



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra pedagogiky a psychologie

Bakalářská práce

EEG ERP inhibiční reakce selektivní pozornosti u bilingvních osob

Vypracovala: Nikola Janoušková

Vedoucí práce: Mgr. Michala Plassová

České Budějovice 2019

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

.....

Nikola Janoušková

Abstrakt bakalářské práce

Název práce: EEG ERP inhibiční reakce selektivní pozornosti u bilingvních osob

Autor práce: Nikola Janoušková

Vedoucí práce: Mgr. Michala Plassová

Počet stran: 57

Počet zdrojů: 41

Klíčová slova: neuropsychologie, bilingvismus, elektroencefalograf, evokované potenciály, detekce písma, auditivní stimuly

Tato bakalářská práce navazuje na výzkum bilingvních jedinců a zkoumá rozdíly v kognitivních procesech (především selektivní pozornosti). Porovnává rychlost a správnost reakcí bilingvních a monolingvních osob na verbální podněty (detekce písma), během kterých na zkoumané jednotlivce působí jako distraktor ještě tón o akustickém tlaku 76 dB. V teoretické části jsou rozpracovány informace ohledně jazyka a řeči obecně, řečového vývoje, bilingvismu, elektroencefalografie a samozřejmě také řeči v rámci neuropsychologie. V praktické části je popsána metodologie výzkumu, zpracování a analýza dat, jež byla získána během experimentu. Je předpokládáno, že bilingvní osoby by měly mít rozdílné hodnoty evokovaných potenciálů, především v lingvistické části mozku a v rámci behaviorálních dat by se měla projevit jejich kognitivní výhoda v nižší chybovosti. Z experimentu byly získány 2 druhy dat – behaviorální a EEG záznamy. Behaviorální data byla zpracována v programu Excel a EEG záznamy v programovacím prostředí MATLAB. Výsledky potvrdily meziskupinové rozdíly v ERP komponentách, ovšem v rámci behaviorálních dat byly výsledky rozporuplné, což lze přičítat především velikost vzorku.

Abstract of Bachelor Thesis

Title: EEG ERP inhibitory response of selective attention in bilingual subjects

Author: Nikola Janoušková

Supervisor: Mgr. Michala Plassová

Number of pages:

Number of sources:

Keywords: neuropsychology, bilingualism, electroencephalograph, event-related potentials, font detection, auditive stimuli

This bachelor thesis continues in research of bilingual subjects and investigates differences in cognitive functions (especially selective attention). It compares speed and accuracy of bilingual and monolingual responses on verbal stimuli (font detection) during which are observed subjects affected by tone with acoustic pressure of 76 dB. In theoretical part of the thesis I elaborated information about language and speech in general, language development, bilingualism, electroencephalography and of course about speech in neuropsychology. In empirical part there is described research methodology, elaboration and analysis of data, which was gained during the experiment. It's assumed that bilingual subjects should have different values of event-related potentials, especially in linguistic part of the brain and according to behavioral data should show their cognitive advantage in less error rate. Two types of data were obtained from the experiment – behavioral and EEG records. Behavioral data were processed in Excel and EEG records in the MATLAB programming environment. The results confirmed intergroup differences in ERP components, but these results were inconsistent within behavioral data, which can be attributed primarily to sample size.

Poděkování

V první řadě bych moc ráda poděkovala Mgr. Michale Plassové za vedení této bakalářské práce a za veškerý čas a pomoc, kterou mi po celou dobu poskytovala. Byla pro mě velikou inspirací nejen během vypracovávání bakalářské práce, ale po celou dobu studia. Dále patří velký dík Mgr. Tomáši Mrhálkovi a Mgr. Jakubovi Staňkovi za jejich pomoc při řešení všech možných technických problémů jak v samotné EEG laboratoři, tak při zpracovávání dat v programu MATLAB. V rámci měření na CIIRC ČVUT patří můj dík také Mgr. Michalu Vavrečkovi, Ph.D. za zpřístupnění této možnosti a Mgr. Michaelu Tesařovi za konzultaci správného zapojení rozdílně označených elektrod. V neposlední řadě děkuji všem zúčastněným probandům, bez nichž by tato práce nemohla vzniknout. Asi nejvíce bych ale chtěla poděkovat mému příteli, přátelům a rodině za jejich obrovskou podporu a pomoc během celého procesu vzniku této bakalářské práce.

Obsah

Úvod	9
I. Teoretická část	10
1 Řeč a jazyk.....	11
1.1 Základ řeči a jazyka	11
1.2 Jazykový input	12
1.3 Percepce řeči	12
2 Chápání světa na základě jazyka	14
2.1 Teorie jazykové relativity	14
3 Vývoj řeči.....	15
3.1 Řečové základy u novorozenců	15
3.2 Vývoj řeči u kojenců.....	15
3.2.1 Kritická období	16
3.3 Vývoj jazykových schopností u batolat	17
3.3.1 Sémantická složka.....	17
3.3.2. Gramatická složka.....	17
3.3.3 Fonologická složka	18
4 Neuropsychologický základ řeči	19
4.1 Neuroplasticita	19
4.2 Jazyk a řeč v dospělém mozku	19
4.2.1 Řečové a jazykové oblasti v mozku.....	20
4.2.2 Jednotlivé funkce řečových oblastí.....	22
4.3 Bilingvní mozek.....	23
4.3.1 Změny v mozkové struktuře jako důsledek bilingvismu	23
5 Bilingvismus	24
5.1 Vývoj bilingvního dítěte	24
5.1.1 Podobnosti a rozdíly bilingvního a monolingvního vývoje.....	24

5.2 Lingvistický transfer	25
5.3 Třífázový model osvojení jazyka u bilingvních	25
5.4 Přepínání kódů	26
5.4.1 Specifické situace přepínání kódů	27
6 Elektroencefalografie	28
6.1 Atributy EEG	28
6.1.1 Frekvence.....	28
6.1.2 Amplituda	28
6.1.3 Tvar.....	29
6.2 Lokalizace elektrod.....	29
6.3 Normální EEG dospělých v bdělosti	30
6.4 Artefakty	30
6.4.1 Technické artefakty.....	30
6.4.2 Biologické artefakty.....	31
6.5 Evokované potenciály	31
6.5.1 Kognitivní evokované potenciály	32
6.5.2 Mismatch negativity	33
II. Praktická část	34
7 Experiment	35
7.1 Design výzkumu	35
7.2 Průběh experimentu	35
7.3 Měřicí přístroj	36
7.4 Výzkumný vzorek.....	36
7.4.1 Experimentální skupina	36
7.4.2 Kontrolní skupina	37
8 Metodologie výzkumu	38
8.1 Výzkumné cíle	38

8.2 Výzkumné hypotézy	38
9 Zpracování dat	40
9.1 EEG nahrávky	40
9.1.1 Preprocessing	40
9.1.2 Manuální čištění a vyřazení elektrod	41
9.1.3 Programové čištění signálu	41
9.1.4 Epochování dat	41
9.1.5 Design studie	42
9.2 Behaviorální data	42
10 Výsledky	43
10.1 EEG data	43
10.2 Behaviorální data	47
10.3 Shrnutí výsledků	51
11 Diskuze	53
12 Závěr	55
13 Seznam použité literatury	56
14 Seznam obrázků, tabulek a grafů	60
14.1 Seznam obrázků	60
14.2 Seznam tabulek	60
14.3 Seznam grafů	60
15 Přílohy	62

ÚVOD

Během svého studia psychologie mě již od začátku velmi zajímala neuropsychologie, jelikož se jedná o vsutku progresivní oblast vědy, která má do budoucna podle mě obrovský potenciál. Už před psychologií jsem byla více zaměřená na studium jazyků, a když se mi tedy naskytla možnost tyto dva obory zkombinovat do bakalářské práce, a ještě pracovat s EEG, ani chvíli jsem neváhala. Konkrétně je tato bakalářská práce zaměřena na zkoumání rozdílů v kognitivních procesech mezi vietnamsko-česky bilingvními a česky monolingvními jedinci. Tyto rozdíly jsou zkoumány pomocí ERP komponent zaznamenávaných na elektroencefalografu a behaviorálních dat.

V teoretické části uvádím základní informace o jazyce a řeči z psychologického a lingvistického hlediska, dále zmiňuji teorie o pochopení světa na základě jazyka, více se věnuji vývoji jazyka a řeči u jedince, a především také jazyku v rámci neuropsychologie. Samozřejmě nesmí chybět informace o bilingvismu a také v empirické části používaném elektroencefalografu.

V praktické části je poté rozpracována metodologie výzkumu, popis experimentu, získaná data a závěrečná analýza jak záznamů z EEG, tak behaviorálních dat. Výsledky jsou interpretovány pomocí informací z předchozích výzkumů.

I. Teoretická část

1 ŘEČ A JAZYK

1.1 Základ řeči a jazyka

Podle Nakonečného (1997) je řeč výsledkem potřeby dorozumívat se mezi jedinci a jedná se tedy o specificky lidskou formu komunikace.

Lidská komunikace se dále rozděluje na nonverbální (gesta) a verbální (mluvená a psaná řeč). Právě verbální formou řeči je jazyk, který je užíván určitou společenskou skupinou a má národní formu. Naši řeč tvoří systém znaků, což jsou v podstatě jevy zastupující v mysli jiné jevy. (Nakonečný, 1997)

Náš způsob dorozumívání plní také více funkcí. Karl Bühler již v roce 1934 uvedl, že řeč neplní pouze funkci reprezentační, kdy si sdělujeme různé poznatky a informace, ale také funkci *regulační* a *emoční*. Do regulační funkce řeči spadají příkazy a pokyny a do emoční zase prezentování vnitřních emočních stavů. Tyto dvě funkce nám pomáhají lépe interpretovat sdělovanou skutečnost. Další autoři poté upozornili na ještě jiné funkce jako například *fatická*, *katarzní* nebo *umělecká*. (Blažek, 2004)

Abychom mohli používat jazyk, musíme zvládnout jeho dva aspekty: produkci a porozumění. Naše produkce jazyka začíná vždy myšlenkou, kterou převedeme do věty a vyprodukujeme pomocí zvuků, které tuto větu vyjádří. Začátkem porozumění je slyšení zvuků, kterým poté přiřazujeme význam pomocí slov, ta dále spojujeme do věty a poté musíme vyvodit význam. Rozeznáváme 3 základní úrovně jazyka: nejvyšší jsou větné jednotky (věty a slovní spojení), dále to jsou slova, předpony a přípony a poslední úroveň jsou řečové zvuky. Podle Chomskyho (1965) je tedy jazyk mnohoúrovňovým systémem, který dává do vztahu myšlenky a řeč prostřednictvím slov a větných jednotek. (Atkinson, 2003)

Úplně nejmenší jednotkou řečových zvuků, jíž lze využít k rozlišování významu řeči, je *foném*. Například v angličtině se jedná o samohlásky a souhlásky utvářené střídáním pořadí otevírání a zavírání mluvidel, přičemž každý jazyk obsahuje různý počet a kombinaci fonémů. Další nejmenší jednotkou určující význam je *morfém*, což je vlastně slovní kořen, předpona, přípona, vpona, ale také koncovka, kterou přidáváme slovům při vytváření gramatických kategorií. Morfémy se dále skládají do slov, frází, vět a nakonec vytváří *diskurs* (text). (Sternberg, 2009)

1.2 Jazykový input

Základem pro dětské napodobování, segmentování a rozpoznávání řeči je právě jazykový input. Jedná se o komplex komunikačních podmětů (verbálních i neverbálních), které působí na dítě od narození ze strany pečujících osob. Jazykový input má vliv nejen na lexikon, ale i na osvojování gramatiky. (Průcha, 2011)

Nejdůležitějším druhem jazykového inputu je řeč matek. Už dlouhou dobu se řada výzkumů zabývala analýzou řeči matek a také měřeními jejich jazykové senzitivity vůči dětem. Výstupem z těchto výzkumů byly nejdůležitější rysy řeči dospělých (především matky) směrem k dětem – tempo řeči je zpomalené, artikulace jasnější a jsou zvýrazněny větné přízvuky. Dále se používají kratší slova, jednoduché věty, opakující se otázky na stav nebo chování dítěte, používání 3. osoby namísto 1., mnoho zdvojnásobení a v neposlední řadě jsou redukovány slovesné tvary, používání zájmen a také vedlejší věty. Tato modifikovaná řeč je některými lingvisty označována jako *zjednodušený registr* (Snow, Ferguson, 1977), ve většině výzkumů se ovšem objevuje častěji ve spojení s matkou než s otcem. (Průcha, 2011)

1.3 Percepce řeči

Řečovou percepci lze chápat buď jako součást běžné sluchové percepce nebo jako specifický druh vnímání. Podle prvního pohledu se proces vnímání řeči neliší od vnímání jiných zvuků. Zástupcem je v tomto ohledu například *teorie fonetického vybrušování* (Pisoni, Nusbaum, Luce & Slowiaczek, 1985). Podle ní postupujeme ve zpracování řeči tak, že nejprve analyzujeme sluchové počítky, poté zpracujeme informace na vyšší úrovni a identifikujeme slova na základě snížení počtu možných korelací mezi jednotlivými fonémy a slovy uloženými v paměti. V podstatě všechny tyto teorie předpokládají rozhodovací procesy nad a za detekcí znaků nebo také korelací šablon. Tím pádem se může vnímaná řeč odlišovat od slyšených řečových zvuků, jelikož do tohoto procesu vstupují kognitivní a kontextové vlivy. (Sternberg, 2009)

Druhý pohled řadí řečovou percepci mezi specifické druhy vnímání. Základem pro tento pohled byl objev kategorické percepce řečových zvuků, což znamená, že přestože řečové zvuky, které slyšíme, jsou ve skutečnosti kontinuálními variacemi zvukových vln, tak je vnímáme jako diskontinuální (nespojité) kategorie řečových zvuků. Je také velmi zajímavé, že existují akustické rozdíly uvnitř kategorií slabik, které ovšem řečovou percepci neovlivňují, jelikož určitou kombinací souhlásky-samohlásky můžeme vyslovit každý den

akusticky jinak, přesto jí pokaždé porozumíme. Tento případ se ovšem netýká neřečových zvuků, jejichž rozdíly frekvence a výšky tónu jsou slyšeny kontinuálně a odlišně. (Sternberg, 2009)

2 CHÁPÁNÍ SVĚTA NA ZÁKLADĚ JAZYKA

Jazyk je v podstatě kategorizací světa kolem nás na úrovni fyzických předmětů, ale i konceptů (barvy, činnosti, vztahy mezi věcmi apod.). Každý jazyk tak vymezuje hranici mezi těmito koncepty, jež ale v reálném světě neexistují. Způsob tohoto vymezení se ale může v jednotlivých jazycích zásadně lišit, a tak bylo uskutečněno mnoho výzkumů na základě kterých se vyvozuje, zda se tento rozdíl v segmentaci světa odrazuje i ve způsobu chápání světa. (Imai, 2017)

2.1 Teorie jazykové relativity

Benjamin L. Whorf vytvořil na základě analýzy různých jazyků obecně nejznámější přístup k pochopení vztahu mezi jazykem a chápáním světa. Při svém bádání došel k tomu, že kategorie mateřského jazyka jsou shodné s myšlenkovými koncepty a že není možné myšlení oddělit od jazyka. Mnoho kognitivních psychologů se od té doby snažilo objasnit způsob a fáze, ve kterých by měl jazyk určovat nejazykové kognitivní procesy. (Imai, 2017)

Existuje i umírněnější podoba jazykového relativismu, která říká, že jazyk myšlení neurčuje, ale pouze jej ovlivňuje, a to konkrétně vnímání a paměť a také tvrdí, že celé naše myšlení usnadňuje. Ovlivnění vnímání se dá dobře demonstrovat na příkladu Glucksberga (1988), který zkoumal vliv slovního označení na vnímání nejasného obrázku. Pokud totiž nějaký takovýto obrázek dostane slovní nálepku, už si jej naše mysl představuje podle tohoto označení, i když se nám předtím mohl zdát jiný. (Sternberg, 2009)

Pro správnost této hypotézy hovoří domněnka, že v každém jazyce existují jiné kategorie a logicky tedy existují různé kategorie i v našich myslích. Ovšem již víme, že kategorizace myslí nezávisí pouze na jazyce, jelikož jazykové kategorie nemusí vůbec představovat nejnižší úroveň kategorizace. Některé kategorie se dokonce ani nemusí jazykově vyjádřit, navíc také jejich obsah závisí nejen na kontextu, ve kterém se objevují, ale i na vlastnostech prototypů, které ani nejsou přímo zachyceny v jazyce. V rámci psycholingvistického výzkumu se zkoumají především rozdílné asociace v důsledku rozdílných jazykových struktur a též efekt kategoriální percepce, která je způsobena odlišným rozdělením sémantického pole. (Pokorný, 2010)

3 VÝVOJ ŘEČI

Bylo potvrzeno, že vývoj řeči začíná v podstatě už v prenatálním období, kdy dítě vnímá lidský hlas (především hlas matky). Novorozenec se tak již rodí s určitou prenatální komunikační zkušeností a je prokázáno, že dokonce už v prvních třech dnech života rozpoznává a preferuje hlas své matky. Také na něj okamžitě po narození působí jak přímý jazykový input (kontinuální přísun verbálních i neverbálních stimulů lidské řeči), tak nepřímý jazykový input (verbální komunikace vedená mezi ostatními osobami kolem dítěte). Já se v této práci budu vývojem řeči zabývat pouze do konce batolecího věku, jelikož to je kritické období pro rozvoj simultánního bilingvismu. (Průcha, 2011)

3.1 Řečové základy u novorozenců

Řeč aktivně souvisí se sluchovým vnímáním, které funguje už od prenatálního období a jeho další vývoj závisí hlavně na zrání recepčního systému vnitřního ucha a sluchového kortexu. Již měsíc staré dítě slyší a reaguje na širokou škálu zvuků, přičemž některé zvukové podněty jsou pro dítě zajímavější než jiné (např. dávají přednost vysokým tónům). (Vágnerová, 2005)

3.2 Vývoj řeči u kojenců

Velmi zajímavým aspektem při rozvoji řeči je vývoj lokalizace zvuků. Vzhledem k tomu, že v 1. měsíci života mají na starosti lokalizaci zvuků subkortikální oblasti, ale během 2. a 3. měsíce se tato funkce musí přesunout na dozrávající příslušné kortikální oblasti, tak novorozenci dokáží lépe lokalizovat zvuk, než 2. – 3. měsíční kojenci. Zpět na úroveň před touto proměnou se dostanou opět přibližně ve 4. měsíci, kdy jsou kortikální oblasti pro lokalizaci zvuků dostatečně vyvinuté. Nejrychlejšího rozvoje této schopnosti dosáhne dítě, jakmile začne ovládat držení a pohyb hlavy. Samozřejmě je tento vývoj ovlivněn nejenom zráním určitých oblastí, ale i učením. (Vágnerová, 2005)

