



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: Michaela Sochorová  
Vedoucí práce: Mgr. Michala Plassová

České Budějovice 2018

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 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 školitelů 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.

V Českých Budějovicích dne 25. dubna 2018

.....

## Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat především Mgr. Michale Plassové za její pomoc při vytvoření tohoto experimentu, Mgr. Michaelu Tesařovi za naprogramování experimentu a technickou podporu, Mgr. Tomáši Mrhálkovi a Bc. Jakobovi Staňkovi za jejich ochotu pomoci, vstřícnost a podnětné konzultace. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Evě Hovorkové, Ph.D. za zprostředkování několika kontaktů na bilingvní osoby, z nichž se některé našeho výzkumu zúčastnily. Poděkování také patří Kateřině Marii Šimkové, mé kolegyni ve výzkumu, která mi byla po celou dobu oporou a sdílela se mnou vše dobré i zlé. Za podporu děkuji také panu Mgr. Zbyňku Bohdalovi. Největší poděkování patří všem účastníkům našeho výzkumu, bez kterých by tato práce nikdy nevznikla. Děkuji za jejich ochotu a čas, který nám byli ochotni věnovat. Děkuji také všem známým a přátelům, kteří se byli ochotni zapojit do shánění bilingvních osob do vzorku. Nakonec bych ráda poděkovala své rodině, která při mně vždy stála a dávala mi sílu pokračovat v tomto výzkumu.

## **Abstrakt práce**

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

**Autor práce:** Michaela Sochorová

**Vedoucí práce:** Mgr. Michala Plassová

**Počet stran:** 92

**Počet zdrojů:** 57

## **Abstrakt:**

Tato bakalářská práce navazuje na zkoumání rozdílů v základních procesech zpracování mezi bilingvními a monolingvními osobami. Konkrétně se zabývá exekutivními funkcemi a selektivní pozorností. V teoretické části práce jsou rozpracovány věcné informace týkající se řečového vývoje, bilingvismu, elektroencefalografu a evokovaných potenciálů. Praktická část se zabývá metodologií a analýzou dat, získaných ze samotného experimentu. Náš experiment má podobu řešení úkolu detekce písmena za současného působení tónů o akustickém tlaku 76dB. Experiment využívá dvou skupin subjektů. Experimentální skupinu česko-anglicky bilingvních osob a kontrolní skupinu osob monolingvních s mateřským jazykem češtinou. Obě skupiny podstoupily stejný design experimentu. Z experimentu byly získány dva druhy dat, behaviorální a EEG data v podobě evokovaných potenciálů. Behaviorální data byla zpracovávána v programu STATISTICA pomocí neparametrických testů. EEG data byla analyzována v programu MATLAB. Výsledky ze statistických analýz behaviorálních dat neprokázaly rozdíly mezi skupinami v chybovosti či rychlosti odpovědi. Statistická analýza EEG dat ukázala signifikantní rozdíly mezi skupinami. Z důvodu malého vzorku je však velice těžké dopracovat se k jednoznačné interpretaci.

**Klíčová slova:** elektroencefalograf, kognitivní evokované potenciály, bilingvismus, selektivní pozornost, inhibiční reakce

**Abstract of thesis****Title:** EEG ERP Response Inhibition of Selective Attention in Bilinguals**Author:** Michaela Sochorová**Supervisor:** Mgr. Michala Plassová**Number of pages:** 92**Number of references:** 57**Abstract:**

This Bachelor's Degree thesis studies the difference in basic processing processes between bilinguals and monolinguals. Specifically, it examines executive functions and selective attention. In the theoretical portion, elaborated information including speech development, bilingualism, electroencephalography and even-related potentials is explored. The practical portion of the study explores the methodology and analysis of data obtained from the experiment. The function and attention experiment presents test subjects with a letter-detection task during which simultaneous tones are presented at 76 dB sound pressure level. The experiment uses two groups of test subjects. An experimental group of Czech-English bilinguals and a control group of Czech monolinguals. Both groups underwent the same experimental design. Two types of data, behavioral and EEG data in the form of even-related potentials, were collected from the experiment. Behavioral data was processed in the STATISTICA program using neparametric tests. EEG data was analyzed in the MATLAB program. Results from statistical analysis of the behavioral data did not show a difference between the subject groups in the number of errors or length of response time. Statistical analysis of the EEG data showed a significant difference between the groups; however overall, the study resulted in a difficult determination and an unclear interpretation of the results.

**Key words:** electroencephalography, even-related potentials, bilingualism, selective attention, response inhibition

## OBSAH

ÚVOD .....	9
<b>I. TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Řeč a jazyk .....</b>	<b>12</b>
1.1. Definice řeči .....	12
1.1. Definice jazyka.....	12
1.1.1. Jazyk a myšlení .....	13
1.2. Různé přístupy k vývoji řeči .....	14
<b>2. Vývoj řeči .....</b>	<b>16</b>
2.1. Vývoj řeči dle věku .....	16
2.2. Vývoj řeči u bilingvních dětí.....	17
2.2.1. Saundersova stádia jazykového vývoje bilingvního dítěte .....	19
2.2.2. Jevy spojené s bilingvismem .....	20
2.2.3. Možné problémy spojené s bilingvismem .....	21
<b>3. Bilingvismus .....</b>	<b>22</b>
3.1. Definice bilingvismu .....	22
3.2. Typy bilingvismu .....	23
3.2.1. Bilingvismus kolektivní a individuální .....	23
3.2.2. Bilingvismus s dominancí jednoho z jazyků a bilingvismus vyvážený.....	24
3.2.3. Bilingvismus simultánní a sekvenční.....	24
3.2.4. Bilingvismus receptivní a produktivní.....	25
3.3. Bilingvismus a kognitivní teorie .....	25
<b>4. Řeč a mozek.....</b>	<b>27</b>
4.1. Mapa jazyka a řeči v dospělém mozku .....	27
4.1.1. Brocovo motorické centrum řeči .....	27
4.1.2. Wernickeovo senzorické centrum řeči.....	28
4.1.3. Gyrus supramarginalis .....	28
4.1.4. Gyrus angularis .....	28
4.2. Neurokoreláty kognitivního zpracování u bilingvních osob .....	28
<b>5. Kognitivní procesy .....</b>	<b>30</b>
5.1. Pozornost a zpracování informací .....	30
5.1.1. Selektivní (výběrová) pozornost.....	30
5.1.1.1. Distrakce a distraktory .....	31
5.2. Exekutivní funkce .....	31
5.2.1. Inhibiční kontrola.....	32
5.2.2. Pracovní paměť .....	33
5.2.3. Kognitivní flexibilita.....	34

5.3.	Vybrané studie vlivu bilingvismu na kognitivní vývoj.....	35
<b>6.</b>	<b>Elektroencefalografie .....</b>	<b>39</b>
6.1.	Historie EEG .....	39
6.2.	Princip zařízení a funkce elektroencefalografu.....	39
6.2.1.	Snímání signálu EEG.....	40
6.2.2.	Základní frekvence EEG signálu .....	41
6.2.3.	Nejčastější artefakty EEG.....	42
6.2.3.1.	Biologické artefakty.....	43
6.2.3.2.	Interferenční artefakty.....	44
6.3.	Evokované potenciály .....	45
6.3.1.	Historie evokovaných potenciálů.....	45
6.3.2.	Druhy evokovaných potenciálů .....	46
6.3.3.	Vybrané komponenty ERP .....	47
6.3.3.1.	N2 neboli N200.....	47
6.3.3.2.	N2a neboli Mismatch negativity .....	48
6.3.3.3.	P3 neboli P300 .....	48
6.4.	Výhody a nevýhody EEG ve výzkumu.....	48
<b>II.</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>50</b>
<b>1.</b>	<b>Metodologie výzkumu .....</b>	<b>51</b>
1.1.	Cíl výzkumu .....	51
1.1.1.	Výzkumný problém .....	51
1.1.2.	Výzkumné hypotézy .....	51
<b>2.</b>	<b>Experimentální Design .....</b>	<b>53</b>
2.1.	Výzkumný vzorek .....	53
2.1.1.	Výběr a popis zkoumaných osob .....	53
2.2.	Vytvoření experimentu.....	53
2.3.	Průběh experimentu .....	55
2.4.	Popis měřicího přístroje .....	55
<b>3.</b>	<b>Metody zpracování a analýzy dat .....</b>	<b>55</b>
3.1.	Pre-processing signálu .....	55
3.2.	Analýza dat.....	57
3.2.1.	Analýza behaviorálních dat.....	57
3.2.1.1.	Zkoumání chybovosti v události (eventu) 1 .....	59
3.2.1.3.	Zkoumání chybovosti v události (eventu) 2 .....	62
3.2.1.4.	Zkoumání chybovosti v události (eventu) 3 .....	63
3.2.1.5.	Zkoumání chybovosti v události (eventu) 4 .....	66

3.2.1.6. Zkoumání rozdílů v chybovosti mezi událostmi (eventy) samostatně pro každou skupinu .....	67
3.2.1.7. Zkoumání odpověďového času ve všech událostech (eventech) mezi skupinami .....	71
3.2.2. Analýza EEG dat .....	73
3.2.2.1. Design 1 .....	73
3.2.2.2. Design 2 .....	79
<b>4. Výsledky a interpretace dat .....</b>	<b>83</b>
<b>5. Diskuze .....</b>	<b>85</b>
<b>6. Závěr .....</b>	<b>86</b>
<b>7. Seznam použité literatury .....</b>	<b>88</b>



## ÚVOD

Tato bakalářská práce vznikla na základě mého dlouhodobého zájmu o problematiku bilingvismu. S tímto jevem jsem se již déle setkávala u některých svých vrstevníků, kamarádů či spolužáků a v dnešní době globalizace se stává čím dál více aktuálním tématem. Zvědavost, kterou ve mně tento fenomén vzbudil, přetrvala i do období studia na vysoké škole. Již v letním semestru prvního ročníku Psychologie jsem na seminář Obecná psychologie II připravila na toto téma první referát. Chtěla jsem se o této problematice co nejvíce dozvědět, a tak následovala doba čtení nejrůznějších vědeckých článků, které se bilingvismem zabývaly. Naším prvotním nápadem bylo vyzkoušet na EEG paradigma Hanojské věže, která měla být také doprovázena distraktory v podobě tónů. Nakonec jsme od tohoto nápadu upustili, neboť se potýkal s metodologickými nedostatky. Poté následovalo období pročítání dalších rešerší až do doby, než se nám do rukou dostaly velmi čerstvé články staré sotva dva měsíce z jednoho velmi zajímavého švédského výzkumu. Ten také nakonec posloužil jako inspirace pro vznik tohoto experimentu. Tato bakalářská práce je tak výsledkem více než dvou let trvající usilovné práce.

V prvních třech kapitolách čtenář získá základní teoretické znalosti, které se týkají řeči, jazyka a různých přístupů k vývoji řeči, jež jsou pro danou problematiku podstatné. Tato část práce se věnuje též vývoji řeči napříč věkovými obdobími dětí a uvádí některá specifika, jež se týkají bilingvně vychovávaných dětí. Jsou zde popsány i kognitivní teorie, které se přímo vztahují k bilingvismu. Jsou zde uvedena i možná rizika spojená s bilingvní výchovou.

Čtvrtá kapitola obsahuje popis klíčových mozkových struktur pojících se k řeči a jazyku. Nemalá pozornost je zde věnována i problematice dosavadních zjištění o změnách funkcí a struktury mozku, které jsou výsledkem bilingvismu.

Pátá kapitola pojednává o kognitivních procesech s důrazem na exekutivní funkce, jež bývají nejčastěji spojovány s tzv. bilingvní výhodou, a které také jsou předmětem sledování v našem experimentu.

V poslední kapitole teoretické části jsou obsaženy údaje o elektroencefalografu, což je přístroj, který jsme použili k měření v našem experimentu. Dále jsou zde popsány evokované potenciály, jejichž odezva je zkoumána a rozebírána v praktické části.

Podstata práce spočívá v praktické části, která se věnuje podrobnému popisu našeho experimentu, výběru vzorku, cíli naší práce, výzkumnému problému, hypotézám a hlavně samotné analýze získaných dat a interpretaci výsledků. Obsahuje pokus získaná behaviorální data zpracovat a rozebrat pomocí neparametrické statistiky a EEG údaje interpretovat na

základě poznatků ze zahraničních výzkumů. Z pohledu realizace celého projektu je třeba zdůraznit jeho originalitu, novost a jedinečnost v oblasti zkoumání vlivu bilingvismu na kognici, a to zejména s ohledem na zvolený úkol detekce písma. Z dostupných odborných prací není známo, že by tuto konkrétní úlohu již někdo na bilingvních osobách testoval. Z toho však vyplývají i otázky týkající se vhodnosti zvoleného úkolu a to, zda se v něm bilingvní výhoda projeví či nikoliv.

Z hlediska dostupné literatury týkající se tohoto tématu bylo nutné maximálně čerpat ze zahraničních studií a článků, neboť výzkum této problematiky je v České republice v podstatě na začátku a věnuje se mu pouze malá skupina odborníků.

Tato práce se snaží čtenáři přiblížit problematiku bilingvismu a chce mu být průvodcem při objevování tohoto fenoménu, který s procesem globalizace stále více vyvstává do popředí. Poukazuje, jak se od názorů odborníků o jeho škodlivosti došlo až k výzkumům, které se naopak snaží dokázat jeho benefity na kognitivní vývoj jedince.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## **1. Řeč a jazyk**

### **1.1. Definice řeči**

Řeč patří mezi nejobtížnější a nejsložitější činnosti, jaké byl člověk kdy schopen. Lidská bytost může vyprodukovat v průměru až čtrnáct rozlišitelných řečových zvuků za vteřinu, pokud má za úkol co nejrychleji vyslovovat nesmyslné slabiky. Vysoká produktivita při tvorbě řeči bývá však dosažena i při běžném rozhovoru či čtení. V pozadí této komplexní koordinace artikulačního svalstva stojí enormní počet neurálních aktů. Produkce řeči je také podmíněna činností významných mechanismů na každé motorické integrační úrovni nervového systému. (Russell & Wanda, 2009)

Pravděpodobně nejpodstatnějším činitelem, který ovlivňuje vývoj této činnosti, je věk dítěte a s ním související úroveň psychické a fyzické vyspělosti, motorického, kognitivního, sociálního i jazykového vývoje. (Šulová, 2016)

Vedle mluvené řeči, jako jedné z modalit uskutečnění jazykové kompetence, existuje také znaková řeč či písmo, které jsou realizovány ve vizuálním kódu. Na druhé straně pantomimu a některé další způsoby sociální komunikace však mezi projevy jazyka nezahrnujeme. (Budíl, 1998)

Podle Plhákové (2003) je řeč jedinečná mentální činnost člověka, při které užívá jazyk především ke komunikaci a myšlení.

