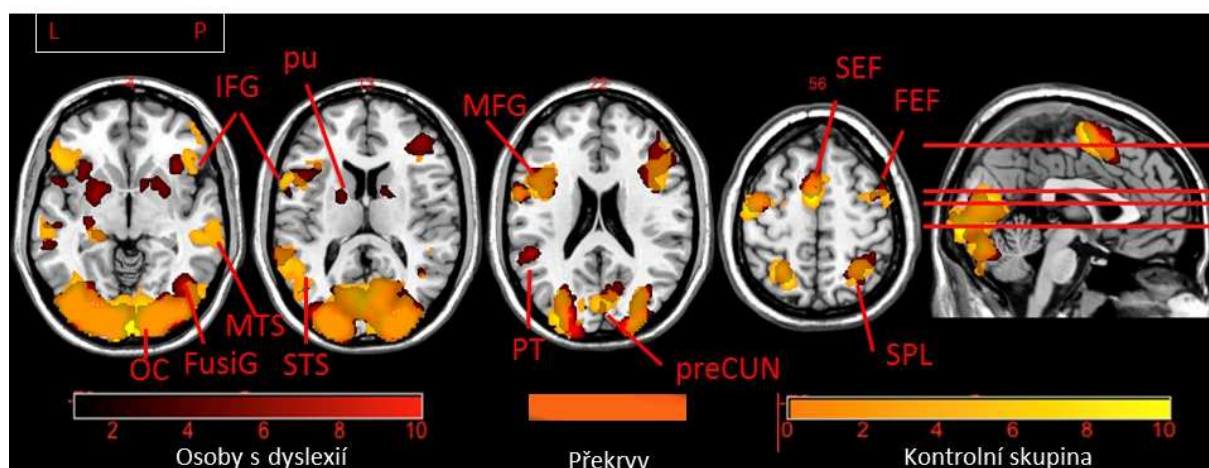
Byla aktivována pole v levém gyru fusiformis (fusiformním závitu, FusiG), horním parietálním kortexu (superior parietal lobe, SPL). Tyto oblasti jsou spojené s vizuální pozorností a jsou také zahrnuty do plánování očních pohybů. Dále byla aktivovaná oblast precuneus (preCUN). Aktivace v oblasti bazálních ganglií (putamen, pu) a thalamu (th) se mohou podílet na zpracování vizuální informace a dostávat zpětnou vazbu z frontálního a okcipitálního kortexu (čelní a týlní kůry).

U čtení slov s malým počtem ortograficky podobných slov a s velkým počtem ortograficky podobných slov je aktivace stejných polí v pravé hemisféře sporadická u dobrých čtenářů, ale je zjevná u čtenářů s dyslexií. Tento rozdíl se příkládá podpůrné, kompenzační funkci mozku.

Rozdíl v aktivaci můžeme sledovat také v oblasti planum temporale (PT), která se podílí na zpracování řeči. Statisticky se rozdíl v zapojení této oblasti ukázal až při čtení slov s velkým množstvím ortograficky podobných slov (obrázek 12), kde bylo výrazně vyšší zapojení této oblasti u osob s dyslexií.

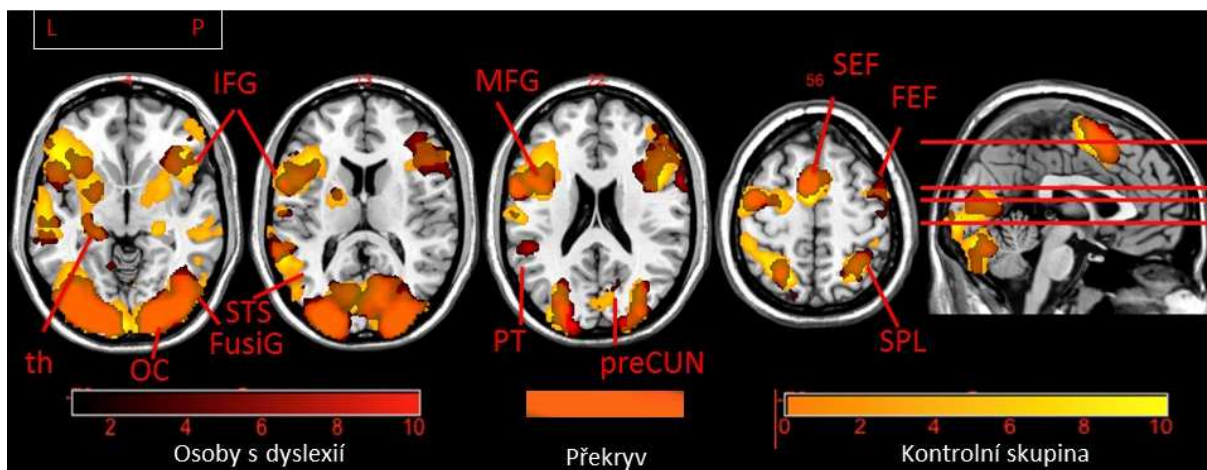


Obrázek 12: Průměrná aktivace osob s dyslexií (červeně) a osob bez dyslexie (žlutě) při čtení slov s malým množstvím ortograficky podobných slov (N0)

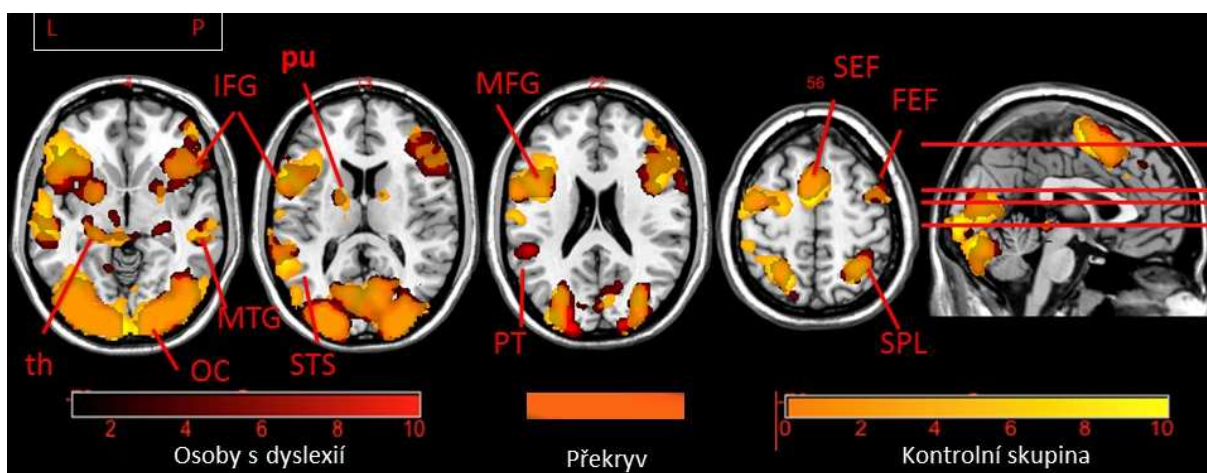


Obrázek 13: Průměrná aktivace osob s dyslexií (červeně) a osob bez dyslexie (žlutě) při čtení slov s velkým množstvím ortograficky podobných slov (N3)

Na obrázku 14 a 15 je zobrazena aktivace při čtení pseudoslov. Zejména u kontrolní skupiny můžeme sledovat větší zapojení oblastí zodpovědných za zrakové vnímání (okcipitální kortex, OC) a motorické plánování očních pohybů (FEF, SEF). Kromě oblastí již zmíněných je možné vidět větší zapojení pravé hemisféry, a to jak v gyru frontalis inferior (dolním čelním závitě, IFG), tak v prefrontálních a temporálních (spánkových) oblastech (middle temporal gyrus, MTG). Je to očekávané vzhledem ke sníženému vstupu k lexikálním reprezentacím slova a většímu důrazu na grafémově-fonémový převod. Aktivace v bazálních gangliích (putamen, pu) je při čtení pseudoslov přítomna i u kontrolních probandů.



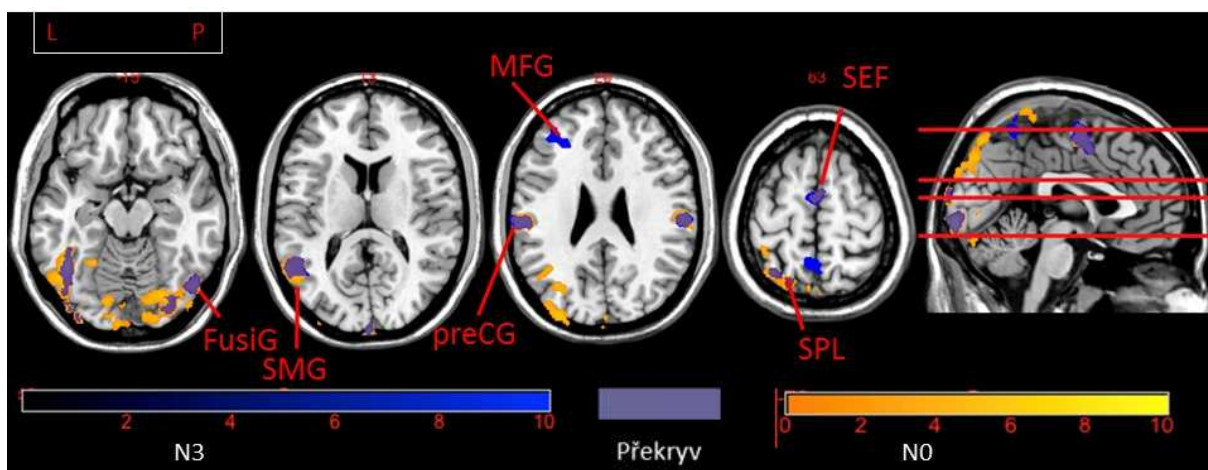
Obrázek 14: Průměrná aktivace osob s dyslexií (červeně) a osob bez dyslexie (žlutě) při čtení pseudoslov s malým množstvím ortograficky podobných slov (PseudoN0)



Obrázek 15: Průměrná aktivace osob s dyslexií (červeně) a osob bez dyslexie (žlutě) při čtení pseudoslov s velkým množstvím ortograficky podobných slov (PseudoN3)

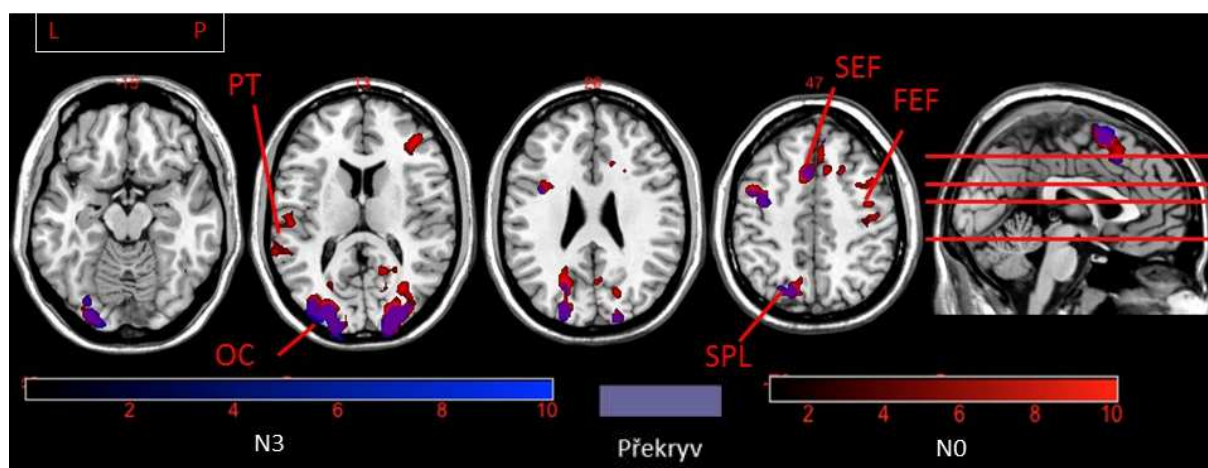
U každého úkolu byly statisticky porovnány aktivační mapy skupin t-testem za účelem izolování mozkových oblastí, jež kontrolní čtenáři aktivují více než čtenáři s dyslexií a naopak.

Na obrázku 16 jsou mozková pole aktivovaná více u kontrolních čtenářů než u dyslektiků při čtení slov s málo podobnými slovy (N0; žlutá barva) a s mnoha podobnými slovy (N3; modrá barva; fialová je překryv obou aktivací). Jako významně více aktivovaná byla označena pole v levém gyru fusiformis (fusiformním závitě, FusiG), horním parietálním kortexu (superior parietal lobe, SPL), mediálním frontálním kortexu (middle frontal gyrus, MFG) a doplňkovém očním poli (SEF, supplementary eye field). Byla nalezena bilaterální aktivace v gyru supramarginalis (SMG). Aktivovaná pole jsou značně překryta.



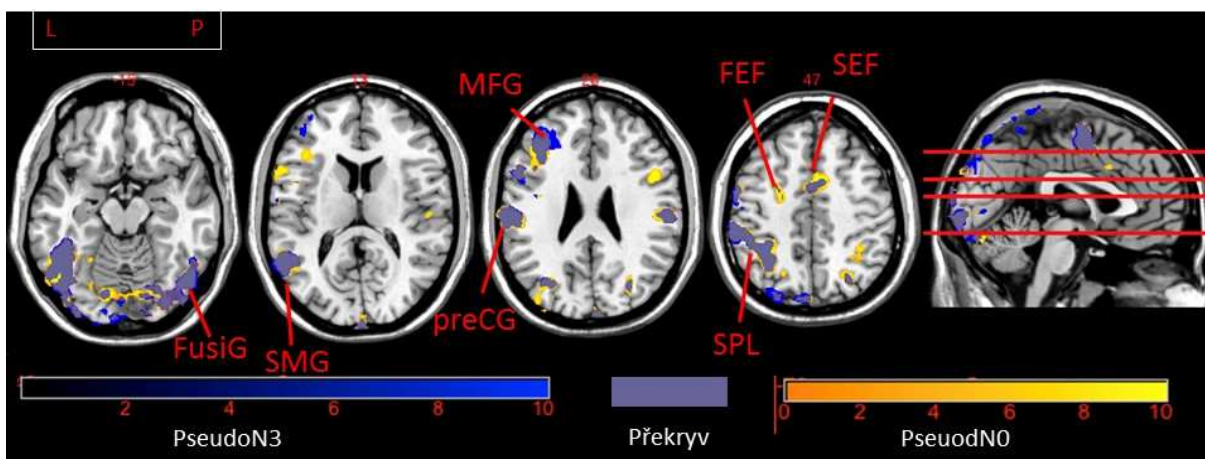
Obrázek 16: Oblasti, kde byla lokalizována větší aktivace u kontrolní skupiny v porovnání s osobami s dyslexií (modře při čtení slov s mnoha ortograficky podobnými slovy (N3), žlutě při čtení slov s malým množstvím ortograficky podobných slov (N0), fialově je značen překryv obou aktivací).

Na obrázku 17 jsou mozková pole aktivovaná více u osob s dyslexií v porovnání s kontrolními čtenáři při čtení slov s malým množstvím ortograficky podobných slov (N0; červená barva) a s velkým množstvím ortograficky podobných slov (N3; modrá barva; fialová je překryv obou aktivací). Osoby s dyslexií aktivovaly více doplňkové oční pole (SEF-supplementary eye field), levohemisférové frontální oční pole (FEF), rozsáhlé oblasti okcipitálního kortexu extrastriátového (V2-V3). Specificky četba N0 (slov s malým množstvím ortograficky podobných slov) aktivovala oblast planum temporale vlevo (PT) a lobulus parietalis superior (SPL). Tyto aktivace jsou indikující pro kompenzační aktivaci mozku.



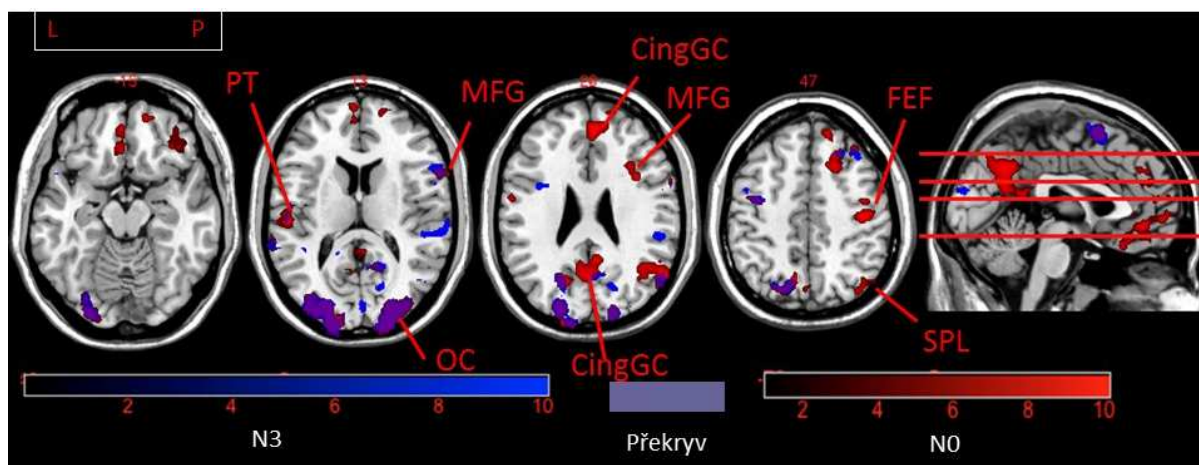
Obrázek 17: Oblasti, kde byla lokalizována větší aktivace u osob s dyslexií v porovnání s kontrolní skupinou (modře při čtení slov s mnoha ortograficky podobnými slovy (N3), červeně při čtení slov s malým množstvím ortograficky podobných slov (N0), fialově je značen překryv obou aktivací).

Na obrázku 18 jsou mozková pole aktivovaná více u kontrolních čtenářů než u osob s dyslexií při čtení pseudoslov s málo sousedy (PseudoN0; žlutá barva) a s mnoha sousedy (PseudoN3; modrá barva; fialová je překryv obou aktivací). Aktivované oblasti jsou velice podobné jako u obr. 15, jen ve větší míře je aktivován parietální a frontální kortex. Nebyly nalezeny zásadní rozdíly v aktivaci u PseudoN0 a PseudoN3, můžeme ale zmínit vyšší zapojení oblasti gyru supramarginalis a gyru precentralis při čtení PseudoN3.