Řeč je pro kojence dostatečně komplexní stimulací, jelikož je nejčastějším zvukovým podnětem, který dítě vnímá, ale také je spojena s dalšími kladnými podněty, a tak u dítěte vyvolává zájem a podněcuje k jejímu porozumění a nápodobě. Tyto zvukové podněty vnímá již v prenatálním období, a tak je už velmi malý kojenec schopný rozlišovat mezi jednotlivými řečovými zvuky (*fonémy*) a také rozlišit hlasy různých osob. V tomto období se také začíná diferencovat způsob zpracování řečových a neřečových zvuků na neurální úrovni – levá hemisféra zpracovává verbální podněty a pravá hemisféra oproti tomu neřečové podněty jako je hudba apod. Aby se mohla řeč u jedince rozvíjet, musí být určité

oblasti mozkové kůry schopny reagovat na takovéto podněty a zpracovat je. V těchto oblastech (obvykle lokalizovaných v levé hemisféře, na rozhraní všech čtyř mozkových laloků) se musí postupně diferencovat Brocovo a Wernickeho centrum, která jsou pro řeč jako takovou klíčová. Jak ale zmiňuje Sternberg (1999), pravá hemisféra je v tomto procesu také velmi důležitá, jelikož zachycuje jiné (neverbální) aspekty řeči, především hlasové zabarvení apod. (Vágnerová, 2005)

3.2.1 Kritická období

Během vývoje se vyskytují určitá kritická období pro rozvoj jazykových schopností, při kterých se prudce vyvíjí dílčí kompetence. Například u schopnosti rozlišovat a tvořit fonémy se za toto období považuje prvních 8 měsíců života dítěte. Jednou ze specifických kompetencí, která se v tomto období rozvíjí, je fonemická diferenciací. Malí kojenci totiž rozlišují všechny fonémy stejně a dokázali by tedy diferencovat mnohem větší množství fonémů, než obsahuje jejich mateřská řeč. (Sternberg, 2009)

Ovšem fonemický sluch má své kritické období právě v kojeneckém věku, kdy se během osvojování mateřského jazyka rozvíjí pouze jeho určitá oblast, a tak čím dál přesněji kojeneček rozlišuje fonémy „svého“ jazyka. Na první pohled by se mohlo zdát, že dochází k celkovému poklesu kvality sluchové diferenciací, ale především u neřečových podnětů se v tomto období schopnost jejich rozlišení zlepšuje. Tato skutečnost je dána vnitřní reorganizací v oblasti zpracování řečových podnětů, jelikož řečové podněty jsou zpracovávány jinými kórovými moduly než indiferentní zvuky. (Sternberg, 2009)

Další kompetencí rozvíjející se v tomto období je diferenciací formy mluveného projevu, tj. odlišení intonace. V mluveném projevu je pro rozvoj řečových dovedností u dítěte důležitý rytmus a melodie řeči, ale také délka řečových jednotek, akcentů a pauz, jelikož tyto znaky umožňují segmentaci verbálního sdělení. Díky tomuto zdůraznění vnímají hranice slov děti již v 6. – 7. měsíci, ale hranice vět až v 9. měsíci. (Sternberg, 2009)

Kromě fonemické diferenciací a diferenciací formy mluveného projevu se u kojenců začíná formovat také kategorická percepce. Tento termín ve vývoji označuje schopnost vnímat a rozlišovat ty znaky řeči, jež jsou nositeli významu. Přibližně od půl roku věku se u dítěte začíná projevovat citlivost ke gramatické morfologii. Postupně tak dokáže odlišit syntaktické složky věty, rozeznat význam gramatických morfémů, ale také se u něj objevují náznaky porozumění verbálnímu sdělení ještě předtím, než začne říkat první slova. (Vágnerová, 2012)

3.3 Vývoj jazykových schopností u batolat

V batolecím věku dochází k rapidnímu rozvoji jazykových dovedností, které jsou pro dítě vlastně základním nástrojem sociální adaptace. Batole se jazyku učí nápodobou, ke které potřebuje model, díky kterému by si mohlo jazykový systém osvojit. Tímto modelem jsou především rodiče (primárně matka), kteří vedou dítě k pochopení a osvojení jazykových mechanismů. K tomuto osvojení dochází také díky batolecí hře s řečí, jelikož s touto novou schopností různě experimentují a tím pádem ji také rozvíjejí. V tomto procesu je pro děti také důležitá tzv. *egocentrická řeč*, která pomáhá v rozvoji poznávacích procesů. (Vágnerová, 2012)

3.3.1 Sémantická složka

Jazyk je pro člověka v podstatě prostředkem poznávání (především zpracování a uchování informací). Dítě se během svého vývoje musí naučit rozlišovat významy slov a pochopit vztah mezi verbálním znakem a označovanou skutečností. Jako první se právě proto učí podstatná jména, jelikož pojmenování určitého objektu pochopí nejnázem. Tato tendence se pojí s pochopením trvalosti objektů, protože jakmile dítě chápe, že je objekt trvalý, pochopí také, že má trvalé označení. (Vágnerová, 2012)

Jako další si batolata osvojují adjektiva, ale vzhledem k tomu, že mají (podobně jako u podstatných jmen) tendenci je považovat za absolutní charakteristiku, mívají ze začátku problém s adjektivy relativní povahy (např. velký – malý). Po adjektivech přicházejí na řadu slovesa, pomocí kterých se batolata učí popisovat dění v okolním světě. Z počátku se jedná především o slovesa vztahující se k vlastní osobě dítěte (být, dělat, jít apod.), ale postupně se tato zásoba rozšiřuje (rapidně na konci 2. roku). Jako poslední se u dětí rozvíjí schopnost všimnout si vztahů různých objektů, k jejichž popisu využívají příslovečná určení (např. pod stolem, v krabici atd.). (Vágnerová, 2012)

3.3.2 Gramatická složka

Senzitivní fází pro osvojení gramatiky je právě batolecí věk, tedy první 4 roky života. Stejně jako v případě slovní zásoby dítě rozumí gramatické struktury jazyka mnohem dříve, než ji samo začne používat v aktivní řeči. Vývoj poznávání gramatických pravidel v rámci aktivní řeči prochází šesti fázemi. (Vágnerová, 2012)

Jako první je období *holofrázi* (12. – 18. měsíc), ve kterém batole používá pro verbální sdělení svých potřeb pouze jeden slovní výraz, jenž je zpravidla nepřesně generalizující, má pouze základní informativní význam a charakter verbálních reprezentací.

Krásným příkladem je slovo „ham“, které v tomto období označuje vše, co je k jídlu, popřípadě i k pití. Na toto stadium nasedá období kumulace holofrází (19. – 24. měsíc), kdy batole řadí více holofrází volně za sebou. (Vágnerová, 2012)

Další je potom období dvouslovných vět (cca 2 roky), které je typické kombinováním jednotlivých slov do tzv. primárních vět. Aby se dítě dostalo do této fáze, musí mít již širší slovní zásobu, základ vývoje předpojmů, ale také si musí uvědomovat stabilní řazení slov v řeči dospělých. Většinou je tato raná tvorba vět tvořena jedním základním slovem, které je různě doplňováno. (Vágnerová, 2012)

Následujícím obdobím jsou telegrafické věty (2 – 2,5 roku), které se skládají pouze z důležitých částí sdělení a děti v nich vynechávají slova, která nejsou vyloženě nezbytná (koncovky slov, spojky apod.). Už v tomto období ale batolata vyjadřují určitý cit pro základní gramatickou správnost, takže telegrafické věty jsou v podstatě pouze úsporným způsobem jejich vyjádření. (Vágnerová, 2012)

Mezi 2. a 3. rokem nastává u dětí období úplných vět, ve kterém si již na vlastní pěst zkouší a osvojují základní gramatická pravidla. Přesto je stále pro děti důležitější obsah sdělení než jeho forma. Zpočátku používají pro označení sebe nebo blízkých osob 3. osobu jednotného čísla, jelikož je to z hlediska syntaxe jednodušší. Později již začínají užívat i množné číslo, časování i skloňování a ke konci třetího roku již užívají věty pouze s občasnými gramatickými nepřesnostmi. (Vágnerová, 2012)

Posledním obdobím v jazykovém vývoji batolat jsou první souvětí (od 3 let). Již umějí použít spojky vyjadřující určitý vztah jednotlivých vět, i když to ještě dělají často nepřesně. (Vágnerová, 2012)

3.3.3 Fonologická složka

Fonologická složka zahrnuje zvukové stránky řeči a jak jsem již výše zmínila, závisí na úrovni sluchové percepce, která je v podstatě rozvinutá již od kojeneckého věku, ale také je důležitá koordinace motoriky mluvidel, která se teprve začíná důsledněji vyvíjet. Proto vývoj různých hlásek není rovnoměrný, jelikož jejich výslovnost vyžaduje velkou přesnost v koordinaci mluvidel a té zatím nejsou batolata schopná. Děti si rozdílů ve výslovnosti mezi nimi a dospělými všimají, a proto si často starší batolata záměrně vybírají snáze vyslovitelné výrazy. Tento jev je zároveň vlastně jedním z prvních projevů metakognitivních schopností. (Vágnerová, 2012)

4 NEUROPSYCHOLOGICKÝ ZÁKLAD ŘEČI

4.1 Neuroplasticita

Pro schopnost naučit se jazyk je stěžejní plasticita mozku, která podmiňuje nejen učení jazyka a řeči, ale v podstatě všechny funkce mozku včetně paměti a učení obecně. Jedná se o schopnost nervových buněk se pod vlivem vnitřních i vnějších podnětů prodlužovat a budovat nové synapse s dalšími nervovými buňkami. Nejplastičtější mozek mají nejmenší děti, které se musí za velmi krátký čas naučit spoustu nových dovedností, ale velmi se tato schopnost uplatňuje také v dalším vývoji u dospívajících, jejichž mozek se také celkem dramaticky mění. Aby se tato schopnost mozku pružně se přizpůsobit zachovala i do stáří, je dobré mozek v rozumných mezích namáhat. Za toto prospěšné namáhání se dá považovat i osvojení si dalšího jazyka. (Koukolík, 2014)

4.2 Jazyk a řeč v dospělém mozku

Komunikace jako taková je velmi složitý proces, který zahrnuje i mnoho dalších komplexních funkcí a tato složitost se odráží ve spletnosti korových center mozku a jejich propojení do celé řečové neurokognitivní sítě. Řečové funkce jsou vysoce lateralizovány a většina z nich se zpravidla nachází na „řečové“ (standardně levé) polovině koncového mozku. (Blažek, 2004)

Nejprve přichází řečová informace do primární sluchové kůry, kde dochází k registraci zvuku. Vedle ní se nachází sluchová asociační kůra, ve které se ze slyšené informace vydělují rozlišitelné řečové zvuky (*fonémy*). Během procesu dekódování vstupní informace se v krátkodobé paměti stabilizují fonémy, slova a věty, a jelikož jsou částečně spojeny s vizuální informací, vyvolávají také v mysli konkrétní obrazy a tím dávají slyšené informaci smysl. Abychom chápali celkový význam zvukové informace, která k nám přichází, musí se v naší krátkodobé paměti skladovat mnoho slov. Jako další totiž přichází na řadu stabilizace celých vět, ke které dochází ve střední spánkové oblasti. Další mechanismus nacházející se výše směrem u temenní kůry má na starosti prostorové (*kvaziprostorové*) aspekty jazyka, jejichž smysl závisí na relativním umístění klíčových slov (např. u vět „kočka honí myš“ – „myš honí kočku“). (Solms & Turnbull, 2014)

Dle Koukolíka (2014) jsou nejdůležitější složky pro řeč v mozku korové oblasti kolem Sylviovy rýhy (včetně Brocovy a Wernickeho oblasti), které reprezentují fonologickou podobu slov. Kromě fonologické reprezentace je také stěžejní reprezentace lexikální a sémantická. Lexikální reprezentace úzce souvisí s činností kůry levého

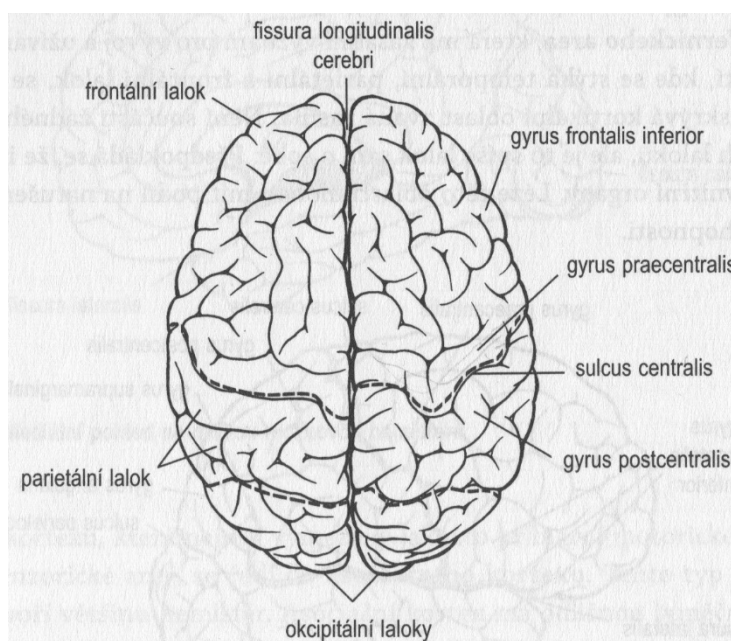
spánkového laloku mozku, je uspořádána podle sémantických kategorií a též funguje jako prostředník mezi sémantickou a fonologickou reprezentací. Toto zpracování je také závislé na jazyce, který je produkován, jelikož jak už jsem zmínila, každý jazyk obsahuje jiný počet fonémů a z tohoto faktu tedy vyplývá, že v tomto ohledu složitější jazyky namáhají mozek více než jazyky jednodušší. (Koukolík, 2014)

V řeči se ale kromě syntaxe, lexikonu a artikulace také vyskytuje melodie, intonace a přestávky (*prozódie*), na které se sice celkově podílejí obě hemisféry, ale dominantnější je ta pravá. Kromě prozódie má pravá hemisféra také za úkol zpracování metaforické stránky jazyka, při které se aktivuje kůra předních částí čelních laloků (včetně středního spánkového závitů a přední části vnitřní plochy čelního laloku). Celkově se chápání metafor řadí mezi vysoce náročné činnosti pro náš mozek. (Koukolík, 2014)

4.2.1 Řečové a jazykové oblasti v mozku

V kůře každé mozkové hemisféry rozeznáváme 4 laloky – frontální, temporální, parietální a okcipitální. Každý z těchto laloků má svoji hraniční strukturu, kterou určují *gyry* (závity), jež se formují ohnutím kůry během vývoje a *sulky* (rýhy). Pokud se jedná o hlubší zářez, je označen termínem *fissura*. (Love & Webb, 2009)

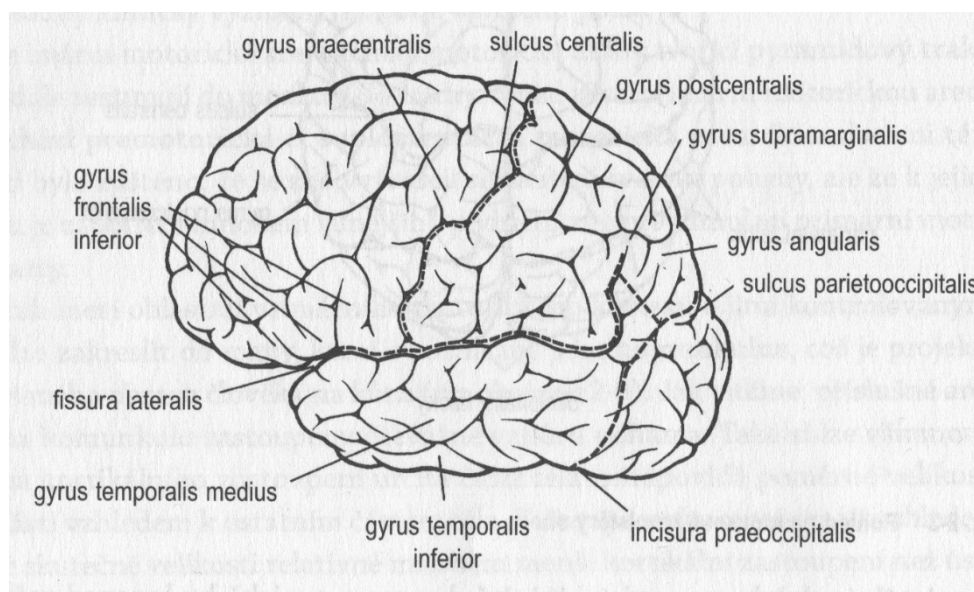
Prvním a pro jazyk prakticky nejdůležitějším lalokem je lalok frontální. Zabírá přibližně třetinu celé hemisféry a je ohraničen Sylviovou rýhou (*fissura lateralis*) a Rolandickou rýhou (*sulcus centralis*). Také se zde nachází primární motorický kortex, jehož



Obrázek 1 - Pohled na mozkové hemisféry shora (Love & Webb, 2009)

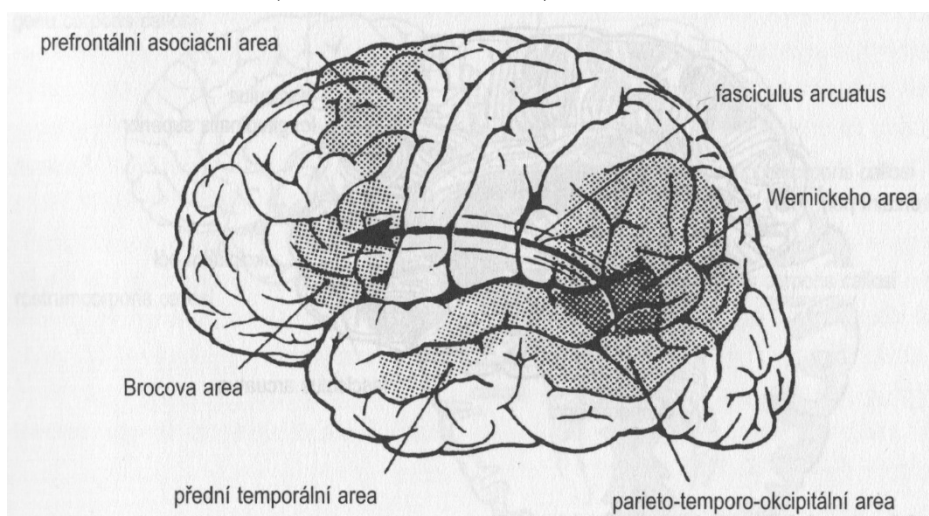
největší částí je *gyrus praecentralis*. Pro řeč je nesmírně důležitá *Brocova area*, která se nachází na dolním frontálním gyru (*gyrus frontalis inferior*). (Love & Webb, 2009)