### **1.1. Definice jazyka**

Pro lidskou společnost je charakteristické předávání myšlenek a zkušeností mezi jejími členy. Toto vzájemné dorozumívání je umožněno právě díky jazyku. Můžeme se dorozumívat skrze písmo či zvuky tak, že volíme určité sumy znaků a skládáme je do větších celků. Souhrn znaků a pravidel jejich užívání, typický pro danou společnost, nazýváme jazyk. Skládá se z omezeného počtu slov a tvarů, i přesto však s jeho pomocí dokáže člověk vyslovit nepřeborné množství myšlenek, citů, vztahů, přání, obav i estetických prožitků. Je velikým systémem našeho vědomí, z něhož vybíráme jednotlivé prvky do svých promluv či psaných slov. (Alois Bauer, 2005)

Vymezení jazyka je velmi různorodé. Někteří autoři zdůrazňují jeho komunikační funkci, jiní naopak preferují funkci ideační nebo mentální. Otázkou je také jeho kolektivní povaha, kdy snad každý mluvčí vnímá tlak používat jazyk v souladu se všeobecně uznávanými normami, ačkoliv existuje mnoho dialektů (geografické varianty jazyka), idiolektů (individuální varianty jazyka) apod. Jazyk v nejužším slova smyslu můžeme

definovat jako systém jednotek, znaků a pravidel k tvoření promluvy, ne však jejich samotnou realizací. (Pokorný, 2009)

K tomu, aby se spolu lidé mohli běžně domluvit, je potřeba, aby se naučili tentýž jazykový systém. V mysli každého z nás je uložena slovní zásoba daného jazyka, jeho gramatika, znalosti o spojitelnosti slov, fonetické a fonologické údaje a soustavy grafémů a způsoby jejich osvojování. Pojem komunikace je ale mnohem širší, než samotné vymezení jazyka, protože zahrnuje i neverbální aspekty jako mimiku a gesta. (Nebeská, 1992)

Každý zdravý jedinec vyrůstající ve standardních podmínkách se naučí mluvit a porozumět mluvenému projevu jiných osob. I proto je jen málokterá lidská dovednost brána za tak samozřejmou, ale současně za tak záhadnou, jako je schopnost dítěte naučit se jazykový systém. Ačkoliv je lidská řeč složitým systémem symbolů, navenek se proces jejího osvojování jeví velice jednoduše a spontánně (Průcha, 2011). Z vědeckého pohledu tomu však tak není, a ačkoliv je tento jev předmětem bádání psycholingvistiky již více než sto let, stále není dokonale objasněn. (Průcha, 2011)

Na zemi se můžeme setkat s velkým počtem přirozených jazyků a dialektů. Obvykle se udává něco okolo šesti tisíc (Průcha, 2011). Toto číslo se však neustále snižuje v důsledku globalizace.

### **1.1.1. Jazyk a myšlení**

Pomocí jazyka každodenně vyjadřujeme své myšlenky, je tedy nástrojem našeho mentálního uvažování. Dokonce nám umožňuje v myšlení přesáhnout bezprostřední smyslovou zkušenost a přesunout se k čistě teoretickým, abstraktním významům. (Plháková, 2003)

Na světě existuje veliký počet různých jazyků a každý z nich užívá různých lexikonů a syntaktických struktur. Zde vyvstává zajímavá otázka, jak jazyk obecně modifikuje lidské myšlení a zda existují rozdíly v uvažování o věcech u lidí užívající odlišné jazyky. (Sternberg, 2009)

### **Sapirova-Whorfova hypotéza**

Na předešlou otázku se snaží odpovědět hypotéza jazykové relativity také zvaná Sapirova-Whorfova hypotéza.

Přímým myšlenkovým předchůdcem této teorie byl americký antropolog Franz Boas, učitel Edwarda Sapira, který jako první poukázal na rozdíly existující při vyjadřování stejného

obsahu u evropských a některých indiánských jazyků. Na něho navázal Edward Sapir, ve své době uznávaný lingvista, antropolog, etnolog a kulturní historik, který ve své práci došel k následujícím závěrům: (Černý, 1996)

Tvrdil, že lidé mluvící jinými jazyky, mají též odlišné kognitivní systémy, které je ovlivňují v uvažování o světě (Sternberg, 2009). Tento prožíváme, vidíme a slyšíme tak, jak nás k tomu predisponují naše jazykové komunitní zvyklosti, a proto se svět pro odlišná společenství jeví různě. (Sternberg, 2009)

Myšlenky Sapira jsou sice založené na racionálním základě, přesto je dnes zřejmé, že nemohou být bezvýhradně akceptovány. Jen těžko bychom hledali přímou souvislost mezi základními vlastnostmi jazykových struktur a růzností prostředí a kultur. (Černý, 1996)

Za hlavního protagonistu hypotézy jazykové relativity bývá označován Benjamin Lee Whorf, který tuto teorii ještě dále rozvinul a zradikalizoval. Zabýval se zejména indiánskými jazyky, nejvíce ho zaujal jazyk hopi, o kterém vydal řadu studií. Později se tento jazyk pokusil porovnat s tzv. jazyky SAE (Standard Average European) neboli s vyspělými evropskými jazyky. Poukazuje na zjištění, že v SAE se řídíme především kategoriemi času a prostoru a tím pádem rozlišujeme tři různé základní časy, zatímco v jazyce hopi se objevuje událostní vnímání světa, a tedy si úplně vystačí s pojmy dříve a později. Nalezl i další rozdíly, na jejichž základě si dovolil tvrdit, že jde v podstatě o dva odlišné mikrokosmy (SAE a hopi), jež se liší jak chápáním, interpretací, tak i kategorizací okolního světa. (Černý, 1996)

Whorf a Sapir se ve svých tvrzeních neshodli především ve třech bodech. Sapir zdůrazňoval rozdíly ve slovní zásobě, kdežto Whorf spíše rozdíly gramatické. Sapir se pokoušel, na rozdíl od Whorfa, svou hypotézu podpořit empirickými důkazy. Whorf Sapirovy myšlenky radikalizuje a nepřipouští možnost jiných alternativ. (Černý, 1996)

## **1.2. Různé přístupy k vývoji řeči**

### **Nativistický přístup**

#### **Teorie osvojování jazyka podle Chomského**

Na přelomu padesátých a šedesátých let 20. století vytvořil Chomsky svou revoluční koncepci v teorii jazyka, která je známa jako generativní transformační gramatika. Její přínos tkví v nahlížení na jazyk jako produkt vyplývající z vrozených dispozic člověka pro osvojování a používání jazyka, nikoliv pouze jako výsledek učení. Tato teorie tedy předpokládá biologický neboli vrozený mechanismus osvojování jazyka (LAD). Tento mechanismus je univerzální, a tedy člověk se rodí se schopností osvojit si kterýkoliv z asi

šesti tisíc existujících jazyků. Když se dítě začne setkávat s určitým jazykem od narození, vrozený systém se aktivuje a adaptuje na konkrétní přirozený jazyk. Tato koncepce také začala rozlišovat dva aspekty zkoumání jazyka, a to jazykovou kompetenci a jazykovou performanci. Jazykovou kompetencí je označována intuitivní znalost jazykového systému, jeho prvků a pravidel. Pomocí něho může člověk generovat „nekonečné“ množství vět a rozumět jejich významu. Jazykovou performancí chápeme konkrétně realizovanou řeč a její produkty. LAD bývá často vytýkána jeho hypotetičnost, abstrakčnost a obtížná verifikovatelnost. Na druhou stranu je zcela na místě konstatovat, že Chomsky nepřišel s něčím převratným. Existenci „vrozených dispozic“ pro vývoj kognitivních funkcí uznávali psychologové i dříve a stále ji znávají (Průcha, 2011). Musso et al. (2001) se pokusili najít neurobiologický podklad univerzální gramatiky. Experiment probíhal s rodilými mluvčími němčiny, jež se v jeho průběhu učili dvěma odlišným jazykům, italštině a japonštině. Zvýšená aktivita Brocovy oblasti byla zaznamenána pouze při učení se reálnému jazyku, a to jak u italštiny, tak u japonštiny. Pokud se probandi učili jazyk, který užíval italský či japonský slovník, ale jehož manipulovaná gramatická pravidla neodpovídala univerzálním gramatickým pravidlům, nebyla zaznamenána zvýšená aktivita Brocovy oblasti. Brocova oblast by tedy mohla úzce souviset s univerzální gramatikou.

### **Empiristický přístup**

Tyto teorie se neopírají pouze o biologickou determinaci osvojování jazyka typu LAD. Naopak spíše kladou důraz na učení, získané zkušenosti, přirozený jazykový input, tj. verbální i neverbální kontinuální přísun stimulů působící na děti z jejich okolí. Tedy zdroj znalosti jazykového systému u dítěte tkví v jazykovém inputu, induktivním a pamětném učení, nikoliv v abstraktním gramatickém modelu v jeho myšlení. Dítě je sociální bytost, což se projevuje i v osvojování jazyka. Jazyk se tedy jeví jako vrozeně sociální. (Průcha, 2011)

### **Interakční přístup**

Tento se pokouší o propojení nativistického a empirického přístupu. Poukazuje na jejich komplementárnost. (Průcha, 2011)

## **2. Vývoj řeči**

### **2.1. Vývoj řeči dle věku**

#### **Prenatální období**

Ve starších pojetích se za počátek vývoje dětské řeči považoval moment, kdy dítě začalo vyslovovat svá první slova. Toto přesvědčení se však již dnes jeví jako překonané. V současné době se většina psycholingvistů přiklání k tvrzení, že její kořeny sahají již do prenatálního období. Je prokázáno, že lidský plod je schopen vnímat a také rozeznávat lidský hlas ve svém nitroděložním akustickém prostředí. Získává tak sluchovou zkušenost, která pro něj po narození může skýtat usnadnění při vnímání lidské řeči. Existenci prenatálních komunikačních zkušeností také potvrzují četné výzkumy, které kupříkladu dokazují, že již tři dny staré děti rozpoznávají hlas svých matek, to ostatně bylo také dokázáno i u plodů s průměrným stářím třicet devět týdnů. Dokonce byla prokázána schopnost dětí zapamatovat si určitou pasáž z knihy, kterou jim jejich matka během těhotenství často předčítala, a to i v případě, že ji už nečetla ona sama, ale někdo jiný. (Průcha, 2011)

#### **Novorozenecké období**

První týdny života dítěte jsou pro něho velkým mezníkem. Během nich se setkává s různými zvuky lidské řeči, s nejrůznějšími melodiemi lidských hlasů, které předtím nemohlo přímo slyšet. To vše je také provázáno prvními dotyky rukou, které doprovázejí akustické stimuly. Souhrnně to lze nazvat počátečním jazykovým inputem. Tento input se postupně odráží v preverbálním chování dítěte, čímž jsou myšleny všechny jeho hlasové, mimické i tělesné projevy (Průcha, 2011). Zde vyvstává další zajímavá otázka. Zda a do jaké míry je tento počáteční input determinován jednotlivými jazyky či typy jazyků nebo či je univerzální? (Průcha, 2011)

Primárním prostředkem komunikace novorozence je postupně se diferencující pláč a křik. Výzkumy dokazují, že dítě již v tomto období dokáže rozlišit mateřský jazyk od jiného jazyka. (Saicová Římalová, 2016)

#### **Kojenecké období**

U tříměsíčního dítěte lze očekávat prvotní orální expresi označovanou jako broukání. Broukání (cooing) je u všech kojenců na světě stejné a to i v případě neslyšících (Saicová Římalová, 2016). Jedná se o tvorbu všech možných hlásek, které dítě dokáže vytvořit



(Sternberg, 2009). Pro období od čtvrtého měsíce asi do jednoho roku je typické hraní si s hlasem a mluvidly. Přibližně v osmi měsících děti začínají napodobovat zvuky z okolního prostředí (Saicová Římalová, 2016). Šestý měsíc bývá označován jako počátek tzv. žvatlání (babbling), tj. produkování pouze fonémů, které se uplatňují v rodném jazyce kojence (Sternberg, 2009). Schopnost rozlišovat hlásky, které se v osvojovaném jazyce nevyskytují, se postupně vytrácí. (Saicová Římalová, 2016)

### **Batolecí období**

První narozeniny dítěte bývají spojovány s očekáváním prvních slov, tj. jednoslovných výpovědí. Obvykle se však od cílových slov liší svou formou i významem. Kolem roku a půl si dítě osvojí první kombinace slov a gest. Zhruba ve věku osmnáct až dvacet čtyři měsíců batolata začínají chápat možnou zástupnost slova (Saicová Římalová, 2016). Děti ve věku osmnáct až třicet měsíců začínají užívat dvouslovná později i tříslavná vyjádření. Hovoříme o počátku procesu porozumění syntaxi. Jelikož v této mluvě obvykle chybějí předložky, nazýváme ji také telegrafická (Sternberg, 2009). Po druhém roce začíná dítě používat minulý čas a užívá při tom přípony, předložky a předpony. Umí již skloňovat a časovat. O půl roku později je schopno prvních souvětí s užíváním spojek. Dítě v této vývojové etapě o sobě hovoří ve třetí osobě (Saicová Římalová, 2016). Jeho slovník rychle nabývá na objemu a kolem druhého roku činí něco kolem tři sta slov, během dalšího roku se zvýší asi na tisíc slov. (Sternberg, 2009)