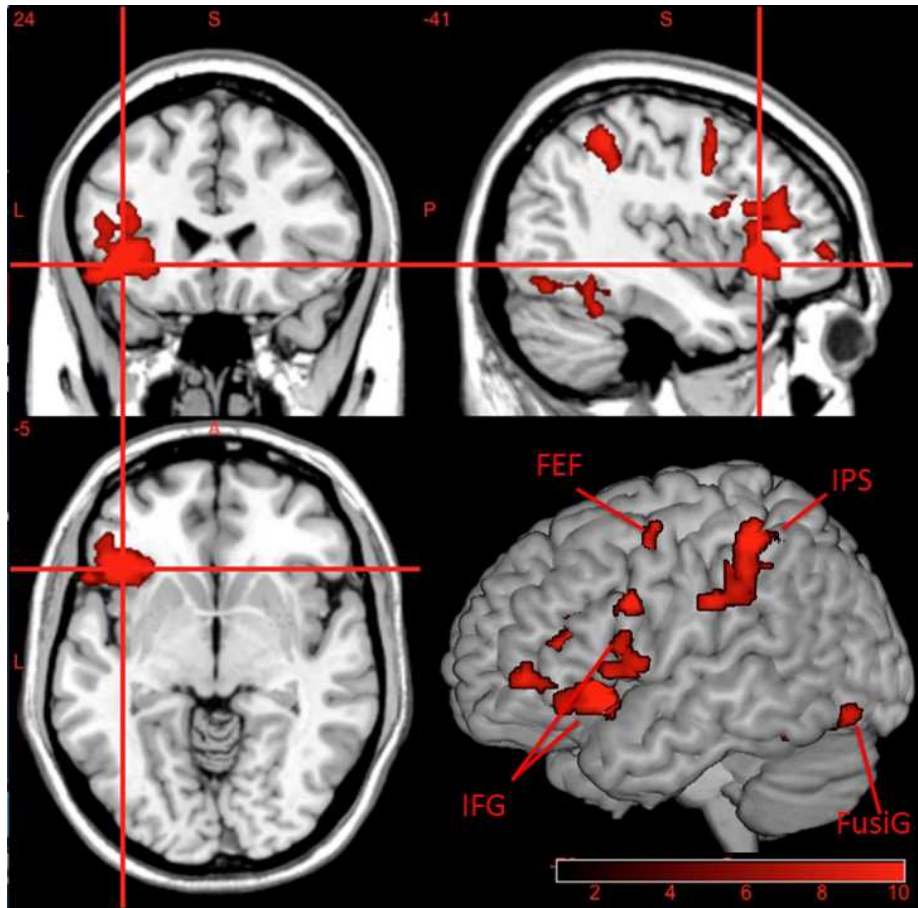
Obrázek 18: Oblasti, kde byla lokalizována větší aktivace u kontrolní skupiny v porovnání se skupinou osob s dyslexií (modře při čtení pseudoslov s mnoha ortograficky podobnými slovy (PseudoN3), žlutě při čtení pseudoslov s malým množstvím ortograficky podobných slov (PseudoN0), fialově je značen překryv obou aktivací.)

Na obrázku 19 jsou mozková pole aktivovaná více u osob s dyslexií v porovnání s kontrolními čtenáři při čtení pseudoslov s málo sousedy (PseudoN0; červená barva) a s mnoha sousedy (PseudoN3; modrá barva; fialová je překryv obou aktivací). Aktivované oblasti se v tomto případě poměrně liší, v případě Pseudo N0 je aktivace lokalizovaná v gyru cinguli a ve frontálních oblastech pravé hemisféry (MFG a FEF). Významně vyšší je u obou úkolů také aktivace v oblasti okcipitálního cortexu (OC) a planum temporale (PT).



Obrázek 19: Oblasti, kde byla lokalizována větší aktivace u osob s dyslexií v porovnání s kontrolní skupinou (modře při čtení pseudoslov s mnoha ortograficky podobnými slovy (PseudoN3), červeně při čtení pseudoslov s malým množstvím ortograficky podobných slov (PseudoN0), fialově je značen překryv obou aktivací.)

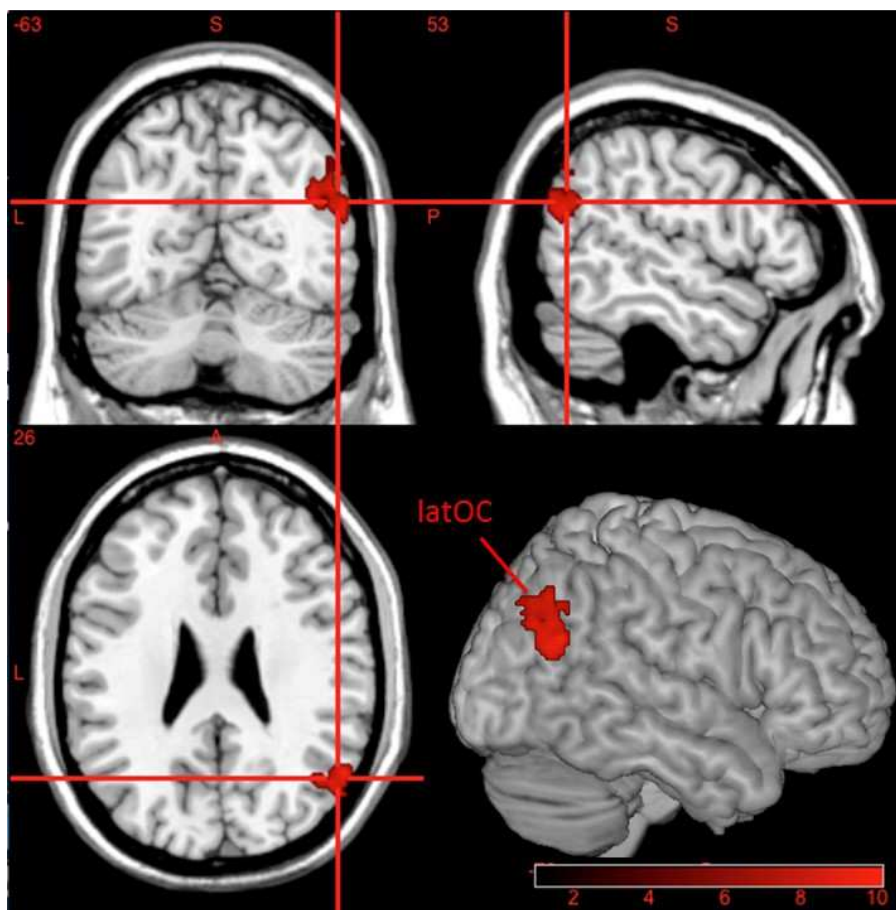
Vzhledem k výsledkům v každém úkolu byl analyzován hlavní efekt lexikality (slova > pseudoslova), kdy byla pozorována větší aktivace u osob s dyslexií v porovnání s kontrolní skupinou. Byl aktivován frontální kortex v oblasti gyrus frontalis inferior (spodní závit čelního laloku, IFG) a frontálního očního pole (FEF), horní parietální kortex v oblasti sulcus intraparietalis (IPS) a přední část gyru fusiformis (FusiG), vše v levé hemisféře.



Obrázek 20: Oblasti více aktivované u osob s dyslexií (v porovnání s kontrolní skupinou) při čtení slov v porovnání se čtením pseudoslov.

U pseudoslov byla v porovnání s čtením slov větší aktivace u osob s dyslexií v porovnání s kontrolní skupinou zaznamenaná v laterální okcipitální oblasti pravé hemisféry (latOC).





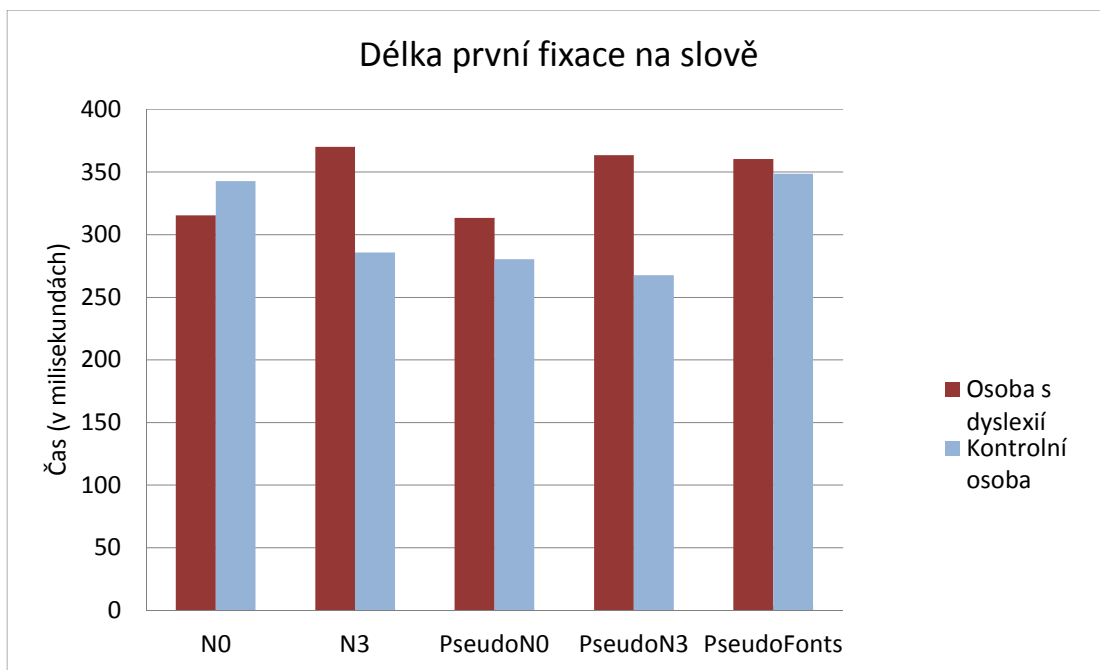
Obrázek 21: Oblasti více aktivované u osob s dyslexií (v porovnání s kontrolní skupinou) při čtení pseudoslov v porovnání se čtením slov.

Hlavní efekt množství ortograficky podobných slov neudržel signifikantní výskyt specifické aktivace.

#### 4.5.2.2. *Eye tracking*

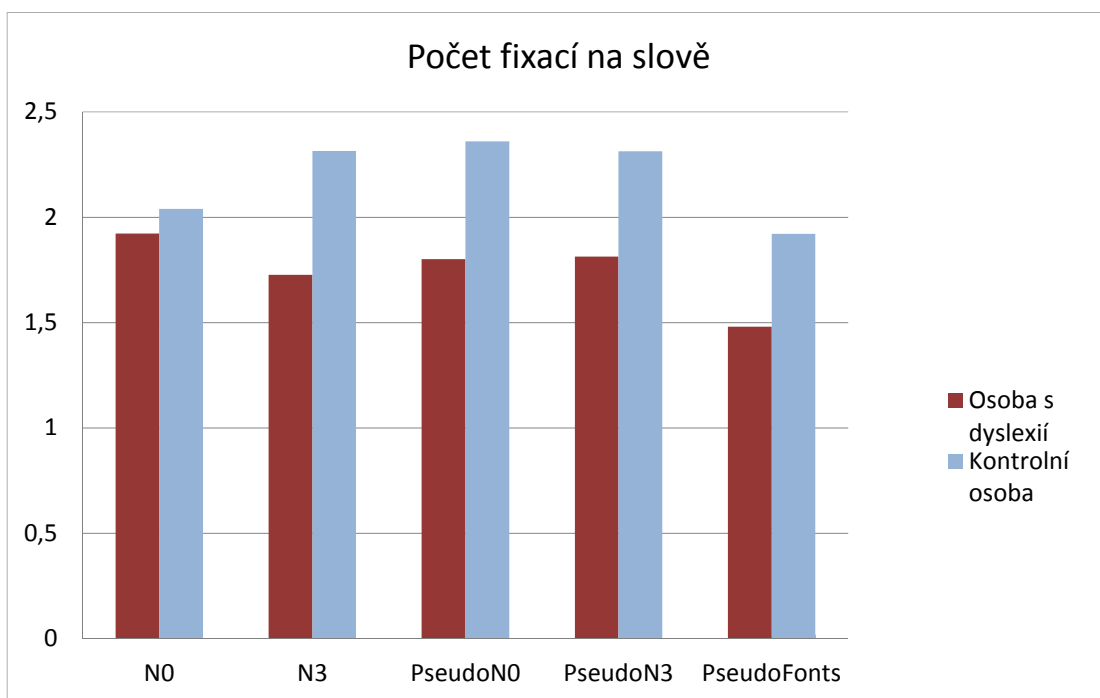
Vzhledem k poměrně značným limitům studie, které uvedeme dále, nebylo možné zpracovat eye trackingová data od většího počtu účastníků a statisticky vyhodnotit rozdíly v očních pohybech. V následujícím textu proto uvádíme pouze srovnání dvou vybraných účastníků (jednoho účastníka s dyslexií a jednoho bez dyslexie), pro prezentaci možného způsobu vyhodnocení a analýzy získaných dat.

Graf číslo 7 ukazuje délku první fixace na slově (průměrná délka fixací u všech slov v rámci výše uvedených kategorií N0, N3, PseudoN0, PseudoN3 a PseudoFonts). Ve většině případů můžeme vidět, že délka první fixace byla u probanda s dyslexií delší. Na základě dalších dat by se mohla nabízet např. i možnost analyzovat vliv ortografických vlastností (výrazně delší doba fixace u N3 i PseudoN3 v porovnání s N0 a PseudoN0 u osoby s dyslexií).



Graf 7: Délka první fixace na slově

Graf č. 8 znázorňuje průměrný počet fixací na slově (opět podle stejných kategorií slov). V tomto případě byl počet fixací ve všech typech slov u osob s dyslexií menší a u obou sledovaných probandů byl nejmenší počet fixací zaznamenán při sledování „PseudoFonts“.



Graf 8: Počet fixací na slově

V grafech můžeme pozorovat, že u kontrolního probanda byla spíše kratší délka první fixace u slov a pseudoslov a současně vždy větší počet fixací ve slově v porovnání s probandem s dyslexií. Tento větší počet fixací je u kontrolního probanda registrován také u „PseudoFonts“.

což naznačuje spíše použití osobní strategie probanda než obtíže vyplývající z lexikálního vstupu. V porovnání délky první fixace na slově je nejmenší rozdíl mezi sledovanými probandy v případě „PseudoFonts“, tedy „slov“ napsaných hebrejskými znaky, což je očekávané. Z grafů ovšem není možné vzhledem k jejich pouze ilustrativní funkci (vyplývající z minimálního množství probandů) vyvozovat žádné směrodatné výsledky.

#### **4.6. Interpretace výsledků a diskuze**

Cílem předkládané diplomové práce byla kromě shrnutí aktuálních poznatků o dyslexii a vysvětlení základních teoretických východisek z oblastí lingvistiky a neurovizuálních metod ve spojení se speciální pedagogikou také realizace výzkumného šetření. Výzkumné šetření mělo ověřit platnost zahraničních poznatků o dyslexii z pohledu funkčního zobrazování a sledování očních pohybů v českém prostředí.

V první části výzkumné práce jsme s pomocí série neuropsychologických testů a jejich statistického vyhodnocení prokázali, že skupiny byly vybrány v souladu s požadovanými kritérii, tj. že se liší svými výkony v testech zaměřených na čtení a čtenářské schopnosti a zásadně se neodlišují úrovní inteligence, pozornosti nebo pracovní paměti. Jedinou výjimku z očekávaných výsledků této části výzkumného šetření tvoří jeden z testů zaměřených na úroveň čtenářských schopností, konkrétně subtest č. 12 z DystTestu.

V subtestu č. 12 testu DystTest (sledující úroveň fonologické kompetence) jsme nenašli statisticky signifikantní rozdíl v porovnání výkonu obou skupin ( $F [1,27] = 0,677$ ;  $p = 0,418$ ). Ačkoli jsme v tomto subtestu rozdíl předpokládali, domníváme se, že subtest sám o sobě může být poměrně obtížný pro intaktní populaci vzhledem k nezvyklosti typu úlohy (na kterou naopak osoby s dyslexií mohou být více zvyklé vzhledem k předchozím opakovaným testováním v PPP nebo SPC). Relativně horší výkony kontrolních probandů mohly být způsobeny také špatnými akustickými podmínkami vzhledem k používané zvukové nahrávce (na rozdíl od subtestu 3, kde jsou v poslední části použita reálná česká slova nebylo v tomto subtestu možné si při horší srozumitelnosti slyšené slovo „domyslet“). Naopak relativně dobré výkony osob s dyslexií mohly být kromě již zmíněné zkušenosti s daným typem úlohy způsobeny také předchozím nácvikem oslabených dovedností a využíváním osvojených kompenzačních strategií (vzhledem k tomu, že všichni probandi s dyslexií byli studenti nebo absolventi vysokých škol, můžeme předpokládat, že jejich výsledky budou celkově lepší než v případě srovnávání všech osob s dyslexií v populaci).

V první části výzkumného šetření jsme tedy prokázali v souladu např. s Krejčovou (2018), že určité rysy dyslexie přetrvávají do dospělosti, a to i přesto, že jsme se zaměřili na relativně úzce specifikovanou skupinu studentů nebo bývalých studentů vysoké školy.

Vybranými testy se neprokázaly rozdíly v úrovni pozornosti, pracovní paměti ani intelektových schopností, což dokazuje, že odlišnosti sledované při fMRI měření mohou být s největší pravděpodobností přisuzované právě specifické poruše čtení.

Tato práce byla zaměřena na fonologické deficity u specifických poruch čtení. Jak bylo řečeno v teoretické části práce, kromě fonologické hypotézy vzniku dyslexie najdeme v literatuře i další. Jedná se zejména o hypotézy vycházející z primárně motorických deficitů. Cílem této práce ovšem nebylo potvrdit fonologickou teorii a vyvrátit ostatní. Napříč dostupnou odbornou literaturou se v této oblasti spíše ukazuje, že zmíněné teorie mohou být různě platné pro různé osoby s dyslexií, jinými slovy, že dyslexie může vznikat na základě různých primárních deficitů. Na základě výsledků předkládaného výzkumného šetření bychom ale mohli říct, že u významné části sledované skupiny osob s dyslexií se objevily některé abnormality mozkové aktivity související pravděpodobně právě s vizuálním rozpoznáváním slov, grafémově-fonémovým převodem při čtení atd. Na přítomnost fonologického deficitu poukazuje např. i vliv lexikality, který se v našem šetření demonstroval jako poměrně silný faktor ovlivňující proces čtení (jiná aktivace oblastí zodpovědných za čtení při čtení slov a pseudoslov). U sledované skupiny byly ovšem současně sledovány i některé abnormality v aktivaci související s motorickým plánováním očních pohybů při čtení (odlišnosti v aktivaci frontálních oblastí, zejména očních polí – FEF, SEF).