Dalším je parietální lalok, který leží za lalokem frontálním a je od něj oddělen Rolandickou rýhou. Tento lalok je sídlem primární sensorické arey, kterou tvoří z větší části *gyrus postcentralis*, jež má na starosti sensorickou kontrolu různých částí těla. Také se zde nachází *gyrus supramarginalis* a *gyrus angularis*. (Love & Webb, 2009)



Obrázek 2 – Laterální pohled na levou mozkovou hemisféru (Love & Webb, 2009)

V temporálním laloku sídlí sluchové zpracování a nachází se v něm tři nápadné gyry – *gyrus temporalis superior*, *gyrus temporalis medius* a *gyrus temporalis inferior*. V těchto oblastech se také nachází primární auditorní kortex, přičemž kortikálním centrem pro slyšení jsou tzv. *Heschlovy závitě*. Jako další se zde nalézá sluchová asociační area velmi důležitá pro jazyk – *Wernickeho area*. (Love & Webb, 2009)



Obrázek 3 – Primární jazykové a asociační arey kortexu (Love & Webb, 2009)

Posledním lalokem je okcipitální, jež je za parietálním lalokem a jeho vymezení je spíše pomocí pomyslných hranic. Má za úkol zpracovávat zrakové vjemy a největšími jeho strukturami jsou *sulcus parietooccipitalis* a *fissura calcarina*. (Love & Webb, 2009)

4.2.2 Jednotlivé funkce řečových oblastí

V dospělém mozku platí podle Koukolíka (2012) při řečových a jazykových úlohách a při standardní dominanci hemisfér dále uvedené funkční a strukturální vztahy. V levé hemisféře mají na starosti jazykové zpracování podrobněji tyto oblasti:

- Dolní frontální oblasti (i s *Brodmannovými oblastmi*), které se aktivují během fonologických úloh, zpracování vět, sémantického rozhodování a diskursu a také se podílejí na krátkodobé paměti.
- Součástí systému sémantické paměti jsou střední a horní frontální oblasti, takže se aktivují hlavně při úlohách zatěžujících sémantické rozhodování, ale také ve chvíli, kdy se v právě slyšeném příběhu objeví informace zasahující do teorie vědomí.
- *Brocova oblast* je další velmi důležitou složkou řeči a je aktivní při percepci hudby a zpracování syntaktických informací. Také se ale spolu s doplňkovou motorickou oblastí umístěnou na vnitřní ploše hemisféry podílí na vytváření verbální i neverbální odpovědi.
- Horní temporální oblast se aktivuje při naslouchání řečovým zvukům a zpracování sémantických a syntaktických informací. Součástí této oblasti je i *gyrus temporalis* a *sulcus temporalis superior*, v nichž jsou reprezentovány lexikální fonologické reprezentace.
- Spánkové oblasti mají rozdělené funkce následovně: střední spánková oblast levé hemisféry se aktivuje při fonologických i sémantických úlohách, zatímco zadní dolní spánkové oblasti (spolu s kůrou *sulcus occipitotemporalis*, *gyrus angularis*, *gyrus fusiformis* a *latelárními extrastriatovými oblastmi*) zpracovávají rané zrakové podoby slov, ale také podobně jako střední spánková oblast vážou fonologické a sémantické reprezentace při tvorbě slov.
- Posledními oblastmi z levé hemisféry, jež se podílejí na řeči a jazyce, jsou temporální pól a horní parietální oblast, které se obě aktivují při diskursu.

V pravé hemisféře se poté jedná o těchto 5 oblastí:

- Dolní frontální kůra, která se aktivuje při zpracování vět a abstraktních slov, detekci emočního obsahu v řeči a někdy u fonologické informace.

- Střední a horní frontální oblast, horní temporální oblast, horní parietální oblasti společně s temporálním pólem zastávají v pravé mozkové hemisféře stejnou, již výše zmíněnou, funkci jako v levé hemisféře.
- Poslední částí podílející se na zpracování řeči jsou temporální oblasti, jež se aktivují při zpracování zvukových vlastností řeči (*prozódie*). (Koukolík, 2012)

4.3 Bilingvní mozek

Když se mluví o větším počtu zvládnutých jazyků u člověka, v odborné literatuře se pro mateřský jazyk používá označení L1 a pro později naučené jazyky označení L2, L3 atd. (Koukolík, 2014) a já se tedy ve své bakalářské práci budu dále držet tohoto označení.

Při porovnání aktivity mozku bilingvních jedinců, kteří se oba jazyky naučili v raném věku a jedinců, kteří druhý jazyk ovládli velmi dobře později, se neukazují významné rozdíly. Co je ovšem zajímavé, jsou oblasti mozku, které se aktivují při překládání z jednoho jazyka do druhého a jejich umístění mimo Brocovu a Wernickeho oblast. (Koukolík, 2014)

4.3.1 Změny v mozkové struktuře jako důsledek bilingvismu

Stále více studií dokazuje, že používání dvou a více jazyků na každodenní bázi má za následek výhody v kognitivních funkcích i v jiných oblastech než pouze při zpracování jazyka, především u exekutivních funkcí. Autoři Pliatsikas, Moschopoulou & Saddy (2015) se ve svém výzkumu zaměřili na vliv pozdějšího bilingvismu na strukturu a integritu bílé hmoty mozkové a na faktory, které je ovlivňují. Vzhledem ke kladným výsledkům bylo dokázáno, že určité změny v bílé hmotě nastávají i v momentě, kdy se člověk začne učit druhý jazyk později a není tak simultánně bilingvní. (Pliatsikas, Moschopoulou & Saddy, 2015)

Další výzkum se zaměřil na porovnání výzkumů v rámci vlivu prostředí na osvojení druhého jazyka (přirozeného učení vs. učení se v instituci) a následné změny ve struktuře mozku. V rámci změn v šedé hmotě mozkové bylo zjištěno, že pokud se lidé učí intenzivně druhý jazyk (např. ve školním prostředí), přibývá jim šedá hmota v oblasti levého parietálního kortexu, ale i dolního levého frontálního gyru a simultánně bilingvní mají tuto vrstvu zvětšenou již od malička. Co se týká bílé hmoty mozkové, opět se většina studií shodovala v přírůstku v oblasti levého spodního frontálně-okcipitálního svazku. (Stein, Winkler, Kaiser & Dierks, 2014)

5 BILINGVISMUS

Definice bilingvismu existuje velmi mnoho, ale všechny ve své podstatě říkají, že se jedná o schopnost člověka komunikovat ve dvou jazycích. Ovšem také z této skutečnosti plyne, jak moc nejednoznačné toto označení je, jelikož neexistuje míra, která by určovala, jak moc skvěle musí člověk druhý jazyk umět pro to, aby mohl být označen jako bilingvní osoba. (Harding-Esch & Riley, 2008)

Murphy (2014) také rozlišuje simultánní a sekvenční bilingvismus. Jako simultánní se označuje ten typ bilingvismu, kdy se oba jazyky nachází v dětském inputu už od narození. Na rozdíl od toho sekvenční bilingvismus vzniká, pokud dítě od narození vnímá L1 a až po nějaké době je mu představen L2, přičemž se stále rozvíjí jazyk první. Například McLaughlin (1978) identifikuje dále hranici mezi sekvenčním bilingvismem a pouze ovládnutím dalšího jazyka na věk tří let. Podle něj je tedy dítě bilingvní pouze pokud je druhému jazyku vystavováno do tří let života a zároveň ještě tedy nemá plně ovládnutý L1. (Murphy, 2014)

Při rozvoji bilingvismu u dítěte velmi záleží na prostředí, ve kterém se pohybuje a kde si vlastně osvojuje jak L1, tak L2. Proto je tento vývoj u každého dítěte trochu jiný. Různé studie, např. Byers-Heinlein, Burns a Werker (2010), dokázali, že akvizice jazyka začíná nejspíše už před porodem a že percepční schopnosti použité pro osvojení L1 u monolingvních jsou stejné i pro osvojení obou jazyků u bilingvních. (Murphy, 2014)

5.1 Vývoj bilingvního dítěte

Jak jsem již výše zmínila, pokud se jedná o simultánní bilingvismus, osvojuje si dítě oba jazyky už od narození a jedná se tak o nejúspěšnější typ bilingvismu. Často sice začínají bilingvní děti mluvit o něco později než děti monolingvní, ale i tak se většinou vejdou do jednojazyčných norem pro osvojení jazyka. (Harding-Esch & Riley, 2008)

5.1.1 Podobnosti a rozdíly bilingvního a monolingvního vývoje

Pokud se budeme nejprve věnovat podobnostem, tak je dobré na začátek uvést, že ty jsou ve vývoji bilingvních a monolingvních dětí mnohem výraznější než rozdíly mezi nimi. Rychlost a vzorce osvojování jazyka jsou v podstatě stejné pro bilingvní i monolingvní děti, obě skupiny produkují nejprve snáze vyslovitelné zvuky (např. „p“, „b“, „m“) a až později ty složitější („ch“, „ž“ nebo skupiny souhlásek jako „fr“ a „st“). Další podobností je to, že obě dvě skupiny dětí pojmenovávají jedním slovem věci, které jim přijdou stejné a také při

tvorbě vět nejprve začínají jednoduššími konstrukcemi, než se pustí do těch složitějších. (Harding-Esch & Riley, 2008)

V rámci separace obou jazyků vznikly dva proudy myšlení, které popisují, jak oddělení jazyků v mysli dětí funguje. Podle prvního proudu mají děti jednotný systém, kde jsou oba jazyky smíšené a podle druhého proudu existují dva oddělené systémy pro každý jazyk od chvíle, kdy začnou děti mluvit. Často se u bilingvních dětí ze začátku objevuje smíšená promluva, při které zkombinují oba jazyky v jedné větě. Tento jev se dá vysvětlit jak prvním proudem, tedy že dítě používá jeden systém a kvůli tomu se mu mísí jazyky dohromady, tak i druhým názorem s oddělenými systémy, jelikož v každé části promluvy dodržuje pravidla a výslovnost daného jazyka. Tento typ řeči je ale hlavně typický u těch dětí, která takovéto smíšené věty slyší ve svém okolí. (Harding-Esch & Riley, 2008)

Na základě různých psycholingvistických výzkumů ale bylo prokázáno, že se zvukové systémy obou jazyků ovlivňují (Watson, 2002), takže bilingvisté se sice od monolingvistů liší, ale nezpracovávají oba jazyky jako kompletně oddělené systémy. Míchání obou jazyků je tedy součástí procesu, při kterém bilingvní děti přicházejí na to, jak si oba jazyky utřídit, a tak si díky postupnému rozlišování stále jemnějších rozdílů budují v podstatě dva vzorce zpracování jazyka. (Harding-Esch & Riley, 2008)

5.2 Lingvistický transfer

Během vývoje bilingvních jedinců dochází při reprodukci řeči k začleňování gramatických vlastností L1 do L2. Tento jev se nazývá transfer a je součástí cross-lingvistického vlivu na bilingvního člověka. Jedná se o důležitou součást procesu učení druhého jazyka, jelikož jedinec uplatňuje na celý tento proces znalosti jazyka prvního. Lingvistický transfer se projevuje ze začátku silnou interferencí obou jazyků, která ale s postupem času slábne, jelikož jedinec nahrazuje nesprávně použité prvky prvního jazyka prvky druhého jazyka. Mohlo by se zdát, že je tento proces nahodilý, ale ve skutečnosti je vysoce systematický v rámci jedince, i když se u každého dítěte projevuje trochu jiným způsobem. Tyto rozdíly bývají vysvětlovány variacemi jazykového inputu a dalšími vlivy na učení druhého jazyka. (Yip & Matthews, 2007)

5.3 Třífázový model osvojení jazyka u bilingvních

Volterra a Taeschner v roce 1978 sestavili třífázový model, ve kterém podrobně popsali vývoj bilingvních dětí. V první fázi podle nich dítě čerpá z jednoho lexikálního systému, kde má uložena slova z obou jazyků, zatím ovšem bez odpovídajících párů slov.

Právě v tomto stádiu se objevují smíšená slova a fráze. Ukazuje se totiž, že bilingvní děti významová (slovní zásoba) a funkční slova (gramatika) používají odlišným specifickým způsobem s tím, že významová slova odpovídají jazykovému kontextu, ale slova funkční jsou nezávislá na kontextu a dostupná v obou jazykových kontextech bez ohledu na zdrojový jazyk. Tato skutečnost se odráží dokonce i ve zvukové rovině, jelikož dítě nejprve pro oba jazyky používá podobný přízvuk a až s postupem času začne zvukově rozlišovat fonémy obou jazyků. (Harding-Esch & Riley, 2008)

Druhá fáze je pro dítě velmi složitá, jelikož přestože má dva oddělené soubory slovní zásoby, tak v obou jazycích používá stejná gramatická pravidla. V tomto období sice jasně odlišuje slova stejného významu, která jsou na první pohled odlišná, ale pokud má v obou jazycích slova znějící podobně, často váhá. Zároveň je zmatené z toho, že má v zásobě spoustu slov, pro které nemá ekvivalent ve druhém jazyce, anebo se také vyhýbá v jednom jazyce slovům, která se mu špatně vyslovují a používá proto slova z druhého jazyka. V této fázi navíc dítě používá pro oba jazyky pouze jeden soubor gramatických pravidel. (Harding-Esch & Riley, 2008)

V poslední (třetí) fázi již gramatika i slovní zásoba obou jazyků fungují odděleně od sebe, ale zároveň si dítě ještě každý z jazyků spojuje s konkrétními lidmi, takže si například v tomto období může myslet, že všechny maminky mluví stejným jazykem jako jejich maminka. Při rozvíjení schopnosti používat správně oba jazyky se může u některých dětí objevit sklon příliš zobecňovat určitá gramatická pravidla, aby měly jasně oddělené oba jazyky. Ovšem o procesu, jakým vlastně bilingvní děti oddělují oba jazyky, je toho stále známo pouze málo a tyto zmíněné tři fáze se mohou u každého dítěte lišit, a i jejich délka bývá různá. (Harding-Esch & Riley, 2008)

5.4 Přepínání kódů

Přepínání kódů je specifická vlastnost pro bilingvní osoby, kterou monolingvní postrádají. Buď se projevuje v situacích, kdy spolu mluví dvě stejně bilingvní osoby, takže jim dává smysl říct například polovinu věty jedním jazykem a druhou polovinu jazykem druhým nebo to také zahrnuje volbu jazyka, kdy bilingvní člověk přizpůsobí podvědomě volbu jazyka tomu, s kým zrovna mluví. Ovšem při přepínání mezi jazyky musejí bilingvní osoby dodržovat i řadu složitých gramatických pravidel a ke koordinaci obou systémů je potřeba značná dovednost, aby se člověk vyjádřil srozumitelně. Čím více je člověk bilingvní, tím lépe zvládá toto přepínání kódů. (Harding-Esch & Riley, 2008)

5.4.1 Specifické situace přepínání kódů

Nejčastější použití přepínání kódů ale nejspíše bývá v situacích, kdy chce bilingvní osoba vyjádřit myšlenku, ale daný jazyk pro ni nemá odpovídající výraz nebo si na něj nemůže vzpomenout, takže použije slovo z jazyka druhého. Vedle tohoto použití se ještě často objevuje typ přepínání kódů – *spouštěcí mechanismus*. Pod tímto označením se skrývá proces, který začne vyslovením slova podobného v obou jazycích a spustí tak podvědomě přepnutí do druhého jazyka. Ovšem většinou se jedná pouze o jakési „uklouznutí“, po kterém se mluvčí rychle vrátí zpět do původního jazyka. (Harding-Esch & Riley, 2008)

Děti se velmi brzo učí používat toto přepínání i v rámci sociálních interakcí. Mohou tak přesněji vyprávět příhody použitím nepřímé řeči ve druhém jazyce, či tak projevit solidaritu, když nechtějí sebe nebo někoho dalšího uvést do rozpaků, a tak použijí druhý jazyk. Rodiče ho ale také mohou použít v rámci přesvědčování dětí, kdy třeba použijí ten jazyk, který dítě používá v nějaké instituci (škole apod.), a tak vlastně využijí autoritu této vnější instituce, aby dítě lépe poslechl. (Harding-Esch & Riley, 2008)

6 ELEKTROENCEFALOGRAFIE

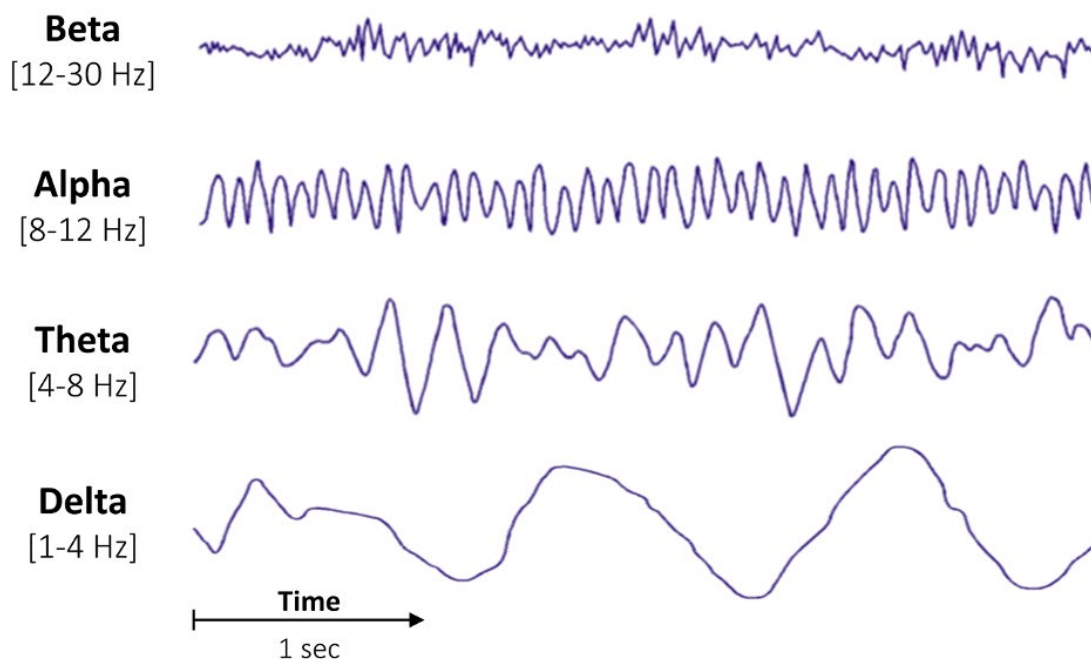
Při činnosti mozku vznikají bioelektrické potenciály, které můžeme díky elektroencefalografii (EEG) zachytit z povrchu hlavy pomocí elektrod. Tyto impulzy jsou způsobeny činností neuronů kůry a podkorových struktur. (Kulišťák, 2011)

6.1 Atributy EEG

Abychom mohli pracovat s elektroencefalografem, musíme znát atributy, které identifikujeme a popisujeme na EEG vzorcích, tzn. deskriptory. Dále popíšeme ty nejdůležitější pro náš výzkum.