### **Předškolní období a školní období**

V této vývojové etapě se objevuje základní dospělá struktura vět doprovázená rozšiřováním slovníku. Již ve čtvrtém roce děti získávají základ dospělé syntaxe a struktury jazyka. Pětileté děti již dokážou porozumět a i utvořit poměrně velmi obtížné větné konstrukce. Desetileté dítě má jazyk osvojeno na stejné úrovni jako dospělý člověk. (Sternberg, 2009)

## **2.2. Vývoj řeči u bilingvních dětí**

Všechny děti se rodí na svět s vrozenou schopností zvládnout lidskou řeč a naučit se kterémukoliv jazyku. Bez ohledu na mateřský jazyk svých biologických rodičů zvládnou ten, se kterým jsou po narození v každodenním kontaktu. To je vázáno na jejich předpoklad k artikulování neomezeného množství různých zvuků. Tento neomezený počet zvuků je však v

průběhu života selektován vlivem mateřského jazyka, ve kterém se všechny hlásky nemusí vyskytovat a jsou tedy eliminovány. (Černý, 1996)

Za podmínky, že si dítě osvojuje dva jazyky od narození či do věku tří maximálně čtyř let, prochází stejnými jazykovými vývojovými etapami jako monolingvní jedinci. To, zda a jak se liší jazykové kompetence simultánně bilingvních a raně sekvenčně bilingvních jedinců, není však stále dostatečně prozkoumáno. Po čtvrtém roce dítě neprochází stejnými vývojovými etapami a osvojování gramatiky probíhá odlišně. V sedmi letech dokonce dochází ke změně způsobu osvojování syntaxe a mluvíme již o tzv. učení se jazyku v dětském věku. (Miesel, 2006)

Ve věku čtyř let dozrávají mozkové struktury zodpovědné za osvojování jazyka. Z biologického hlediska mluvíme o tzv. centru jazyků, jehož velikost pravděpodobně udává jazykové předpoklady jedince. V tomto centru se nachází speciální buňky, které se až do tří, čtyř let věku dítěte prudce množí. Po tomto roce tento proces pozvolna ustává. To je také jeden z důvodů, proč je možné jazyk foneticky podchytit jen do sedmi let věku. Pokud jedinec neměl v raném věku možnost kontaktu s cizím jazykem, buňky v jazykovém centru se nemnoží a zůstávají v nedotčeném stavu. (Kolková, 2003)

Bylo zjištěno, že jak monolingvní, tak i bilingvní děti začínají produkovat nejprve snadno vyslovitelné zvuky jako „p“, „b“, „d“, „m“, složitější zvuky či skupiny souhlásek začínají produkovat později. Obě skupiny také používají jedno slovo pro pojmenování věcí či osob, které se jim jeví stejné. Postupně své významy zpřesňují. Monolingvní i bilingvní děti postupně začínají své slovní projevy prodlužovat. Od jednoduchých vět se postupně dopracovávají ke složitějším konstrukcím. (Riley & Harding-Esch, 2008)

Pro vývoj bilingvismu je rozhodující, zda je dítě schopno osvojovat si slovní zásobu v obou dvou jazycích. Zde se nám nabízí otázka vlivu jazykového inputu na slovní zásobu bilingvních jedinců. Většina jak odborné, tak i laické veřejnosti se shoduje na názoru, že čím častější jazykový input, tím lépe je rozvinuta slovní zásoba dítěte. Zatímco slovní zásobu dítěte není nikterak obtížné zjistit, s jazykovým inputem je to v přirozeném prostředí složitější. Zde máme k dispozici obvykle jen nepřímá zjištění. (Průcha, 2011)

O bilingvních dětech se často traduje, že začínají mluvit později, než jejich monolingvní vrstevníci. Toto tvrzení však dosavadními výzkumy potvrzeno nebylo. Naopak bylo uveřejněno mnoho výzkumů, které dospěly spíše k opačnému tvrzení. Je však nutno podotknout, že u všech výsledků musí být brána v potaz různá jazyková důslednost rodičů či jejich subjektivní hodnocení. (Riley & Harding-Esch, 2008)

Harding–Eschová a Riley (2008) s odvoláním na nálezy některých výzkumů konstatují, že obzvláště u malých dětí pokrok v jednom jazyce znamená současně i pokrok v jazyce druhém, i když se to nemusí projevit okamžitě. Autoři hovoří o tzv. pozitivním přenosu, kdy dítě přenáší své dovednosti nabyté v jednom jazyce do jazyka druhého. Dokládají to hlavně studie dětí imigrantů. V rodinách, kde byla uchována mateřština, se děti učily lépe druhému jazyku, než v rodinách, kde ji zcela opustili či zanedbali.

Zde bych ráda zmínila velmi zajímavou studii, která se zabývala učením se současně angličtině a mandarínštině. Byla realizována v Singapuru u sedmdesáti dvou dětí starých dvanáct až třináct měsíců. Ve výzkumu se dospělo k závěru, že učení se dvěma jazykům simultánně od samého počátku napomáhá dětem zvládnout pravidla každého jazyka rychleji. Zde je třeba poznamenat, že angličtina a mandarínština jsou dva velice odlišné jazyky. Rozdíl spočívá především v tom, že v angličtině nemění tón význam slov, čemuž v mandarínštině dochází. Během experimentu se na anglicko-mandarínské bilingvní děti mluvilo nejprve anglicky. Tyto jedinci v tomto případě ignorovaly význam tónu při učení se novým slovům. Poté na ně bylo mluveno mandarínsky, kdy bilingvní děti zřetelně reagovaly na změny tónu při učení se novým slovům. U kontrolní skupiny monolingvních stejně starých dětí však nebyla zaznamenána odpověď na mandarínský tónový systém. Tato reakce se u nich vyskytla až o šest měsíců později, tedy asi v osmnácti měsících. Bilingvní děti si tedy dříve osvojily odborné znalosti mandarínského tónového systému než jejich monolingvní vrstevníci. V této studii bylo také prokázáno, že bilingvní děti překonávají své monolingvní protějšky v efektivitě učení se novým slovům. Tvrzení, že se bilingvní děti učí slova pomaleji z důvodu zpracovávání dvou jazyků současně, tak bylo vyvráceno. (Singh, Poh & Fu, 2016)

### **2.2.1. Saundersova stádia jazykového vývoje bilingvního dítěte**

Saunders (1982) rozlišil tři stadia jazykového vývoje u bilingvního dítěte:

První stadium trvá do dvou let. V tomto období dítě disponuje jediným lexikálním souborem, který obsahuje slova obou jazyků. Aktivní slovník je ještě dost omezený a obvykle nezná vyjádření pro jednu stejnou věc v obou jazycích.

Druhé začíná asi od dvou let dítěte. V této etapě si batole obohacuje slovní zásobu v obou jazycích, postupně začíná rozlišovat slovník obou jazyků a užívá je v kontextu podle toho, s kým právě hovoří. Nadále se však může objevovat smíšená mluva.

Pro poslední stadium je typické rozlišování nejen slovníku, ale i gramatických pravidel jazyků. Mluva jeví minimální známky interference (prolínání).

## **2.2.2. Jevy spojené s bilingvismem**

### **Přepínání jazyků**

Přepínání jazyků či kódů u dětí vychovávaných dvojjazyčně je zcela spontánní a samozřejmou součástí řečového vývoje. Ve způsobu přepínání kódů se odráží komunikační funkce obou jazyků. Dítě si od velmi raného věku spojuje určité lidi a situace buď s jedním, nebo s druhým jazykem. (Riley & Harding-Esch, 2008)

### **Míchání jazyků**

Jednou z věcí, která rodičům často dělá starosti, je, když slyší, že jejich potomek jazyky míchá. Perfektní rozlišování jazyků u malých dětí však uvádí jen velmi málo studií a naopak většina se spíše zajímá o proces, kdy prokazatelně dochází k oddělování jazykových systémů od sebe navzájem. (Riley & Harding-Esch, 2008)

V souvislosti s touto problematikou hovoříme o dvou rozdílných školách myšlení. První škola zastává názor, že již od samého počátku, kdy děti začnou mluvit, udržují oba jazykové systémy oddělené. Druhá škola myšlení přichází s tzv. počátečním smíšeným stádiem, kdy dítě oba jazyky spojuje do jednoho systému a k jejich oddělení dochází až později. (Riley & Harding-Esch, 2008)

Proces oddělení probíhá na různých úrovních jazyka. Od zvukové roviny, přes slovní zásobu, gramatiku až k významu. Smíšenou mluvu je tedy třeba chápat jako součást procesu postupného oddělování jazykových systémů a není zde tedy obvykle důvod k obavám. Smíšené promluvy jsou často i výsledkem odlišnosti slovní zásoby v obou jazykových systémech. Dítě hovoří v jednom jazyce, výraz z druhého pak použije v případě, že nezná výraz v prvním jazyce. (Riley & Harding-Esch, 2008)

### **Jazyková interference**

Bilingvní člověk používající každodenně oba jazyky si v určitém jazykovém kontextu nemusí vždy vzpomenout na adekvátní výraz, či správnou stylistickou a větnou vazbu. To znamená, že se mu vybavuje výraz v tom z jazyků, který momentálně nevyužívá. Obdobné je to u větné a stylistické vazby, která se jeví jakoby doslovné překlady z nepoužívaného jazyka. Kupříkladu česko-anglicky bilingvní jedinec popřeje „měj štěstí“ místo „ať máš štěstí“. Občas se může stát i nemožnost vybavení si výrazu či správného tvaru vůbec. Tomuto fenoménu říkáme jazyková interference či jazykový konflikt. K interferenci může docházet i při

porozumění. Tento jev můžeme pozorovat na neurální úrovni v oblasti levá mozkové prefrontální kůry a přední cingulární kůry, kde nalezneme centra exekutivních funkcí včetně jazykové kontroly, jejímž úkolem je inhibovat necílový jazyk. Počet chyb a skutečnost, zda se vůbec vyskytnou, úzce souvisí se situacemi, při kterých musí jedinec přepínat mezi jazyky. (Jonáš, Rodriguez Manchola & Voráčková, 2016)

### **2.2.3. Možné problémy spojené s bilingvismem**

Pravděpodobně největším rizikem bilingvní výchovy je její nepromyšlenost a nejednotnost, kdy rodiče přeskakují z jednoho jazyka do druhého, čímž dítěti velmi komplikují situaci. Dále je také podstatné subjektivní prožívání dvojjazyčnosti dítětem, jestli je na svůj status hrdé nebo zda se za něj stydí. Vliv má samozřejmě i sociokulturní a ekonomický kontext dítěte a psychogenetické faktory. Pokud bilingvismus působí na jedince negativně, nazýváme ho substraktivní („odčítací“). Obvykle se projevuje třemi hlavními charakteristikami: Zaprvé semi-lingvismem, kdy dítě míší nesrozumitelně oba jazyky do sebe, a tedy ani v jednom z nich nemá dostatečné kompetence. Dále mluvíme o újmě kulturního charakteru, která se vyznačuje problémy s identifikací dítěte, a tudíž bývá často doprovázena fenomény jako mutismus, koktání apod. Za třetí se můžeme setkat s obtížemi na kognitivní úrovni. Ty se projevují opožďováním v učení a pomalejším tempem při řešení úkolů. (Morgensternová, Šulová et al., 2007)

### 3. Bilingvismus

#### 3.1. Definice bilingvismu

Definovat termín bilingvismus (dvojjazyčnost) je složité a také velmi často rozporuplné. Mnoho autorů, kteří se touto problematikou zabývají, není schopno zaujmout jednotné stanovisko a jejich vysvětlení, co se termínem bilingvismus myslí, jsou značně rozdílná a mohou tak působit četná nedorozumění.

K největším neshodám při zkoumání bilingvismu dochází u tzv. stupně bilingvismu, tj. míra vyrovnanosti či odlišnosti znalosti a užívání obou jazyků. Zde dochází k velké variabilitě. (Průcha, 2011)

Na jednu stranu se můžeme setkat s velmi široce pojatou definicí bilingvismu, kdy se pod ním ukrývá prakticky jakákoliv znalost cizího jazyka. (Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011)

*„Bilingvní jedinec je ten, který disponuje alespoň minimální kompetencí v jiném než mateřském jazyce v nejméně jedné ze základních jazykových dovedností (porozumění, mluvení, čtení, psaní).“* (Macnamara in Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011, s. 27)

Naopak na straně druhé se můžeme zabývat velmi striktní definicí Bloomfielda (in Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011, s. 27): *„Bilingvismus je schopnost ovládat dva jazyky na úrovni rodilého mluvčího.“* Zde je třeba podotknout, že naprosto dokonalé a vyrovnané ovládnutí obou jazyků zároveň je prakticky téměř nemožné. Dle této definice bychom tedy jen stěží hledali někoho, koho bychom mohli za bilingvního označit.

Vedle extrémních definic se můžeme setkat s řadou umírněnějších pojetí, která se k míře komunikační kompetence vyjadřují spíše obecněji.

*„Dvojjazyčnost, schopnost jedince mluvit dvěma jazyky. V přesnějším psycholingvistickém vymezení je bilingvismus druh komunikační kompetence, umožňující realizovat různé komunikační potřeby pomocí jak prvního, tak druhého jazyka.“* (Průcha, Walterová, & Mareš, 2001) Mně osobně velmi oslovuje definice italského psycholingvisty Renza Titoneho (in Průcha, 2011, s. 162), který míru komunikační kompetence pojímá jako schopnost domluvit se a porozumět. *„Bilingvismus je stupeň komunikační kompetence, jež je dostačující k efektivní komunikaci ve více než jednom jazyce. Efektivnost znamená schopnost správně rozumět významu sdělení a schopnost produkovat smysluplná sdělení ve více než jednom jazyce.“*

Další autor Grosjean zdůrazňuje především pravidelnost v užívání jazyků. „*Bilingvismus je pravidelné používání dvou nebo více jazyků.*“ (in Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011, s. 27)

Někdy se také můžeme setkat s definicemi, které staví do popředí přirozenost osvojování obou jazyků a hovoření jimi. V užším pojetí bilingvismu je přirozenost zcela zásadní zejména ve vztahu k běžnému ovládnutí cizího jazyka. (Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011)

Pokud si lidé osvojují více jazyků zároveň, říkáme tomu multilingvismus (Průcha, 2011). Bilingvismus lze tedy považovat za podskupinu tohoto širokého pojmu. Ačkoliv se zkoumání bilingvismu věnovalo a stále věnuje největší pozornost, v poslední době vzrůstá zájem i o studium trilingvismu (trojjazyčnosti). (Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011)

Za opak bilingvismu považujeme monolingvismus (jednojazyčnost).