Shrneme-li výše popsané výsledky, v našem výzkumném šetření se ukázalo, že obecně při čtení byly u probandů aktivovány zejména zrakové oblasti okcipitálního kortexu (V1-V4), v levé hemisféře oblast gyru fusiformis (kde se nachází tzv. visual word form area), oblast gyru temporalis superior et medium, prefrontální oblasti (dorsolaterální kortex). Dále jsme mohli pozorovat mediální aktivaci oblasti gyru frontalis superior, bilaterální aktivaci oblasti sulcus parietalis a horní části sulcu intraparietalis a dále oblasti precuneae.

Tyto zmiňované oblasti jsou v souladu se závěry dostupných výzkumů a metaanalýz (např. Waldie a kol., 2017) a můžeme je považovat za součást funkčního systému zodpovědného za čtení.

Na základě dalšího zpracování a porovnání, jehož výsledky jsou podrobněji popsány výše, jsme dospěli k následujícím odpovědím na stanovené výzkumné otázky:

**Jak se liší mozková aktivita při tichém čtení u dospělých osob s dyslexií a bez dyslexie?** *Jaké oblasti mozku se zapojují při tichém čtení více u osob s dyslexií v porovnání s kontrolní skupinou (které oblasti bychom mohli určit jako kompenzační, podpůrné)?* V našem měření jsme sledovali několik oblastí, které se podle porovnání aktivovaly více u osob s dyslexií oproti kontrolní skupině. Předpokládáme proto, že tyto oblasti by mohly mít při čtení kompenzační, podpůrnou funkci. V našem výzkumu se takto ukázaly zejména následující oblasti: Gyrus fusiformis, který je v souladu s literaturou (Waldie a kol., 2017) u intaktních čtenářů aktivován takřka výhradně v levé hemisféře (kde je lokalizována VWFA) a u osob s dyslexií tato specializace není tolik vyhraněná. Podobná je situace i v případě bilaterální aktivace oblastí gyrus frontalis inferior a dorsolaterálního kortexu. Aktivace těchto oblastí v pravé hemisféře uvádí Pollack a kol. (2015) jako typickou pro začínající čtenáře a často přetrvávající u osob s dyslexií. U dobrých čtenářů se aktivace také přesouvá pouze na úroveň levé hemisféry. Další oblastí, která byla v našem výzkumu více zapojená u osob s dyslexií je okcipitální kortex v oblasti V2-V3. Rozdíl v aktivaci se objevil také v oblasti doplňkového očního pole. Tento rozdíl poukazuje na rozdílné plánování očních pohybů a souvisí s dalšími výzkumy zaměřenými na oční pohyby osob s dyslexií (viz také Dieterich a kol., 2009). Další rozdíl jsme v naší studii sledovali v oblasti zapojení bazálních ganglií a thalamu (na výskyt tohoto rozdílu upozorňuje např. Richlan, 2009) a oblasti planum temporale. Paz-Alonso (2018) např. zmiňuje silnější funkční propojení thalamu a okcipitotemporálních a parietálních oblastí u osob s dyslexií při čtení pseudoslov a uvádí, že by toto propojení a zvýšená aktivace thalamu mohla být „kompenzační“ ke snížené aktivaci právě okcipitotemporálních a parietálních oblastí zodpovědných za ortografické zpracování čtených slov. Co se týče oblasti planum temporale, jedná se o oblast účastnící se sublexikálního fonologického zpracování (Danelli, 2013). Tato oblast je často zmiňovaná v souvislosti s dyslexií, a to jak po morfologické, tak funkční stránce (morfologické abnormality této oblasti zmiňuje v české literatuře např. i Zelinková, 2005). Na funkční abnormality v této oblasti upozorňuje např. Monzalvo (2012).

*Jaké oblasti mozkových systémů se zapojují při tichém čtení více u kontrolních osob v porovnání s osobami s dyslexií (které z těchto oblastí mohou být neurofunkčně zodpovědné za identifikované deficity ve čtení u osob s dyslexií)?* Při porovnání se nám ukázaly oblasti, které se zapojovaly více u kontrolních osob, mohlo by tedy jít o oblasti, jejichž hypoaktivace u osob s dyslexií způsobuje obtíže ve čtení. V případě našeho výzkumu se jednalo zejména o tyto oblasti: V levé hemisféře oblast gyru fusiformis a sulcu intraparietalis. Tento výsledek je v podstatě ve shodě s dostupnou literaturou (např. Maisog, 2008), která uvádí, že u zkušených čtenářů je aktivace zmíněných oblastí v levé hemisféře výrazná, zatímco u začínajících čtenářů

nebo osob s dyslexií je zpravidla levohemisférová aktivace slabší (a výraznější aktivace bilaterální). Dále se objevila větší aktivace gyru temporalis superior et medium pravé hemisféry. Tato aktivace nebyla očekávaná, neboť u intaktních čtenářů je běžné takřka výhradní zapojení oblastí hemisféry levé (Pollack, 2015). Na druhou stranu Maisog (2008) popisuje u intaktních čtenářů mimo jiné i zvýšenou bilaterální aktivaci oblasti gyrus temporalis superior. V našem případě by toto zapojení mohlo souviset i s ortografickými vlastnostmi čtených slov, neboť zapojení pravé hemisféry bylo větší při čtení slov s velkým počtem ortograficky podobných slov – viz dále.

**Jakým způsobem ovlivňují vlastnosti čteného materiálu mozkovou aktivitu při čtení u dospělých osob s dyslexií a bez dyslexie?** *Existuje rozdíl v mozkové aktivitě při čtení slov v porovnání se čtením pseudoslov u osob s dyslexií a bez dyslexie (tzv. efekt lexikality)?* Porovnáme-li efekt lexikality, tedy to, do jaké míry ovlivňuje aktivaci fakt, že proband čte skutečné slovo (ve srovnání se situací čtení pseudoslov), můžeme říci, že v našem případě byl tento efekt sledován více u kontrolní skupiny. Při čtení pseudoslov bylo možné u kontrolní skupiny sledovat větší zapojení některých oblastí, které se při čtení slov zapojovaly výhradně jen u osob s dyslexií. To také svědčí o podpůrné funkci těchto oblastí, protože při čtení pseudoslov se ani zkušený čtenář nemůže opřít o sémantický význam slova, ale více využívá grafémově-fonémový převod, který je typicky využíván při čtení začínajících čtenářů nebo osob s dyslexií (dochází více k využití nelexikální cesty čtení namísto cesty lexikální). Mezi tyto oblasti patří oblasti pravé hemisféry (gyrus frontalis inferior, prefrontální a temporální oblasti) a oblast bazálních ganglií. U kontrolních osob se také objevila výraznější aktivace levého parietálního, frontálního a dorsolaterálního kortexu, což opět může souviset s větší náročností čtení pseudoslov pro zkušené čtenáře. Zároveň někteří autoři (Richlan, 2009) také upozorňují na snížení aktivity v temporoparietální oblasti u osob s dyslexií, která může být spojena s fonologickým deficitem (zejména se schopností grafémově-fonémového převodu). Tento rozdíl se mohl výrazněji projevit při čtení pseudoslov právě vzhledem k vyšší obtížnosti a absenci opory o paměť atd.

U osob s dyslexií se ukázaly oblasti více zapojované při čtení slov než při čtení pseudoslov (oblasti gyrus frontalis inferior, frontálního očního pole (FEF), horní parietální kortex v oblasti sulcus intraparietalis (IPS) a přední část gyru fusiformis (FusiG)). Toto zjištění může svědčit i o tom, že zmíněné oblasti jsou při čtení pseudoslov zapojovány výrazně méně – přestávají se u osob s dyslexií zapojovat tak, jak je pro funkční systém čtení běžné. Toto tvrzení by se shodovalo s některými zahraničními zdroji (např. Richlan, 2009). Větší aktivace při čtení

pseudoslov se u osob s dyslexií ukázala pouze v okcipitálním kortexu, což naznačuje vizuální kompenzaci nedostatečného grafémově-fonémového převodu.

*Existuje rozdíl v mozkové aktivitě při čtení slov s malým množstvím ortograficky podobných slov v jazyce v porovnání se čtením slov s velkým množstvím ortograficky podobných slov v jazyce u osob s dyslexií a bez dyslexie (má hloubka ortografické příbuznosti – orthographic neighbourhood density vliv na proces čtení)?* Posledním sledovaným efektem byl efekt ortografické podobnosti slov. Na efekt v souvisejících zahraničních studiích poukázal např. Paz-Alonso (2018) ve španělštině. Tento efekt se v námi sledovaném případě neprokázal jako signifikantní. Jeho vliv jsme ale mohli sledovat při větší aktivaci temporálních oblastí u kontrolních osob, protože tato aktivace byla vyšší při čtení slov s velkým množstvím ortograficky podobných slov. Pokud má slovo velké množství ortograficky podobných slov, je zapotřebí k jeho přečtení přesnější dekodování slova, protože je snadněji zaměnitelné za slova podobná. Z tohoto faktu bychom mohli předpokládat, že ortografická podobnost slov může mít určitý vliv na čtení, ale tento vliv je pravděpodobně výrazně nižší než vliv efektu lexikality, který mohl sledovaný efekt zastínit.

#### **Jak se liší oční pohyby dospělých osob s dyslexií a bez dyslexie při tichém čtení?**

Vzhledem k výrazným technickým potížím při realizaci výzkumného šetření nebylo možné v době uzavření práce vytvořit statistické porovnání dat z eye trackingu a popsat tak rozdíly očních pohybů při čtení (viz kapitola 4.7. Limity výzkumného šetření). Toto porovnání by mělo být součástí dalších fází výzkumného šetření. Ukázka dat uvedená v textu práce pouze poukazuje na způsob, jak by se s daty mohlo dále pracovat, pokud jich bude k dispozici dostatečné množství v adekvátní kvalitě.

Porovnání dat fMRI ukázalo rozdíly mezi sledovanými skupinami, které jsou ovšem vzhledem k relativně malému množství zpracovávaných dat platné pouze pro námi sledovanou skupinu. S ohledem na cílový počet účastníků celého projektu (30 osob s dyslexií a 30 osob bez dyslexie) lze ovšem předpokládat, že výsledky se budou zpřesňovat a rozdíly budou významnější.

V kontextu celého projektu a získaných výsledků se také dále nabízejí možnosti dalšího zpracovávání a porovnávání dat. Mimo jiné by k zpřesnění poznatků o dyslexii z neurovědeckého pohledu mohlo přispět kromě již zmíněného důkladnějšího sledování vlivu ortografických vlastností slov na čtení také mezinárodní srovnání v rámci sledovaných jazyků, tedy brazilské portugalštiny a češtiny. Na poli zahraniční literatury je mnoho článků a metaanalýz pojednávajících o rozdílech v rámci různých ortografií (např. Pollack a kol.,

2015). Toto srovnání se nabízí v kontextu celého výzkumného projektu, ale přesahuje rámec této diplomové práce, stejně jako např. zpracování tzv. resting state dat, tedy tzv. „klidové aktivity mozku“, která jsou v rámci výzkumného šetření také sbírána.

Ve speciálně pedagogickém kontextu v rámci oboru logopedie spatřujeme přínos realizace (a případného dalšího rozvoje) výzkumného projektu zejména v možnosti přispět k rozvoji efektivních diagnostických a intervenčních postupů specifických poruch čtení. Data z využitých zobrazovacích metod vhodně srovnaná s dalšími dostupnými diagnostickými metodami mohou zpřesnit náhled na tuto problematiku a přispět tak ke zlepšení logopedické intervence v návaznosti na vyšetření neuropsychologického charakteru. Kromě možnosti zpřesnění náhledu na danou problematiku mohou data prezentovaného charakteru přispět k objektivnímu hodnocení efektivity některých intervenčních metod a přesnějším zacílení nových intervenčních postupů.

#### **4.7. Limity výzkumného šetření**

Při hodnocení závěrů výzkumné práce je třeba uvážit všechny limity studie, které mohly výsledky ovlivnit.

Jedním z hlavních limitů studie je relativně malý počet účastníků zařazených do našeho statistického porovnání. Celkově je výzkum nastavený na 60 účastníků (30 osob s dyslexií + 30 osob v kontrolní skupině). V době zpracovávání práce bylo nahlášeno celkem 88 zájemců, z toho 46 osob s dyslexií. Bohužel ne všichni zájemci o účast ve výzkumu mohli být do vzorku zařazeni, a to zejména z následujících důvodů:

- oční vada vyžadující korekci silnější než 1 dioptrie a nemožnost použít na měření kontaktní čočky (7 zájemců),
- těhotenství (2 zájemkyně),
- jiný mateřský jazyk než český (7 zájemců),
- prodělané závažnější trauma hlavy (1 zájemkyně),
- přítomnost ADHD (3 zájemci),
- klaustrofobie (2 účastnice),
- v případě osob v kontrolní skupině absence probanda s dyslexií odpovídajícího věkem a pohlavím.

Možnost jednotlivých dobrovolníků účastnit se měření byla výrazně limitována místem, kde měření probíhalo a časovými možnostmi pracoviště. Mnoho zájemců (zejména oslovení studenti z Prahy, ale i z dalších měst) nemohlo přijet do Brna. Limitující (zejména pro již pracující absolventy) byla také standardní provozní doba pracoviště MAFIL, která je od 8:00



do 17:00. Tento limit jsme se alespoň částečně pokusili vyřešit nabídkou víkendového měření, které se ovšem z důvodu různých časových možností účastníků dosud nepodařilo zrealizovat. S dalšími účastníky, kteří mají omezené časové možnosti, budou domlouvány termíny v průběhu března a případně dále.

Další komplikací, která výrazně prodloužila období realizace výzkumu, byly technické problémy se zařízením pro měření očních pohybů. U mnoha probandů nebylo možné zařízení správně nastavit, aby detekovalo oční pohyby po celou dobu měření. Chyba (pravděpodobně na straně softwarového vybavení daného zařízení) způsobovala to, že u některých probandů bylo úvodní nastavování eye trackingu a kalibrace velmi dlouhé (až 1 hodina) a u některých probandů nebylo možné zařízení nastavit vůbec. Vzhledem k několika snahám o nápravu tohoto problému muselo být měření částečně odsunuto, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám dat. I přesto nebylo v době zpracování této práce zařízení schopno spolehlivě detekovat oční pohyby u všech probandů po celou dobu měření. Z tohoto důvodu nebylo v práci možné statisticky zhodnotit specifika očních pohybů u osob s dyslexií a bez dyslexie tak, jak bylo původně zamýšleno.

Doba sběru dat se také prodloužila nad původní očekávání kvůli velké vytiženosti pracoviště MAFIL na konci kalendářního roku a omezeným časovým možnostem probandů v tomto období (vzhledem k tomu, že většina zájemců byli studenti VŠ, pociťovali jsme vliv zkouškového období, ve kterém byl zájem studentů o výzkum výrazně nižší).

S ohledem na výše uvedené faktory bylo období realizace projektu prodlouženo tak, aby v jeho závěru bylo dosaženo naplánovaných 60 probandů. Tato práce proto poskytuje uvedení do problematiky a náhled na předpokládaný směr toho, kam se daný výzkum může vyvíjet.

Sběr dat mohly dále ovlivnit faktory prostředí a vnějších podmínek, v nichž měření probíhalo. Neuropsychologické testy např. zadávali a administrovali dva lidé, takže zadávání i přes předchozí nácvik nemuselo být vždy přesně stejné (tempo řeči při zadávání, nálada administrátora atd.). Tyto faktory by neměly ovlivnit porozumění zadání, neboť to bylo ověřováno krátkým zácvikem před většinou testů. Uvedené faktory ale mohly mít vliv např. na psychickou pohodu probanda. Podobně mohly působit časové faktory (zda bylo ráno nebo odpoledne), únava probanda v době zahájení měření atd. Vliv na výsledky neuropsychologických testů mohlo mít do určité míry také prostředí, kde testování probíhalo (akustika místnosti atd. – neuropsychologické testy byly zpravidla realizovány v jedné místnosti, z kapacitních důvodů a vzhledem k časovým možnostem dobrovolníků byly ale v některých případech prováděny i jinde. Vždy se ale jednalo o klidnou tichou místnost.)

## ZÁVĚR

Předkládaná diplomová práce se zabývá tématem dyslexie u dospělých osob, a to z pohledu speciální pedagogiky a neurovědeckých přístupů. Záměrem práce bylo přiblížit dostupné poznatky o problematice specifických poruch čtení a jejich propojení s realizovaným výzkumným šetřením.

První kapitoly práce jsou zaměřeny teoreticky a jejich cílem je kromě shrnutí poznatků o dyslexii a souvisejících poruchách učení také přiblížení vybraných oblastí lingvistiky a neurozobrazovacích metod, které jsme využili pro dále popsany výzkum. V první kapitole je popsána dyslexie a související poruchy učení zejména v kontextu terminologických změn v souvislosti s novou klasifikací nemocí a současných trendů v přístupu k osobám s touto poruchou. Druhá kapitola se věnuje procesu čtení, a to hlavně z pohledu kognitivní psychologie se zaměřením na vizuální rozpoznávání slov a s tím související oční pohyby při čtení. Dále se kapitola věnuje vybraným tématům z oboru lingvistiky, které jsme využili při tvorbě materiálu pro výzkum. Třetí kapitola je zaměřena na popis zobrazovacích metod (MRI, fMRI) a jejich využití pro provedené šetření. Popsány jsou zejména zahraniční výzkumy, které se zabývaly touto problematikou.

Čtvrtá kapitola práce se věnuje popisu realizovaného šetření, jež bylo uskutečněno v rámci mezinárodního projektu „Reading and visual motor adaptation task in adults with developmental dyslexia: international study in different orthographic system“. Šetření se skládá ze dvou částí, přičemž jedna je tvořena souborem neuropsychologických testů a druhá zahrnuje samotné měření s využitím funkční magnetické rezonance a eye trackingu. Diplomová práce popisuje data získaná do února 2019, současný soubor účastníků není konečný a měření probíhají za účasti autorky této diplomové práce i nadále. Vzhledem k velkému rozsahu celého projektu byly v této práci popsány pouze dílčí části výzkumu, a to konkrétně části zaměřující se na fonologické deficity u osob s dyslexií. Z práce vyplývá, že přítomnost fonologických deficitů lze pravděpodobně i v českém jazykovém prostředí pozorovat neurozobrazovací metodou fMRI s menšími či většími rozdíly od dostupné zahraniční literatury a výzkumů na toto téma. Další rozšíření výzkumného vzorku a možné zobecnění výsledků je, stejně jako mezinárodní srovnání naměřených dat a podrobnější analýza eye trackingových dat, možností dalšího pokračování a návaznosti na tuto práci. Nově získané poznatky potom mohou přispět k rozšíření odborných znalostí o dyslexii v různých jazykových prostředích, což může významně ovlivnit rozvoj efektivních diagnostických a intervenčních nástrojů.