6.1.1 Frekvence

Prvním z deskriptorů je *frekvence*, která je popisována jako počet periodického děje, opakujícího se za 1 sekundu. Rozeznáváme 4 základní frekvenční pásma – *delta* ($\leq 3,5$ Hz), *theta* (4 – 7,5 Hz), *alfa* (8 – 13 Hz) a *beta* (13,5 – 40 Hz), přičemž u dospělého člověka v relaxovaném stavu se správně objevuje alfa a beta, frekvence theta a delta obvykle už značí patologii. (Vojtěch, 2005)



Obrázek 4 - Frekvenční pásma (dostupné z: https://raphaelvallat.com/images/tutorials/bandpower/brain_waves.png)

6.1.2 Amplituda

Následujícím deskriptorem je *amplituda*, jenž je popisována jako vertikální rozměr vzorce v mikrovoltech (μV). Při měření této hodnoty závisí na druhu aktivity a také na

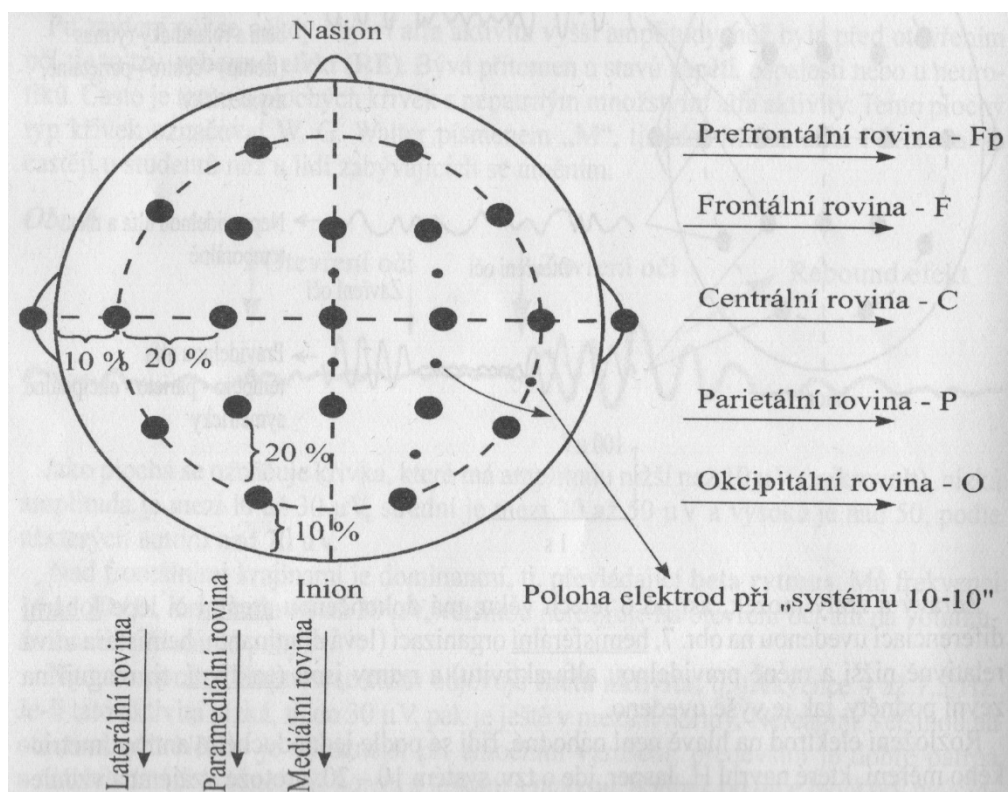
zapojení, ve kterém je měřena. Naměřené hodnoty amplitudy se dělí na nízkou ($<20 \mu\text{V}$), střední ($20 - 50 \mu\text{V}$) a vysokou ($> 50 \mu\text{V}$). (Vojtěch, 2005)

6.1.3 Tvar

Každé frekvenční pásmo má také svůj typický *tvar*, který se projevuje kolísáním křivky oproti myšlené základní linii. Podle tohoto deskriptoru se vlny dělí na *monofázické*, *difázické* (kolísající na obě strany linie), *trifázické* (kolísají také na obě strany linie, ale 3x) a *polyfázické*. (Vojtěch, 2005)

6.2 Lokalizace elektrod

Pro pokrytí celého požadovaného povrchu skalpu se musí změřit vzdálenost mezi kořenem nosu (*nasion*) a týlním hrbolkem (*inion*) a ta se poté rozdělí po 10 % nebo 20 %. Roviny rovnoběžné/shodné s touto vzdáleností se nazývají *mediální*, *paramediální* a *laterální*. Dále rozlišujeme roviny kolmé na počáteční vzdálenost a těmi jsou *prefrontální*, *frontální*, *centrální*, *parietální* a *okcipitální*, které jsou označeny podle mozkového laloku, na kterém se nachází. Umisťované elektrody jsou číslovány zleva doprava střídavě a každá disponuje svým jménem a číslem. (Faber, 1997)



Obrázek 5 - Lokalizace elektrod (Faber, 2001)

6.3 Normální EEG dospělých v bdělosti

Aby byla EEG aktivita dospělého mozku normální, měla by být většinou rytmická a mít sinusoidní tvar. Základním rytmem této aktivity je *alfa*. Šimek a Stein (1969) popisují, že tato aktivita se v mozku objevuje, pokud je člověk zdravý (u organického poškození se mění nebo ztrácí), bdělý, zralý (teprve od cca 7 let se objevuje standardně), anebo má zavřené oči. (Faber, 2001)

Normální vzorce EEG aktivity jsou rozdílné v bdělosti a v různých fázích spánku. *Alfa* aktivita má zpravidla sinusoidní tvar a její distribuce probíhá především nad zadními oblastmi hlavy (okcipitálně nebo okcipitoparietálně). Bývá symetrická nad oběma hemisférami, ale může být i na pravé straně vyšší nebo se také může v některých úsecích grafu vyskytovat pauze jednostranně. Pokud je člověk ospalý, v jeho EEG záznamu se při otevřených očích objevuje paradoxní (inverzní) alfa aktivita. (Vojtěch, 2005)

V bdělosti se standardně objevuje také *beta* aktivita, která se může objevovat nad všemi oblastmi hlavy, ale hlavně nad frontálními a centrálními oblastmi. Je zajímavé, že by se tato aktivita měla objevovat více u žen a také, že se zvyšuje s přibývajícím věkem. Tvar bývá obvykle symetrický, většinou v podobě ostré krátké vlny. Další aktivitou, kterou zmíním, je *mi* rytmus, jež se ale objevuje pouze v menšině grafů, zejména u mladých, žen a v bdělosti. Jeho tvar je arkádový a připomíná opakující se písmeno *mi*. Při pozorování vizuálního detailu a během rychlých očních pohybů se hlavně v oblasti O1 a O2 objevují vlny *lambda*, které mají tvar ostrých vln. (Vojtěch, 2005)

6.4 Artefakty

Abychom mohli interpretovat elektrický potenciál mozku, je potřeba toto slabé napětí velmi zesílit pomocí elektronického zesilovače v elektroencefalografu. Ovšem kvůli tomuto zesílení se v signálu objevují i nežádoucí potenciály neboli *artefakty*. Ty bývají zpravidla dvojího druhu – technické a biologické. (Faber, 2001)

6.4.1 Technické artefakty

Nejčastějším technickým artefaktem, vyskytujícím se v signálu, bývá síťové napětí (50 Hz). Tento artefakt je k vidění především při velkém odporu pokožky pod elektrodou nebo při horším uzemnění probanda nebo celého EEG přístroje. Další rušení mohou způsobovat například porušené elektrody, které nesnímají aktivitu, ale samy jsou jejím zdrojem. Podobné artefakty mohou být též způsobeny polámanými drátky v kabelech elektrod. (Faber, 2001)

6.4.2 Biologické artefakty

Na rozdíl od technických artefaktů bývají ty biologické pestřejší tvarově, a tak se občas hůře rozpoznávají. Nejčastějšími z nich bývají artefakty oční. Na EEG záznamu jsou velmi dobře rozpoznatelné mrknutí a zavřené oči, které se projevují především na frontálních paramediálních elektrodách (Fp1 a Fp2). Kromě těchto specifických pohybů se na záznamu objevují i horizontální pohyby očí doleva a doprava, které jsou k vidění především na frontálních laterálních svodech (F7 a F8). (Vojtěch, 2005)

Dalšími hojně se vyskytujícími artefakty jsou svalové. Ty mají většinou krátké trvání a ostrý tvar, vyskytují se jednotlivě nebo opakovaně a také mohou zcela zakrýt požadovanou EEG křivku. Podobným typem jsou artefakty pohybové, které jsou většinou náhlé, neopakující se a mívají bizarní tvar. Také se většinou objevují ve více či dokonce všech elektrodách. (Vojtěch, 2005)

Občas se u osob s krátkým krkem objeví i artefakty ze srdeční činnosti, kterou snímají hlavně elektrody O1 a O2, jež jsou umístěny nejnižše na okcipitálním laloku. Jejich podoba odpovídá záznamu z EKG. Co se v záznamu také občas objevuje, bývají potní artefakty, které se jeví jako velmi pomalé vlny a ukazují se především na frontálních a temporálních elektrodách. (Vojtěch, 2005)

Složené artefakty většinou velmi narušují záznam, především pokud se jedná o žvýkání, mluvení, polykání a kašel. V tom případě se totiž skládají artefakty svalové a pohybové, které jsou v záznamu opravdu znatelné. Do této skupiny se ale počítají i artefakty, které vzniknou složením artefaktů biologických a technických. (Vojtěch, 2005)

6.5 Evokované potenciály

Když pomocí EEG měříme aktivitu mozku, získáme díky opakování stejného senzorického podnětu odpověď z kůry mozku v podobě vln, které představují senzorickou dráhu z periferie do korového centra. V tomto procesu je velmi důležité sledovat kognitivní evokované potenciály, které jsou složkou měřící pozdní negativní (N) nebo také pozitivní (P) komponenty. Jak uvádí Jech (1999), v tomto spektru se nacházejí vlny N250, P300, N400 atd., ale také i ERP (*event-related potentials*), jež vyjadřují složitější jevy a kognitivní funkce. (Kulišťák, 2011)

Ovšem tyto odpovědi na stimuly se ztrácí ve spontánní aktivitě EEG, jelikož mají malou amplitudu. Tvoří totiž pouze 0,1 – 10 % této spontánní aktivity a bez dalšího

zprůměrování počítačem, které odstraní nežádoucí aktivitu, by byly v podstatě nehodnotitelné. Aby se nám vydělila požadovaná aktivita od té nežádoucí, musíme opakovaně použít stejný podnět, abychom získali dostatek dat. (Seidl, 2015)

6.5.1 Kognitivní evokované potenciály

Kognitivní evokované potenciály (ERP) jsou velmi malé mozkové výboje reagující na specifické stimuly, které mohou být vyvolané různými druhy sensorických, kognitivních nebo motorických podnětů. Dělí se standardně do dvou kategorií – rané vlny vrcholící během prvních 100 milisekund po prezentování stimulu se nazývají sensorické, jelikož jsou závislé zejména na fyzických parametrech stimulu. Druhým typem jsou kognitivní, které se objevují později a reflektují zpracování informací. Různé druhy kognitivních evokovaných potenciálů jsou popisovány na základě latence (doba mezi chvílí prezentace stimulu a ERP vlnou) a amplitudy. (Sur & Sinha, 2009)

Podle amplitudy se obecně neurální odpověď na stimul dělí na pozitivní (P) nebo negativní (N). Autoři Sur a Sinha (2009) popisují vlnu P50 jako zásadní pro sensorické rámcování, přičemž značí jedincovu schopnost selektivně vnímat významný podnět a ignorovat nadbytečné. Tato schopnost chrání mozek před přehlcením informacemi.

Jako další popisovanou vlnou je N100, která se vyskytuje u neočekávaných podnětů a její maximální amplituda se objevuje na elektrodě Cz v časovém okně 90 – 200 ms. Jedná se o orientační odpověď nebo proces porovnávání s předchozím známým stimulem. Kolem 200 ms po prezentování stimulu se objevují vlny P200 a N200. P200 bývá popisována jako komponenta vyhledávání podnětu a vlna N200 bývá zachycována při konfliktním zpracování a má ještě 3 komponenty – N2a neboli Mismatch negativity (viz. kapitola 6.5.2), N2b a N2c. (Sur & Sinha, 2009)

250 – 400 ms po stimulu jsou zachycovány vlny N300 a P300. N300 nejspíše souvisí se sémantickým očekáváním a shodou. P300 je zásadní pro diskriminaci podnětů, především auditorních stimulů, což je jedním z důležitých procesů u bilingvního zpracování. Kratší latence totiž indikují vyšší duševní výkonnost a zřejmě souvisí i s množstvím pozornosti, protože čím větší pozornost je věnována stimulu, tím jsou vlny P3 větší. (Sur & Sinha, 2009)

Frank et al. (2015) ve svém výzkumu popisují další ERP komponenty, které by se měly objevovat během zpracovávání verbálních informací. V rámci lexikálního, sémantického a pojmového zpracování se jedná o vlnu N400, která se objevuje 300 – 500

ms po stimulu a při syntaktickém zpracování by se v časovém úseku 500 – 700 ms měla objevit vlna P600, jež je jednou z domén jazykového zpracování.

6.5.2 Mismatch negativity

S pojmem *mismatch negativity* (MMN) přišel již v roce 1978 Risto Näätänen. Jednalo se v původní verzi o prezentování sekvencí krátkých auditorních stimulů (standardně o délce 200 ms) náhodně za sebou v desítkách až stovkách případů během záznamu elektroencefalografie. Z tohoto typu experimentu se dají poté získat kognitivní evokované potenciály (ERP) pomocí průměrování segmentů EEG, které se objevují po prezentování stimulu, o délce typicky 300–1000 ms. (Cong, Ristaniemi & Lyytinen, 2015)

S *mismatch negativity* souvisí i pojem *oddball paradigm* (Näätänen et al., 2012), který označuje experiment, při kterém je prezentován standardní opakovaný stimul, ale také deviantní stimuly. Čím větší je velikost deviace, tím větší je zaznamenaný vrchol amplitudy a kratší latence MMN. (Cong, Ristaniemi & Lyytinen, 2015)

II. Praktická část

7 EXPERIMENT

Jako vzor pro tento experiment sloužily výzkumy od autorů Wiens, Szychowska, Eklund a Nilsson (2016, 2017a, 2017b), kde bylo cílem sledování efektů rozdílného akustického tlaku na trvání *mismatch negativity* (MMN) spolu s vizuální zátěží během detekce písma. Aplikovaná verze na bilingvní osoby měla za úkol především sledovat selektivní pozornost a v rámci tohoto jevu hlavně inhibiční reakce.

7.1 Design výzkumu

Samotný design našeho experimentu se spouštěl v počítačovém programu OpenSesame. Jednalo se o černé pozadí, na kterém se zobrazovalo 6 do kruhu sestavených bílých písmen ze sady H, K, M, N, V, W, Z a X. Jejich umístění nebylo náhodné, ale písmena se nalézala na 2., 4., 6., 8., 10. a 12. hodině a jejich vlastní vizuální velikost byla 0,53 x 0,53 stupňů. Úkolem každého účastníka bylo najít mezi těmito šesti zobrazenými písmeny písmeno X a v případě, že ho uvidí, stisknout mezerník. Do toho se v určité části případů pouštěl účastníkům tón jako distraktor. Během celého přibližně 80minutového tasku bylo vytvořeno 2500 různých kombinací, aby se písmena v kruhu neobjevovala ve stejném pořadí, přičemž písmeno X se objevilo ve 20 % případů, tedy 500 úkolech. V rámci zobrazení písmen bez/s X a zazněním/nezazněním distraktoru byly vytvořeny 4 kombinace prezentovaného, jež jsou zobrazeny v první tabulce.

Označení eventu	Počet zobrazení	Popis	Vysvětlení
Event 1	1602	Standard bez distraktoru	Nebylo prezentováno písmeno X, neobjevil se distraktor
Event 2	398	Standard s distraktorem	Nebylo prezentováno písmeno X, objevil se distraktor
Event 3	297	Deviant bez distraktoru	bylo prezentováno písmeno X, neobjevil se distraktor
Event 4	203	Deviant s distraktorem	bylo prezentováno písmeno X, objevil se distraktor

Tabulka 1 - Prezentované eventy

7.2 Průběh experimentu

Všem účastníkům výzkumu bylo před experimentem vysvětleno, co vše měření obnáší, jaké jsou cíle celé studie a byly zodpovězeny všechny dotazy. Dále každý proband vyplnil a podepsal jak měřicí protokol EEG studie (příloha 1), tak informovaný souhlas (příloha 2), kterým mu byla zaručena anonymnost získaných dat a také možnost kdykoliv od

experimentu odstoupit. V rámci samotného měření bylo nejprve nutné zjistit obvod probandovy hlavy, aby mu byla nasazena správně veliká EEG čepice. Poté bylo nagegováno a zapojeno všech 32 elektrod, participant byl usazen do experimentálního boxu k monitoru a po zkontrolování kvality přijímaného signálu byl instruován k plnění úkolu pomocí úvodní obrazovky experimentu a v případě podrobnějších dotazů ještě dodatečně mnou.

Jakmile bylo jisté, že účastník instrukcím rozumí, stiskl libovolnou klávesu, čímž experimentální task spustil. Jako první byla zácviková část s deseti úkoly, kde si mohl participant vyzkoušet, zda úkolu opravdu rozumí a dále už se jeho odpovědi zaznamenávaly. V polovině experimentu byla pauza, při které si mohl proband krátce odpočinout, občerstvit se a protáhnout. Po skončení byly odpojeny elektrody a sundána čepice a proband si mohl očistit pomocí ručníku hlavu od gelu, sdělit své pocity a dojmy z experimentu a dostal drobnou odměnu za účast.