Tématem bilingvismu z hlediska užívání dvou jazyků jedním jedincem se zabývá psycholingvistika. Sociolingvistika pak řeší užívání dvou či více jazyků u určitého etnického společenství. (Průcha, 2011)

V současnosti, obzvláště pak v monolingvních státech mezi které patří i Česká republika, bývá bilingvismus považován za ojedinělý případ či výsledek vyššího vzdělání. Ve skutečnosti vždy bývala, a stále je, více než polovina populace bilingvní. (Riley & Harding-Esch, 2008)

## **3.2 Typy bilingvismu**

### **3.2.1 Bilingvismus kolektivní a individuální**

#### **Individuální bilingvismus**

Tento termín označuje jev, kdy si jedinec, rodina či menšina osvojil ještě jiný jazyk, než ten, který používá společnost, ve které žije. (Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011)

#### **Kolektivní bilingvismus**

Kolektivním bilingvismem neboli společenským bilingvismem či diglosií (v řečtině diglossia znamená dva jazyky) označujeme situaci, kdy na jednom území se zároveň používají dva různé jazyky. Tyto však obvykle nemají ve společnosti stejné postavení a bývají používány k různým účelům. Jazyk menšiny bývá obvykle užíván doma, tj. v neformálních

situacích. Zatímco jazyk většiny je užíván v práci, vzdělávání či médiích. (Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011)

### **3.2.2. Bilingvismus s dominancí jednoho z jazyků a bilingvismus vyvážený**

#### **Dominantní bilingvismus**

Je obvyklé, že jeden jazyk má tendenci být silnější než ten druhý. Nikdo je totiž nepoužívá stejně pravidelně ve všech jeho doménách. Z tohoto důvodu nemůže být jejich znalost rovnocenná a vysoce kvalitní. V některých oblastech mají tito lidé zkušenost pouze v jednom z jazyků, to se týká především slovní zásoby. Z tohoto plyne, že jedinec může mít v různých oblastech odlišný dominantní jazyk. (Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011)

Jazyková dominance může vznikat na základě častějšího kontaktu s jedním jazykem nebo pokud je pro dítě jazyková konstrukce v jednom z jazyků lehčí. Dominance je jevem dynamickým a může se měnit v závislosti na frekvenci používání jazyků. (Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011)

#### **Vyvážený bilingvismus**

Případy, kdy by byly jazyky rozvinuty zcela rovnocenně (a také na vysoké úrovni) jsou výjimečné ba dokonce nedosažitelné. V takovém případě bychom mluvili o vyváženém bilingvistu. (Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011)

### **3.2.3. Bilingvismus simultánní a sekvenční**

#### **Simultánní bilingvismus**

Simultánní či také jinak spontánní bilingvismus dítě nabývá v prostředí, kde je souběžně mluveno dvěma jazyky a dítě si je osvojuje obdobně, jako si jiné děti osvojují pouze jeden jazyk. Typickým příkladem je rodina, ve které každý z rodičů mluví jiným jazykem. (Průcha, 2011)

#### **Sukcesivní bilingvismus**

K tomuto fenoménu dochází za předpokladu, že se dítě nejprve naučí jeden jazyk (L1). Ve věku tři až šest let však začne přicházet do pravidelného kontaktu i s dalším jazykem (L2), který si posléze také spontánně osvojí. Příkladem může být nástup do školky, ve které se dítě začíná učit dalšímu jazyku. (Průcha, 2011)



### 3.2.4 Bilingvismus receptivní a produktivní

#### Receptivní bilingvismus

Je to forma bilingvismu, kdy jedinec ovládá pouze receptivní dovednosti jazyka. Tedy osoba jazyku, jak mluvenému, tak psanému, rozumí, ale sama ho aktivně nevytváří. Pokud však dojde ke změně jazykového prostředí, aktivní užívání se obvykle rychle objeví. Tento typ bilingvismu též označujeme jako pasivní. (Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011)

#### Produktivní bilingvismus

Aktivní znalost jazyka neboli produktivní jazykové dovednosti tj. mluva a psaní, sice přirozeně zahrnují i receptivní dovednosti, nemusí tomu být však vždy. V případě, že si dítě osvojuje jazyk pouze prostřednictvím jedné osoby, může dojít k neporozumění jiné osobě mající trochu jiný přízvuk, výslovnost či dialekt. (Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011)

### 3.3 Bilingvismus a kognitivní teorie

#### Model oddělených základních jazykových znalostí (Separate underlying proficiency model, SUP)

Tento poměrně starý model byl označen za naivní teorii rovnováhy, jelikož vychází z představy, že jazyky leží proti sobě na misce vah a druhý jazyk se vyvíjí na úkor prvního (Cummins in Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011). Z této teorie také vycházela, dnes již vyvrácená, tvrzení, že když se jeden jazyk zlepšuje, tak ten druhý se naopak zhoršuje. Také zastánci pevně omezené myšlenkové kapacity měli obavu, zda dva jazyky nezabírají místo pro jiné kognitivní funkce. (Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011)

#### Model společných základních jazykových znalostí (Common underlying language proficiency model, CUP)

Cummins (1981 in Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011) přišel s tzv. analogií ledovců. Ledovce mají představovat oba jazyky. Ty se nad hladinou jeví jako samostatně oddělené. Avšak pod úrovní hladiny existuje tzv. centrální operační systém, tedy jejich společný, jednolitý základ.

#### Teorie prahů (Thresholds theory)

Tato teorie byla poprvé uveřejněna Cumminsem v roce 1976 (in Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011, s. 36). Vychází z představy domu se třemi patry, kde každé patro

představuje dosaženou úroveň jazykových schopností. Překročení tzv. prvního prahu, tedy z přízemí, kde se nachází pouze nízká kompetence v obou jazycích, do prostředního patra, znamená dosažení takových jazykových schopností, kdy se zabrání negativním následkům bilingvismu. Překročením druhého prahu do nejvyššího patra, které představuje vyvážený bilingvismus, se docílí pozitivních dopadů bilingvismu. Z tohoto tedy vyplývá, že pozitivního vlivu na kognitivní vývoj dítěte lze dosáhnout pouze vyváženými jazykovými kompetencemi v obou jazycích. Jako velmi problematické se zde jeví vymezení konkrétního prahového bodu.

### **Hypotéza vývojové interdependence - vzájemné závislosti** (developmental interdependence hypothesis)

Cummins (in Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011, s. 37) později rozvinul svou teorii prahů myšlenkou, že znalost druhého jazyka je závislá na znalosti jazyka prvního. Z toho plyne, že zlepšení jazykových schopností v prvním jazyce se pozitivně odráží i v druhém jazyku.

### **Holistické pojetí**

Jeho zastáncem je především Grosjean, který tvrdí, že porovnávat bilingvní jedince s monolingvními je nemožné. Lze porovnávat pouze bilingvní jedince s jinými bilingvními jedinci. Podle Grosjeana (in Morgensternová, Šulová & Scholl, 2011, s. 37–38) je nejpodstatnější pravá komunikativní kompetence, která ale nemusí odpovídat výsledkům klasických jazykových testů. Bilingvní osoba je považována za komplexní lingvistickou entitu.

## **4. Řeč a mozek**

Zdrojem vši komunikace člověka je nervový systém. Toto privilegium, dané pouze člověku, mu zajišťuje jedinečnost v živočišné říši. Schopnost vytvářet artikulovanou řeč je výsledkem nervových mechanismů, jež se postupně vytvořily v průběhu evoluce. Vzniklo zde neobvyklé uspořádání nervových struktur, které nazýváme lidským komunikačním nervovým systémem. Odlišnost od ostatních živočichů tkví v celkové velikosti mozku, která je pro zpracování komunikace zásadní. Ta odráží počet nervových buněk, objem mozkové kůry a stupeň růstu dendritů. (Russell & Wanda, 2009)

Temporální lalok, dolní parietální lalok a část frontálního laloku směrem dopředu od Brocovy arey jsou u lidí větší a výskyt Brocovy arey je pouze lidským znakem. Tyto struktury společně s jedinečným hlasovým ústrojím způsobují výjimečnost schopnosti řeči lidí mezi ostatními živými tvory. (Wallman, 1992)

S lingvistickými funkcemi bývá spojována zejména levá hemisféra, která má podíl na produkci mluvené i posunkové formy jazyka. Pravé hemisféře bývá přisuzován podíl na tvorbě pantomimi a různých gest doprovázejících mluvenou řeč, z neurologického hlediska postrádá lingvistický ráz. (Budil, 1998)

### **4.1. Mapa jazyka a řeči v dospělém mozku**

#### **4.1.1. Brocovo motorické centrum řeči**

Objev této specifické řečově-jazykové oblasti znamenal v neurologii veliký průlom. Byl podnětem pro formulaci četných hypotetických modelů centrálních mechanismů jazyka (Russell & Wanda, 2009). Nachází se v levé hemisféře frontálního laloku a její primární funkcí je motorické programování řečových artikulačních pohybů. Zaměřuje se tedy na řečovou expresi. (Russell & Wanda, 2009)

Jinak také bývá označováno jako Brodmannovy oblasti 44 a 45 a podle některých teorií je jeho funkcí integrace sémantických, syntaktických a fonologických informací do vět a frází. Brocovo centrum zastává i jiné funkce. Je aktivní při hledání cíle v geometrických obrazcích nebo při plánování pohybu (Pokorný, 2009). Aktivuje se také při percepci hudby a také v úlohách vyžadující vytváření verbálních i neverbálních odpovědí. (Koukolík, 2012)

#### **4.1.2. Wernickeovo senzoričné centrum řeči**

Wernickeova area, nacházející se ve spodní části horního temporálního laloku blízko sluchových center, se také označuje jako Brodmannova oblast 22 (Pokorný, 2009). Jedná se o další velmi důležitou oblast, která souvisí s řečovou recepcí, tedy porozuměním řeči. Předpokládá se však, že tvoří i základní kámen pro tvoření vnitřních lingvistických konceptů, které jsou během řečové produkce vysílány do předních oblastí mozku až do Brodovy arey. Strukturální koreláty těchto vnitřních aspektů jazyka však nebyly doposud zcela objasněny (Russell & Wanda, 2009). Dále je toto centrum spojené s ukládáním fonologické a lexikální informace (Pokorný, 2009). Aktivuje se při řešení sémantických úloh a transformaci psaných slov do fonologických reprezentací. (Koukolík, 2012)

#### **4.1.3. Gyrus supramarginalis**

Před gyrus angularis se nachází gyrus supramarginalis. Společně jsou známy pod termínem lobulus parietalis inferior. Gyrus supramarginalis obtáčí zadní konec Sylviovy rýhy. Poruchy psaní - agrafie, jsou spojovány s lézemi v této oblasti. (Russell & Wanda, 2009)

#### **4.1.4. Gyrus angularis**

Nachází se v levém parietálním laloku a je považována za oblast, která souvisí s poruchami čtení tj. alexie (Russell & Wanda, 2009). Je jednou z oblastí zpracovávající rané zrakové podoby slov. (Koukolík, 2012)

### **4.2. Neurokoreláty kognitivního zpracování u bilingvních osob**

V posledních desetiletích se výzkumy začaly orientovat na zkoumání procesu myšlení jako takového spíše, než na jeho viditelné výstupy. To také bylo umocněno a umožněno pokroky v neurologických technikách a analytických metodách. Došlo k rozvoji studií, které se specializují zejména na zkoumání vlivu dvojjazyčnosti na kognici a mozkové systémy u lidí. Zvedla se vlna zájmu odborné veřejnosti a byla zahájena diskuze, která se věnuje strukturálním, funkčním a pojivovým změnám v mozku, které jsou výsledkem bilingvity jedince. Vychází se zde z jevu známého jako neuroplasticita, tj. že mozek je pružný a velmi citlivý ke zkušenostem individua a k vlivu prostředí, ve kterém tato osoba žije. Výzkumy z posledních let prokázaly rozdíly mezi bilingvními a jednojazyčnými hlavně v oblastech

bazálních ganglií a frontoparietálních oblastech, které jsou tradičně spojené s exekutivními funkcemi. (Wong, Yin & O'Brien, 2016)

Bazální ganglia jsou zapojeny do motorického a percepčního feedbacku. Umožňují selekci odpovědí mezi soutěžícími alternativami a vzrůstající úkolový konflikt vede k většímu náboru oblastí bazálních ganglií. Bazální ganglia jsou zapojeny v bilingvistu díky konstantní potřebě bilingvních zacházet s kompeticí mezi dvěma jazyky. Bazální ganglia zahrnují striatum, globus pallidus, substantia nigra a subthalamic nuclei. Striatum se předpokládá jako zejména důležité pro bilingvistus. Tato struktura obsahuje nucleus caudatus, putamen a ventral striatum. (Grundy, Anderson & Bialystok, 2017)

Byl zjištěn podíl nucleus caudatus na přepínání mezi jazyky v dvojjazyčném mozku. A právě toto se jeví s velikou pravděpodobností jako podstata dvojjazyčné výhody v exekutivních funkcích. Nicméně příčinná souvislost zůstává dosud nejasná, tj. zlepšuje učení se dalšímu jazyku exekutivní funkce, či se lidé s lepšími exekutivními schopnostmi pravděpodobněji stávají bilingvními? (Wong, Yin & O'Brien, 2016)

Studie také ukazují, že silnější kognitivní kontrola u bilingvních je doprovázena zvýšeným objemem šedé a bílé hmoty. Větší hustota šedé hmoty byla zaznamenána zejména v bazálních gangliích, dolní parietální kůře, Helchově gyru, vyšším temporálním gyru a dolní frontální oblasti. Bílá hmota byla ve větší míře naměřena hlavně v corpus callosum, obloukovitým svazečku nervových vláken (arcuate fasciculus), ale i v pravém dolním frontooccipitálním fasciculu, zahnutém (uncinate) fasciculu a vyšším longitudinálním fasciculu. (Wong, Yin & O'Brien, 2016)