## BIBLIOGRAFIE

*Analýza současné situace studentů se specifickými nároky na vysokých školách* [online], 2010. [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: <http://www.msmt.cz/vzdelavani/vysoke-skolstvi/analyza-soucasne-situace-studentu-se-specifickymi-naroky-na>

BAKKER, Dirk J, 1990. *Neuropsychological treatment of dyslexia*. New York: Oxford University Press. ISBN 0195061322.

BENEŠ, Jiří, Jaroslava KYMPLOVÁ a František VÍTEK, 2015. *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory: pro studium i praxi*. 1. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4712-5.

BOOTH, James R. a Douglas D. BURMAN, 2001. Development and Disorders of Neurocognitive Systems for Oral Language and Reading. *Learning Disability Quarterly* [online]. 24(3), 205-215 [cit. 2019-03-01]. DOI: 10.2307/1511244. ISSN 07319487. Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/1511244>

BŘEČKOVÁ CHALUPOVÁ, Eva, 2012. *Čtení adolescentů se specifickými poruchami učení*. Praha. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze.

CIMLEROVÁ, Pavla, Barbora ČALKOVSKÁ, Iva DUDÍKOVÁ, Marie KOCUROVÁ, Lenka KREJČOVÁ, Iveta MACHÁČOVÁ, Petr PEŇÁZ a Miroslav ZÍTKO, 2014. *Manuál administrátora: DysTest: baterie testů pro diagnostiku specifických poruch učení u studentů vysokých škol a uchazečů o vysokoškolské studium*. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-7767-6.

CVRČEK, VÁCLAV - RICHTEROVÁ, OLGA (EDS), 2016. Seznamy:srovnacni\_seznamy. WIKI Český národní korpus [online]. Příručka ČNK [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: [https://wiki.korpus.cz/doku.php?id=seznamy:srovnacni\\_seznamy&rev=1473855503](https://wiki.korpus.cz/doku.php?id=seznamy:srovnacni_seznamy&rev=1473855503)

DANELLI L., M. BERLINGERI, F. FERRI, L. VACCHI, M. SBERNA, E. PAULESU, 2013. Neural intersections of the phonological, visual magnocellular and motor/cerebellar systems in normal readers: implications for imaging studies on dyslexia. *Human Brain Mapping* [online]. 34(10), 2669-87 [cit. 2019-04-05]. DOI: 10.1002/hbm.22098. ISSN 10970193. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/hbm.2209>

DIETERICH, Marianne, Stefanie MÜLLER-SCHUNK, Thomas STEPHAN, Sandra BENSE, Klaus SEELOS a Tarek a. YOUSRY, 2009. Functional Magnetic Resonance Imaging Activations of Cortical Eye Fields during Saccades, Smooth Pursuit, and Optokinetic Nystagmus. *Annals of the New York Academy of Sciences* [online]. 1164, 282-292 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2008.03718.x. ISSN 00778923.

Filozofická fakulta Univerzity Karlovy, 2015. *Český národní korpus* [online]. [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: [www.korpus.cz](http://www.korpus.cz)

*FMRI Brno* [online], 2004. Brno: Výzkumná skupina při LF MU v Brně [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <http://fmri.mchmi.com>

GRAINGER, Jonathan, Mathilde MUNEAUX, Fernand FARIOLI a Johannes ZIEGLER, 2005. Effects of phonological and orthographic neighbourhood density interact in visual word recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A* [online]. 58(6), 981-998 [cit. 2019-03-01]. DOI: 10.1080/02724980443000386. ISSN 02724987.

HALL, Alyson. Normal and abnormal development: Specific learning difficulties, 2008. *Psychiatry* [online]. 2008, 7 (6), 260-265 [cit. 2019-02-28]. DOI: 10.1016/j.mppsy.2008.04.009. ISSN 14761793. Dostupné z:

- <https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=9 &sid=a2a0e02b-821b-4f78-a466-ea240e034010%40sessionmgr120&bdata=JkF1dGhUeXBIPWlwLGNvb2tpZSx1cmwscWlkJmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=S1476179308000840&db=edselp>
- HEINMAN, PRECEL, 2003. Students With learning Disabilities in Higher Education. *Journal of Learning Disabilities*. 36(3), 248-258. Dostupné také z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15515645>
- HILDEBRANDT, Nancy, 1994. The Reicher–Wheeler effect and models of deep and phonological dyslexia. *Journal of Neurolinguistics* [online]. 8 (1), 1 -18 [cit. 2019-03-01]. DOI: 10.1016/0911-6044(94)90002-7. ISSN 09116044. Dostupné z: <https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=14&sid=a2a0e02b-821b-4f78-a466-ea240e034010%40sessionmgr120&bdata=JkF1dGhUeXBIPWlwLGNvb2tpZSx1cmwscWlkJmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=2000-12197-001&db=psyh>
- HOIEN, Torleiv a Petr SUNDBERG, 2000. *Dyslexia: From theory to intervention*. Springer Netherlands. Dordrecht: Kluwer Publishing. ISBN 978-0 -7923-6309-5.
- ICD 11 International Classification of Diseases 11th Revision: The global standard for diagnostic health information* [online], 2018. World Health Organization [cit. 2019-02-21]. Dostupné z: <https://icd.who.int/>
- JIRA, František, 2014. *Možnosti diagnostiky dyslexie v populaci dospělých*. Praha. Rigorózní práce. Univerzita Karlova v Praze.
- JOŠT, Jiří, 2011. *Čtení a dyslexie*. Vyd. 1. Praha: Grada. Pedagogika (Grada). 384 s. ISBN 978-80-247-3030-1.
- Krátký inteligenční test. *Propsyco* [online]. Otrokovice: Propsyco [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: [https://shop.propsyco.cz/product.php?id\\_product=23](https://shop.propsyco.cz/product.php?id_product=23)
- KRAUS, Jiří, 2005. *Nový akademický slovník cizích slov A -Ž*. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-1351-4.
- KRČMOVÁ, Marie, 2008. *Fonetika a fonologie*. 2. Brno: Elportál, Brno: Masarykova univerzita. ISSN 1802-128X. Dostupné také z: <http://is.muni.cz/elportal/?id=766384>
- KREJČOVÁ, Lenka, Zuzana BODNÁROVÁ, Kamila ŠEMBEROVÁ a Kamila BALHAROVÁ, 2018. *Specifické poruchy učení: dyslexie, dysgrafie, dysortografie*. 2., aktualizované vydání. Brno: Edika. Rádce pro rodiče a učitele. ISBN 978-80-266-1219-3.
- KREJČOVÁ, Lenka, 2019. *Dyslexie: psychologické souvislosti*. Praha: Grada. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-3950-2.
- LECHTA, Viktor, 2003. Základní vymezení oboru logopedie. *Klinická logopedie*. Praha: Portál, s. 17-28. ISBN 80-7178-546-6.
- LIM SWH., 2016. The Influence of Orthographic Neighborhood Density and Word Frequency on Visual Word Recognition: Insights from RT Distributional Analyses. *Front. Psychol.* 7401. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.00401.
- LINDMEIER, Christian, 2018. *WHO releases new International Classification of Diseases (ICD 11)* [online]. Geneva, 18.6.2018 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: [https://www.who.int/news-room/detail/18-06-2018-who-releases-new-international-classification-of-diseases-\(icd-11\)](https://www.who.int/news-room/detail/18-06-2018-who-releases-new-international-classification-of-diseases-(icd-11))
- LUKÁŠOVÁ, Kateřina, 2006. *Alterações fonológicas e motoras na dislexia de desenvolvimento*. Sao Paulo. Disertační práce. Universidade presbiteriana mackenzie.

- MAISOG, José m., Erin r. EINBINDER, D. lynn FLOWERS, Peter e. TURKELTAUB a Guinevere f. EDEN. A Meta-analysis of Functional Neuroimaging Studies of Dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences* [online]. 2008, 1145, 237-259 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1196/annals.1416.024. ISSN 00778923.
- MAREŠ, Petr, 2014. *Úvod do lingvistiky a lingvistické bohemistiky* [online: pdf]. První. Praha: Nakladatelství Karolinum [cit. 2019-03-01]. 66 s. ISBN 978-80-246-2640-6. Dostupné z: [https://www.cupress.cuni.cz/ink2\\_stat/dload.jsp?prezMat=60810](https://www.cupress.cuni.cz/ink2_stat/dload.jsp?prezMat=60810)
- MARŠÁK, Jan a Svatava JANOUŠKOVÁ, 2014. Neuropedagogika–neurověda a pedagogika ve společném úsilí. *Pedagogika* [online]. 64(1), 99-116 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <http://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/?p=1492&lang=cs>
- MARTIN, A, M SCHURZ, M KRONBICHLER a F RICHLAN, 2015. Reading in the brain of children and adults: a meta-analysis of 40 functional magnetic resonance imaging studies. *Human Brain Mapping* [online]. 36(5), 1963-81 [cit. 2019-04-12]. DOI: 10.1002/hbm.22749. ISSN 10970193.
- MATĚJČEK, Zdeněk. *Dyslexie, 1998*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. Knižnice speciální pedagogiky.
- MATĚJČEK, Zdeněk a Marie VÁGNEROVÁ, 2006. *Sociální aspekty dyslexie*. Vyd. 1. Praha: Karolinum. ISBN 80-246-1173-2.
- Mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů: MKN-10*. Tabelární část. Desátá revize, 2017. Praha: ÚZIS ČR, 877 s. ISBN 978-80-7472-168-7.
- MONITOROVACÍ UKAZATELE. *Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy* [online]. 2019 [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: <http://www.msmt.cz/vzdelavani/vysoke-skolstvi/monitorovaci-ukazatele>
- MONZALVO, Karla, Joel FLUSS, Catherine BILLARD, Stanislas DEHAENE a Ghislaine DEHAENE-LAMBERTZ, 2012. Cortical networks for vision and language in dyslexic and normal children of variable socio-economic status. *NeuroImage* [online]. 61(1), 258-274 [cit. 2019-04-05]. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2012.02.035. ISSN 10538119. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811912002121>
- MORTIMORE, Tilly a W. ray CROZIER, 2006. Dyslexia and difficulties with study skills in higher education. *Studies in Higher Education* [online]. 31(2), 235-251 [cit. 2019-02-28]. DOI: 10.1080/03075070600572173. ISSN 03075079. Dostupné z: <http://taylorandfrancis.metapress.com/link.asp?target=contribution&id=G907443H31150722>
- MRIcon Index Page* [online]. 2010 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://people.cas.sc.edu/rorden/mricron/index.html>
- NEUBAUER, Karel, 2018. *Kompendium klinické logopedie: diagnostika a terapie poruch komunikace*. Vydání první. Praha: Portál. ISBN 978-80-262-1390-1.
- NYTROVÁ, Michaela, 2019. *Dyslexie ve speciálně pedagogickém a neurovědeckém pojetí se zaměřením na motorický deficit*. Olomouc, 2019 - v tisku. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Mgr. Hana Karunová, Ph.D.
- ORDAZ, Sarah j., William FORAN, Katerina VELANOVA a Beatriz LUNA, 2013. Longitudinal Growth Curves of Brain Function Underlying Inhibitory Control through Adolescence. *JOURNAL OF NEUROSCIENCE* [online]. 33(46), 18109-18124 [cit. 2019-04-11]. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1741-13.2013. ISSN 02706474. Dostupné z: <https://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=7b5f968d-2a3e-45a2-bcff-037f2d599411%40sdc-v->

sessmgr04&bdata=JkF1dGhUeXBIPWlwLGNvb2tpZSx1cmwscWlkJmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtG12ZQ%3d%3d#AN=000327020600014&db=edswsc

OREL, Miroslav a Roman PROCHÁZKA, 2017. *Vyšetření a výzkum mozku: pro psychology, pedagogy a další nelékařské obory*. Vydání 1. Praha: Grada. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-5539-7.

OWSIANKOVÁ, Hana, 2018. *Využití lingvistických metod v molekulární fylogenetice*. Olomouc. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Filozofická fakulta. Vedoucí práce Mgr. Dan Faltýnek, Ph.D.

PARK, Haeme, Gjurgjica BADZAKOVA-TRAJKOV a Karen WALDIE, 2012. Brain activity in bilingual developmental dyslexia: An fMRI study. *Neurocase (Psychology Press)* [online]. 18(4), 286-297 [cit. 2019-03-01]. DOI: 10.1080/13554794.2011.588182. ISSN 13554794.

PAZ-ALONSO, Pedro m., Myriam OLIVER, Garikoitz LERMA-USABIAGA, et al, 2018. Neural correlates of phonological, orthographic and semantic reading processing in dyslexia. *NeuroImage: Clinical* [online]. 20, 433-447 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.nicl.2018.08.018. ISSN 22131582.

POKORNÁ, Věra, 2010a. *Vývojové poruchy učení v dětství a v dospělosti*. Vyd. 1. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-773-2.

POKORNÁ, Věra, 2010b. *Teorie a náprava vývojových poruch učení a chování*. Vyd. 4. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-817-3.

POLLACK, Courtney a Gigi ELUK, 2015. A meta-analysis of functional reading systems in typically developing and struggling readers across different alphabetic languages. *Frontiers in Psychology, Vol 6, 2015* [online]. 6 [cit. 2019-03-20]. DOI: 10.3389/fpsyg.2015.00191/full. ISSN 16641078. Dostupné z: <https://doaj.org/article/90aeb3184f8f48f28385003929a46465>

POPELKA, Stanislav, 2018. *Eye-tracking (nejen) v kognitivní kartografii: praktický průvodce tvorbou a vyhodnocením experimentu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci pro katedru geoinformatiky. ISBN 978-80-244-5313-2.

POŘÍZKA, Petr, 2014. *Tvorba korpusů a vytižování jazykových dat: metody, modely, nástroje*. 1. vyd. V Olomouci: Vydavatelství Filozofické fakulty Univerzity Palackého. ISBN 978-80-87895-17-7.

PRICE, Cj, 2000. The anatomy of language: contributions from functional neuroimaging. *JOURNAL OF ANATOMY* [online]. 197, 335-359 [cit. 2019-03-01]. ISSN 00218782.

QUAGLINO, V., B. BOURDIN, G. CZTERNASTY, et al., 2008. Original article: Differences in effective connectivity between dyslexic children and normal readers during a pseudoword reading task. *Neurophysiologie Clinique / Clinical Neurophysiology* [online]. 2008, 38(2), 73-82 [cit. 2019-03-01]. DOI: 10.1016/j.neucli.2007.12.007. ISSN 09877053.

RABERGER, Thomas a Heinz WIMMER, 2003. On the automaticity/cerebellar deficit hypothesis of dyslexia: balancing and continuous rapid naming in dyslexic and ADHD children. *Neuropsychologia* [online]. 41(11), 1493-1497 [cit. 2019-03-18]. DOI: 10.1016/S0028-3932(03)00078-2. ISSN 00283932. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0028393203000782>

RABOCH, Jiří, ed., Michal HRDLIČKA, ed., Pavel MOHR, ed., Pavel PAVLOVSKÝ, ed. a Radek PTÁČEK, ed., 2015. *DSM-5 ®: diagnostický a statistický manuál duševních poruch*. První české vydání. Praha: Hogrefe - Testcentrum. ISBN 978-80-86471-52-5.

REID, Gavin a Jane KIRK, 2001. *Dyslexia in adults: education and employment*. London: Wiley, 2001. ISBN 0-471-85205-8.

RAMUS, F, I ALTARELLI, K JEDNORÓG a J ZHAO, 2018. Neuroanatomy of developmental dyslexia: Pitfalls and promise. *Neuroscience And Biobehavioral Reviews* [online]. 84, 434-452 [cit. 2019-03-01]. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2017.08.001. ISSN 18737528. Dostupné z: <https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=7&sid=a2a0e02b-821b-4f78-a466-ea240e034010%40sessionmgr120&bdata=JkF1dGhUeXBIPWlwLGNvb2tpZSx1cmwscWlkJmxbmc9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=S0149763416307461&db=edselp>

RELLO, Luz a Ricardo BAEZA-YATES, 2017. How to present more readable text for people with dyslexia. *UNIVERSAL ACCESS IN THE INFORMATION SOCIETY* [online]. 16(1), 29-49 [cit. 2019-03-02]. DOI: 10.1007/s10209-015-0438-8. ISSN 16155289. Dostupné z: <https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=3&sid=a2a0e02b-821b-4f78-a466-ea240e034010%40sessionmgr120&bdata=JkF1dGhUeXBIPWlwLGNvb2tpZSx1cmwscWlkJmxbmc9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=000395093100003&db=edswsc>

RICHLAN, Fabio, Martin KRONBICHLER a Heinz WIMMER, 2009. Functional Abnormalities in the Dyslexic Brain: A Quantitative Meta-Analysis of Neuroimaging Studies. *HUMAN BRAIN MAPPING* [online]. 30(10), 3299-3308 [cit. 2019-04-05]. DOI: 10.1002/hbm.20752. ISSN 10659471. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2989182/>

SEDLÁŘ, Martin. *Magnetická rezonance* [online]. In: Brno: Lékařská fakulta Masarykova univerzita, 2011 [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: [http://www.med.muni.cz/biofyz/files/nutricnispecialista/MRI\\_2011\\_Sedlar.pdf](http://www.med.muni.cz/biofyz/files/nutricnispecialista/MRI_2011_Sedlar.pdf)

SEIDL, Zdeněk a Manuela VANĚČKOVÁ, 2007. *Magnetická rezonance hlavy, mozku a páteře*. 1. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1106-5.

SMEČKOVÁ, Gabriela, 2013. *Specifické poruchy školních dovedností - vstup do problematiky*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 95 stran. Studijní opory. ISBN 978-80-244-3718-7.

SMOLÍK, Filip a Gabriela MÁLKOVÁ, 2014. *Vývoj jazykových schopností v předškolním věku*. Vyd. 1. Praha: Grada. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-4240-3.

SOCHROVÁ, Marie, 2009. *Český jazyk v kostce: pro střední školy*. 2. vyd. Praha: Fragment. V kostce (Fragment). ISBN 978-80-253-0950-6.

STERNBERG, Robert, 2009. *Kognitivní psychologie*. Vyd. 2. Přeložil František KOUKOLÍK. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-638-4.

STUPAVSKÁ, Eva a Dan FALTÝNEK, 2017. Eye-trackingová analýza čtení poezie. [rukopis]. *Eye-trackingová analýza čtení poezie [rukopis] / Eva Stupavská* [online]. [cit. 2019-03-02].

ŠULC, Michal, 1999. *Korpusová lingvistika: první vstup*. 1. vyd. Praha: Karolinum. 94 s. ISBN 80-7184-847-6.

TROJANOVÁ, Mariana, 2013. *Vliv ortografické hloubky na rozvoj gramotnosti*. Praha. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce Mgr. Gabriela Seidlová Málková, Ph.D.