7.3 Měřicí přístroj

Měření EEG probíhalo v Neuropsychologické laboratoři Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, ale také na Českém institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT v Praze. V obou případech byla data zaznamenávána pomocí EEG zařízení Biosemi na 32 elektrod ve standardním rozložení 10/20.

7.4 Výzkumný vzorek

Pro tento experiment byli probandí vybíráni nenáhodným záměrným výběrem na základě dobrovolnosti pomocí oslovování lidí na sociální síti Facebook pomocí plakátu (příloha 3), kdy poté následoval lavinový výběr na základě dostupnosti a také metoda samosběru.

7.4.1 Experimentální skupina

Za cílovou skupinu byli vybráni vietnamsko-čeští bilingvní vysokoškolští studenti do 26 let, kteří byli od narození vystavováni působení obou jazyků a sami je využívají prakticky na denní bázi. V rámci kontaktování byli všichni participanté informováni předem, co je na setkání čeká a kolik času si na něj mají vyhradit. Poté byli pozváni k osobnímu setkání buď na Pedagogické fakultě JČU nebo CIIRC ČVUT podle jejich vlastní volby a časových možností. Na setkání dorazilo celkem 6 bilingvních osob, které splňovaly dané podmínky experimentu a žádná z naměřených dat nemusela být vyřazena. V tabulce č. 2 jsou sepsáni všichni bilingvní participanté, kteří se zúčastnili měření.

Jméno	Pohlaví	Věk	Lateralita	L2	EEG	Beh. data
MMN_1	M	25	P	Od narození	Ano	Ano
MMN_2	M	24	P	Od narození	Ano	Ano
MMN_3	M	23	P	Od narození	Ano	Ano
MMN_4	Ž	22	P	Od narození	Ano	Ano
MMN_5	Ž	20	P	Od narození	Ano	Ano
MMN_6	Ž	25	L	Od narození	Ano	Ano

Tabulka 2 - Bilingvní participanti

7.4.2 Kontrolní skupina

K zajištění co největší podobnosti (hlavně v rámci pohlaví) kontrolní skupiny s experimentální byli vybíráni probandi především z mého okolí, kteří jsou monolingvní a také spadají do kategorie vysokoškolských studentů do 26 let. Těchto dobrovolníků se přihlásilo také 6 a ani v tomto případě nemusela být žádná data vyřazena. Zúčastnění jsou uvedeni v tabulce č. 3.

Jméno	Pohlaví	Věk	Lateralita	EEG	Beh. data
MMN_7	M	21	P	Ano	Ano
MMN_8	M	22	L	Ano	Ano
MMN_9	Ž	22	P	Ano	Ano
MMN_10	Ž	21	P	Ano	Ano
MMN_11	M	22	P	Ano	Ano
MMN_12	Ž	21	L	Ano	Ano

Tabulka 3 - Monolingvní participanti

8 METODOLOGIE VÝZKUMU

8.1 Výzkumné cíle

Tato studie má za cíl zkoumání rozdílů v kognici, především inhibiční reakci, mezi bilingvními a monolingvními osobami. Konkrétní zaměření bylo na vietnamsko-české bilingvní studenty a obě skupiny (experimentální a kontrolní) plnily stejný design experimentu, který byl konstruován tak, aby mohla být sledována inhibiční reakce za pomoci kognitivních evokovaných potenciálů (ERP).

Tato reakce by se měla projevit především na elektrodách levé hemisféry frontálního laloku, zejména kolem oblasti Brocovy arey a také vertexových (temenních) elektrodách (FC3, FC5, CP5, Fz a Cz).

Co se týká behaviorálních dat, byla očekávána menší chybovost u bilingvních osob. Tato menší chybovost byla předpokládána hlavně u eventu 4, který obsahoval distraktor. Kromě chybovosti bylo také očekáváno, že průměrný reakční čas bude kratší právě u bilingvních osob.

Jako výzkumný problém této studie bylo stanoveno následující: Jaký je rozdíl mezi bilingvními osobami a monolingvními osobami v inhibiční reakci selektivní pozornosti?

8.2 Výzkumné hypotézy

Po definování výzkumného problému byly k tomuto experimentu vytvořeny následující hypotézy:

H1₀: Nebyly zaznamenány statisticky signifikantní rozdíly mezi bilingvní a monolingvní skupinou v kognitivních evokovaných potenciálech.

H1: Byly zaznamenány statisticky signifikantní rozdíly mezi bilingvní a monolingvní skupinou v kognitivních evokovaných potenciálech.

H2₀: Neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v celkovém počtu chyb v experimentálním tasku mezi bilingvní a monolingvní skupinou.

H2: Existuje statisticky signifikantní rozdíl v celkovém počtu chyb v experimentálním tasku mezi bilingvní a monolingvní skupinou.

H3₀: U bilingvní skupiny nebyla zaznamenána statisticky signifikantní nižší chybovost u úkolu detekce písma v eventu č. 1 (standard bez distraktoru).

H3: U bilingvní skupiny byla zaznamenána statisticky signifikantní nižší chybovost u úkolu detekce písma v eventu č. 1 (standard bez distraktoru).

H4₀: U bilingvní skupiny nebyla zaznamenána statisticky signifikantní nižší chybovost u úkolu detekce písma v eventu č. 2 (standard s distraktorem).

H4: U bilingvní skupiny byla zaznamenána statisticky signifikantní nižší chybovost u úkolu detekce písma v eventu č. 2 (standard s distraktorem).

H5₀: U bilingvní skupiny nebyla zaznamenána statisticky signifikantní nižší chybovost u úkolu detekce písma v eventu č. 3 (deviant bez distraktoru).

H5: U bilingvní skupiny byla zaznamenána statisticky signifikantní nižší chybovost u úkolu detekce písma v eventu č. 3 (deviant bez distraktoru).

H6₀: U bilingvní skupiny nebyla zaznamenána statisticky signifikantní nižší chybovost u úkolu detekce písma v eventu č. 4 (deviant s distraktorem).

H6: U bilingvní skupiny byla zaznamenána statisticky signifikantní nižší chybovost u úkolu detekce písma v eventu č. 4 (deviant s distraktorem).

H7₀: Mezi bilingvní a monolingvní skupinou neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v průměrném reakčním čase na stimul.

H7: Mezi bilingvní a monolingvní skupinou existuje statisticky signifikantní rozdíl v průměrném reakčním čase na stimul.

9 ZPRACOVÁNÍ DAT

Z experimentu byla získávána data dvojího druhu. Jako první se jednalo o elektroencefalografické nahrávky mozkové aktivity probandů z úkolu detekce písma a druhá část byla behaviorální data se záznamy odpovědí ve formátu CSV.

9.1 EEG nahrávky

Uložená data z elektroencefalografu byla ve formátu BDF a každý tento záznam měl přibližně 80 minut. Před vyhodnocením musela ale tato data projít důležitým *preprocessingem* (předzpracováním), aby se k analýze dostala pouze čistá data. Toto čištění probíhalo v programu MATLAB pomocí instalovaného toolboxu EEGLAB. Jak popisuje Walisch et al. (2014), MATLAB je vysoce výkonné programovací prostředí vytvořené pro technické a numerické procesy, které disponuje obrovským množstvím zabudovaných funkcí a instalovatelných toolboxů.

9.1.1 Preprocessing

Resampling

Jako první je během *preprocessingu* důležitým krokem *resampling*, který sníží vzorkovací frekvenci dat, jelikož systém Biosemi má jako výchozí frekvenci 2048 Hz, jež není pro analýzu ERP nutná. Tím pádem byla snížena na 256 Hz, aby měl soubor menší velikost a s daty se tím pádem lépe pracovalo.

Filtrování

Z důvodu přítomnosti nežádoucích signálů a artefaktů (zejména síťového napětí 50 Hz) je třeba na data aplikovat tzv. FIR filtr, kde se nastaví horní a dolní hranice žádoucího frekvenčního pásma. V tomto případě byla dána hranice 0,5 – 80 Hz, ve které se nalézala požadovaná data.

Channel locations a re-reference

Abychom se mohli podívat na rozložení elektrod na skalpu, musí být správně nastavena jejich pozice. K tomu slouží právě funkce *channel locations*, kde byla správná pozice vyplněna automaticky, pokud se jednalo o data naměřená v EEG laboratoři na PF JČU. Když ale šlo o data získaná z CIIRC ČVUT, u kterých bylo označení elektrod jiné, muselo se nejdříve ručně přepsat označení tak, aby souhlasilo s naším, poté se na základě

těchto označení nahrálo do datasetu standardní rozložení elektrod Biosemi a teprve po tomto kroku bylo možné zobrazit a zkontrolovat 3D polohu elektrod.

Poté se mohlo přistoupit ke kroku re-referencování, ve kterém bylo provedeno referencování elektrod a výpočet napětí referenčních elektrod, které je pro celý záznam velice důležité.

9.1.2 Manuální čištění a vyřazení elektrod

Po celém preprocessingu se mohlo přistoupit k manuálnímu pročištění celého signálu, aby byla zajištěna co nejlepší kvalita analyzovaného signálu. Jako první se musela zkontrolovat funkčnost všech elektrod, zda během záznamu nedošlo k výpadku nebo nebyly například špatně nageťované. Tento krok bylo možné udělat pomocí *automatic channel rejection*, kdy samotný program označil elektrody, které byly podle něj k vyřazení nebo poté manuálně vyřadit požadované elektrody.

Během procházení signálu bylo nutné označit všechny artefakty (především ty popisované v kapitole 6.4), které se poté ze signálu vystřihly. V zaznamenaných signálech byly nejčastější svalové a pohybové artefakty.

9.1.3 Programové čištění signálu

Jakmile byl signál manuálně pročištěn, mohlo se přistoupit k další, v podstatě automatické, úpravě datasetu. Jako první byl z tohoto procesu spuštěn MATLAB plugin ASR (*Artifact Subspace Reconstruction*), který měl za úkol z daného signálu odstranit další nepotřebné artefakty a šum.

Jako další byla aplikována ICA (*Independent Component Analysis*), která se snaží dostat ze záznamu původní verzi bez šumů a dalších proměnných. Ta prochází detailně celý signál, takže ze všech aplikovaných automatických funkcí trvala nejdéle.

Poslední použitý plugin byla MARA (*Multiple Artifact Rejection Algorithm*). Ta měla za úkol označení nezávislých komponent na vyřazení artefaktů.

9.1.4 Epochování dat

Před samotnou analýzou bylo nutné data naepochovat na časové úseky, ve kterých je předpokládána obsahová reakce na stimul. Tento časový úsek byl nastaven na 0,5 sekundy před stimulem a 1 sekundu po něm. Byly vytvořeny celkem 4 skupiny epoch u každého subjektu podle odpovědi na jednotlivé eventy.

9.1.5 Design studie

Posledním krokem práce s daty v programu MATLAB bylo vytvoření studie, do které byly nahrány veškeré extrahované eventy s odpověďmi každého subjektu a byly rozděleny do dvou skupin (monolingvní a bilingvní). Dále byl každý typ odpovědi označen odpovídající položkou *condition*, aby došlo ke správnému rozřazení. Z této studie pak byly vytvořeny evokované potenciály, jež byly interpretovány pomocí předešlých výzkumů.

9.2 Behaviorální data

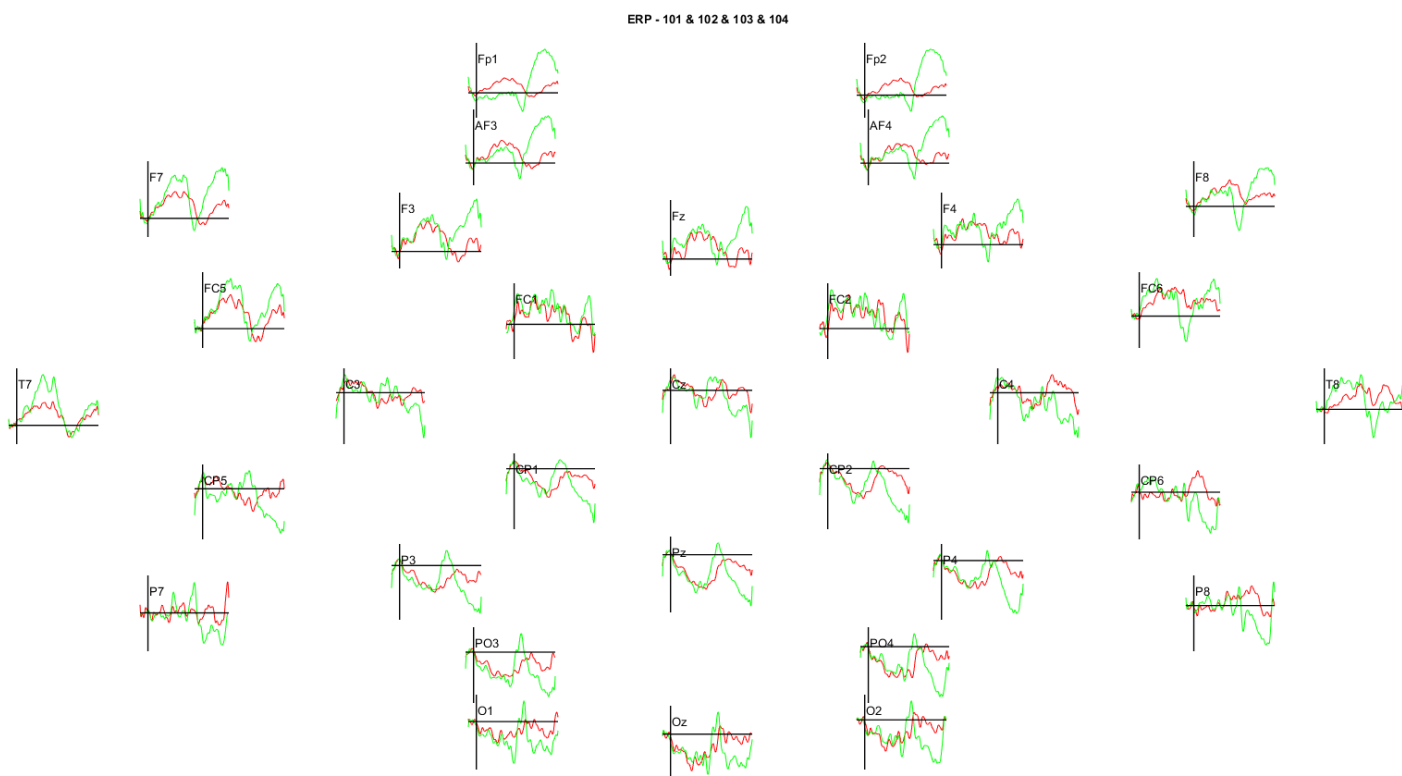
Kromě výše zmíněných EEG záznamů byly z experimentu získávána také behaviorální data v excelovém formátu CSV. V těch byly podrobně zapsány všechny informace o podobě vzhledu každého eventu a také reakcích probandů na ně.

Z těchto dat bylo nutné získat a analyzovat průměrný čas odpovědí monolingvní a bilingvní skupiny. Kromě reakčního času nás zajímala chybovost v odpovědích, což znamená eventy 201, 202, 203 a 204. Ta byla porovnávána jak vzájemně mezi skupinami, tak bylo zjišťováno, zda byl některý z prezentovaných eventů chybovější než ostatní.

10 VÝSLEDKY

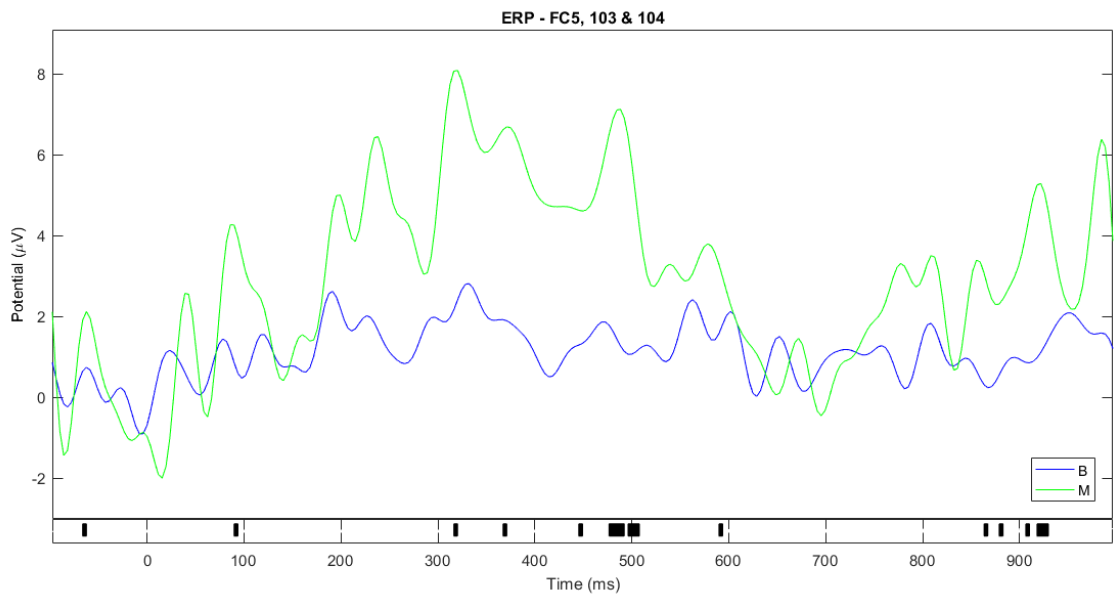
10.1 EEG data

Jako první byla analyzována všechna data z elektroencefalografických záznamů za pomoci FDR korekce. Abychom z analyzovaných dat mohli dostat ERP komponenty, bylo třeba stanovit časový limit, ve kterém se vyskytují, tzn. v našem případě -100 – 1000 ms. Všechna následující data jsou zobrazena již s p-hodnotou větší než 0,05. K potvrzení nebo vyřazení první hypotézy bylo třeba porovnat všechny odpověďové ERP komponenty mezi bilingvní a monolingvní skupinou a toto porovnání je k vidění na obrázku č. 6, kde je vidět statisticky signifikantní rozdíl v ERP mezi skupinami, čímž **zamítáme nulovou hypotézu H₁₀ a přijímáme alternativní hypotézu H₁**.