Integrita bílé hmoty je velmi významný přispěvatel k efektivní komunikaci mezi oblastmi mozku. Změny ve struktuře bílé hmoty související se zkušeností s L2 nám mohou pomoci vysvětlit, proč bilingvní často překonávají své monolingvní vrstevníky v úkolech exekutivních funkcí, které vyžadují rychlost odpovědí (rychlé reakční časy). U dvojjazyčných byla zjištěna théta aktivita, vytvářená v anterior cingulate cortex, která u nich může vést k větší integritě bílé hmoty než u jednojazyčných. (Grundy, Anderson & Bialystok, 2017)

Silnější kognitivní kontrola je dále doprovázena zvýšenou regionální aktivací ve frontoparietální síti a v bazálních gangliích. U bilingvních byl obecně dokázán zvýšený objem ve složce jazykových struktur a pojivových traktů mezi těmito oblastmi mozku než mají jednojazyční. (Wong, Yin & O'Brien, 2016)

## **5. Kognitivní procesy**

### **5.1 Pozornost a zpracování informací**

V každém okamžiku jsme obklopeni velkým množstvím jak vnějších, tak i vnitřních podnětů. Tyto informace však nejsme schopni zpracovat, a proto si jich uvědomujeme pouze omezené množství. Pokud by tomu tak nebylo, naše vědomí by bylo přesyceno a pravděpodobně by to vedlo k ochromení celého organismu. Pozornost je tedy proces, který vpouští do vědomí pouze omezený počet informací tak, aby nedošlo k zahlcení přílišným množstvím podnětů. Jak již předešlá definice naznačuje, základní vlastností pozornosti je výběrovost neboli selektivita. Pomocí pozornosti monitorujeme vnější i vnitřní prostředí a vybíráme z nich jen ty podněty, které jsou pro nás z nějakého důvodu důležité, potřebné a ostatní ignorujeme. (Plháková, 2003)

Nutnou podmínkou pozornosti je, aby se organismus nacházel ve stavu obecné fyziologické pohotovosti, kterou jinak nazýváme bdělost. Ta je zajišťována retikulárním aktivačním systémem a je ovlivněna vnějšími a vnitřními vlivy. Dále je rovněž zapotřebí percepce, tedy rozpoznávání sensorických vstupů. Percepční procesy však nelze v mozku snadno lokalizovat, pravděpodobně se odehrávají jako komplexní integrační aktivity rozsáhlé neurální sítě. (Russell & Wanda, 2009)

Mezi důležité aspekty pozornosti patří kapacita pozornosti a schopnost její kontroly. Kapacita pozornosti představuje množství podnětů, kterým jsme schopni v daném okamžiku pojmout. Její kontrola znamená proces směřování této pozornostní kapacity tam, kde je to v danou chvíli potřeba. Tento proces může probíhat automaticky, např. při rutinních úkonech nebo může probíhat kontrolovaně, vědomě. (Russell & Wanda, 2009)

Někteří autoři dělí pozornost na různé složky. Jiní ji naopak vnímají jako jednotný proces. To, zda je pozornost jednotná či nejednotná, zůstává předmětem bádání. Závěry nedávných studií zastávají existenci anatomicky odlišných neurálních sítí odpovídající pozornosti. V kontrole pozornosti se pravá hemisféra ukazuje jako nadřazená levé hemisféře. (Russell & Wanda, 2009)

#### **5.1.1 Selektivní (výběrová) pozornost**

Po zaznamenání informace na sensorické úrovni dochází k její filtraci. Ta propustí z řady prvků jen určité podněty. Těm jsou v procesu zvaném vnímání přiřazeny významy. (Plháková, 2003)

Máme omezené množství pozornosti, přesto se dokážeme věnovat více úkolům na pozornost současně. Toto množství můžeme rozdělit úměrně náročnosti řešeného úkolu. Rozdělování pozornosti se nám lépe daří za předpokladu, že při řešení jednotlivých úkolů zatěžíme jiné smysly. (Plháková, 2003)

Při zkoumání selektivní pozornosti vizuálního vnímání se velmi často používá Stroopova úloha. Ta má tři části. První dvě jsou jednoduché. Testovaná osoba má nejprve rychle přečíst názvy čtyř barev a poté má říci název barvy čtyř předložených barevných ploch. Ve třetí části má testovaný jedinec za úkol co nejrychleji vyjmenovat barvy vytištěných názvů barev, kdy význam slova neodpovídá barvě vytištění. U tohoto úkolu dochází k prodloužení reakčních časů a k chybovosti. Význam slov a barevný vjem se pletou, což bývá vysvětlováno automatickým procesem čtení, jenž se na vědomé úrovni těžce ovládá. Slova a barvy aktivují různé mentální dráhy a tyto dráhy si tím pádem zasahují do činnosti. (Plháková, 2003)

#### **5.1.1.1. Distrakce a distraktory**

Distrakce (distraction) neboli rozptýlení je nedobrovolná změna pozornosti vyvolaná událostmi, které nejsou vzhledem k současnému chování relevantní. Příčinou tohoto jevu bývají distraktory, tedy necílové podněty, které odvádí naši pozornost od cílových podnětů. Během testování počet cílových úloh a míra výskytu distraktorů ovlivňuje náročnost úlohy. Zatímco distrakce má často nepříznivé účinky na okamžitý výkon v úkolu, v mnoha jiných situacích, kde cíle chování musí být změněny tak, aby adaptivně reagovaly na situační vlivy, může být zcela zásadní. Jako příklad můžeme uvést situaci, kdy přerušíme svou telefonickou komunikaci, abychom uskočili z cesty před řítícím se autem. To nám také poslouží lépe, než kdybychom pokračovali v konverzaci a nebezpečí si nevšimli. Experimentální model používaný pro zkoumání distrakce je oddball paradigma. Zde se vyskytují stimuly pravidelné, předvídatelné stimulační posloupnosti (standards), občas jsou však nahrazeny nepravidelnými podněty (deviants) nepředvídatelným způsobem. Některé z rozdílů pozorovaných v chování a ERP odpovídají deviantním a standardním podnětům a byly interpretovány jako přímo související s distrakcí. (Horváth & Winkler, 2010)

## **5.2 Exekutivní funkce**

Exekutivní funkce (jinak také exekutivní kontrola či kognitivní kontrola) jsou souborem kognitivních procesů nezbytných pro vyšší řád mentálních funkcí. Tyto procesy jsou užitečné

ve chvíli, kdy se potřebujeme koncentrovat a soustředit svou pozornost a kdy není možné spoléhat se na instinkty či intuici. Exekutivní funkce umožňují mentální hru s myšlenkami, setkávání se s novými výzvami, dání si času na přemýšlení před samotným jednáním a odolávat pokušení a zůstat soustředěný. (Diamond, 2013)

Toto komplexní chování je umožněno prefrontální kortikální funkcí a je modulováno neurotransmitery jako je dopamin, noradrenalin, serotonin. Schopnost těchto neurotransmitterových systémů ovlivňovat exekutivní funkce umožňuje adaptaci kognitivního chování a reakci na změny v prostředí. Exekutivní funkce jsou kognitivní funkce vyššího řádu, které jednotlivcům umožňují orientaci na budoucnost a demonstraci sebeovládání. Nerutinní procesy probíhají díky nim úmyslně a koordinovaně. (Logue & Gould, 2014)

Hlavními jádry exekutivních funkcí jsou inhibice (inhibice reakce a odolávání impulzivitě) a kontrola interference (selektivní pozornost a kognitivní inhibice), pracovní paměť a kognitivní flexibilita. K použití exekutivních funkcí je nutné značné úsilí. (Diamond, 2013)

Existuje řada poruch, pro které je typické narušení kognitivních funkcí. Patří mezi ně schizofrenie, ADHD či bipolární porucha. Obecně lidé s poškozenými frontálními laloky demonstrují špatnou kontrolu a regulaci svého chování, obvykle v každodenním životě špatně fungují a konzistentně vykazují zhoršení v komplexních úkolech, jako je například Hanojská věž. (Logue & Gould, 2014)

### **5.2.1 Inhibiční kontrola**

Řadí se k nejdůležitějším exekutivním funkcím a zahrnuje schopnost ovládat pozornost, chování, myšlenky a emoce tak, abychom dokázali odolat vnitřní predispozici či vnějšímu pokušení a dělali, co je vhodné a potřebné. Bez inhibiční kontroly bychom byli vydáni na milost našim impulsům a starým návykům myšlení a jednání. Z toho vyplývá, že inhibiční kontrola nám umožňuje změnu a volbu našeho chování a reagování. (Diamond, 2013)

Jedním z dílčích aspektů inhibiční kontroly je inhibiční kontrola pozornosti (kontrola interference na úrovni percepce) nám pomáhá zaměřit se na podnět, který jsme si zvolili a potlačit pozornost k ostatním stimulům. (Diamond, 2013)

Dalším aspektem inhibiční kontroly je schopnost potlačování prepotentních mentálních reprezentací (kognitivní inhibice). Zahrnuje odolávání cizím nebo nežádoucím myšlenkám či vzpomínkám. Kognitivní inhibice je úzce spojena s pracovní pamětí. (Diamond, 2013)



Součástí inhibiční kontroly je i sebekontrola zastřešující kontrolu nad chováním a emocemi. Sebekontrola zabraňuje impulzivnímu chování a pomáhá odolávat pokušení. Také znamená určitou míru disciplíny vytrvat u úkolů navzdory rozptýlení (distractions) a dokončit je i přes touhu vzdát se a začít se věnovat zajímavější činnosti. To souvisí s dalším prvkem sebekontroly, oddálením uspokojení, tedy schopnosti vzdát se okamžitého uspokojení pro větší odměnu v budoucnu. (Diamond, 2013)

### **5.2.2. Pracovní paměť**

Dalším zásadní složkou exekutivních funkcí je pracovní paměť, která slouží k držení informací v mysli a umožňuje nám s nimi mentálně pracovat. Pracovní paměť dělíme na dva typy, verbální a neverbální (vizuálněprostorovou). Je rozhodující pro utváření smyslu věcí, které se časem rozvíjí. Potřebujeme držet v mysli, co se stalo dříve a vztáhnout to k tomu, co teprve přijde. To je nutností pro utváření mluveného a psaného jazyka, ať už jde o větu, odstavec či delší promluvu. Počítání v hlavě také vyžaduje pracovní paměť, stejně tak jako mentální reorganizace položek, začlenění nových informací do našeho myšlení, zvažování alternativ a odvození obecného pravidla ke zjištění vztahů mezi položkami nebo myšlenkami. Uvažování by bez pracovní paměti nebylo možné. Pracovní paměť je zásadní pro schopnost vidět spojitosti mezi zdánlivě nesouvisejícími věcmi a umožňuje nám oddělit jednotlivé prvky z integrovaných celků, rekombinovat je novými způsoby, tedy nám umožňuje být kreativní. Díky ní bereme v úvahu své vzpomínky z minulosti a budoucí naděje při utváření plánů a rozhodnutí. (Diamond, 2013)

Krátkodobá paměť se od pracovní paměti liší zejména tím, že slouží pouze k podržení informací v mysli, nikoliv však k manipulaci s nimi. Jsou také zapojeny do různých neurálních subsystémů. Pracovní paměť se spoléhá více na dorsolaterální prefrontální kortex, zatímco u krátkodobé paměti byla zaznamenána aktivace ventrolaterálního prefrontálního kortexu. Z vývojového hlediska se krátkodobá paměť vyvíjí dříve a rychleji. (Diamond, 2013)

### **Vztahy mezi pracovní pamětí a inhibiční kontrolou**

Ve shrnutí se dá říci, že se obě navzájem potřebují a jen zřídka se nevyskytují současně. (Diamond, 2013)

Pracovní paměť podporuje inhibiční kontrolu. Musíme mít neustále na mysli svůj cíl, abychom odlišili, co je pro nás relevantní a co bychom měli potlačit. Pokud se úporně budeme

soustředit na informace, které držíme v paměti, zvýší se i pravděpodobnost, že tyto informace budou řídit naše chování a snížíme tím výskyt inhibičních chyb. (Diamond, 2013)

Naopak inhibiční kontrola podporuje pracovní paměť tím, že napomáhá odolávání starým vzorcům myšlení a soustředění se pouze na jednu věc tak, abychom byli schopni rekombinovat nápady a skutečnosti tvůrčím, inovativním způsobem. Aby naše mysl mohla věnovat pozornost tomu, čemu chce, musíme zabránit vnitřnímu i vnějšímu rozptýlení. Příkladem selhání této inhibice může být situace, kdy si najednou uvědomíme, že nevíme, co bylo napsáno v pasáži knihy, kterou jsme právě četli, protože naše mysl byla jinde. Inhibiční kontrola také pracovní paměti pomáhá tím, že z jejího mentálního pracovního prostoru odstraňuje nepodstatné informace. (Diamond, 2013)

### **Pracovní paměť a selektivní (zaměřená) pozornost**

Soustředění se na informace, které držíme na několik vteřin v paměti, můžeme také jinak nazvat jako udržování záměrné pozornosti na tento mentální obsah. Pracovní paměť a selektivní pozornost se v mnoha ohledech zdá být velmi podobná, a to včetně neurální základny. Frontálněparietální systém podporující pracovní paměť nám umožňuje se záměrně zaměřit na informace držené v naší mysli, vyřazením nepodstatných myšlenek. Tento systém se významně překrývá s jinou oblastí, který nám umožňuje selektivně věnovat pozornost určitým stimulům v našem prostředí a ignorovat irelevantní stimuly. Bylo též zjištěno, že vývojová zlepšení pracovní paměti podporují vývojová zlepšení i v oblasti selektivní pozornosti. (Diamond, 2013)

### **5.2.3. Kognitivní flexibilita**

Za další jádro exekutivních funkcí považujeme kognitivní flexibilitu. Tato staví na inhibiční kontrole a pracovní paměti. Ve vývoji se objevuje později. Jedním z aspektů kognitivní flexibility je změna prostorové perspektivy (podívat se na věci z jiného směru) a interpersonální perspektivy (podívat se na to pohledem někoho jiného). Chceme-li dosáhnout změny perspektivy, je potřeba inhibovat naše dříve utvořené perspektivy a aktivovat v pracovní paměti jinou perspektivu. Kognitivní flexibilita také zahrnuje změnu způsobu přemýšlení. Pokud jeden způsob řešení problému nefunguje, můžeme najít jiný způsob dříve nezvažovaný. Zahrnuje i dostatečnou flexibilitu k přizpůsobení se změnám požadavků, priorit,

schopnost připustit omyl. Vděčíme jí za schopnost čerpat výhody z náhlých, neočekávaných událostí. (Diamond, 2013)

### 5.3. Vybrané studie vlivu bilingvismu na kognitivní vývoj

Ještě před padesáti lety se moderní víra a takzvané vědecké důkazy shodovaly v závěru, že vystavování dítěte více než jednomu jazyku může být nebezpečné. Očekávalo se, že děti budou vykazovat mentální zmatek a znaky mentální retardace. (Saer, 1923)

Snad poprvé byl tento úhel pohledu zpochybněn Pealem a Lambertem (1962). Tito předpokládali, že monolingvní francouzsky mluvící děti a francouzsko-anglicky bilingvní děti budou skórovat stejně v měřítku neverbální inteligence, ale že bilingvní děti získají nižší skóre ve verbálním měřítku. Bilingvní děti však překonaly své monolingvní vrstevníky téměř ve všech testech neverbální inteligence, což nikdo neočekával. Na základě výsledků dospěli k závěru, že zvýšená mentální flexibilita bilingvních dětí je pravděpodobně způsobena nutností přepínat mezi dvěma jazyky. Takto se tedy zrodila idea o existující bilingvní výhodě. Brzy následovalo rozsáhlé výzkumné zkoumání, jež hledalo její hranice a možné příčiny.