Ústav pro jazyk český AV ČR. Internetová jazyková příručka: Abecední řazení. *Internetová jazyková příručka* [online]. Ústav pro jazyk český Akademie věd ČR [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://prirucka.ujc.cas.cz/?id=900&dotaz=p%C3%ADsmeno%20ch>

VITÁSKOVÁ, Kateřina, 2006. *Specifické poruchy učení pro výchovné pracovníky*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého. Texty k distančnímu vzdělávání v rámci kombinovaného studia. ISBN 80-244-1216-0.

VOJTÍŠEK, Miloš, 2011. RF cívka pro MR systém. Brno. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Prof. Ing. Eva Gescheidtová, CSc.

VOMÁČKA, Jaroslav, 2015. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4508-3.

VYHNÁLEK, M., R. BRZEZNÝ a J. JEŘÁBEK, 2006. Oční pohyby u specifických vývojových dyslexií. *Česká a Slovenská Psychiatrie* [online]. 102(5), 256-260 [cit. 2019-02-27]. ISSN 12120383. Dostupné z: [http://www.cspsychiatr.cz/dwnld/CSP\\_2006\\_5\\_256\\_260.pdf](http://www.cspsychiatr.cz/dwnld/CSP_2006_5_256_260.pdf)

WAGNER, Richard K., Joseph K. TORGESEN a Carol Alexander RASHOTTE, 1999. *CTOPP, Comprehensive Test of Phonological Processing*. Austin, Tex.: PRO-ED, c1999.

WAIS-III - Wechslerova inteligenční škála pro dospělé. *Hogrefe - Testcentrum* [online]. Praha: Hogrefe – Testcentrum [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <http://www.testcentrum.com/testy/wais-iii>

WALDIE, Karen e., Anna j. WILSON, Reece p. ROBERTS a David MOREAU, 2017. Reading network in dyslexia: Similar, yet different. *Brain and Language* [online]. 174, 29-41 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.bandl.2017.07.004. ISSN 0093934X.

WIMMER, Heinz a Matthias SCHURZ, 2010. Dyslexia in Regular Orthographies: Manifestation and Causation. *Dyslexia (10769242)* [online]. 16(4), 283-299 [cit. 2019-03-01]. ISSN 10769242. Dostupné z: <https://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=11&sid=5b722e01-722b-43a5-a085-419dcb9709a3%40pdc-v-sessmgr05>

YARKONI, Tal, David BALOTA a Melvin YAP, 2008. Moving beyond Coltheart's N: A new measure of orthographic similarity. *PSYCHONOMIC BULLETIN*[online]. 15(5), 971-979 [cit. 2019-03-01]. DOI: 10.3738/PBR.15.5.971. ISSN 10699384. Dostupné z: <https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=5 &sid=a2a0e02b-821b-4f78-a466-ea240e034010%40sessionmgr120&bdata=JkF1dGhUeXBIPWlwLGNvb2tpZSx1cmwsdWlkJmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edselc.2-52.0-58149476491&db=edselc>

ZELINKOVÁ, Olga, 2015. *Poruchy učení: dyslexie, dysgrafie, dysortografie, dyskalkulie, dyspraxie, ADHD*. Vydání dvanácté. Praha: Portál, 263 stran. ISBN 978-80-262-0875-4.



## Zdroje obrázků

STERNBERG, Robert, 2009. *Kognitivní psychologie*. Vyd. 2. Přeložil František KOUKOLÍK. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-638-4, s. 171.

SCRABBY. Ventrální\_a\_Dorzální\_proud.png [online]. [cit. 6.3.2019]. Dostupné z WWW:[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ventr%C3%A1ln%C3%AD\\_a\\_Dorz%C3%A1ln%C3%AD\\_proud.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ventr%C3%A1ln%C3%AD_a_Dorz%C3%A1ln%C3%AD_proud.png)

SEDLÁŘ, Martin. *Magnetická rezonance* [online]. In.: Brno: Lékařská fakulta Masarykova univerzita, 2011, s. 87 [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: [http://www.med.muni.cz/biofyz/files/nutricnispecialista/MRI\\_2011\\_Sedlar.pdf](http://www.med.muni.cz/biofyz/files/nutricnispecialista/MRI_2011_Sedlar.pdf)

ZDENY. Zobrazování pomocí MR (MRI). *fMRI Brno* [online]. Brno: Výzkumná skupina při LF MU v Brně, 2004 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: [http://fmri.mchmi.com/main\\_index.php?strana=14](http://fmri.mchmi.com/main_index.php?strana=14)

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1: Interaktivně-aktivační model poznávání slov dle Rumelharta a McClellanda .....         | 24 |
| Obrázek 2: Náhodně rozmístěné osy otáčení jednotlivých částic .....                               | 33 |
| Obrázek 3: Magnetizace .....  | 33 |
| Obrázek 4: T1 a T2 anatomické snímky mozku (Zdeny, 2004).....                                     | 35 |
| Obrázek 5: Dorzální proud (zelená barva) a ventrální proud (fialová barva) .....                  | 38 |
| Obrázek 6: Popis a vysvětlení grafu, který je v práci využíván k demonstraci výsledků .....       | 52 |
| Obrázek 7: Dialogové okno sloužící pro kontrolu náhodně vybraných slov .....                      | 59 |
| Obrázek 8: Dialogové okno pro tvorbu pseudoslov. ....   | 60 |
| Obrázek 9: Ukázka 3 slov upravených do formátu vhodného pro stimulaci fMRI.....                   | 60 |
| Obrázek 10: Celotělový lidský tomograf Siemens Magnetom Prisma.....                               | 63 |
| Obrázek 11: Počítačový software MRC Eye Tracking při snímání očních pohybů.....                   | 65 |
| Obrázek 12: Průměrná aktivace osob s dyslexií a osob bez dyslexie (N0) .....                      | 68 |
| Obrázek 13: Průměrná aktivace osob s dyslexií a osob bez dyslexie (N3) .....                      | 68 |
| Obrázek 14 Průměrná aktivace osob s dyslexií a osob bez dyslexie (PseudoN0).....                  | 69 |
| Obrázek 15: Průměrná aktivace osob s dyslexií a osob bez dyslexie (PseudoN3) .....                | 69 |
| Obrázek 16: Oblasti, kde byla lokalizována větší aktivace u kontr. skupiny při čtení slov. ....   | 70 |
| Obrázek 17: Oblasti, kde byla lokalizována větší aktivace u osob s dyslexií při čtení slov. ...   | 70 |
| Obrázek 18: Oblasti, kde byla lokalizována větší aktivace u kontr. skup. při čtení pseudosl. ...  | 71 |
| Obrázek 19: Oblasti, kde byla lokalizována větší aktivace u os. s dyslex. při čtení pseudosl. ... | 71 |
| Obrázek 20: Oblasti více aktivované osoby s dyslexií > kontr. skup., slova > pseudoslova ...      | 72 |
| Obrázek 21: Oblasti více aktivované osoby s dyslexií > kontr. skup., pseudoslova > slova ...      | 73 |

## **SEZNAM TABULEK**

|   |    |
|---|----|
| Tabulka 1: Výsledky statistického zpracování neuropsychologických testů ..... | 53 |
|---|----|

## SEZNAM GRAFŮ

|  |    |
|--|----|
| Graf 1: Věkové rozložení účastníků výzkumu .....                           | 42 |
| Graf 2: Rozložení účastníků z hlediska pohlaví a přítomnosti dyslexie..... | 43 |
| Graf 3: Dotazník čtenářských zkušeností pro dospělé .....                  | 54 |
| Graf 4: Test rychlého automatického pojmenování (RAN) .....                | 55 |
| Graf 5: DysTest, subtest č. 3 (Vnímání známých fonémů). .....              | 55 |
| Graf 6: DysTest, subtest č. 10 (Čtení pseudoslov). .....                   | 56 |
| Graf 7: Délka první fixace na slově.....                                   | 74 |
| Graf 8: Počet fixací na slově.....   | 74 |

## ABECEDNÍ SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

- ADHD – porucha pozornosti s hyperaktivitou (attention deficit hyperactivity disorder)
- ARHQ – Adult Reading History Questionnaire (Dotazník čtenářských zkušeností pro dospělé)
- BA – Brodmannova area
- BOLD – blood oxygen level-dependant
- CF MAFIL, CEITEC MU – Laboratoř multimodálního a funkčního zobrazování, Středoevropský technologický institut na Masarykově univerzitě
- CingGC – cingulate gyrus
- CNS – centrální nervový systém
- CTOPP – Comprehensive test of phonological processing
- ČQ – čtenářský kvocient
- DL – Damerau-Levenstheinova
- DSM – Diagnostický a statistický manuál Americké psychiatrické organizace
- EEG – elektroencefalografie
- F – hodnota Fisherova testu
- FEF – frontal eye field
- FF UK – Filozofická fakulta Univerzity Karlovy v Praze
- fMRI – funkční magnetická rezonance
- FMUSP – Faculty of Medicine of the University of Sao Paulo
- FusiG – gyrus fusiformis
- Hz – Hertz (MHz – Megahertz = 1 milion Hz)
- ICD – International Classification of Diseases
- IFG – inferior frontal gyrus (gyrus frontalis inferior)
- IPS – intraparietal sulcus (sulcus intraparietalis)
- IQ – inteligenční kvocient
- KIT – Krátký inteligenční test
- latOC – laterální okcipitální oblasti
- LDT – lexical-decision task
- MFG – middle frontal gyrus (gyrus frontalis medius)
- MKN – Mezinárodní klasifikace nemocí Světové zdravotnické organizace
- MRI – magnetická rezonance
- MŠMT ČR – Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky
- MTG – middle temporal gyrus (gyrus temporalis medius)

MTS – medial temporalis sulcus (sulcus temporalis medius)  
N0 – slova s malým počtem ortograficky podobných slov  
N3 – slova s velkým počtem ortograficky podobných slov  
NKS – narušení komunikační schopnosti  
OC – occipital cortex (tylní kůra)  
p – signifikance rozdílu (hladina významnosti)  
PPP – pedagogicko-psychologická poradna  
PreCG – precentral gyrus (gyrus precentralis)  
preCUN – precuneus  
PseudoN0 – pseudoslova s malým počtem ortograficky podobných slov  
PseudoN3 – pseudoslova s velkým počtem ortograficky podobných slov  
PT – planum temporale  
pu – putamen  
RAN – Rapid automatical naming (Rychlé automatické pojmenování)  
RF – radiofrekvenční  
SEF – supplementary eye field  
SGML – Standard Generalized Markup Language = standardní generalizovaný značkovací jazyk  
SMG – gyrus supramarginal (gyrus supramarginalis)  
SPC – speciálně-pedagogické centrum  
SPL – superior parietal lobe (lobus parietalis inferior)  
SPU – specifická porucha učení  
STS – superior temporal sulcus (sulcus temporalis superior)  
T – Tesla  
TAC – Teste de Atenção por Cancelame (Test pozornosti)  
th – thalamus  
TIP – Test intelektového potenciálu  
UK – Univerzita Karlova  
UPOL – Univerzita Palackého v Olomouci  
VUT – Vysoké učení technické  
VWFA – visual word form area  
WAIS-III. – Wechslerův test inteligence, 3. revize

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1: Angermaierův katalog příčin SPU

Příloha 2: Leták k oslovení účastníků výzkumu

Příloha 3: Úvodní dotazník pro zájemce o výzkum

Příloha 4: Časové schéma úkolu čtení slov

Příloha 5: Podrobný popis zpracování funkčních dat

Příloha 6: Tabulky aktivací fMRI

Příloha 7: Ukázka vytvořených skriptů a popis jednotlivých programových částí přiložených na CD

# **Příloha 1: Angermaierův katalog příčin SPU**

převzato z Pokorná, 2010, s. 76-77

## **1. Funkční nedostatky a deficity schopností:**

- nižší inteligence,
- nižší verbální inteligence,
- řečové obtíže,
- menší schopnost abstrakce,
- nedostatečná schopnost logického myšlení,
- jednostranné intelektuální nadání,
- snížená schopnost vizuální diferenciaci,
- narušená vizuo-motorická koordinace,
- nedostatečná zrková diferenciaci,
- snížená schopnost postřehování,
- špatná paměť.

## **2. Poruchy koncentrace a menší odolnost vůči námaze:**

- nedostatečná schopnost napnout své síly,
- lenost,
- odklon pozornosti,
- neklid,
- úzkostnost,
- nesamostatnost,
- kolísající pracovní rytmus,
- zabíhavá pozornost,
- hektický pracovní styl, dítě pracuje bez rozmyslu,
- nestálá pohotovost k učení,
- dítě ztratilo naději na úspěch,
- ztráta odvahy,
- nepříznivá motivace k učení.

## **3. Nedostatečné vnější podmínky:**

### **a) mimoškolní faktory:**

- zátěž a zanedbanost způsobená neuspořádanými poměry v rodině,



- ztráta odvahy způsobená stálými výtkami rodičů,
- chybějící domácí pomoc a péče při přípravě do školy

b) školní faktory:

- role outsidera mezi spolužáky,
- častější změna školy a absence ve škole,
- učitel předem očekává snížený výkon,
- metodické chyby a nedostatečné osobní nasazení učitele.

#### **4. Konstituční nedostatky:**

- poruchy zraku nebo sluchu,
- zdravotní potíže a na nich závislá zvýšená únavnost a jiné poruchy,
- tělesný a růstem podmíněný neklid a impulzivita,
- postižení mozku neznámého původu,
- opožděný tělesný vývoj.

## Příloha 2: Leták k oslovení účastníků výzkumu



Chceš se stát součástí  
mezinárodního výzkumu?



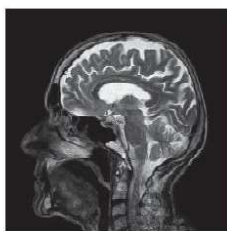
# RAVEL

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



### Koho hledáme?

Dobrovolníky 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  
souvvislosti v oblasti dyslexie...**



EYE tracking



### Kontaktujte nás:

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

**Michaela Nytrová**  
michaela.nytrova01@upol.cz

## **Příloha 3: Úvodní dotazník pro zájemce o výzkum**

### **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 4: Časové schéma úkolu čtení slov

(„křížek“ = klidový stav, prezentován vždy 10 sekund, N0 = slova s malým množstvím ortograficky podobných slov, N3 = slova s velkým množstvím ortograficky podobných slov, PseudoN0 = pseudoslova s malým množstvím ortograficky podobných slov, PseudoN3 = slova s velkým množstvím ortograficky podobných slov, PseudoFonts = shluky hebrejských znaků. Před zkratkou je vždy uveden počet prezentovaných slov z dané skupiny. Každé slovo bylo prezentováno po dobu jedné sekundy):

- křížek (10 s)
- 10 x N0
- křížek (10 s)
- 10 x PseudoN3
- 10 x PseudoFonts
- křížek (10 s)
- 10 x PseudoN0
- křížek (10 s)
- 10 x N3
- 10 x PseudoN3
- křížek (10 s)
- 10 x PseudoN0
- 10 x PseudoFonts
- křížek (10 s)
- 10 x N0
- křížek (10 s)
- 10 x PseudoN3
- křížek (10 s)
- 10 x N3
- křížek (10 s)
- 10 x N3
- křížek (10 s)
- 10 x PseudoN3
- 10 x N0
- křížek (10 s)

- 10 x PsuedoFonts
- 10 x N3
- křížek (10 s)
- 10 x PseudoN0
- křížek (10 s)
- 10 x N0
- křížek (10 s)
- 10 x PseudoN0
- 10 x N3
- křížek (10 s)
- 10 x N0
- 10 x PseudoN0
- křížek (10 s)
- 10 x PseudoFonts
- křížek (10 s)
- 10 x PseudoN3

## **Příloha 5: Podrobný popis zpracování funkčních dat**

Naměřená data jsou ukládána ve formátu DICOM. Strukturální snímky jsou T1 vážené obrazy měřené sekvencí MPRAGE s izometrickým voxelem 1x1x1 mm (toto nastavení vyžaduje menší rychlost pro snímání obrazu s dobrým rozlišením).

Funkční data jsou měřena sekvencí EPI s izovoxelem 3x3x3 mm. Každá sekvence má určité charakteristické parametry. Mezi základní charakteristiky patří již zmíněná velikost voxelu, dále šířka řezu, počet řezů, velikost zorného pole (FOV) a repetiční čas (TR, udává dobu měření jednoho skenu).

V textu diplomové práce je popsáno pouze zpracování funkčních dat, která jsou hlavním předmětem této práce. V průběhu funkčního snímání je vytvořeno celkem 247 skenů v bodě č. 4 (sledování očních pohybů) a 218 skenů v bodě č. 5 (čtení slov). V rámci každého skenu je 45 řezů o šířce 3 mm. Zorné pole je ve tvaru čtverce s délkou hrany 24 mm. Jeden sken je snímán 2 sekundy (snímání funkčních snímků je rychlejší).

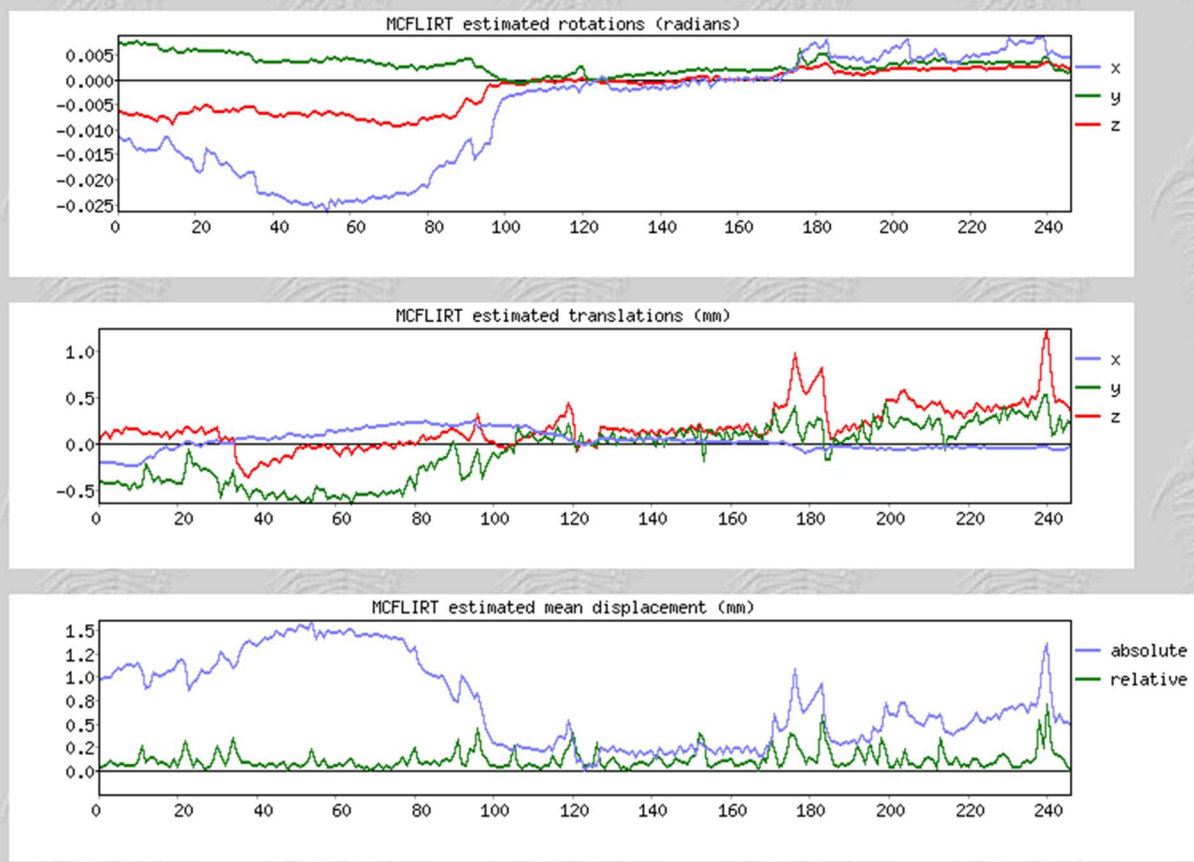
### **Zpracování funkčních dat z magnetické rezonance**

Zpracování dat probíhá v programu FSL (FMRIB's Software Library, [www.fmrib.ox.ac.uk/fsl](http://www.fmrib.ox.ac.uk/fsl)) s pomocí volně dostupného toolboxu FEAT (FMRI Expert Analysis Tool, Version 6.00), který umožňuje analýzu dat získaných pomocí zobrazovacích metod.