Obrázek 6 - Přehled všech elektrod u všech eventů (bilingvní - červená, monolingvní - zelená)

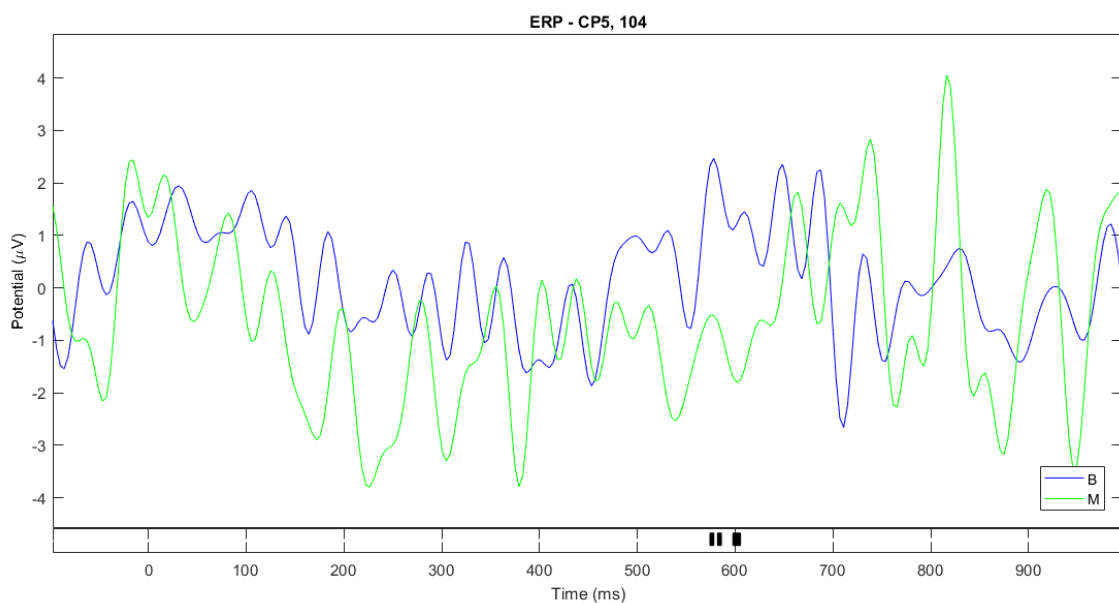
V rámci interpretace je velmi zajímavé se podrobněji zaměřit na elektrodu FC5, která se nachází v blízkosti Brocovy arey. Nejzajímavější výsledek obsahovaly odpověďové eventy 103 a 104, při kterých bylo zobrazeno X (viz. obrázek č. 7).



Obrázek 7 - Elektroda FC5 při eventu 103 a 104 - porovnání monolingvní (M) a bilingvní (B) skupiny

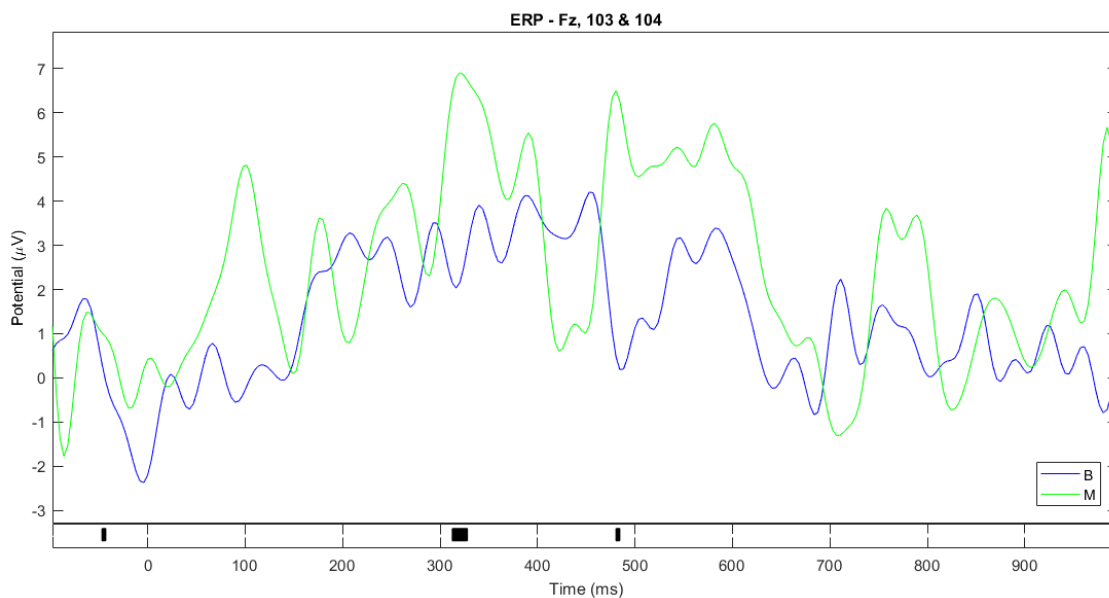
Na této elektrodě je znatelný statisticky signifikantní rozdíl v ERP komponentě P300, která se objevuje při diskriminaci různých stimulů, především u těch auditorních. Je také možné pozorovat nejspíše komponentu P600, která se také objevuje v lingvistických zpracováních, především u syntaktických anomálií. (Sur & Sinha, 2009)

Jako další elektroda, na které se objevil signifikantní rozdíl v pozdní komponentě P600, byla CP5. Tento rozdíl byl znatelný především u posledního eventu odpovědi 104, který přišel po deviantu s distraktorem (viz. obrázek č. 8).



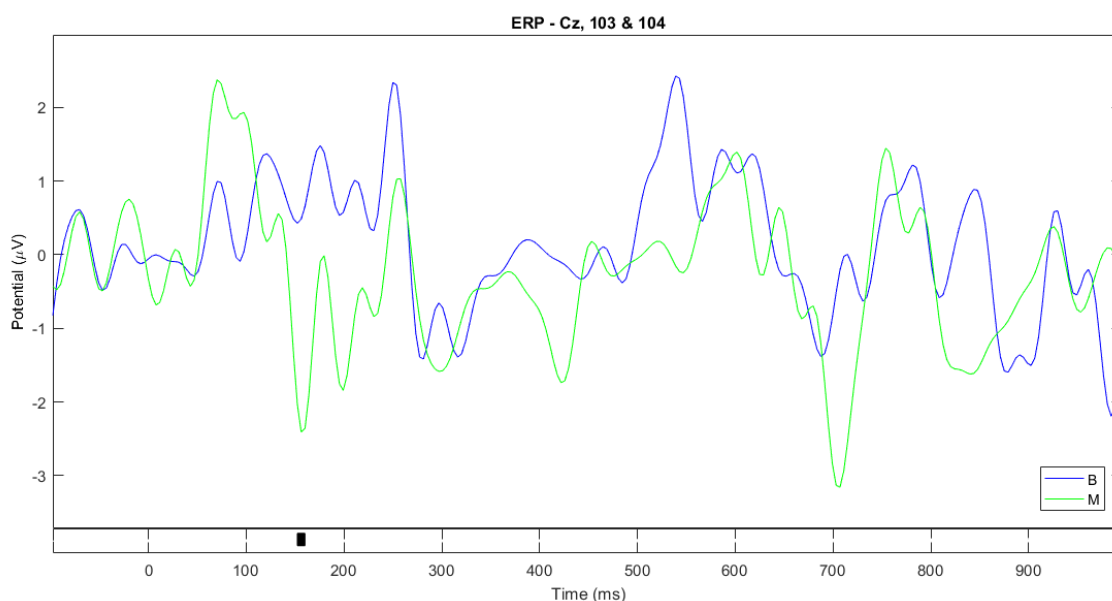
Obrázek 8 - Elektroda FC5 při eventu 104 - porovnání monolingvní (M) a bilingvní (B) skupiny

Další zajímavé elektrody byly Fz a Cz, na kterých se při eventech 3 a 4 objevily určité statistické signifikantní rozdíly mezi bilingvní a monolingvní skupinou. U elektrody Fz se jednalo především o opět znatelné komponenty N300 a P300 (viz. obrázek č. 9).



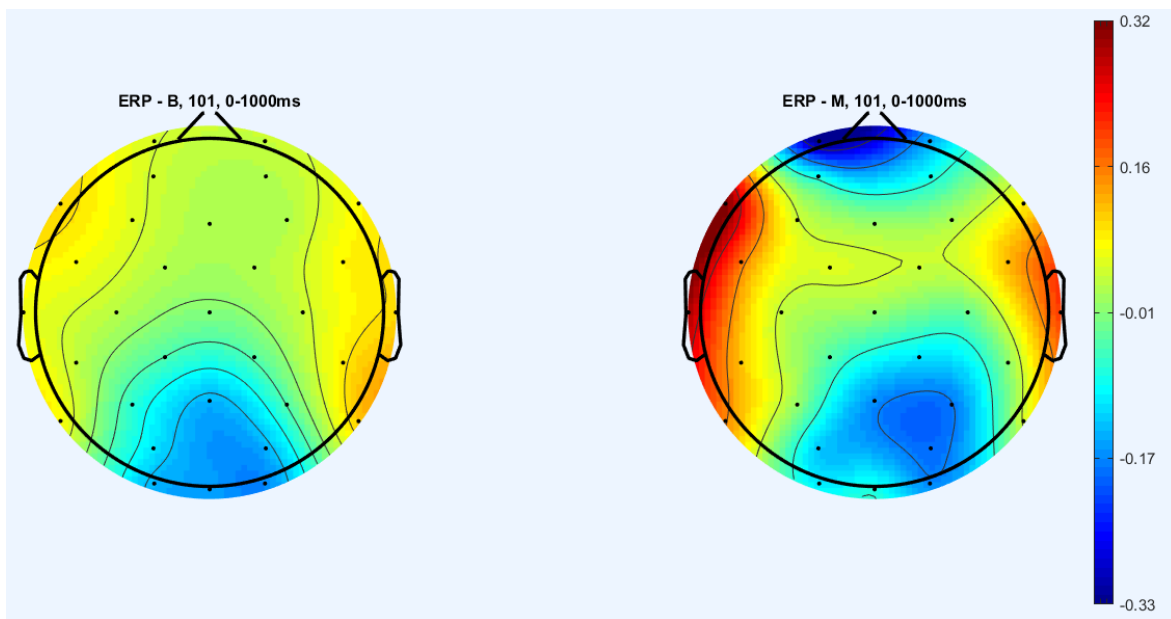
Obrázek 9 - Elektroda Fz při eventech 103 a 104 - monolingvní (M) a bilingvní (B) skupina

Za velmi zajímavý výsledek lze považovat analýzu elektrody Cz, na které se neobjevily statisticky signifikantně rozdílné komponenty P300 a N300, ale zato ERP vlna N100, která by se měla vyskytovat u neočekávaných podnětů v časovém okně 90 – 200 ms. Je popisována jako orientační odpověď nebo proces porovnávání s předchozím známým stimulem. (Sur & Sinha, 2009)

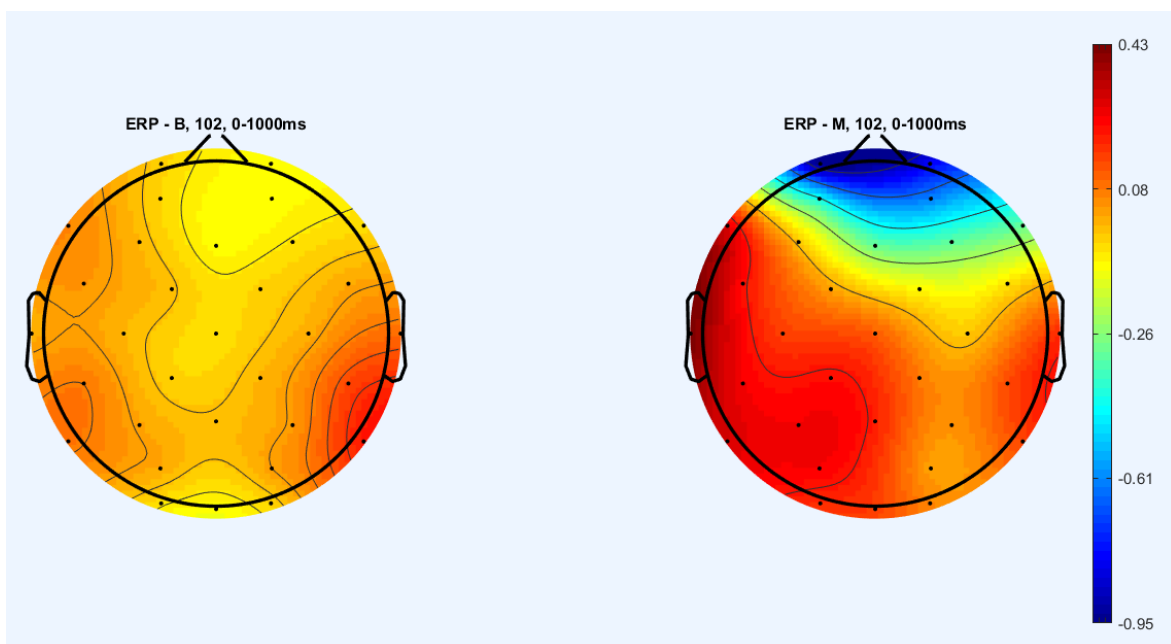


Obrázek 10 - Elektroda Cz při eventech 103 a 104 - monolingvní (M) a bilingvní (B) skupina

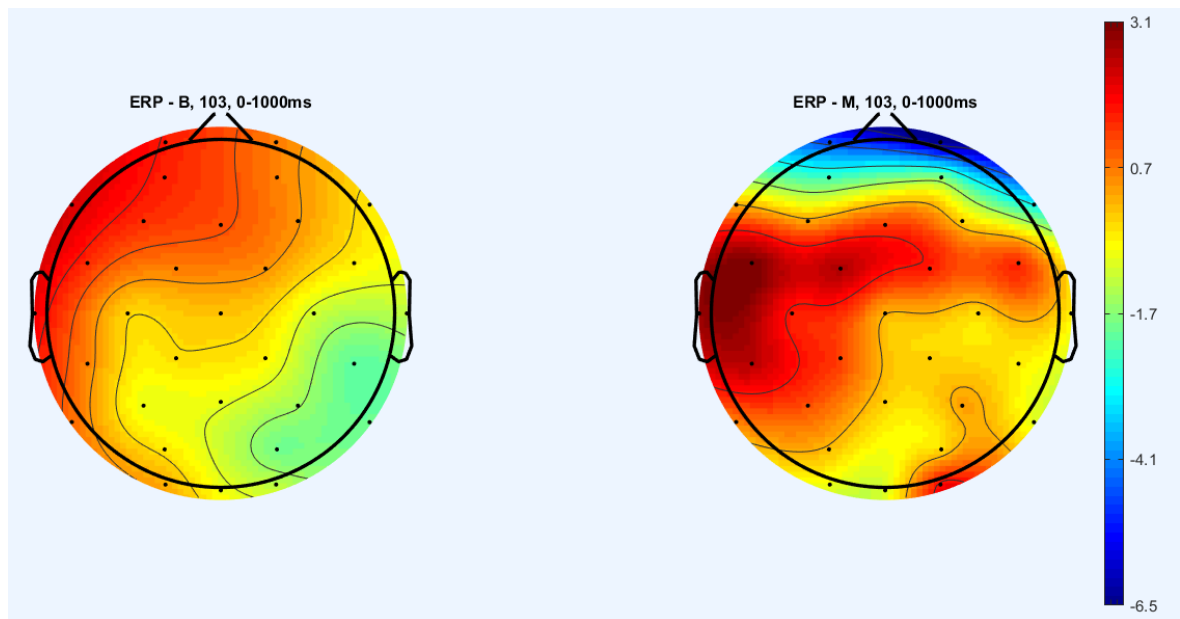
Velmi zajímavé výsledky přinesla také topografie porovnávající aktivitu v různých částech skalpu. Na obrázku č. 11 lze pozorovat rozdíly u bilingvní (B) a monolingvní (M) skupiny, kdy bilingvní skupina při takovýchto úkolech vykazuje nižší aktivitu v daných lingvistických oblastech, především u eventů 102 a 104, které obsahovaly distraktor. Je ale třeba vzít v potaz, že se zde objevuje i nežádoucí aktivita očních pohybů, také jsou znatelné pohybové artefakty a též topografický model mění výskyt leváků ve vzorku. Přesto je znatelná rozdílná aktivita především v místech Brocovy oblasti.