Mnoho následujících studií zdokumentovalo benefity vlivu bilingvismu na dětský kognitivní vývoj. Naproti tomu se objevily i výzkumy, které tento výstup nepotvrdily. Tyto rozporuplné výsledky mohou být způsobeny z důvodu mnoha faktorů, jakými jsou rozdíly v populaci, v kritériích bilingvismu nebo povaze experimentálních úkolů. (Bialystok, 2015)

Jazykové prostředí, které dítě zažívá, má vliv na kvalitu jeho kognitivního systému. Ten se postupně vyvíjí, a tedy by nemělo být překvapující, že bilingvismus je jedním z důležitých faktorů, který ho ovlivňuje. Jedny z prvních důkazů o výhodném vlivu bilingvismu pochází ze studií dětského metalingvistického uvědomování. Bilingvní děti obvykle překonávají své monolingvní vrstevníky v úkolech posuzující jejich porozumění abstraktní jazykové struktuře. Důsledek těchto zjištění se stal zjevným, když byly tyto metalingvistické výhody určeny jako nejvíce vázané na úkoly obsahující konflikt a vyžadovaly kontrolu, aby mohl být konflikt zvládnut. Zaznamenaná výhoda byla více o kognitivních schopnostech, než o zpracování jazyka. (Bialystok, 1986)

Většina úkolů, ve kterých je vykazována bilingvní výhoda, je považována za indikátory exekutivních funkcí. Obvyklé vysvětlení je, že oba jazyky jsou u bilingvních jedinců aktivní. Domain-general systém exekutivních funkcí je začleněn do zpracovávání jazyka, aby řídil, směřoval pozornost k cílovému jazyku a při vykonávání tohoto se stává reorganizovaným, obohaceným (Kroll, Bobb & Hoshino, 2014). Zlepšení exekutivních funkcí není triviální

záležitost. Exekutivní funkce jsou hlavním prediktorem akademického úspěchu a akademický úspěch predikuje dlouhodobé zdraví a pohodu. (Best, Miller & Naglieri, 2011)

Mnoho studií se v minulosti zabývalo též bilingvní výhodou na behaviorální úrovni. Zatím jen málo studií se jí pokusilo vysvětlit na základě neurální aktivity, kdy většina z nich použila jako neuroimagingovou metodu fMRI a jen hrstka se rozhodla pro zkoumání dvojjazyčné výhody pomocí EEG.

Studie Heuvena a Coderre z roku 2014 usilovala o zhodnocení účinků dvojjazyčnosti na elektrofyzilogické měření Stroopova úkolu. Dochází v něm k překonávání konfliktu, což je typický model pro zkoumání inhibiční kontroly. Název barvy (například modrá) je napsán inkoustem jiné barvy (například červeně). Konflikt mezi významem slova a barevným stimulem musí být vyřešen dříve, než lze správně odpovědět. Z důvodu překonávání konfliktu jsou zde zaznamenávány delší reakční časy v porovnání s kontrolními úkoly (například XXX tištěné modře). Dvojjazyční jedinci vykazují v tomto úkolu kratší reakční časy než jednojazyční jedinci. Bilingvní se tedy vyznačují lepší schopností zaměřit se na podstatu úkolu či problému a nenechávají se tolik vyrušit zavádějícími informacemi. Konkrétně byly posuzovány dvě hypotézy dvojjazyčného exekutivního zpracování. Hypotéza BICA předpokládá, že bilingvní osoby mají vynikající schopnosti detekovat a vyřešit konflikty, a proto předpovídají menší interferenční účinky a snížené amplitudy Ninc (N400) komponenty pro dvojjazyčné. Hypotéza BEPA předpovídá, že dvojjazyčné subjekty zažívají lepší exekutivní zpracování nezávislé na přítomnosti konfliktu, což by se mělo odrazit v rychlejších reakčních časech (RT) a rozdílu v amplitudě ERP pro kontrolní úkoly (trials). K ověření těchto hypotéz bylo otestováno dvacet pět (z toho devatenáct žen) čínsko-anglicky bilingvních dospělých osob o průměrném věku 23,4 let, praváků, studentů Univerzity v Nottinghamu a dvacet osm (z toho šestnáct žen) monolingvních rodilých mluvčích angličtiny o průměrném věku 22,2 let, také praváků. Čínsko-anglicky bilingvní byli rodilými mluvčími mandarínštiny a anglicky mluvili přibližně od 10 let věku, žili ve Velké Británii a L2 používali denně. Dominantním jazykem byla ve všech případech mandarínština. Dvojjazyčné subjekty provedly úkol Stroop v obou jazycích, L1 (čínština) a L2 (angličtina), během samostatných nahrávání. Bilingvní osoby testovali v obou jazycích, aby vyloučili možnost, že by specifické jazykové charakteristiky mohly přispět k rozdílu mezi skupinami. Důležité je, že pokud zkušenost s dvojjazyčností zvyšuje inhibiční kontrolu a exekutivní funkce obecně, pak dvojjazyčná výhoda měla nastat v obou jazycích (L1 i L2) u bilingvních dospělých v porovnání s monolingvními. Data získaná z této studie ukázala několik významných, ale nekonzistentních důkazů o bilingvní výhodě specifické pro konflikty (BIPA). Prokázaly se

však silné důkazy o bilingvní výhodě v lepším exekutivním zpracování nezávislého na přítomnosti konfliktu. Konkrétně ERP data prokázala rozdíly mezi skupinami před vznikem konfliktu, což naznačuje, že dvojjazyčné subjekty mohou vykazovat účinnější mechanismy pro řízení irelevantních podnětů, tedy ve schopnosti ignorace a potlačení rušivých nepodstatných informací. To naznačuje vynikající exekutivní zpracování i v případě neexistence konfliktu či sémantického významu. To znamená, že dvojjazyčné osoby mají vynikající výkonné zpracování dokonce i v případě neexistence konfliktu a sémantického významu.

Studie Heidlmayrové, Hemforthové, Moutiera a Isela (2015) si dala za cíl prozkoumat účinek bilingvismu na neudynamiku odlišných kontrolních procesů, tedy monitorování konfliktů, potlačení interference a řešení konfliktů a překonávání inhibice. Výzkumu se zúčastnilo dvacet dva francouzsko-německy bilingvních a dvacet dva monolingvních dospělých osob. K testování používali kombinaci Stroop úkolu a Úkolu negativního primingu (negative priming task), zatímco prováděli příslušné úkoly, byly nahrávány EEG ERP. Data ukázala rozdíly mezi monolingvními a bilingvními osobami pouze u Stroop úkolu. Na neurofyziologické úrovni byl benefit bilingvismu nalezen redukováným ERP účinkům u bilingvních ve srovnání s monolingvními osobami, ale tento benefit byl pozorován pouze ve Stroopově úkolu a byl omezen na N400 a pozdně udržovány potenciály ERP komponent. Tento výsledek naznačuje, že bilingvismus má vliv spíše na potlačení interference a řešení konfliktu, než na procesy monitorování konfliktu. Tato studie také odhalila rozdílný časový průběh zaangażovanosti anterior cingulate cortex (ACC) a prefrontálního kortexu (PFC) při zpracovávání konfliktů. ACC vykazovala hlavní aktivaci v raných komponentách (N200, N400), prefrontální kortex se stal jednostranně aktivním v levé hemisféře v N400 a pozdním negativně jdoucím potenciálovém časovém okně.

Behaviorální a ERP data byla vykazována také ve studii, ve které mělo relativně zdatných pozdně třicet šest čínsko-anglicky bilingvních osob o průměrném věku 21,7 pojmenovávat totožné obrázky v obou jejich jazycích. Byli rozděleni do dvou skupin po osmnácti účastnících, kdy první skupina začínala pojmenovávat obrázky v L1 (čínština) a poté stejný set obrázků pojmenovávali i v L2 (angličtina). Druhá skupina úkol prováděla v opačném pořadí. Obrázky se opakovaly napříč bloky, tedy bylo očekáváno, že to povede k facilitaci úkolu a rychlejšími reakcím. Předpokladem studie bylo, že za současné aktivace obou jazyků, ve chvíli, kdy pojmenováváme pouze jedním z nich, dochází k uplatnění inhibice silnějšího L1, aby bylo možné pojmenovávat i slabším L2. Behaviorální data odhalila dominanci čínštiny vzhledem k angličtině, kdy docházelo k celkově rychlejšími a přesnějšími

pojmenováním u L1 oproti L2. ERP data ukázala větší negativitu, pokud byly obrázky pojmenovávány nejprve v L2 a následně L1. Tato větší negativita pro opakované položky naznačuje spíše přítomnost dlouhodobé inhibice L1 než facilitace. Při sledování L2, které následovalo až po pojmenovávání v L1, byla zaznamenána produkce facilitujícího vzorce v souladu s opakujícím se primingem. (Misra, Guo, Bobb & Kroll, 2012)

Jako poslední bych zde ráda zmínila studii, která sice nepoužívala žádnou neuroimagingovou metodu, ale přesto je velice zajímavá a blízká našemu tématu. Tato studie si dala za cíl prozkoumat míru vlivu bilingvismu na top-down a bottom-up kontrolu vedení pozornosti. Schopnost vést pozornost k cílovému objektu může být narušena rušivými stimuly, distraktory. Ty jsou buď velmi výrazné vzhledem k ostatním přítomným prvkům (bottom-up vedení) či to jsou takové položky, které jsou drženy, uchovávány v pracovní paměti (top-down vedení). Zaznamenána byla účast celkem osmdesáti katalánsko-španělsky bilingvních a osmdesáti monolingvních vysokoškolských studentů psychologie z Univerzity v Murcii a Barceloně. Věkově se pohybovali v rozmezí sedmnácti až třiceti let a shodovali se v obecné inteligenci a zkušenosti s videohrami. Hlavním bodem testování byl úkol hledat na displeji nakloněné linie, kdy měli pomocí různých klávesnic rozlišovat, zda je linie nakloněná doleva či doprava. Toto vyhledávání probíhalo za třech podmínek. První z nich byla konstruována jako představitelka top-down kontroly vizuální pozornosti. Další byla zahrnuta jako vizuální primingová baselina pro první podmínku a třetí představovala bottom-up kontrolu vizuální pozornosti. Výsledky ukázaly, že bilingvní jedinci byli celkově rychlejší než monolingvní jedinci v odpovídání ve všech třech typech úkolů, které zahrnovaly různé vizuální stimuly. To naznačuje, že bilingvní mohou lépe rozestavovat, soustředit svou pozornost. Ukázalo se také, že bilingvní osoby byli méně zahlceni irelevantní informací obsaženou v pracovní paměti. (Hernández, Costa & Humphreys, 2012)

Na otázky vlivu bilingvismu na kognici stále hledáme odpovědi. Existence i takových studií, které neprokázaly žádné rozdíly mezi skupinami, v nás neustále vzbuzuje pochybnosti. Osobně se tedy domnívám, že zatím neexistuje dostatek důkazů k tomu, abychom se mohli přiklonit k jednomu či druhému tvrzení.