Zpracování funkčních dat má dvě fáze – předzpracování a následnou statistickou analýzu. První fáze, tzv. předzpracování dat zahrnuje zpracování dat od každého účastníka zvlášť do porovnatelné podoby. Skládá se ze čtyř kroků: zarovnání dat, koregistrace, normalizace a prostorové vyhlazení. Zarovnání dat bylo provedeno pomocí toolboxu FLITR, který je součástí FSL. Zarovnání, někdy také označované jako slícování, slouží ke korekci drobných pohybů probanda při měření.

### MCFLIRT Motion correction

Mean displacements: absolute=0.73mm, relative=0.12mm



Obrázek: úprava s pomocí toolboxu FLIRT – analýza a korekce drobných pohybů probanda v průběhu měření. (Zdroj: archiv Kateřiny Lukášové, Ph.D.)

Funkční data byla dále předzpracována s pomocí toolboxu FEAT (FMRI Expert Analysis Tool), verze 6.00, který je součástí FSL (FMRIB's Software Library, [www.fmrib.ox.ac.uk/fsl](http://www.fmrib.ox.ac.uk/fsl)). Byly použity následující metody předzpracování: korekce pohybů s využitím MCFLIRT, oddělení mozkových a jiných struktur (non-brain removal) s využitím BET; prostorové vyhlazení s parametrem FWHM 5mm (viz níže).

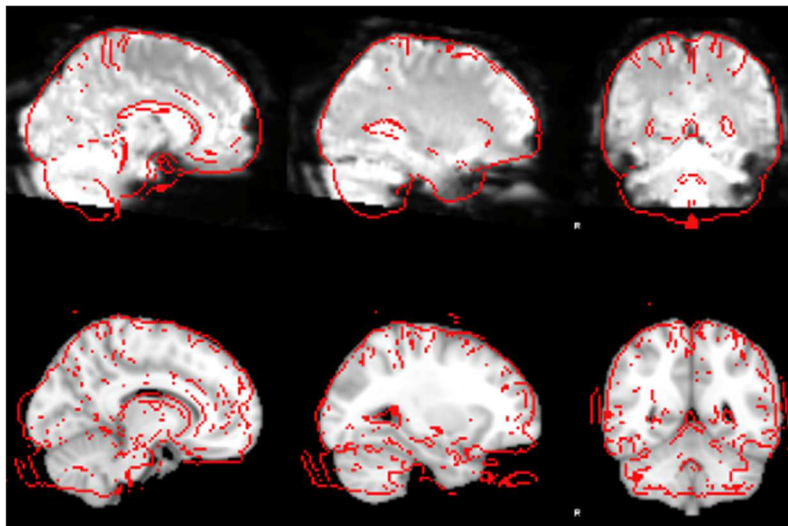
Koregistrace je proces multimodálního slícování dat, při kterém jsou použity tuhé geometrické transformace translace a rotace. Podobnost mezi obrazy je vyjádřena s pomocí kriteriální funkce.

Normalizace je proces slícování obrazů s využitím deformací. Vychází z faktu, že velikost a tvar jednotlivých struktur hlavy jsou u každého člověka trochu odlišné. Pro další statistické zpracování je ale potřeba mít data ve vzájemně snadno porovnatelné podobě, což nám umožňuje právě proces normalizace. Normalizace předpokládá existenci MRI šablony mozku, se kterou jsou naměřené snímky slícovány. Tento krok předzpracování je důležitý zejména pro správnou lokalizaci oblastí, ze kterých získáváme signál a dále pro snadné srovnání výsledků jednotlivých osob mezi sebou. Normalizace je dále důležitá pro přesnou lokalizaci

jednotlivých oblastí, tedy pro srovnání s anatomickým atlasem atd. Vzájemné srovnání výsledků jednotlivých osob je klíčové pro statistické porovnání skupin. V této fázi jsou využívány tzv. pružné (flexibilní) transformace, které způsobují deformaci struktur a mění vzdálenost mezi pixely.

Funkční snímky jsou slícovány se strukturálním snímkem, k čemuž jsou použity flexibilní transformace způsobující částečnou deformaci struktur.

Prostorové vyhlazení znamená proces, při kterém dochází k prostorové filtraci



Obrázek: Koregistrace na standardní šablony mozku MNI (Montreal neurological institute). (Zdroj: archiv Kateřiny Lukášové, Ph.D.)

vysokých frekvencí konvolucí skenů s Gaussovou funkcí. Tímto procesem dojde ke snížení šumu a zvýšení poměru signál-šum. Prostorové vyhlazení se využívá pouze u funkčních snímků. Tento proces je ovlivněn zadaným parametrem FWHM (full width at half maximum), který určuje šířku jádra Gaussovy funkce v polovině maxima. Při prostorovém vyhlazení jsou využity normalizované snímky (po zpracování popsaném výše).

Výše uvedeným zpracováním získáme data, ze kterých můžeme určit tzv. průměrnou aktivaci určité skupiny účastníků při jednotlivých úkolech, v klidu atd. a tyto průměrné aktivity popisovat a porovnávat.

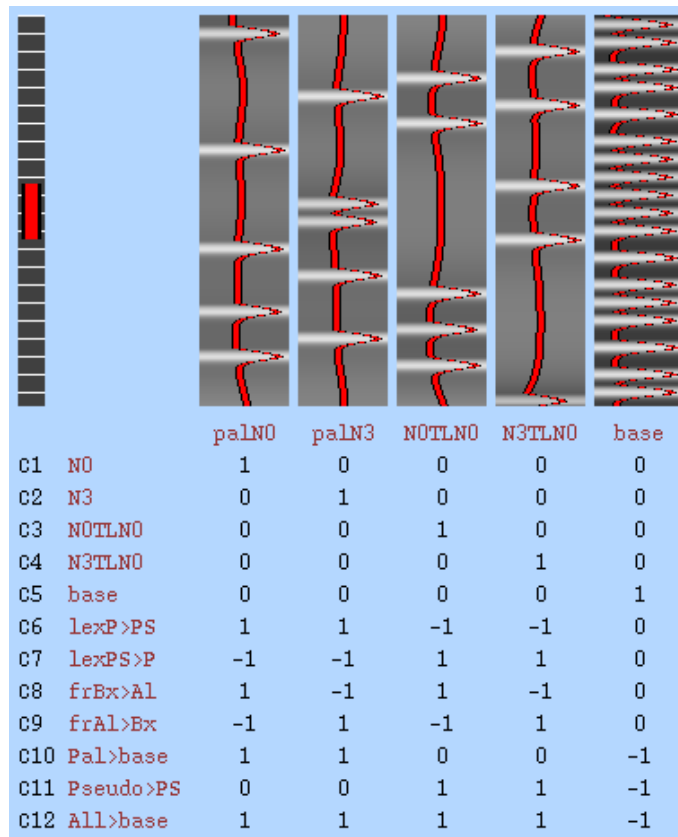
### **Analýza dat**

K analýze a skupinovému porovnání dat byl využit obecný lineární model. Tento model označuje zobecněnou lineární regresní analýzu. Ve své podstatě model předpokládá, že se experimentální data skládají z lineární kombinace různých modelových faktorů a nekorelovaného šumu. Tento model je aplikován nejprve zvlášť na každého jednotlivce (tzv. first level analyse) a poté v rámci skupinové analýzy (tzv. second level analyse).



Pro vytvoření obecného lineárního modelu (GLM – general linear model) je potřeba definovat podmínky, tedy informace o sledovaných faktorech. Každá podmínka tedy odpovídá určitému stimulu nebo úkolu, u kterého chceme sledovat a následně porovnávat aktivace. Pro správné vytvoření modelu je důležité správné zadání počátku a doby trvání každého úkolu. Je proto nutné znát přesné načasování odpovídající nastavení experimentu.

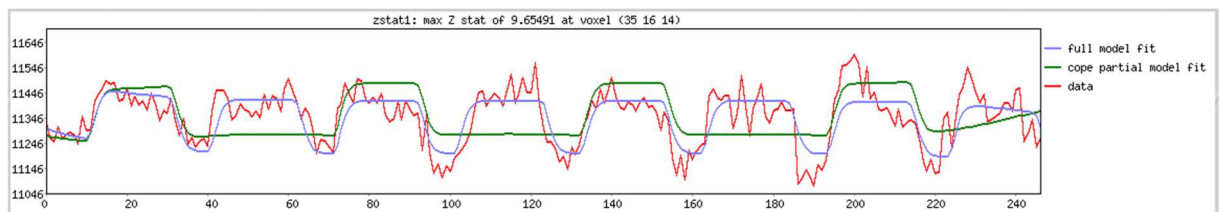
Výsledkem specifikace modelu analýzy jednotlivce je matice návrhu (design matrix, viz obrázek).



Obrázek: Ukázka matice návrhu pro čtení slov. (Zdroj: archiv Kateřiny Lukášové, Ph.D.)

V tomto případě je zadáných pět podmínek (úkolů): slova s malým počtem ortograficky podobných slov (N0), slova s velkým počtem ortograficky podobných slov (N3), pseudoslova s malým počtem ortograficky podobných slov (N0TLN0) a pseudoslova s velkým počtem ortograficky podobných slov (N3TLN0) a baseline podmínka (kříž pro vizuální fixaci bez dalšího úkolu).

Po specifikaci podmínek byl definován model porovnání podmínek vzhledem k vhodně nastavenému kontrastu (+1, 0). Díky takto sestavenému návrhu můžeme zobrazit vždy takové mozkové struktury, ve kterých fluktuace BOLD signálu odpovídají časovaným podmínkám. Tímto způsobem lze izolovat průměrný signál aktivace u každé z uvedených podmínek (C1-C5) a také jejich rozdíly (C6-C12). Tímto způsobem je možné najít oblasti s větším projevem BOLD efektu při dané podmínce.



Obrázek: Model změny BOLD signálu v nejlepším voxelu určité části mozku v průběhu času akvizice. (Zdroj: archiv Kateřiny Lukášové, Ph.D.)

Stejný způsob byl použit na všechny subjekty i na všechna měření, kontrasty byly následně přeneseny do analýzy skupin. Pro skupinovou analýzu byl vybrán párový t -test, který se využívá k porovnání dvou skupin dat. V našem případě jsou první skupinou osoby s dyslexií a druhou skupinou kontrolní probandů.

Zdroje:

KOVÁŘOVÁ, Anežka. *POROVNÁNÍ A OPTIMALIZACE MĚŘENÍ SINGLE-ECHO A MULTI-ECHO BOLD FMRI DAT*. Brno, 2018. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Michal Mikl, Ph.D.

LUKÁŠOVÁ, Kateřina. *Alterações fonológicas e motoras na dislexia de desenvolvimento*. Sao Paulo, 2006. Disertační práce. Universidade presbiteriana mackenzie.

## Příloha 6: Tabulky aktivací fMRI

Následující tabulky představují podrobný popis aktivací popsaných v textu práce. Aktivace jsou zpravidla bilaterální a v tabulce je pro větší stručnost a přehlednost uvedena vždy pouze větší aktivace (osa X značí polohu v hemisféře – kladné číslo znamená umístění v pravé hemisféře, záporné číslo v levé hemisféře). Tam, kde se objevila aktivace pouze jednostranně je u názvu lokace uvedena zkratka L (aktivace pouze v levé hemisféře) nebo R (aktivace pouze v pravé hemisféře).

| Průměr kontrolní skupina – N0 |                   |       | Max vox (MNI152) |     |     |
|-------------------------------|-------------------|-------|------------------|-----|-----|
| Lokace                        | Velikost (voxely) | P     | X                | Y   | Z   |
| Occipital Cortex              | 23531             | 0,000 | -14              | -94 | -8  |
| Frontal Eye Field             | 2745              | 0,000 | -54              | -6  | 48  |
| Supplementary Eye Field       | 560               | 0,000 | -4               | -2  | 60  |
| Inferior frontal gyrus – L    | 506               | 0,000 | -50              | 28  | -6  |
| Superior temporal sulcus      | 363               | 0,000 | 56               | -50 | 10  |
| Putamen – L                   | 327               | 0,000 | -24              | -2  | 2   |
| Frontal orbital cortex        | 251               | 0,000 | 44               | 32  | -12 |
| Thalamus                      | 207               | 0,000 | -22              | -30 | -2  |

| Průměr osoby s dyslexií – N0 |                   |       | Max vox (MNI152) |     |    |
|------------------------------|-------------------|-------|------------------|-----|----|
| Lokace                       | Velikost (voxely) | P     | X                | Y   | Z  |
| Occipital cortex             | 22207             | 0,000 | 18               | -98 | -2 |
| Frontal Eye Field            | 7260              | 0,000 | -50              | -4  | 48 |
| Supplementary Eye Field      | 6142              | 0,000 | -4               | 6   | 60 |
| Thalamus                     | 670               | 0,000 | 24               | -26 | -5 |

| <b>Průměr kontrolní skupina – N3</b> |                   |       | Max vox (MNI152) |     |     |
|--------------------------------------|-------------------|-------|------------------|-----|-----|
| Lokace                               | Velikost (voxely) | P     | X                | Y   | Z   |
| Occipital Cortex                     | 21499             | 0,000 | -14              | -94 | -8  |
| Supplementary Eye Field              | 415               | 0,000 | -54              | -6  | 48  |
| Supramarginal gyrus                  | 347               | 0,000 | -62              | -24 | 26  |
| Superior Parietal Lobe               | 342               | 0,000 | -20              | 66  | 58  |
| Middle frontal gyrus - L             | 118               | 0,006 | -36              | 40  | 25  |
| Precuneus                            | 179               | 0,006 | 47               | 36  | 68  |
| Fusiform gyrus                       | 148               | 0,017 | 48               | -68 | -16 |

| <b>Průměr osoby s dyslexií –N3</b> |                   |       | Max vox (MNI152) |     |     |
|------------------------------------|-------------------|-------|------------------|-----|-----|
| Lokace                             | Velikost (voxely) | P     | X                | Y   | Z   |
| Occipital cortex                   | 19183             | 0,000 | 16               | -98 | -0  |
| Frontal Eye Field                  | 2414              | 0,000 | -42              | -4  | 52  |
| Putamen                            | 1463              | 0,000 | -22              | 0   | 2   |
| Middle frontal gyrus – L           | 1103              | 0,000 | 40               | 40  | 14  |
| Supplementary Eye Field            | 766               | 0,000 | -4               | 6   | 60  |
| Planum Temporale – L               | 667               | 0,000 | -50              | -42 | 22  |
| Inferior Frontal gyrus             | 609               | 0,000 | 44               | 34  | -12 |
| Superior Temporal Sulcus           | 116               | 0,049 | -50              | -20 | -10 |

| <b>Průměr kontrolní skupina –Pseudo N0</b> |                   |       | Max vox (MNI152) |     |     |
|--|-------------------|-------|------------------|-----|-----|
| Lokace                                     | Velikost (voxely) | P     | X                | Y   | Z   |
| Fusiform gyrus                             | 36784             | 0,000 | -42              | -70 | -14 |
| Inferior Frontal gyrus                     | 4536              | 0,000 | 44               | 30  | -6  |
| Frontal Eye Field                          | 4536              | 0,000 | 46               | 10  | 24  |

|                         |      |        |     |     |    |
|-------------------------|------|--------|-----|-----|----|
| Supplementary Eye Field | 1792 | 0,000  | -4  | 2   | 58 |
| Middle temporal gyrus   | 461  | 0,000  | 58  | -32 | 0  |
| Precentral gyrus        | 254  | 0,000  | -60 | -16 | 20 |
| Thalamus                | 124  | 0,0392 | 24  | -28 | -2 |

| <b>Průměr osoby s dyslexií – Pseudo N0</b> |                   |       | Max vox (MNI152) |      |    |
|--|-------------------|-------|------------------|------|----|
| Lokace                                     | Velikost (voxely) | P     | X                | Y    | Z  |
| Occipital cortex                           | 20060             | 0,000 | -16              | -100 | -2 |
| Frontal Eye Field                          | 6493              | 0,000 | -52              | -4   | 48 |
| Supplementary Eye Field                    | 1548              | 0,000 | -4               | 6    | 58 |
| Middle temporal gyrus                      | 1147              | 0,000 | -64              | -42  | 14 |

| <b>Průměr kontrolní skupina – Pseudo N3</b> |                   |       | Max vox (MNI152) |     |     |
|---|-------------------|-------|------------------|-----|-----|
| Lokace                                      | Velikost (voxely) | P     | X                | Y   | Z   |
| Fusiform gyrus                              | 33424             | 0,000 | -40              | -72 | -12 |
| Frontal Eye Field                           | 3449              | 0,000 | 40               | 0   | 48  |
| Supplementary Eye Field                     | 1904              | 0,000 | -4               | 0   | 60  |
| Middle temporal gyrus                       | 440               | 0,000 | 56               | -36 | 6   |
| Thalamus                                    | 289               | 0,000 | -22              | -28 | -6  |
| Putamen                                     | 258               | 0,000 | 14               | 8   | 4   |