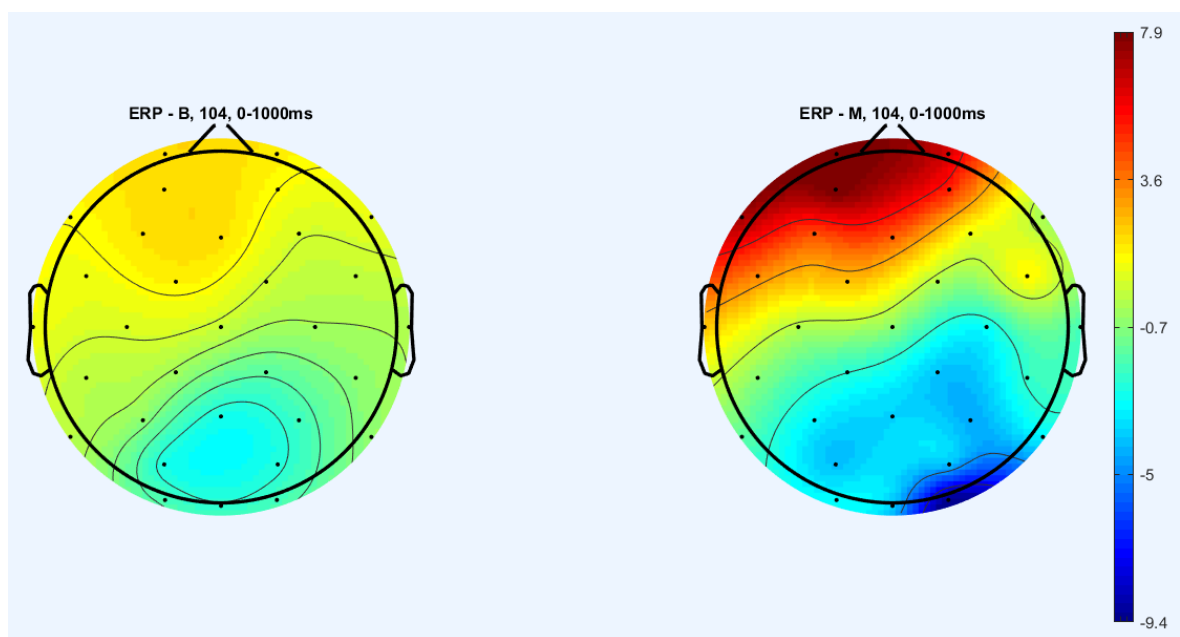
Obrázek 11 - Topografický model bilingvní (B) a monolingvní (M) skupiny - event 101



Obrázek 12 - Topografický model bilingvní (B) a monolingvní (M) skupiny - event 102



Obrázek 13 - Topografický model bilingvní (B) a monolingvní (M) skupiny - event 103

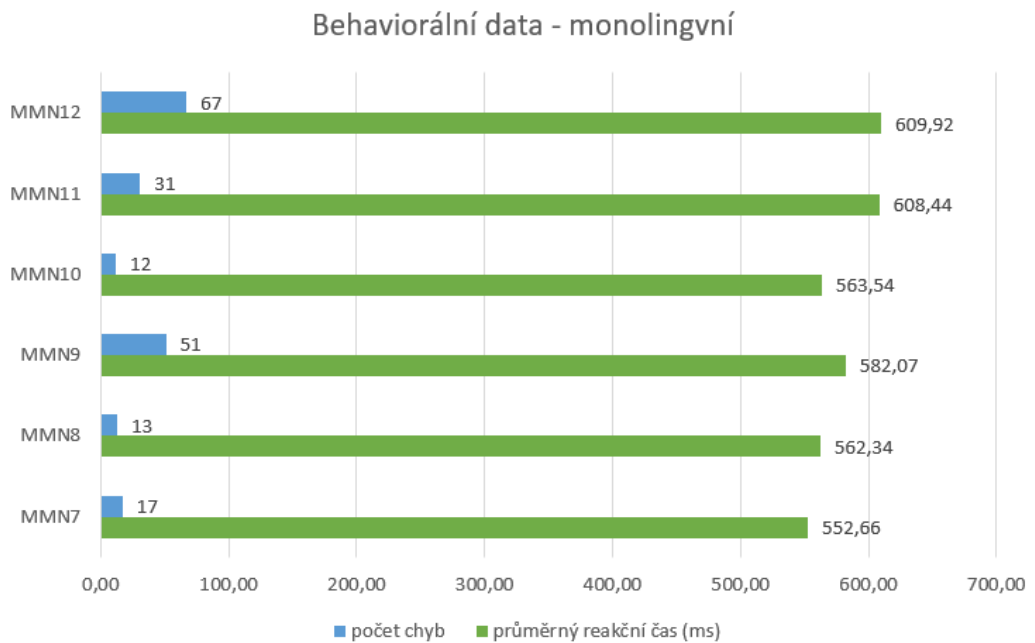


Obrázek 14 - Topografický model bilingvní (B) a monolingvní (M) skupiny - event 104

10.2 Behaviorální data

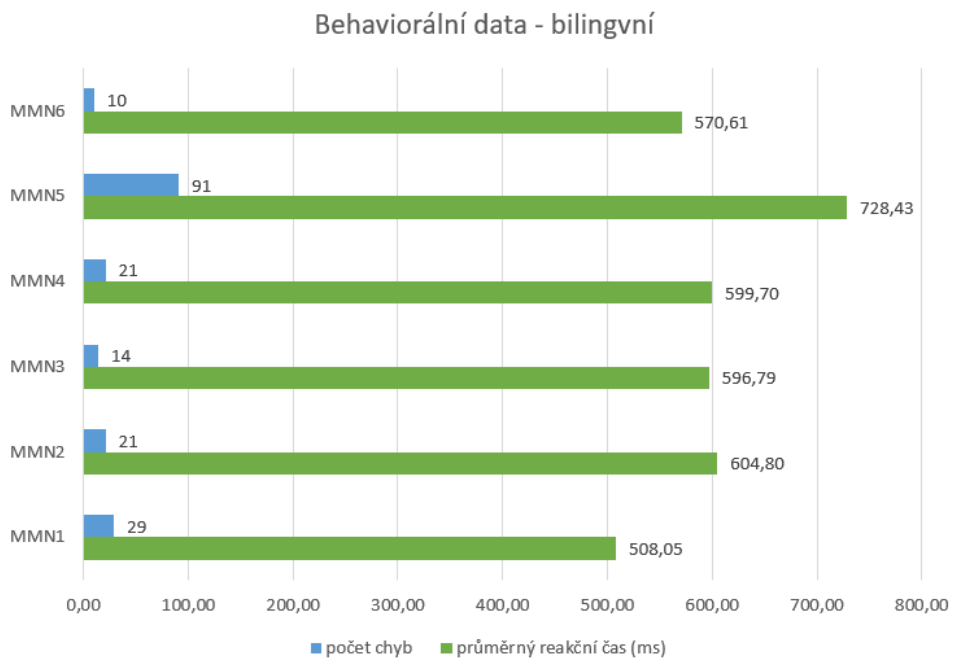
Všechna behaviorální data byla získávána během nahrávání EEG signálu, zatímco subjekty plnily experimentální task. Tato data v excelovém souboru CSV obsahují mimo jiné reakční časy u všech odpovědí a také správné a špatné odpovědi. Vzhledem k malému vzorku byly zprůměrovány u každého participanta reakční časy a vypsány počet chybných

odpovědi pomocí excelových funkcí. V prvním grafu je zobrazena monolingvní skupina se vzájemným porovnáním času reakce a počtem chyb.



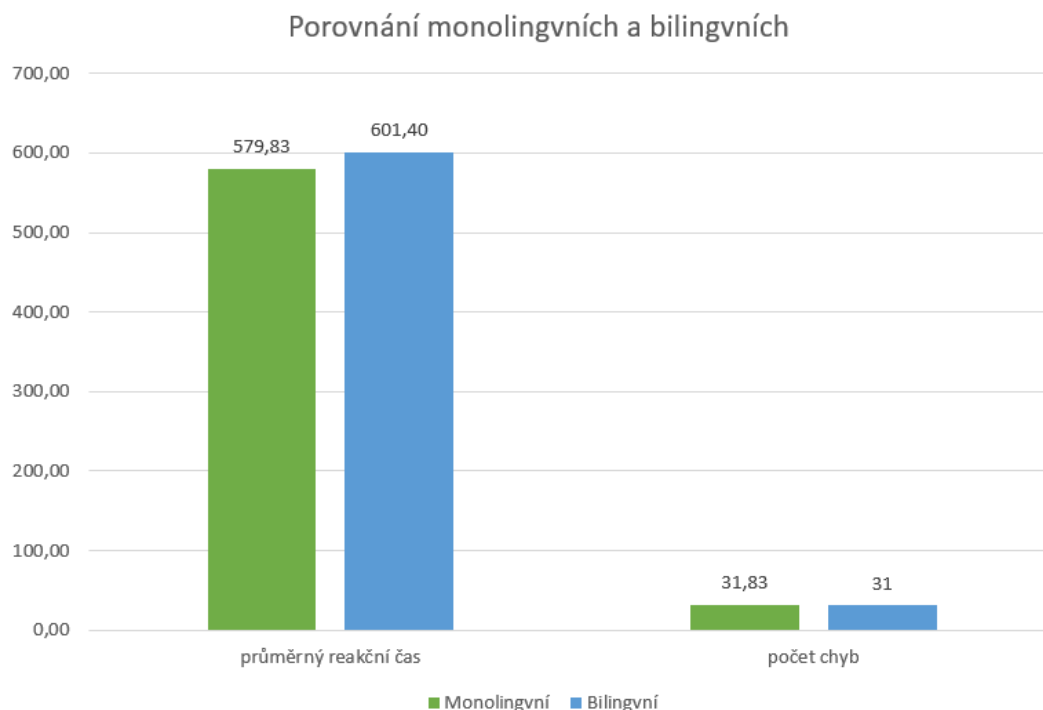
Graf 1 - Monolingvní behaviorální data

Další graf obsahuje stejné hodnoty, ale získané z behaviorálních dat bilingvní skupiny.



Graf 2 - Bilingvní behaviorální data

Výsledný graf zobrazuje porovnání těchto zprůměrovaných výsledků mezi bilingvní a monolingvní skupinou. Ovšem jedná se pouze o exaktní data, jejich statistické zpracování uvádím dále.



Graf 3 - Behaviorální data obou skupin

Výsledky obou skupin byly poté porovnávány pomocí Pearsonova testu v programu Excel, kde vyšla signifikantní pozitivní korelace u obou skupin (viz. tabulka č. 4). Tedy čím delší reakční časy jednotlivci ve skupině měli, tím větší byl počet udělaných chyb.

Monolingvní	Bilingvní
0,786886364	0,7627563

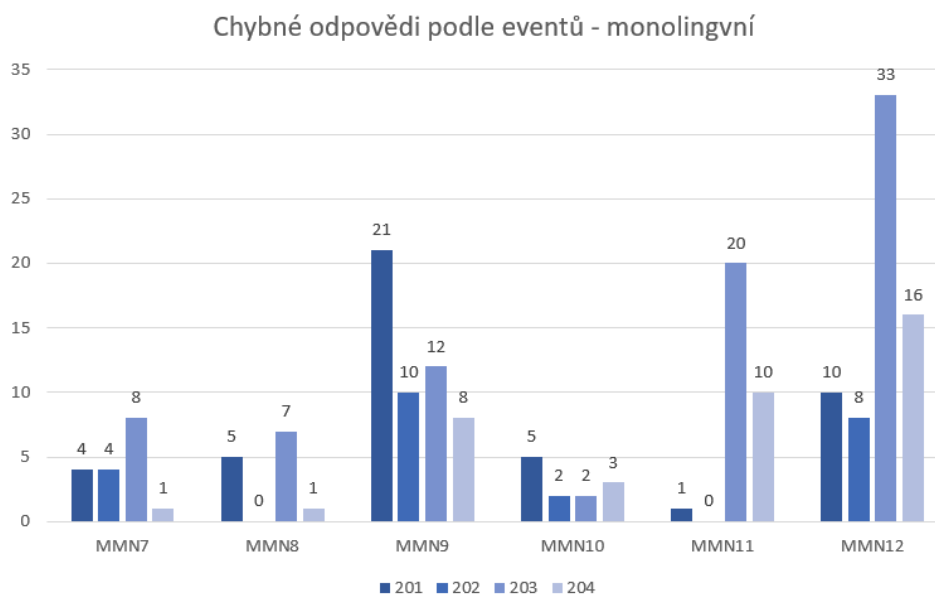
Tabulka 4 - Pearson – hodnoty korelace u monolingvní a bilingvní skupiny

Poté byl zjišťován statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami v celkovém průměrném reakčním čase a v počtu chybných odpovědí, výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 5. U počtu chybných odpovědí vyšla p-hodnota $> 0,05$, tím pádem byla **potvrzena nulová hypotéza H₂₀** a **zamítnuta alternativní hypotéza H₂**. Ovšem u průměrných reakčních časů vyšla p-hodnota $< 0,05$, a tak můžeme **zamítnout nulovou hypotézu H₇₀** a **potvrdit alternativní hypotézu H₇**. Musíme mít ale na paměti, že se jedná o malý vzorek, takže se tato data ještě nedají generalizovat.

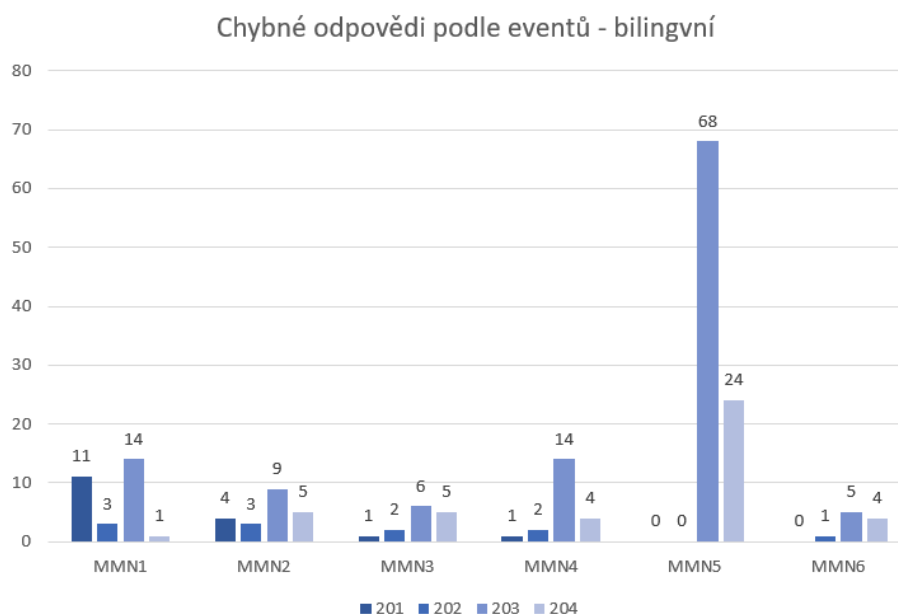
Chyby	Časy
0,549156	0,034728851

Tabulka 5 - P-hodnoty průměrných časů a počtu chyb

Jako další byly porovnávány špatné odpovědi podle jednotlivých eventů, po kterých se objevily. Chybná odpověď 201 se objevila po eventu 1, to znamená po standardu bez distraktoru (viz. tabulka č.1), chybná odpověď 202 po eventu 2 (standard s distraktorem), 203 po eventu 3 (deviant bez distraktoru) a 204 po eventu 4 (deviant s distraktorem).

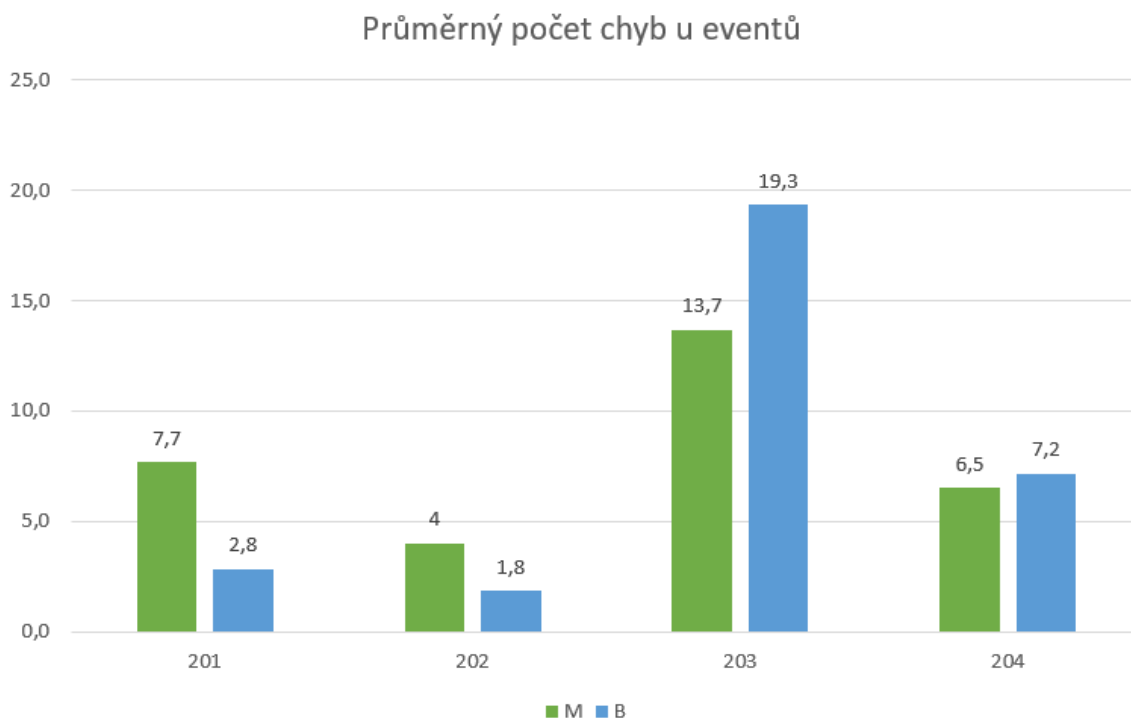


Graf 4 - Chybné odpovědi podle eventů u monolingvních



Graf 5 - Chybné odpovědi podle eventů u bilingvních

Jako poslední byly z těchto hodnot vytvořeny průměry a byly umístěny do jednoho grafu, kde je vidět srovnání chybovosti mezi monolingvními a bilingvními.



Graf 6 - Průměrný počet chyb u jednotlivých eventů monolingvní (M) a bilingvní (B)

Již z těchto dat je jasné, že v chybovosti u eventů 3 a 4 byli bilingvní probandí horší než monolingvní, což znamená že **potvrzujeme nulovou hypotézu H5₀ a zamítáme alternativní hypotézu H5** a zároveň také **potvrzujeme nulovou hypotézu H6₀ a zamítáme alternativní hypotézu H6**.

Abychom mohli posoudit správnost hypotéz H3 a H4, musela být zjištěna p-hodnota u chybného eventu 201 a 202 mezi monolingvní a bilingvní skupinou. U eventu 201 vyšla p-hodnota $> 0,05$, takže **potvrzujeme nulovou hypotézu H3₀ a zamítáme alternativní hypotézu H3**. Pokud se jedná o event 202, byl ale výsledek jiný. P-hodnota tentokrát vyšla $< 0,05$, což znamená, že můžeme **zamítnout nulovou hypotézu H4₀ a potvrdit alternativní hypotézu H4** a p-hodnoty obou eventů jsou uvedené v tabulce č. 6.

	201	202
P-hodnota	0,281181	0,01399

Tabulka 6 - P-hodnota eventů 201 a 202

10.3 Shrnutí výsledků

U shrnutí výsledků je třeba připomenout kapitolu 8.2, kde jsou uvedeny všechny výzkumné hypotézy. U první hypotézy byla potvrzena alternativní, tedy že byly zaznamenány statisticky signifikantní rozdíly mezi skupinami v kognitivních evokovaných potenciálech. Jako druhá byla potvrzena hypotéza nulová, která říká že neexistuje statisticky

signifikantní rozdíl v celkovém počtu chyb mezi skupinami. V rámci hypotéz o chybovosti v jednotlivých eventech byly kromě H4 potvrzeny nulové hypotézy, což znamená, že kromě eventů č. 2 nebyla zaznamenána statisticky signifikantní menší chybovost u bilingvních osob. Co se týká poslední hypotézy, tam byla potvrzena alternativní hypotéza, podle které existuje statisticky signifikantní rozdíl v průměrném reakčním čase.

11 DISKUZE

Tento experiment k bakalářské práci probíhal v prostorách Neuropsychologické laboratoře na Pedagogické fakultě JČU a CIIRC ČVUT, kde bylo k dispozici EEG zařízení Biosemi se 32 kanály. Výzkum probíhal na 6 vietnamsko-česky bilingvních a 6 česky monolingvních studentech. Obě skupiny plnily stejný design experimentu v podobě tasku s úkolem detekce písmena X, který trval přibližně 80 minut. Z tohoto experimentu byla získávána data dvojího typu – EEG nahrávky zaznamenávající mozkovou aktivitu a behaviorální data, ve kterých byly zaneseny reakční časy a správné i chybné odpovědi. Získaný EEG signál musel nejprve projít pre-processingem, aby bylo možné ho analyzovat a celá tato práce probíhala v programu MATLAB, ze kterého pak bylo možné získat grafy evokovaných potenciálů z jednotlivých elektrod. Co se týká behaviorálních dat, ta byla otevírána a analyzována v programu Excel.