## **6. Elektroencefalografie**

### **6.1. Historie EEG**

Ačkoliv by se nám na první pohled mohla zdát tato metoda jako nová, ve skutečnosti má již za sebou poměrně bohatou historii. Již v sedmdesátých letech 19. století byly Angličanem Richardem Catonem (1842–1926) objeveny rozdíly v elektrických potenciálech mozku. Během svých zkoumání zpozoroval, že kůra mozku reaguje nejen na specifická sensorická podráždění z periférních oblastí, ale že vykazuje spontánní kolísání mozkových elektrických potenciálů. Krátce po tomto objevu byly tyto spontánní kolísající mozkové rytmy popsány i ukrajinským fyziologem Vasilem Jakovlevičem Danilevskim (1852–1939). Prvním, kdo si doopravdy uvědomil velikost tohoto objevu, byl polský občan Adolf Beck (1863–1939), kterému se jako prvnímu na světě podařilo popsat desynchronisaci spontánních mozkových rytmů. Beck také zjistil jaký účinek má na tyto potenciály chloroformová narkosa a popsal vedení vzruchů z percepčních oblastí do motorické oblasti mozkové kůry. Bioelektrickým projevům centrální nervové soustavy se věnovala celá řada autorů jako například Verigo, který popsal elektrické rytmy v žabím mozku či Sečenov, který je sledoval v medulla oblongata žáby, a další. O praktický přesah a užití těchto poznatků se jako první pokusil Napoleon Cybulski (1854–1919), který rozpoznával frekvenci rytmů mozku u různých druhů zvířat, například u psů a u opic. K uskutečnění praktického použití EEG výrazně přispěl Vladimír Vladimírovič Pravdič-Něminski (1879–1952), který udělal první fotografický záznam mozkových rytmů a snímaných z neporušené kalvy. V klinické praxi byly získané elektrofyziologické experimentální poznatky poprvé použity německým psychiatrem Hansem Bergerem (1873–1941), který v roce 1924 poprvé zrealizoval zaznamenání elektrické mozkové aktivity člověka bez porušení kalvy. Ve svých pracích pak uceleně popsal hlavní mozkové rytmy i některé patologické odchylky u některých mozkových nemocí. V roce 1935 došlo k potvrzení Bergerových závěrů na přesnějším přístroji a od tohoto roku se do EEG vkládali velké naděje a intenzivně se začalo pracovat na jeho rozvoji. Tato očekávání se nakonec ukázala jako trochu přehnaná a dnes víme, že tato metoda má své možnosti, ale i své meze. (Šimek & Stein, 1969)

### **6.2. Princip zařízení a funkce elektroencefalografu**

Elektroencefalografie (EEG) patří mezi dnes již běžné elektrofyziologické vyšetřovací metody, sledující bioelektrické potenciály mozku, které doprovází jeho funkční aktivitu.

Bioelektrické potenciály se pohybují řádově v miliontinách voltů, je tedy nutné jejich zesílení pomocí zesilovače. Hojně se využívá v diagnostice epilepsie, encefalitid, intoxikací či poruch spánku. Užívá se také ve výzkumné sféře. Bioelektrické potenciály se dnes již nejčastěji registrují povrchovými skalpovými elektrodami. Bohužel pro potřeby vyšetření hloubkových mozkových struktur si s nimi nevystačíme a je nutné v těchto případech sáhnout pro zavedení jehlových neurochirurgem zanořených elektrod. Pro výzkumné účely je možné snímat potenciál produkovaný jedním jediným neuronem. (Seidl, 2015)

Výhodou této metody je možnost jejího opakovaného aplikování, což je dáno tím, že je neinvazivního charakteru. Provádí se bez větší zátěže vyvinuté na pacienta. Dlouhodobé pozorování a hodnocení elektrické mozkové aktivity umožňuje získat nenahraditelných informací o funkci centrální nervové soustavy. (Pánek, 2014)

Mozková elektrická aktivita je vytvářena synchronizací činnosti neuronů mozkové kůry, především synchronizací membránových potenciálů synaptodendritických struktur. Na těchto úkonech se výrazně podílí thalamus. Tuto aktivitu mozku můžeme mimo jiné snímat skrze elektrody umístěné na povrchu skalpu. (Faber, 1997)

### **6.2.1. Snímání signálu EEG**

K pořízení elektroencefalografického záznamu je nutné mít správnou techniku. V nejširším smyslu EEG přístroj obsahuje jednotlivé elektrody, hlavici EEG přístroje a vlastní EEG aparát. Elektrody jsou určeny k přenosu změn elektrických potenciálů od místa zapojení do vstupu EEG přístroje. Je potřeba, aby byly zhotoveny z dobře vodivého materiálu, tomuto kritériu nejlépe vyhovují elektrody kovové, na povrchu potažené chloridem stříbrným či platinou. (Vojtěch, 2005)

Při snímání biosignálu mozku se užívají speciální EEG čepice, které jsou vyrobeny ze speciální pružné tkaniny. Je velice důležité, aby byla čepice na hlavu nasazena správně, jelikož elektrická mozková aktivita, jež je vedena na vstupy EEG zesilovačů, je velice drobná. Jedná se o proud přibližně 10 mA a potenciál 5-100 nV. Po nasazení čepice se do otvorů aplikuje vodivý gel a dojde k zapojení elektrod. (Pánek, 2014)

Elektrody jsou na skalpu rozmístěny podle mezinárodního standardu 10-20, tedy vzdálenost elektrod mezi sebou je 10 nebo 20 % v sagitální i frontální rovině (Faber, 1992). Každá elektroda je pro lepší orientaci označena písmenem a číslicí. Číslování je vedeno zleva doprava pro každou rovinu zvlášť. Lichá čísla náleží levé hemisféře, sudá pravé. Elektrody jsou rozmístěny do řad. Rozlišujeme část laterální, paramediální a mediální v sagitální rovině.



V rovině transverzální pak nalezneme frontální, frontopolární, centrální, parietální, temporální a okcipitální oblast. (Pánek, 2014)

V našem případě je také velmi důležitá funkce referenčních elektrod. Při referenčním zapojení dochází k měření elektrických potenciálů vzhledem k referenční elektrodě. Tvar potenciálů se tímto nemění, ale amplituda a polarita ano. (Vojtěch, 2005)

### **6.2.2. Základní frekvence EEG signálu**

Zdravý jedinec vykazuje elektroencefalografickou aktivitu skládající se ze všech čtyř popřípadě pěti základních frekvencí (delta, théta, alfa, beta a event. gama). Výskyt frekvencí se mění dle dané věkové skupiny a stanoveného stavu vědomí. (Pánek, 2016)

Zdravý dospělý člověk za bdělého stavu při otevřených očích vykazuje beta a plochý théta rytmus v prefrontofrontálních oblastech, nepravidelnou alfa frekvenci umístěnou frontocentrálně, v temporálních oblastech se objevuje rytmus alfa a plochá théta, pravidelnější alfa frekvence se vyskytuje parietookcipitálně. (Faber, 2001)

#### **Alfa aktivita**

Je pro ni typická frekvence 8–12 Hz. Lokalizujeme ji zejména nad zadními oblastmi hlavy s maximem amplitudy okcipitálně či okcipitoparietálně. Amplituda alfa aktivity se liší, za střed bývá uváděno 20–80 nV a měla by být symetrická napříč hemisférami či na pravé straně o třetinu vyšší. Tato aktivita se vyskytuje při relaxované bdělosti (Vojtěch, 2005). Je tvaru sinusoidy a u některých vln můžeme pozorovat ostré obrysy. (Pánek, 2016) Poslední dobou dochází v oblasti výzkumu k dělení alfa aktivity na dvě subpásma, a to na alfu-1 (8–10 Hz) a alfu-2 (10–12 Hz). K dělení dochází kvůli předpokladu jejich rozdílného podílu na procesech zahrnující pozornost a různé kognitivní a paměťové děje. (Canon, 2012)

#### **Beta aktivita**

Beta aktivita je definována frekvencí 12–30 Hz. V případě frekvence 30–70 Hz mluvíme o tzv. gama pásmu, jež je součástí beta aktivity. Má nižší amplitudu než alfa, obvykle kolem 10 nV, téměř pokaždé nižší než 20 nV. Její nejčastější výskyt můžeme zaznamenat nad frontálními a frontocentrálními oblastmi, může se však vyskytnout ve všech oblastech skalpu. Po fyziologické stránce se objevuje při bdělém stavu a otevřených očích. Beta aktivita se objevuje častěji u žen než u mužů a také se její zastoupení zvyšuje úměrně

s věkem (Vojtěch, 2005). Jedincova rostoucí beta aktivita souvisí s vyšší afektivní odezvou, pozorností a exekutivními a kognitivními funkcemi. (Canon, 2012)

### **Théta aktivita**

Théta aktivita je typická frekvencí 4–8 Hz a její výskyt zaznamenáváme především v temporálních oblastech. Amplituda se průměrně pohybuje okolo 30nV. Obvykle se v ní neodráží otevření očí a může se stávat zřetelnější při emočním vzrušení. Zvětšuje se při usínání (Faber, 1997). Théta aktivita úzce souvisí s paměťovými procesy kódováním informace a vybavováním a exekutivní pozorností. (Canon, 2012)

### **Delta aktivita**

Jedná se o rytmickou a sinusoidální frekvenci pod 4 Hz. Z fyziologického pohledu se vyskytuje do tří let věku dítěte a také v hlubokém synchronním spánku (Faber, 2001). Pravděpodobně sehrává důležitou roli při kódování a uvolňování informací, tedy souvisí s celkovými inteligenčními předpoklady jedince. (Cannon, 2012)

### **Lambda aktivita**

Vyskytuje se poměrně zřídka, nejčastěji vzniká při sledování vizuálního detailu, například při prezentaci barevného vzoru. Jednou z podmínek vzniku je sakadický pohyb očí. Jedná se o ostré, bi-trifázické vlny. Jejich výskyt je naprosto v normě, častěji se vyskytují u dětí a dospívajících než u dospělých. (Vojtěch, 2005)

### **6.2.3. Nejčastější artefakty EEG**

Artefaktem v těchto případech shledáváme vše, co neodpovídá záznamu elektrické aktivity mozku. Artefakty se mohou vyskytovat u jedné či více elektrod. V případě jedné elektrody se to na první pohled jeví zvláště, jelikož taková aktivita je neobvyklá. Nejčastěji je dělíme na: artefakty pocházející z pacienta neboli biologické, z EEG zařízení, z interference se zdroji elektrické energie. (Vojtěch, 2005)

### **6.2.3.1. Biologické artefakty**

Pokud elektroencefalogram obsahuje záznam i jiného biologického signálu, než mozkového, považujeme ho za artefakt. Může se jednat o artefakty pohybu očí či mrkání, svalové a pohybové artefakty, artefakty z činnosti srdce, tepu a pocení, ale i artefakty pohybů jazyka či dentální artefakty. (Vojtěch, 2005)

#### **Artefakty oční**

Tyto artefakty jsou nejčastěji detekovány frontálními elektrodami, ale mohou se občas vyskytnout i u elektrod centrálních či temporálních. Vznikají z korneoretinálního potenciálu, jehož velikost se pohybuje mezi 50–100 mV. Pozitivní pól tohoto potenciálu leží na rohovce, zatímco negativní na sítnici. Pohyby očí ve vertikálním směru se pak projeví zejména v paramediálních svodech, v horizontálním směru pak v laterálních svodech a transverzálních řetězcích. Pozitivní polarita je typická pro mrkání a zavření očí, otevření má negativní polaritu. V referenčním zapojení tedy při zavření očí dojde k vychýlení křivky směrem dolů, při otevření směrem nahoru. Oční artefakty mohou mít různou podobu, někdy je jejich tvar velmi nepravidelný až bizarní. Nejčastěji však bývají symetrické a synchronní. Jedná se o nejčastěji se vyskytující artefakty. (Vojtěch, 2005)

#### **Artefakty svalové**

Také bývají poměrně časté. Jsou typické svou krátkou dobou trvání, ostrostí a frontálním a temporálním maximem. Například pohyb musculus rectus lateralis, zapojující se při horizontálních očních pohybech, bývá jednostranně detekován u elektrod F7 a F8 v podobě pozitivní výchylky s pomalejší návratnou fází. Během pořizování elektroencefalogramu lze tyto artefakty rozlišit pomocí jejich specifického tvaru. (Vojtěch, 2005)

#### **Artefakty z pohybu**

Bývají velmi náhlé, neopakující se, jsou bizarního tvaru a dochází k nim u všech, například u pohybu hlavy, či většiny elektrod referenčního zapojení. (Vojtěch, 2005)

### **EKG artefakty**

Vyznačují se periodicitou, která je daná srdeční frekvencí. Obvykle je pravidelná mimo případy s arytmií. Tvarem jsou podobné EKG křivce. Nejčastěji se vyskytují u svodů z uší, mohou být výsledkem i špatného elektrodového kontaktu či činností kardiostimulátoru. Nejlépe se pozorují u lidí s krátkým krkem, zejména obézních hypertoniků. (Vojtěch, 2005)

### **Pulzové artefakty**

Jsou pravidelného tvaru oblých či trojúhelníkovitých vln. K jejich vzniku dochází, pokud dojde k lokaci elektrody do blízkosti tepny. Obvykle se týkají pouze jedné elektrody. (Vojtěch, 2005)

### **Galvanické kožní artefakty**

Galvanické kožní artefakty či také jinak artefakty z pocení se projevují v podobě velmi pomalých vln zejména ve frontálních a temporálních oblastech. Mezi elektrodami může při pocení vzniknout tzv. solný můstek, což se projeví snížením amplitud těchto elektrod. (Vojtěch, 2005)

### **Artefakty dentální**

Tyto artefakty mívají hrotovitý tvar a mohou vznikat u lidí se zubními výplněmi vyrobenými z rozdílných kovů či skřípěním zubů. (Vojtěch, 2005)

### **Artefakty z pohybů jazyka a jiných orofaryngeálních struktur**

Pohyb jazyka se ve snímaném signálu typicky projevuje jako pomalé vlny široké distribuce dosahující středočárového maxima. Vznikají při polykání a řeči. (Vojtěch, 2005)

#### **6.2.3.2. Interferenční artefakty**

Vznikají za podmínky, že EEG přístroj zaznamenává elektrickou aktivitu ze svého okolí. Vznikají buď elektrostaticky nehledě na intenzitu proudu, nebo elektromagneticky za vyšších intenzit. Někdy mohou být způsobeny špatným kontaktem elektrod. Poměrně běžným

je interferenční artefakt způsobený střídavým elektrickým proudem o frekvenci 50 Hz. Dalším příkladem interferenčních artefaktů mohou být artefakty vznikající při zvonění mobilního telefonu. (Vojtěch, 2005)