| <b>Průměr osoby s dyslexií – Pseudo N3</b> |                   |       | Max vox (MNI152) |      |    |
|--|-------------------|-------|------------------|------|----|
| Lokace                                     | Velikost (voxely) | P     | X                | Y    | Z  |
| Occipital cortex                           | 21539             | 0,000 | -16              | -100 | -2 |
| Frontal Eye Field                          | 8735              | 0,000 | -50              | -4   | 48 |
| Supplementary Eye Field                    | 1902              | 0,000 | -4               | 6    | 58 |
| Thalamus                                   | 157               | 0,014 | 24               | -24  | -6 |

|                       |     |       |    |     |   |
|-----------------------|-----|-------|----|-----|---|
| Middle temporal gyrus | 152 | 0,016 | 58 | -32 | 2 |
|-----------------------|-----|-------|----|-----|---|

| <b>N0 Kontrolní skupina &gt; Osoby s dyslexií</b> |               |       | Max vox (MNI152) |     |     |
|---|---------------|-------|------------------|-----|-----|
| Location  | Size (voxels) | P     | X                | Y   | Z   |
| Cerebelum Cruz I                                  | 2279          | 0,000 | -42              | -52 | -26 |
| Occipital cortex                                  | 1482          | 0,000 | -2               | -98 | -6  |
| Intraparietal sulcus                              | 439           | 0,000 | -20              | -66 | 60  |
| Supplementary Eye Field                           | 298           | 0,000 | -4               | -4  | 56  |
| Supramarginal gyrus                               | 248           | 0,000 | -62              | -24 | 26  |
| Fusiform gyrus                                    | 142           | 0,016 | -14              | -80 | -14 |

| <b>N0 Osoby s dyslexií &gt; Kontrolní skupina</b> |                   |       | Max vox (MNI152) |     |    |
|---|-------------------|-------|------------------|-----|----|
| Lokace  | Velikost (voxely) | P     | X                | Y   | Z  |
| Occipital c6rtex                                  | 3055              | 0,000 | 16               | -98 | 0  |
| Supplementary Eye Field                           | 1566              | 0,000 | -6               | 8   | 62 |
| Frontal Eye Field                                 | 508               | 0,000 | -40              | -4  | 54 |
| Planum Temporale - L                              | 281               | 0,000 | -58              | -44 | 18 |
| Superior Parietal Lobe                            | 242               | 0,000 | 40               | -48 | 62 |

| <b>N3 Kontrolní skupina &gt; Osoby s dyslexií</b> |                   |       | Max vox (MNI152) |     |     |
|---|-------------------|-------|------------------|-----|-----|
| Lokace  | Velikost (voxely) | P     | X                | Y   | Z   |
| Fusiform gyrus – L                                | 1139              | 0,000 | -44              | -56 | -18 |
| Supplementary Eye Field                           | 415               | 0,000 | -4               | -4  | 58  |
| Supramarginal gyrus                               | 347               | 0,000 | -62              | -24 | 26  |
| Superior Parietal Lobe                            | 342               | 0,000 | -20              | -66 | 58  |
| Middle frontal gyrus – L                          | 181               | 0,006 | -36              | 40  | 28  |

|           |     |       |    |     |    |
|-----------|-----|-------|----|-----|----|
| Precuneus | 179 | 0,006 | -4 | -54 | 64 |
|-----------|-----|-------|----|-----|----|

| <b>N3 Osoby s dyslexií &gt; Kontrolní skupina</b> |                   |       | Max vox (MNI152) |     |    |
|---|-------------------|-------|------------------|-----|----|
| Lokace  | Velikost (voxels) | P     | X                | Y   | Z  |
| Occipital cortex                                  | 2084              | 0,000 | -22              | -88 | -4 |
| Supplementary Eye Field                           | 303               | 0,000 | -8               | 10  | 60 |
| Superior Parietal Lobe                            | 297               | 0,000 | -24              | -70 | 36 |
| Frontal Eye Field                                 | 296               | 0,000 | -42              | -4  | 54 |

| <b>Pseudo N0 Kontrolní skupina &gt; Osoby s dyslexií</b> |                   |       | Max vox (MNI152) |     |     |
|--|-------------------|-------|------------------|-----|-----|
| Lokace   | Velikost (voxely) | P     | X                | Y   | Z   |
| Fusiform gyrus   | 3495              | 0,000 | -44              | -56 | -18 |
| Precentral gyrus   | 2875              | 0,000 | -62              | -22 | 28  |
| Inferior frontal gyrus                                   | 1717              | 0,000 | -46              | 24  | -4  |
| Supplementary Eye Field                                  | 596               | 0,000 | -4               | 2   | 58  |
| Cerebelum Cruz II – R                                    | 319               | 0,000 | 20               | -80 | -38 |
| Supramarginal gyrus                                      | 243               | 0,000 | 58               | -22 | 26  |

| <b>Pseudoslova N0 Osoby s dyslexií &gt; Kontrolní skupina</b> |                   |       | Max vox (MNI152) |     |    |
|---|-------------------|-------|------------------|-----|----|
| Lokace  | Velikost (voxely) | P     | X                | Y   | Z  |
| Occipital cortex  | 2315              | 0,000 | -20              | -98 | 18 |
| Medial frontal gyrus  | 1575              | 0,000 | -10              | 62  | 0  |
| Superior Parietal Lobe  | 1554              | 0,000 | -10              | 62  | 0  |
| Superior frontal gyrus  | 958               | 0,000 | 22               | 26  | 42 |
| Precentral gyrus  | 365               | 0,000 | 62               | 0   | 34 |

|                             |     |       |     |     |    |
|-----------------------------|-----|-------|-----|-----|----|
| Superior temporal gyrus – R | 256 | 0,000 | -52 | -12 | 6  |
| Planum Temporale            | 216 | 0,000 | -52 | -40 | 18 |

| <b>Pseudo N3 Kontrolní skupina &gt; Osoby s dyslexií</b> |                   |       | Max vox (MNI152) |     |     |
|--|-------------------|-------|------------------|-----|-----|
| Lokace   | Velikost (voxely) | P     | X                | Y   | Z   |
| Fusiform gyrus   | 3774              | 0,000 | -42              | -50 | -26 |
| Supramarginal gyrus                                      | 3519              | 0,000 | -60              | -18 | 30  |
| Inferior frontal gyrus                                   | 538               | 0,000 | -42              | 24  | -2  |
| Supplementary Eye Field                                  | 372               | 0,000 | -4               | 2   | 58  |
| Superior Parietal Lobe                                   | 214               | 0,000 | 28               | -64 | 38  |
| Cerebelum – Cruz II                                      | 146               | 0,019 | 40               | -42 | -42 |

| <b>Pseudo N3 Osoby s dyslexií &gt; Kontrolní skupina</b> |                   |       | Max vox (MNI152) |     |    |
|--|-------------------|-------|------------------|-----|----|
| Lokace   | Velikost (voxely) | P     | X                | Y   | Z  |
| Occipital c6rtex   | 2865              | 0,000 | -20              | -98 | 18 |
| Precentral gyrus   | 357               | 0,000 | 62               | 0   | 34 |
| Frontal Eye Field  | 289               | 0,000 | -42              | -42 | 54 |
| Planum Temporale – L                                     | 281               | 0,000 | -50              | -40 | 20 |
| Supplementary Eye Field                                  | 269               | 0,000 | -6               | 10  | 60 |
| Superior frontal gyrus – R                               | 253               | 0,000 | 24               | 26  | 42 |

| <b>Porovnání Slova &gt; Pseudoslova Osoby s dyslexií &gt; Kontrolní skupina</b> |                   |       | Max vox (MNI152) |    |    |
|---|-------------------|-------|------------------|----|----|
| Lokace  | Velikost (voxely) | P     | X                | Y  | Z  |
| Inferior frontal gyrus – L  | 1755              | 0,000 | -42              | 24 | -2 |



|                          |      |       |     |     |     |
|--------------------------|------|-------|-----|-----|-----|
| Intraparietal sulcus – L | 1026 | 0,000 | -44 | -40 | 44  |
| Fussiform gyrus          | 362  | 0,000 | -50 | -50 | -16 |
| Frontal Eye Field        | 269  | 0,000 | -6  | 10  | 60  |
| Cerebelum Cruz II – R    | 135  | 0,024 | 16  | -82 | -36 |

|   |                      |       |                  |    |    |
|---|----------------------|-------|------------------|----|----|
| <b>Porovnání Pseudoslova &gt; Slova Osoby<br/>s dyslexií &gt; Kontrolní skupina</b> |                      |       | Max vox (MNI152) |    |    |
| Lokace  | Velikost<br>(voxely) | P     | X                | Y  | Z  |
| Lateral occipital cortex -R   | 358                  | 0,000 | 56               | 60 | 26 |

## Příloha 7: Ukázka vytvořených skriptů a popis jednotlivých programových částí přiložených na CD

### 1) Soubor „2015\_korpus\_nove“

**List 1** = stažený korpus SYN2015, kde jsou vyfiltrovaná 6 písmenná slova (filtr se dá zapnout/vypnout v záložce Data)

**List 2** = seznam POUZE 6 PÍSMENNÝCH SLOV (+ první slovo (s nejčastějším výskytem) „a“, které je referenční pro výpočet frekvence) – vyznačeno žlutě

Pro nás důležité sloupce zvýrazněny v Listu 2 modře.

### 2) Soubor „2015\_filtr\_slov“

**List 1** = aktuální seznam vybraných slov (4686 slov + a).

První sloupce (A-H) jsou zkopírované z předchozího souboru („2015\_korpus\_nove“).

Sloupec I („slovo-malé písmeno“) obsahuje slova ze sloupce A ovšem napsaná malými písmeny. K tomuto převodu jsem využila funkci v Excelu (MALÁ()). Tento sloupec slouží ke sloučení opakovaných výskytů stejných slov – např. abyste, Abyste, ABYSTE – tento sloupec je dále využíván skriptem, který je přiřazen tlačítku „sčítání velká písmena“.

Sloupec K obsahuje celkovou frekvenci slov po sloučení shodných záznamů lišících se jen velkým/malým písmenem.

Sloupec J („frekvenční index“) – obsahuje hodnoty vypočítané dle níže uvedeného vzorce

$$N = 0,5 - \text{Log}_2 \left( \frac{f_{celk}}{f_{celkM}} \right)$$

Kde:

N – frekvenční index,  $f_{celk}$  – celková přepočítaná frekvence,  $f_{celkM}$  – celková přepočítaná frekvence nejčastějšího slova

Z vypočítaných frekvencí vyplývá, že všechna 6 písmenná slova mají frekvenční index větší než 5.

Slova byla z původního počtu na stávající filtrována pomocí tlačítek vpravo – jejich funkce jsou naprogramovány pomocí VBA skriptování. Způsob obsluhy těchto skriptů:

1) vymazat všechna slova, která obsahují „-“ nebo „/“ nebo „ch“ - tlačítko „pomlčka“ + tlačítko „smaž“; tlačítko „lomítko“ + tlačítko „smaž“, tlačítko „ch“ + tlačítko „smaž“

2) Sčítání velkých písmen – popsáno výše – tlačítko „sčítání velká písmena“ + tlačítko „smaž\_sčít“

3) vymazat slova s velkým poč. písmenem (vlastní jména) - tlačítko „velká písmena“ + tlačítko „smaž“

4) vymazat slova, která nezná slovník MS Word pro ČJ (kontrola pravopisu) – tlačítko „slovník“ + tlačítko „smaž“

5) porovnat se slovníkem lemmat a vybrat jen slova, která jsou ve slovníku lemmat – získáme jen základní tvary slov – pozor, vyřadí i první pády množného čísla – tlačítko „lemmata“ + tlačítko „smaž“

6) vyfiltrovaná slova s frekvenčním indexem nad 18,0 – velmi málo frekventovaná slova - tlačítko „frekvence“ + tlačítko „smaž“

*(Většina tlačítek je nastavená tak, že vybere slova s danou vlastností a do stejného řádku napíše „1“. Pro jejich smazání je vytvořena funkce s tlačítkem „smaž“, která smaže všechny řádky, na kterých je v daném sloupci hodnota „1“).*

Celý postup je vytvořený tak, že je možné jej libovolně upravit a filtrování spustit znovu z původního/jakéhokoli jiného seznamu, měnit argumenty pro filtrování slov, přidávat je, některé vynechat atd.

**List 2** = seznam lemmat, důležitý pro filtraci slov

**Popis zdrojového kódu jednotlivých tlačítek:**

**Tlačítko „pomlčka“; „lomítko“; „ch“** (kód se pro jednotlivá tlačítka liší jen v jednom znaku: “-“; “/“; “ch“) – označí řádky kde je slovo se znakem – nebo / nebo ch následně se tyto řádky tlačítkem „smaž“ smažou.

```
Sub lomitko()
'oznaci slov s lomítkem
PosledniPlnyRadek = Range("A1").End(xlDown).Row
For k = 2 To PosledniPlnyRadek
    Cells(1, 1) = "Celkem: " & k & "/" & PosledniPlnyRadek

    If InStr(Cells(k, 1), "/" > 0 Then
        Cells(k, 12) = 1
    Else
        Cells(k, 12) = ""
    End If
    DoEvents

Next k
End Sub
```

*Zdrojový kód pro tlačítko „pomlčka“; „lomítko“; „ch“*

**Tlačítko „délka“** – označí řádky, kde jsou slova jiná než šesti písmenná, následně se tyto řádky smažou tlačítkem „smaž“.

```
Sub delky()
'označení řádků na kterých je slovo s jiným počtem znaků než je 6
PosledniPlnyRadek = Range("A1").End(xlDown).Row
For k = 2 To PosledniPlnyRadek
    Cells(1, 1) = "Celkem: " & k & "/" & PosledniPlnyRadek
    If Len(Cells(k, 1)) = 6 Then
        Cells(k, 10) = 0
    Else
        Cells(k, 10) = 1
    End If
    DoEvents

Next k
End Sub
```

*Zdrojový kód pro tlačítko „délka“*

**Tlačítko „sčítání“** sečte frekvenci všech stejných slov (nezávisle na velikosti písmen (Ačkoli; ačkoli; AČKOLI)) a mimo jednoho z nich všechny označí pro následující smazání tlačítkem „smaž\_sčít“.

```
Sub scitani()
'slouci bunky mala/velka pismena
PosledniPlnyRadek = Range("A1").End(xlDown).Row
For k = 2 To PosledniPlnyRadek
    Cells(1, 1) = "Celkem: " & k & "/" & PosledniPlnyRadek

    If Cells(k, 9) = Cells(k - 1, 9) Then
        Cells(k, 11) = 1
    Else
        Cells(k, 11) = WorksheetFunction.SumIf(Range("I:I"), Cells(k, 9), Range("C:C"))

    End If
    DoEvents

Next k
End Sub
```

*Zdrojový kód pro tlačítko „sčítání“*

**Tlačítko „frekvence“** vypočítá frekvenční index každého slova a zapíše do sloupce J

```

Sub frekvencni_index()
'pocita frekvenci ve sloupci J
PosledniPlnyRadek = Range("A1").End(xlDown).Row
For k = 2 To PosledniPlnyRadek
Cells(1, 1) = "Celkem: " & k & "/" & PosledniPlnyRadek

Cells(k, 10) = 0.5 - (Log(Cells(k, 11) / Cells(2, 3)) / Log(2))
DoEvents

'Zjištění, kolik buněk musím projít
'projdi všechny buňky
'do první buňky zapiš, kolikátý řádek zpracovávám
'a z kolika (pro přehlednost kde se program nachází)
'Vypočítej frekvenční index a zapiš
'prostor pro vykonání ostatních požadavků
'zabrání zaseknutí aplikace

Next k
End Sub

```

*Zdrojový kód pro tlačítko „frekvence“*

**Tlačítko slovník** zjistí, jestli se slovo nachází ve slovníku MS Office, a pokud ne, označí řádek pro následné smazání tlačítkem „smaž“

```

Sub spelling()
'označení slov která nejsou ve slovníku MS Office
PosledniPlnyRadek = Range("A1").End(xlDown).Row
For k = 2 To PosledniPlnyRadek
Cells(1, 1) = "Celkem: " & k & "/" & PosledniPlnyRadek

If Application.CheckSpelling(Word:=Cells(k, 1)) = True Then
Cells(k, 12) = ""
Else
Cells(k, 12) = 1
End If
DoEvents

'Zjištění, kolik buněk musím projít
'projdi všechny buňky
'do první buňky zapiš, kolikátý řádek zpracovávám
'a z kolika (pro přehlednost, kde se program nachází)
'porovnej, zda je slovo v prvním sloupci ve slovníku MS Office
'pokud je, zapiš prázdnou buňku

'pokud není ve slovníku, zapiš 1

'prostor pro vykonání ostatních požadavků
'zabrání zaseknutí aplikace

Next k
End Sub

```

*Zdrojový kód pro tlačítko „slovník“*

**Tlačítko „velká písmena“** označí řádky, kde je slovo s velkým písmenem (př. vlastní jména) pro následné smazání tlačítkem „smaž“.

```

Sub velka()
'označení slov s velkými písmeny
PosledniPlnyRadek = Range("A1").End(xlDown).Row
For k = 2 To PosledniPlnyRadek
Cells(1, 1) = "Celkem: " & k & "/" & PosledniPlnyRadek

If LCase(Cells(k, 1)) = Cells(k, 1) Then
Cells(k, 12) = ""
Else:
Cells(k, 12) = 1
End If
DoEvents

'zjištění, kolik buněk musím projít
'projdi všechny buňky
'do první buňky zapiš, kolikátý řádek zpracovávám
'a z kolika (pro přehlednost kde se program nachází)
'převeď zkoumané slovo na malá písmena a porovnej
's originálem
'pokud jsou si rovny, je originál celý malými písmeny
'a zapiš prázdnou buňku

'v opačném případě je nějaké písmeno ve slově velké,
'pak označ tento řádek 1

'prostor pro vykonání ostatních požadavků
'zabrání zaseknutí aplikace

Next k
End Sub

```

*Zdrojový kód pro tlačítko „velká písmena“*

**Tlačítko „lemmata“** označí řádek, kde se nachází slovo, které není v seznamu lemmat, které jsou v List2 a jež jsou v souboru Zdrojova\_data\syn2015\_lemma\_utf8.zip.

```

Sub lemmata()
'Označení slov která nejsou v seznamu lemat
Dim pokus
PosledniPlnyRadek = Range("I1").End(xlDown).Row
For k = 2 To PosledniPlnyRadek
Cells(1, 1) = "Celkem: " & k & "/" & PosledniPlnyRadek

pokus = Application.Match(Cells(k, 9).Value, Worksheets("List2").Range("A:A"), 0)
If Not IsError(pokus) Then
Cells(k, 12) = ""
Else
Cells(k, 12) = 1
End If
DoEvents

'Deklarace požadované proměnné
'zjištění, kolik buněk musím projít
'projdi všechny buňky
'do první buňky zapiš, kolikátý řádek zpracovávám
'a z kolika (pro přehlednost, kde se program nachází)
'Porovnej hodnotu se všemi hodnotami, které jsou
'v seznamu lemmat na List2.
'Vyhodnoť výsledek z předchozího řádku
'Pokud je slovo v seznamu lemmat, zapiš prázdnou buňku

'Pokud není slovo v seznamu lemmat, zapiš 1

'prostor pro vykonání ostatních požadavků
'zabrání zaseknutí aplikace

Next k
End Sub