Bylo sestaveno celkem 7 výzkumných hypotéz, z nichž byly zamítnuty 3 nulové hypotézy (H_{10} , H_{40} , H_{70}). Jednalo se ovšem o testování na malém vzorku, takže tato vyhodnocená data bohužel nemusí být úplně relevantní, i když v rámci kognitivních evokovaných potenciálů (H_1) se výsledky shodovaly s loňskými výzkumy na toto téma (Sochorová, 2018; Šimková, 2018).

Výsledky počtu chybných eventů naznačují (stejně jako u výše zmiňovaných loňských výzkumů) rozdíl mezi oběma skupinami, přičemž bilingvní skupina skórovala lépe, ale opět je třeba brát v potaz nízkou četnost vzorku. Dalším výsledkem, který byl opět shodný s předchozími výzkumy, byla chybovost u deviantního eventu s distraktorem, který měl probandovu pozornost odvádět, ale spíše působil jako stimulant a chybovost tedy byla výrazně nižší než u deviantního eventu bez distraktoru. Aby působil jako rušivý element, mohla by být změněna jeho frekvence nebo například trvání.

V rámci slabin experimentu je vhodné zmínit například jeho samotnou délku (přibližně 70 – 75 minut čistého času tasku). Ze zpětných vazeb od drtivé většiny probandů je zřejmé, že by ocenili kratší experiment, jelikož tento byl podle jejich slov svou délkou opravdu velmi namáhavý na pozornost. Tento jev byl bohužel poté znatelný i v naměřených EEG záznamech, kde byl vidět větší počet mrknutí s přibývajícím časem, zvyšující se počet vln alfa (jako znak únavy) a obecně více pohybových a svalových artefaktů, což znamenalo více nepoužitelných částí záznamu.

Když se tyto EEG záznamy analyzovaly, byly nalezeny statisticky signifikantní rozdíly mezi monolingvní a bilingvní skupinou především v lingvistických oblastech mozku, což bylo očekávaným výstupem. Samozřejmě je třeba znovu zmínit malý počet probandů, který měl přispět především k rozšíření vzorku v rámci většího výzkumu bilingvních osob, do kterého mohou přispět i další výzkumníci během vypracování svých vlastních prací.

Co se týká kognitivních evokovaných potenciálů, bylo zjištěno, že bilingvní osoby nemusí vyvinout takovou aktivitu jako monolingvní v rámci plnění tohoto typu kognitivních úloh, což je vidět především na topografickém modelu (obrázky č. 11 – 14). Na tomto modelu se ovšem vyskytují i určité nežádoucí artefakty, které mohou zkreslovat interpretaci, ale přesto je zde zřejmá požadovaná rozdílná aktivita v Brocově oblasti. Tento jev by se dal interpretovat tak, že bilingvní osoby již od malička musí být schopny přepínat mezi dvěma různými jazyky a toto přepínání musí být v podstatě okamžité, jejich mozek se tedy z důvodu úspory energie mohl naučit na tento typ úkolu nevyvíjet takovou aktivitu, a přesto jej plnit stejně dobře, ne-li správněji. Tím se dá vysvětlit, proč se tyto rozdíly objevují právě u elektrod na lingvistických oblastech mozku, jelikož takto „vycvičené“ jsou právě oblasti zpracovávající jazyk a řeč. Také by tato interpretace mohla být vysvětlením pomalejšího nástupu ERP komponent u bilingvních osob.

Aby bylo možné s jistotou potvrdit naměřené hodnoty, je jistě třeba provést další výzkumy s větším počtem participantů a určitě by také bylo zajímavé zahrnout do vzorku různé jazykové skupiny. Také bych pro další výzkumy doporučila nějakým způsobem modifikovat samotný experimentální task, aby byl kratší, případně i s různými proměnnými během samotného plnění, což by mohlo přispět k lepší čistotě získaných EEG záznamů a větší zainteresovanosti probandů.

12 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce s názvem „*EEG ERP inhibiční reakce selektivní pozornosti u bilingvních osob*“ zahrnuje ve své teoretické části základní informace ke všem důležitým aspektům jazyka, jeho vývoje a neuropsychologického zakotvení. Zasahuje jak do neuropsychologie, vývojové psychologie, obecné psychologie, tak ale i například do kognitivní psychologie a psycholingvistiky. V praktické části je poté zaznamenáno vyhodnocení a analýza všech získaných dat, která jsou podrobně popsána.

Za cíl této práce bylo dáno nalézt kognitivní rozdíly mezi monolingvní a bilingvní skupinou, konkrétně co se týká selektivní pozornosti a inhibiční reakce. Tyto rozdíly se měly odrazit jak v evokovaných potenciálech, tak i v reakčním čase a celkové chybovosti subjektů, což bylo ale z větší části falzifikováno. Pro další výzkumy ovšem bylo určitě zajímavé zjištění, že se tato kognitivní výhoda (stejně jako u výše zmíněných studií) objevila v analýze kognitivních evokovaných potenciálů v lingvistických oblastech mozku.

Tento experiment rozhodně považuji za pozoruhodný a určitě hodný dalšího zkoumání. Při rozsáhlejším vzorku by v budoucnu mohl přinést zajímavé a lépe prokazatelné výsledky.

13 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Atkinson, R. L. (2003). *Psychologie*. Praha: Portál.

Blažek, V. (2004). *Stručný přehled neuropsychologie a psychobiologie: antropologie chování 3*. Plzeň: Západočeská univerzita.

Bühler, K. (1934). Sprachtheorie: Die Darstellungsfunktion der Sprache. In Blažek, V. (2004). *Stručný přehled neuropsychologie a psychobiologie: antropologie chování 3* (s. 24-25). Plzeň: Západočeská univerzita.

Byers-Heinlein, K., Burns, T. C. & Werker, J. (2010). The roots of biligualism in newborns. *Psychological Science*, 21 (3), 343-348.

Cong, F., Ristaniemi, T. & Lyytinen, H. (2015). *Advanced signal processing on brain event-related potentials: Filtering ERPs in time, frequency and space domains sequentially and simultaneously*. World Scientific Publishing Co.

Faber, J. (1997). *EEG Atlas do kapsy*. Praha: Triton.

Faber, J. (2001). *Elektroencefalografie a psychofyziologie*. ISV.

Frank, S. L., Otten, L. J., Galli, G., Vigliocco, G. (2015). The ERP response to the amount of information conveyed by words in sentences. *Brain & Language*, 140, 1-11. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093934X14001515?via%3Dihub>

Glucksberg, S. (1988). Language and thought. In Sternberg, R. J. (2009). *Kognitivní psychologie*. Praha: Portál.

Harding-Esch, E. & Riley, P. (2008). *Bilingvní rodina*. Praha: Portál.

Imai, M. (2017). *Jazyk a myšlení*. Praha: Karolinum.

Jech, R. (1999). *Kognitivní evokované potenciály*. Přednáška na 36. pracovním semináři neuropsychologů. In Kulišťák, P. (2011). *Neuropsychologie*. Praha: Portál.

Koukolík, F. (2012). *Lidský mozek: funkční systémy, norma a poruchy*. Praha: Galén.

- Koukolík, F. (2014). *Mozek a jeho duše*. Praha: Galén.
- Kulišťák, P. (2011). *Neuropsychologie*. Praha: Portál.
- Love, R. J. & Webb W. G. (2009). *Mozek a řeč: neurologie nejen pro logopedy*. Praha: Portál.
- McLaughlin, B. (1978). Second language acquisition in childhood. In Murphy, V. A. (2014). *Second language learning in the early school years: Trends and contexts*. Oxford University Press.
- Murphy, V. A. (2014). *Second language learning in the early school years: Trends and contexts*. Oxford University Press.
- Näätänen, R. & Kreegipuu, K. (2012). The mismatch negativity (MMN). *The Oxford Handbook of Event-Related Potential Components*. 123, 424-458.
- Nakonečný, M. (1997). *Encyklopedie obecné psychologie*. Praha: Academia.
- Pisoni, D. B., Nusbaum, H. C., Luce, P. A. & Slowiaczek, L. M. (1985). Speech perception, word recognition and the structure of the lexicon. *Speech Communication*, 4, 75-95.
- Pliatsikas, C., Moschopoulou, E. & Saddy, J. D. (2015). The effects of bilingualism on the white matter structure of the brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112 (5) 1334-1337. Dostupné z: <https://www.pnas.org/content/112/5/1334>
- Pokorný, J. (2010). *Lingvistická antropologie: jazyk, mysl a kultura*. Praha: Grada.
- Průcha, J. (2011). *Dětská řeč a komunikace: Poznatky vývojové psycholingvistiky*. Praha: Grada.
- Seidl, Z. (2015). *Neurologie pro studium i praxi*. Praha: Grada.
- Snow, C. E. & Ferguson C. A. (1977). Talking to children: Language input and acquisition. In Průcha, J. (2011). *Dětská řeč a komunikace: Poznatky vývojové psycholingvistiky*. Praha: Grada.
- Sochorová, M. (2018). *EEG ERP inhibiční reakce selektivní pozornosti u bilingvních osob*. (Bakalářská práce). České Budějovice: PF JČU.

- Solms, M. & Turnbull, O. (2014). *Mozek a jeho vnitřní svět: Úvod do neurovědy subjektivní zkušenosti*. Praha: Portál.
- Stein, M., Winkler, C, Kaiser, A. & Dierks, T. (2014). Structural brain changes related to bilingualism: does immersion make a difference? *Frontiers in Psychology*. 5 (1116).
Dostupné z: <http://www.frontiersin.org/Journal/10.3389/fpsyg.2014.01116/abstract>
- Sternberg, R. J. (2009). *Kognitivní psychologie*. Praha: Portál.
- Sur, S., Sinha, V. K. (2009). Event-related potential: An overview. *Industrial Psychiatry Journal*. 18, 70-73. Dostupné z: <http://www.industrialpsychiatry.org/text.asp?2009/18/1/70/57865>
- Szychowska, M., Eklund, R., Nilsson, M. E., & Wiens, S. (2017). Effects of sound pressure level and visual perceptual load on the auditory mismatch negativity. *Neuroscience Letters*, 640, 37-41.
- Šimek, J., Stein, J. (1969). Jak číst encephalogram. In Faber, J. (2001). *Elektroencefalografie a psychofyziologie*. ISV.
- Šimková, K. M. (2018). *Vietnamsko-česky bilingvní adolescenti na EEG – zjišťování efektu bilingvnosti na kognitivní výhodu*. (Bakalářská práce). České Budějovice: PF JČU.
- Vágnerová, M. (2008). *Vývojová psychologie I.: dětství a dospívání*. Praha: Karolinum.
- Vágnerová, M. (2012). *Vývojová psychologie: dětství a dospívání*. Praha: Karolinum.
- Vojtěch, Z. et al. (2005). *Atlas elektroencefalografie dospělých*. Praha: Triton.
- Volterra, V. & Taeschner, T. (1978). The acquisition and development of language by bilingual children. *Journal of Child Language* 5, 311-326.
- Wallisch, P., Lusigan, M. E., Benayoun, M. D., Baker, T. I., Dickey, A. S., Hatsopoulos, N. G. (2014). *MATLAB for neuroscientists: An introduction to scientific computing in MATLAB*. Elsevier: Academic Press.
- Watson, I. (2002). Convergence in the brain: how bilinguals' sound systems are and aren't independent. In Jones, M., Esch, E. (2002). *Language change: the interplay of internal,*

external and extra-linguistic factors. Contributions to the Sociology of Language Series. Berlin: Mouton.

Wiens, S., Szychowska, M., & Nilsson, E. M. (2016). Visual task demands and the auditory mismatch negativity: An empirical study and a meta-analysis. *Plos One*, 11(1). Dostupné z: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0146567>

Wiens, S., Szychowska, M., Eklund, R., & Nilsson, E. M. (2017a). Data on the auditory duration mismatch negativity for different sound pressure levels and visual perceptual loads. *Data in Brief*, 11, 159-164. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340917300264?via%3Dihub>

Wiens, S., Szychowska, M., Eklund, R., & Nilsson, E. M. (2017b). Effects of sound pressure level and visual perceptual load on the auditory mismatch negativity. *Neuroscience letters*, 640, 37-41. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304394017300010?via%3Dihub>

Yip, V. & Matthews, S. (2007). *The bilingual child: early development and language contact*. Cambridge University Press.

14 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

14.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Pohled na mozkové hemisféry shora (Love & Webb, 2009).....	20
Obrázek 2 – Laterální pohled na levou mozkovou hemisféru (Love & Webb, 2009)	21
Obrázek 3 – Primární jazykové a asociační arey kortexu (Love & Webb, 2009)	21
Obrázek 4 - Frekvenční pásma (dostupné z: https://raphaelvallat.com/images/tutorials/bandpower/brain_waves.png).....	28
Obrázek 5 - Lokalizace elektrod (Faber, 2001)	29
Obrázek 6 - Přehled všech elektrod u všech eventů (bilingvní - červená, monolingvní - zelená).....	43
Obrázek 7 - Elektroda FC5 při eventu 103 a 104 - porovnání monolingvní (M) a bilingvní (B) skupiny	44
Obrázek 8 - Elektroda FC5 při eventu 104 - porovnání monolingvní (M) a bilingvní (B) skupiny.....	44
Obrázek 9 - Elektroda Fz při eventech 103 a 104 - monolingvní (M) a bilingvní (B) skupina	45
Obrázek 10 - Elektroda Cz při eventech 103 a 104 - monolingvní (M) a bilingvní (B) skupina	45
Obrázek 11 - Topografický model bilingvní (B) a monolingvní (M) skupiny - event 101 .	46
Obrázek 12 - Topografický model bilingvní (B) a monolingvní (M) skupiny - event 102 .	46
Obrázek 13 - Topografický model bilingvní (B) a monolingvní (M) skupiny - event 103 .	47
Obrázek 14 - Topografický model bilingvní (B) a monolingvní (M) skupiny - event 104 .	47

14.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Presentované eventy	35
Tabulka 2 - Bilingvní participanti.....	37
Tabulka 3 - Monolingvní participanti	37
Tabulka 4 - Pearson – hodnoty korelace u monolingvní a bilingvní skupiny	49
Tabulka 5 - P-hodnoty průměrných časů a počtu chyb	49
Tabulka 6 - P-hodnota eventů 201 a 202	51

14.3 Seznam grafů

Graf 1 - Monolingvní behaviorální data	48
Graf 2 - Bilingvní behaviorální data	48

Graf 3 - Behaviorální data obou skupin.....	49
Graf 4 - Chybné odpovědi podle eventů u monolingvních.....	50
Graf 5 - Chybné odpovědi podle eventů u bilingvních.....	50
Graf 6 - Průměrný počet chyb u jednotlivých eventů monolingvní (M) a bilingvní (B).....	51

15 PŘÍLOHY



Měřicí protokol EEG studie

NEUROLAB, Neuropsychologická laboratoř KPE JU

Typ studie: EEG 32 kanálů EEG 64 kanálů Behaviorální Eye-tracker

Název studie: _____ ID: _____ EEG čepice: S / (M) / L

Vyplňuje participant výzkumu

Datum měření: _____ Věk: _____ Hodin spánku: _____

Pohlaví: muž žena Korekce zraku: _____ Pravák / levák: _____

Souhlasím s dobrovolnou účastí na této studii bez nároku na odměnu. Máte právo kdykoli bez udání důvodu svou účast na studii ukončit. Vaše osobní údaje slouží pouze pro zpracování dat ve studii. Tato data neposkytujeme dalším stranám a vaše záznamy jsou anonymní.

Datum: _____ Podpis: _____

Požaduji zaslat výsledky studie:
Pokud chcete zaslat výsledky studie, vyplňte svou emailovou adresu.

E-mail: _____

Vyplňuje experimentátor

Měření provedl/a: _____ Název souboru BDF: _____

Kvalita signálu: _____ Elektrody k vyloučení: _____
Největší hodnota odporu

Poznámky:
Uvedte jakékoli odchylky od standardního protokolu experimentální metody.



**Informovaný souhlas dobrovolníka s účastí na výzkumném projektu bakalářské práce
„EEG ERP inhibiční reakce selektivní pozornosti u bilingvních osob“**

Vedoucí práce: Mgr. Michala Plassová

Experimentátor: Nikola Janoušková

Kontakt: n.janouskova@post.cz, tel: 702 023 329

Experiment se skládat z jednoho setkání:

Setkání zahrnuje měření na elektroencefalografu (EEG). Jde o bezpečnou a nebolestivou metodu. Toto setkání trvá zhruba dvě hodiny. Není nutná žádná zvláštní příprava.

Podmínky účasti dobrovolníků:

- 1) Dobrovolnost: Účast v projektu je zcela dobrovolná, a je možné ji kdykoliv zrušit bez udání důvodu.
- 2) Anonymita: Pokud se projektu zúčastníte, veškeré informace o Vás budou považovány za důvěrné a v projektu budete vystupovat pod kódem, jehož spojení s Vaší osobou budou znát pouze jmenovaní členové týmu. Pokud budou výsledky studie publikovány, bude to výhradně způsobem, u něž není možné určit žádné informace o konkrétním účastníku studie.
- 3) Informovanost: Jakýkoliv Váš dotaz týkající se použité metody i účelu výzkumu Vám bude zodpovězen členy experimentálního týmu.

Já, (jméno, příjmení, datum narození, e-mail) souhlasím s účastí v tomto projektu jako dobrovolník za výše popsaných podmínek a zároveň souhlasím se zpracováním svých osobních údajů (jméno a příjmení, kontakt) pod dobu trvání výše uvedeného výzkumného projektu pro účely komunikace.

Datum a podpis účastníka

Podpis experimentátora



NEUROPSYCHOLOGICKÝ VÝZKUM

Vietnamsko-česky bilingvních

HLEDÁME VIETNAMSKO-ČESKÉ
BILINGVNÍ DOBROVOLNÍKY, KTERÍ BY
SE CHTĚLI
ZAPOJIT DO NEUROPSYCHOLOGICKÉHO
VÝZKUMU PROBÍHAJÍCÍHO NA
KATEDŘE PEDAGOGIKY A PSYCHOLOGIE
JIHOČESKÉ UNIVERZITY V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH.

MOŽNOST MĚŘENÍ NA
PEDAGOGICKÉ FAKULTĚ
V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH,
POPŘÍPADĚ PO
DOMLUVĚ I V PRAZE.
SLADKÁ ODMĚNA JISTÁ! ❤️



V PŘÍPADĚ ZÁJMU MĚ
KONTAKTUJTE NA MAILU:
N.JANOUSKOVA@POST.CZ

Příloha 3 - Leták