```

*Zdrojový kód pro tlačítko „lemmata“*

**Tlačítko „smaž“** smaže označené řádky

```

Sub mazani ()
'smazání řádků u kterých na 12. sloupci je 1
PosledniPlnyRadek = Range("A1").End(xlDown).Row
For k = 2 To PosledniPlnyRadek
Cells(1, 1) = "Celkem: " & k & "/" & PosledniPlnyRadek

If Cells(k, 12).Value = "1" Then
Rows(k).ClearContents
End If
DoEvents

Next k
Range("A:A").SpecialCells(xlCellTypeBlanks).Select
Selection.EntireRow.Delete
End Sub

```

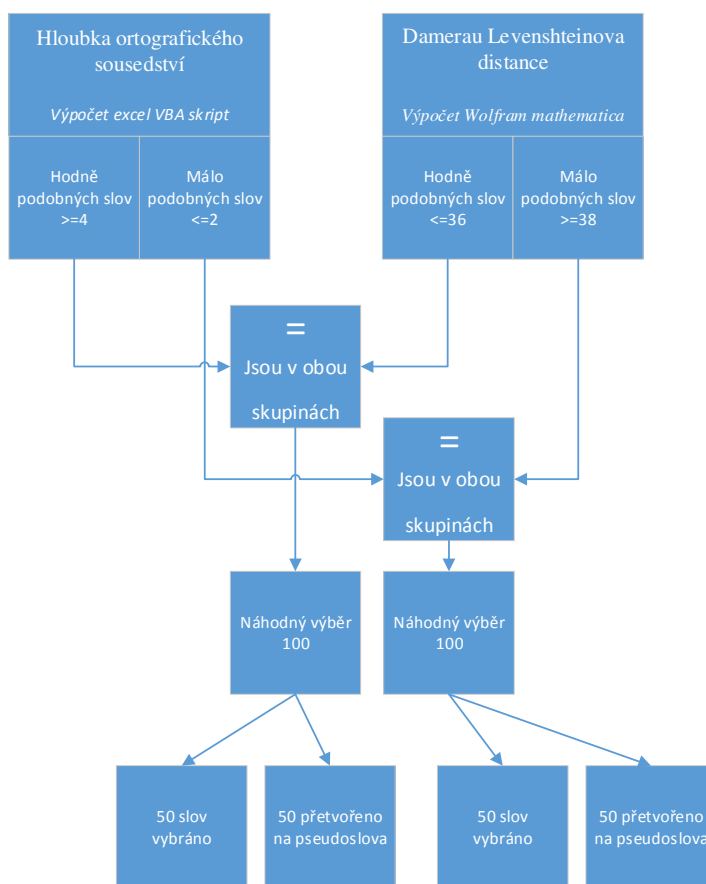
'Zjištění, kolik buněk musím projít  
'projdi všechny buňky  
'do první buňky zapiš, kolikátý řádek zpracovávám  
'a z kolika (pro přehlednost, kde se program nachází)  
'Je řádek označen?  
'smaž obsah řádku

'prostor pro vykonání ostatních požadavků  
'zabrání zaseknutí aplikace

'označ všechny prázdné buňky ve sloupci A  
'odstraň označené řádky

*Zdrojový kód pro tlačítko „smaž“*

Diagram pro lepší porozumění dalšího popisu skriptů.



*Diagram výběru slov*

### 3) Soubor „2015\_porovnani\_slov“

Jedná se o nástroj pro výběr slov podle ortografické příbuznosti.

**List 4** = obsahuje všechna slova seřazená dle ortografické příbuznosti. Sem jsem nakopírovala všechna 6ti písmenná slova a následně jsem spustila skript „sčítání“. Tento skript mi sdružil stejná slova do jednoho (nezávisle na velikosti písmen), stejně jako v předchozím souboru tlačítko „sčítání“, jen bez výpočtu frekvence. Následně jsem tlačítkem „smaž“ smazala požadované řádky.

Následně je možné stisknout tlačítko „spustit“

Toto tlačítko spočítá hloubku ortografického sousedství slov a to tak, že vezme každé slovo a porovná s každým slovem, jestli se liší maximálně v jednom znaku, pak jsou si tyto slova „příbuzná“ („podobná“) a k indexu vyjadřujícímu hloubku ortografického sousedství se přičte

1. Hloubka ortografického sousedství udává u každého slova, s kolika slovy si je slovo „podobné“. Navíc se ke každému slovu do jeho řádku přepisuje, jaká všechna slova jsou k tomuto slovu podobná.

```

Sub spust_porovnej()
i = 1 | 'inicializace proměnné
j = 1 | 'inicializace proměnné
PosledniPlnyRadek = Range("A1").End(xlDown).Row | 'Zjištění, kolik buněk musím projít

'Pro rychlejší zpracování je lepší slova nahrát do pole než je po jednom číst
For k = 2 To PosledniPlnyRadek | 'Načti všechna slova do pole
    Pole(k - 1) = Cells(k, 1)
Next k

'Vzhledem k tomu, že potřebujeme porovnávat každé
'slovo s každým, procházíme pole ve dvou smyčkách
For q = 2 To PosledniPlnyRadek | 'projdi všechny buňky (první smyčka)
    Cells(1, 1) = "Celkem: " & q & "/" & PosledniPlnyRadek | 'do první buňky zapiš, kolikátý řádek zpracovávám
    For j = q + 1 To PosledniPlnyRadek | 'a z kolika (pro přehlednost, kde se program nachází)
        porovnani = porovnej(Pole(q - 1), Pole(j - 1)) | 'projdi všechny buňky (druhá smyčka)
        If porovnani = True Then | 'spuť na slova funkci porovnej
            Cells(q, 2) = Cells(q, 2) + 1 | 'Pokud jsou slova stejná
            Cells(j, 2) = Cells(j, 2) + 1 | 'přičti 1 k podobnosti u prvního slova
            Cells(q, Cells(q, 2) + 2) = Cells(j, 1) | 'přičti 1 k podobnosti druhého slova
            Cells(j, Cells(j, 2) + 2) = Cells(q, 1) | 'k prvnímu slovu do dalšího sloupce napiš druhé slovo
            | 'k druhému slovu do dalšího sloupce napiš první slovo
        End If
    Next j
DoEvents | 'prostor pro vykonání ostatních požadavků
Next q | 'zabrání zaseknutí aplikace

End Sub

Function porovnej(slovo1 As String, slovo2 As String) As Boolean
Dim delka As Integer | 'deklarace proměnné
Dim vysledek As Boolean | 'deklarace proměnné
delka = Len(slovo1) | 'uložení délky slova

'Inicializace výsledku
vysledek = False

For i = 0 To delka | 'projdi délku slova znak po znaku

'Pokud nejsou stejné délky slov je výsledek neshodný
If Len(slovo1) <> Len(slovo2) Then
Exit For
End If

'nahraď i-tý znak * pro obě slova a porovnej, pokud jsou stejná, pak jsou si podobná
If (StrComp(Mid(slovo1, 1, i + 1) + "*" + Mid(slovo1, i + 3, delka - 1), Mid(slovo2, 1, i + 1) + "*" + Mid(slovo2, i + 3, delka - 1)) = 0) Then
vysledek = True
Exit For | 'pokud jsou si podobné ukončí smyčku
End If

'porovnej slova bez jejich prvního znaku, pokud jsou stejná, pak jsou si podobná.
If (StrComp(Mid(slovo1, 2, delka - 1), Mid(slovo2, 2, delka - 1)) = 0) Then
vysledek = True
Exit For | 'pokud jsou si podobná, ukončí smyčku
End If
Next i
porovnej = vysledek 'vrať výsledek
End Function

```

### *Část skriptu pro výpočet hloubky ortografického sousedství slov*

**List 1** – sem jsem nejdříve nakopírovala výsledek z List4 a následně aplikovala skript spojený s tlačítkem „vyfiltrovat“. Tento skript vezme slovo a, pokud toto slovo je v Listu 3, pak toto slovo nechá v listu, ale pokud se v tomto listu nenachází, tak tento řádek označí a následně jej smažeme tlačítkem „smaž“. List 3 obsahuje seznam slov, která pro nás jsou důležitá a potřebujeme k nim znát jejich hloubku ortografického sousedství.

Sloupec A = slovo

Sloupec B = hodnota ort. sousedství (počet slov, která vzniknou, když změníme ve slově 1 písmeno)

Další sloupce = výčet slov „ortograficky příbuzných“

**List 3** = obsahuje seznam vyfiltrovaných slov, u kterých nás ort. sousedství zajímá.

Díky výsledkům z tohoto listu jsem soubor rozdělila na 2 části. Jedna část s hloubkou ortografického sousedství  $\leq 2$  a druhá část kde hloubka ortografického sousedství  $\geq 4$ .

#### 4) DL\_dist.nb - Výpočet Damerau-Levenshteinovi distance

Pomocí Wolfram Mathematica jsme vypočítali Damerau-Levensteinovu vzdálenost. Číslo, které pro nás je významné jsme spočítali následujícím způsobem: Pro každou dvojici slov jsme vypočítali hodnotu DL vzdálenosti. Tyto distance jsme seřadili, z 20 nejmenších hodnot spočítali průměr a toto číslo přiřadili ke slovu.

```
in[ ]:=
data = Import["C:\\Users\\ptacek.vendelin\\Desktop\\porovnaní_slov_csv2cele.csv", "CSV"]
in[ ]:= data2 = Flatten[data]
in[ ]:= data2[[4]]
Out[ ]:= aachen

in[ ]:=

pole1 = Range[329 821];
pole2 = Range[329 821];
j = 0;
For[j = 190441, j < 329 821, j++,
For[i = 1, i < 329 821, i++,
pole1[[i]] = DamerauLevenshteinDistance[data2[[j]], data2[[i]]]
];
pole1 = Sort[pole1];
Print[data2[[j]], " ", pole1[[2]] + pole1[[3]] + pole1[[4]] + pole1[[5]] + pole1[[6]] + pole1[[7]] + pole1[[8]] + pole1[[9]] + pole1[[10]] +
pole1[[11]] + pole1[[12]] + pole1[[13]] + pole1[[14]] + pole1[[15]] + pole1[[16]] + pole1[[17]] + pole1[[18]] + pole1[[19]] + pole1[[20]] + pole1[[21]]
]
}
```

Nejdříve probíhá import celého korpusu, následně zpracování dat, poté je pole slov z korpusu procházeno dvěma smyčkami a je zde volána funkce pro výpočet Damerau-Levensteinovi distance. Po výpočtu pro jedno slovo je vypsáno na obrazovku dané slovo se součtem 20 nejnižších hodnot DL distance. To je vypsáno pro jednotlivá slova. Vzhledem k počtu slov bylo nutné proces provést v několika fázích (udaných hodnotou proměnné j).

#### 5) nahodny\_vyber.xlsm

Pro vygenerování náhodných slov ze seznamu by vytvořen skript s dialogovým oknem, který je v dokumentu nahodny\_vyber.xlsm

```
Do While True
    nahodneCislo = (Round((PosledniPinyRadek - 2) * Rnd() + 2)
    If PosledniPinyRadek - 1 = polozek Then
        Exit Do
    End If

vys_find = Application.Match(Cells(nahodneCislo, 1).Value, Worksheets("List1").Range("D:D"), 0) 'pokud je vygenerovaná náhodná položka již v seznamu, pak se skočí do else následujícího If
If IsError(vys_find) Then
    'pokud náhodná položka není v seznamu, tak vyvolej MsgBox se specifickým popisem
    i = MsgBox("Má se přidat slovo: " & vbCr & vbCr & Cells(nahodneCislo, 1) & vbCr & vbCr & "do seznamu?" & vbCr & vbCr & "V seznamu je " & polozek & " položek", vbYesNoCancel, "Dialog")
    'vyhodnocení odpovědi
    Select Case i
        Case vbNo
            'pokud stiskne uživatel Ne, vygeneruje se další položka
            Case vbYes
            'pokud stiskne ano, přidá se položka do seznamu a vygeneruje další
                polozek = polozek + 1
                Cells(j, 4) = Cells(nahodneCislo, 1)
                j = j + 1
            Case vbCancel
            'pokud stiskne cancel, zadávání se přeruší
                Exit Do
    End Select
    End Select
    pokusy = 0
Else
    pokusy = pokusy + 1
    If pokusy = PosledniPinyRadek * 10 Then
        MsgBox ("není možné vybrat další slovo, které není jiné, než to co je v seznamu")
        'pokud se pokoušíme generovat další náhodné položky a generování
        'proběhlo 10* maximální hodnota, pak vypíšeme chybové hlášení
        Exit Do
    End If
End If
Loop
End Sub
```

*Část skriptu, který používá formulář pro generování náhodných slov z kolekce*

#### 6) pseudoslova.xlsm - Vygenerování pseudoslov

Pro vygenerování pseudoslov byl vytvořen skript s dialogovým oknem, který je v dokumentu pseudoslova.xlsm

Jako zdrojová slova je použit sloupec dle zadání ve formuláři (A=1; B=2..). Dále se do formuláře zadává sloupec, ve kterém chceme mít vygenerovaný výsledek. Do formuláře se zadává nejmenší index většinou 1 a největší podle počtu slov ve zdrojovém sloupci.

Tlačítkem generuj se vygeneruje pseudoslovo, které uživatel může uložit do seznamu nebo přejít na další slovo bez uložení anebo pseudoslovo ze stejného slova přegenerovat.

```

Function Gen_Pseu(slovo As String) As String
Dim delka As Integer
Dim mistoSlovo As Integer
Dim mistoSohlasky As Integer
Dim finalString As String
delka = Len(slovo)
'Int ((upperbound - lowerbound + 1) * Rnd + lowerbound)

If (slovo = "") Then                                'pokud je zdrojové slovo prázdné, pak msgbox
MsgBox ("Pseudo slovo nejde vygenerovat")
Gen_Pseu = "!!!!!"
Else
For i = 1 To 1000
mistoSlovo = Int((Application.Min(delka, 4) - 1 + 1) * Rnd + 1)      'náhodně zvolené místo ve slově, které muselo být v prvních 3 znacích
mistoSouhlasky = Int((Len(souhlasky2) - 1 + 1) * Rnd + 1)          'náhodně vygenerovaná souhláska z kolekce souhlasky 2

If InStr(1, souhlasky, Mid(slovo, mistoSlovo, 1)) <> 0 Then        'vybrané místo změny je souhláska?
finalString = Mid(slovo, 1, mistoSlovo - 1) + Mid(souhlasky2, mistoSohlasky, 1) + Mid(slovo, mistoSlovo + 1, delka - mistoSlovo) 'složení finálního pseudoslova
CisloZmeny.Caption = mistoSlovo                                     'vypsání do formuláře, na jakém místě jsme udělali změnu
SouhlaskaZmena = Mid(souhlasky2, mistoSohlasky, 1) 'přiřazení do proměnné souhlásku, kterou jsme změnili slovo
Gen_Pseu = finalString      'uložení finálního pseudoslova
Exit For
End If
If i = 1000 Then          'pokud se nepodaří vygenerovat pseudoslovo, pak msgbox
MsgBox ("Pseudo slovo nejde vygenerovat")
SouhlaskaZmena.Caption = ""
CisloZmeny.Caption = ""
End If
Next i
End If
End Function

```

*Část skriptu, který používá formulář pro generování pseudoslov*



## ANOTACE

|                            |                                     |
|----------------------------|-------------------------------------|
| <b>Jméno a příjmení:</b>   | Monika Jirásková                    |
| <b>Katedra nebo ústav:</b> | Ústav speciálněpedagogických studií |
| <b>Vedoucí práce:</b>      | Mgr. Hana Karunová, Ph.D.           |
| <b>Rok obhajoby:</b>       | 2019                                |

|  |   |
|--|---|
| <b>Název závěrečné práce:</b>                | Dyslexie ve speciálněpedagogickém a neurovědeckém pojetí se zaměřením na fonologické zpracování   |
| <b>Název závěrečné práce v angličtině:</b>   | The Special Pedagogical and Neuroscientific Context of Dyslexia with a Focus on the Phonological Processing   |
| <b>Anotace závěrečné práce:</b>              | <p>Diplomová práce pojednává o specifické poruše čtení (dyslexii). Práce shrnuje dostupné teoretické poznatky z české i zahraniční literatury, a to jak o dyslexii a dalších specifických poruchách učení, tak o možnostech využití zobrazovacích metod ve speciálně pedagogickém výzkumu (zejména fMRI a eye tracking).</p> <p>Výzkum, který je popsán ve druhé části práce, je zaměřen na fonologické aspekty poruch čtení u dospělých osob s dyslexií, a to zejména z pohledu fMRI dat doplněných o data ze sledování očních pohybů. Výzkum je součástí mezinárodního projektu vzniklého ve spolupráci s University of Sao Paulo, Brasil.</p>  |
| <b>Klíčová slova:</b>                        | dyslexie, čtení, fMRI, oční pohyby  |
| <b>Anotace závěrečné práce v angličtině:</b> | <p>This thesis is about specific reading disorder (dyslexia). The thesis summarizes available theoretical findings from Czech and foreign literature about dyslexia and other specific learning disorders and about the possibilities of using imaging methods in special educational research (especially fMRI and eye tracking).</p> <p>The research, which is described in the second part of the thesis is focused on the phonological aspects of reading impairments in adults with dyslexia, especially of the point of view of fMRI data supplemented with eye tracking data. The research is part of an international project, which was developed in cooperation with The University of Sao Paulo, Brasil.</p> |
| <b>Klíčová slova v angličtině:</b>           | dyslexia, reading, fMRI, eye tracking   |

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Přílohy vázané v práci:</b> | Příloha 1: Angermaierův katalog příčin SPU<br>Příloha 2: Leták k oslovení účastníků výzkumu<br>Příloha 3: Úvodní dotazník pro zájemce o výzkum<br>Příloha 4: Časové schéma úkolu čtení slov<br>Příloha 5: Podrobný popis zpracování funkčních dat<br>Příloha 6: Tabulky aktivací fMRI<br>Příloha 7: Ukázka vytvořených skriptů a popis jednotlivých programových částí přiložených na CD |
| <b>Přílohy na CD</b>           | skripty_a_zdrojova_data.zip  |
| <b>Rozsah práce:</b>           | 95 stran + 25 stran příloh   |
| <b>Jazyk práce:</b>            | Český jazyk  |