### **6.3. Evokované potenciály**

#### **6.3.1. Historie evokovaných potenciálů**

EEG je velmi užitečnou metodou jak v oblasti vědecké, tak klinické. Jedná se však o velmi hrubé měření aktivity mozku, a nelze ji tedy použít ve své surové formě k měření většiny vysoce specifických neurálních procesů, které jsou v centru zkoumání kognitivní neurovědy. To je způsobeno tím, že EEG představuje smíšený konglomerát mnoha různých neurálních zdrojů aktivity, takže je obtížné izolovat jednotlivé neurokognitivní procesy. Součástí záznamu EEG jsou neurální odpovědi přidružené ke specifickým sensorickým, kognitivním či motorickým událostem. Tyto odpovědi je možné z celého EEG záznamu extrahovat pomocí jednoduché průměrovací techniky. Tyto konkrétní specifické odpovědi se nazývají evokované potenciály. Jsou to tedy elektrické potenciály související s konkrétními událostmi. Technika evokovaných potenciálů byla objevena již ve třicátých letech minulého století. První sensorické nahrávání ERP u lidí bylo provedeno již v letech 1935–1936 Paulinou a Hallowellem Davisovými a publikováno bylo o několik let později. První počítačem zprůměrované vlny ERP byly pravděpodobně zveřejněny Galambosem a Sheatzem v roce 1962. Ve čtyřicátých letech v důsledku druhé světové války došlo k úpadku výzkumů, které se však v padesátých letech obnovily. Většina těchto prvních výzkumů se zaměřovala na sensorické otázky. Moderní období výzkumu ERP začalo roku 1964, kdy Gray Walter a jeho kolegové objevili první kognitivní ERP komponentu, kterou nazývali kontingentní negativní variace (CNV). Dalším výrazným krokem vpřed bylo objevení komponenty P3 Suttonem, Brarenem, Zubinem a Johnem v roce 1965. Následujících patnáct let se výzkum zaměřil na identifikaci různých kognitivních ERP komponent a vývoj metod pro zaznamenávání a analýzu ERP v kognitivních experimentech. V osmdesátých letech se výzkum ERP stal ještě populárnější díky zavedení počítačové techniky a celkové explozi výzkumu v kognitivní neurovědě. Poté, co byla vynalezena pozitronová emisní topografie (PET) a funkční magnetické rezonance (fMRI), se mnoho vědců domnívalo, že to znamená konec ERP výzkumů. Ve skutečnosti se ale stal spíše opak. ERP výzkum totiž poskytuje časově vysoce rozlišené informace o mysli a mozku, které nemohou být získány jiným způsobem (Luck,

2014). Evokované potenciály obvykle pocházejí z postsynaptických potenciálů, které vznikají vázáním neurotransmiterů na receptory a dochází ke změně toku iontů přes buněčnou membránu. Pokud se postsynaptické potenciály vyskytují ve stejném čase ve velkém počtu u podobně orientovaných neuronů, sčítají se a jsou vedeny téměř rychlostí světla skrz mozek, mozkové pleny, lebku a pokožku hlavy. Evokované potenciály tak poskytují přímé a okamžité měření neurotransmitery zprostředkované neurální aktivity, která pochází nejčastěji z kortikálních pyramidových buněk. (Luck, 2014)

Užití evokovaných potenciálů má několik výhod. Jsou jednoduché a rychlé na počítání a vyžadují málo parametrů či předpokladů analýzy. Je možné také rychle provést kontrolu kvality dat jediného subjektu. Druhou výhodou je jejich vysoká časová preciznost, určitost a přesnost. Odhad elektrické aktivity za každou milisekundu je velmi přesný. Díky existenci rozsáhlé literatury poznatků o ERP můžeme své výsledky kontextualizovat a interpretovat. (Cohen, 2014)

### **6.3.2. Druhy evokovaných potenciálů**

#### **Somatosenzorické evokované potenciály (SEP)**

Jedná se o elektrický projev somatosenzorického systému jako reakce na specifickou stimulaci. Jsou charakteristické velmi pomalou amplitudou. Zaznamenávají se kožními elektrodami umístěnými na různých úrovních centrálního a periferního nervového systému. (Komárek & Zumrová, 2008)

#### **Kmenové sluchové evokované potenciály (BAEP)**

Jedná se o elektrický projev kmenových struktur sluchových drah jako reakce na specifický podnět. Bývají užívány při diagnostice pacientů s intramedulárním tumorem či roztroušenou sklerózou. (Komárek & Zumrová, 2008)

#### **Zrakové evokované potenciály (VEP)**

Jedná se o elektrickou reakci struktur zrakové dráhy na specifický zrakový stimul. (Komárek & Zumrová, 2008)

## **Kognitivní potenciály (ERP)**

SEP, BAEP a ve zkoumají elektrické odpovědi na jednoduchý sensorický stimul, ale kognitivní evokované potenciály představují elektrickou aktivitu kortexu, jež je vyvolaná podnětem určitého významu. ERP jsou „vnitřní“ reakcí mozku na stimul než na jeho fyzikální vlastnosti. Napomáhají k poznávání kortikálních funkcí souvisejících s pozorností a myšlenkovými procesy. (Komárek & Zumrová, 2008)

### **6.3.3. Vybrané komponenty ERP**

Pojmem ERP komponenta je myšlena elektrická aktivita v určité oblasti mozku, která je odrazem nějakého neurálního procesu vyskytujícího se v této oblasti, ze které se pak šíří ke skalpovým elektrodám. Trochu jinak můžeme ERP komponentu definovat jako neurální signál snímaný na skalpu, který je generován v určitém neuroanatomickém modulu při provádění specifické výpočetní operace. Z funkčního hlediska je ERP komponenta souborem změn napětí, které jsou konzistentní s jediným místem neurálního generátoru a které se systematicky mění v amplitudě napříč podmínkami a časem. Typickými vlastnostmi komponenty je její polarita, latence a skalpová distribuce. (Luck, 2014)

#### **6.3.3.1. N2 neboli N200**

První zprávy o komponentách N2 obvykle pocházely z experimentů obsahující vzácně cílové úkoly (devianty) rozptýlené mezi často se vyskytujícími standardními úkoly (Luck, 2014). Naatanen a Picton (1986) popsali, že opakující se necílový stimul vyvolá odchylky N2.

Výzkumy naznačily, že tato komponenta může být rozdělena na tři dílčí subkomponenty N2a, N2b a N2c. N2a je automatickým efektem vyskytujícím se u auditivních nesouladů, i když jsou irelevantní vzhledem k řešenému úkolu. Tento efekt je známější pod svým druhým názvem mismatch negativity (MMN). Více o něm bude uvedeno později v této kapitole. Pokud jsou devianty relevantní úkolu, pak je pozorován pozdější N2 účinek, který je největší v centrálních sítích pro auditivní stimuly a v posteriorních sítích pro vizuální stimuly. Anteriorní (přední) a posteriorní (zadní) účinky byly označeny N2b a N2c. N2b či anteriorní N2 bývá spojováno s inhibicí reakce. Typická N2c či posteriorní N2 je velmi podobná vlně P3, pokud se vyskytuje při relevantních cílových úkolech a je větší pro vzácněji se vyskytující cílové úkoly než pro ty časté (Luck, 2014). Renaul, Ragot, Lesevre a Redmond (1982) přišli s tvrzením, že tato komponenta odráží procesy kategorizace stimulu, a že doba jejího trvání

závisí na obtížnosti této kategorizace. Posteriorní N2 obsahuje subkomponentu N2pc, která odráží aspekt zaměřování pozornosti vzhledem k přítomnému vizuálnímu objektu. (Luck, 2014)

### **6.3.3.2. N2a neboli Mismatch negativity**

Mismatch negativity (MMN) je relativně automatickou odpovědí na auditivní stimul, který se liší od ostatních stimulů. Typicky vrcholí mezi 160–220 ms s frontocentrálním středovým skalpovým maximem. Vzhledem k vysokému stupni automatizace je MMN velmi užitečné jako prostředek pro hodnocení zpracování u jedinců, kteří nemohou snadno vytvářet behaviorální odpovědi jako například preverbální kojenci a lidé v kómatu. MMN může být využito k posouzení citlivosti kojenců k různým jazykovým kontrastům. (Luck, 2014)

### **6.3.3.3. P3 neboli P300**

Můžeme se setkat s více variantami komponent P3. První významné dělení rozlišovalo mezi frontálně maximální P3a komponentou a parietálně maximální P3b komponentou. Obě byly vyvolány nepředvídatelnými, nepravidelnými změnami v podnětech, ale P3b byla přítomna pouze, pokud byly tyto změny relevantní vzhledem k prováděnému úkolu. Když ERP výzkumníci odkazují na komponentu P3 či P300, téměř vždy tím myslí P3b komponentu. Jiné studie ukázaly, že neočekávaný, neobvyklý a překvapivý s úkolem nesouvisející stimul během očekávaného stimulačního procesu vyvolá frontální P3 jako odpověď. (Luck, 2014)

## **6.4. Výhody a nevýhody EEG ve výzkumu**

### **Výhody užití EEG**

Hned z několika důvodů můžeme techniku s vysokým časovým rozlišením jako EEG považovat za výjimečný nástroj pro studium neurokognitivních procesů. Prvním je její zachycení kognitivní dynamiky v časovém rámci, ve kterém ke kognici dochází. Kognitivní, percepční, jazykové, emocionální a motorické procesy jsou velmi rychlé a nejčastěji se vyskytují během desítek až stovek milisekund. Techniky s vysokým časovým rozlišením dokáží zachytit tyto rychlé, dynamické a časově sekvencované kognitivní události. Druhým důvodem je přímost měření neurální aktivity. Třetí výhodou je vícerozměrnost EEG signálu,



která zahrnuje minimálně čtyři dimenze a to čas, prostor, frekvenci (sílu) a fázi. Tato vícerozměrnost poskytuje mnoho variant specifikování a testování hypotéz zakořeněnými jak v neurofyzilogii, tak psychologii. (Cohen, 2014)

### **Nevýhody užití EEG**

Na začátku bychom se měli vždy zamyslet, který zobrazovací nástroj mozku je nejvhodnější pro použití v našem výzkumu. EEG je sice velmi silná a názorná technika, přesto však není vhodná pro řešení všech výzkumných otázek. EEG se nehodí do studií, které vyžadují přesnou funkční lokalizaci. Rovněž není vhodné pro testování hypotéz o hloubkových mozkových strukturách. Dále také není ideální pro výzkumné otázky týkající se pomalých kognitivních procesů s nejistým a variabilním časovým průběhem. (Cohen, 2014)

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 1. Metodologie výzkumu

### 1.1. Cíl výzkumu

Cílem této studie je navázat na zkoumání vlivu bilingvismu na kognici, a to konkrétně na inhibiční reakci selektivní pozornosti. Snahou této práce je pokusit se prokázat meziskupinové rozdíly mezi česko-anglicky bilingvními dospělými a českými rodilými mluvčími. Obě skupiny subjektů podstoupily stejný design experimentu. Ke zkoumání této inhibiční reakce byla použita metoda ERP. Předpokladem výzkumu bylo, že se během experimentální úlohy dostaví odpověď na auditivní stimuly, které působí jako distraktory. Dalším předpokladem našeho výzkumu bylo, že se inhibiční reakce selektivní pozornosti odrazí i v odpověďovém čase a počtu správných odpovědí probandů.

#### 1.1.1. Výzkumný problém

Výzkumný problém této studie zní: Jaký je rozdíl mezi bilingvními osobami a monolingvními osobami v inhibiční reakci selektivní pozornosti?

#### 1.1.2. Výzkumné hypotézy

Vzhledem k výše formulovanému výzkumnému problému byly vytvořeny tyto hypotézy, které jsou jeho nepostradatelnou součástí.

H<sub>0</sub>: Neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v celkovém počtu udělaných chyb při řešení úkolu detekce písmena mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob.

**H<sub>1</sub>: Existuje statisticky signifikantní rozdíl v celkovém počtu udělaných chyb při řešení úkolu detekce písmena mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob.**

H<sub>2</sub>: Neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v počtu udělaných chyb při řešení úkolu detekce písmena v události č. 1 (standard bez distraktoru) mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob.

**H<sub>2</sub>: Existuje statisticky signifikantní rozdíl v počtu udělaných chyb při řešení úkolu detekce písmena v události č. 1 (standard bez distraktoru) mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob.**

H3<sub>0</sub>: Neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v počtu udělaných chyb při řešení úkolu detekce písmena v události č. 2 (standard s distraktorem) mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob.

**H3: Existuje statisticky signifikantní rozdíl v počtu udělaných chyb při řešení úkolu detekce písmena v události č. 2 (standard s distraktorem) mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob.**

H4<sub>0</sub>: Neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v počtu udělaných chyb při řešení úkolu detekce písmena v události č. 3 (deviant bez distraktoru) mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob.

**H4: Existuje statisticky signifikantní rozdíl v počtu udělaných chyb při řešení úkolu detekce písmena v události č. 3 (deviant bez distraktoru) mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob.**

H5<sub>0</sub>: Neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v počtu udělaných chyb při řešení úkolu detekce písmena v události č. 4 (deviant s distraktorem) mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob.

**H5: Existuje statisticky signifikantní rozdíl v počtu udělaných chyb při řešení úkolu detekce písmena v události č. 4 (deviant s distraktorem) mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob.**

H6<sub>0</sub>: Neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v rychlosti odpověďového času při řešení úkolu detekce písmena mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob.

**H6: Existuje statisticky signifikantní rozdíl v rychlosti odpověďového času při řešení úkolu detekce písmena mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob.**

H7<sub>0</sub>: Neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v kognitivních evokovaných potenciálech odpovídajících inhibiční reakci selektivní pozornosti mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob.

**H7:Existuje statisticky signifikantní rozdíl v kognitivních evokovaných potenciálech odpovídajících inhibiční reakci selektivní pozornosti mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob.**

## **2. Experimentální Design**

### **2.1. Výzkumný vzorek**

#### **2.1.1. Výběr a popis zkoumaných osob**

Výzkumu se zúčastnilo celkem  $n = 29$  subjektů příslušných do dvou skupin.

Experimentální skupina byla tvořena jedenácti česko-anglicky bilingvními osobami. Věkové rozmezí se pohybovalo mezi 14 až 24 lety, průměrný věk celého souboru byl 19,45 let. Studie se zúčastnilo 6 žen a 5 mužů. Jednalo se vždy o praváky a nejčastěji o osoby se simultánním bilingvismem popřípadě sukcesivním bilingvismem, které se druhý jazyk začaly učit nejdéle ve věku tří let. K závěrečné EEG analýze bylo použito pouze 7 záznamů bilingvních osob z důvodů nedostatečné kvality signálu. Vyřazené záznamy patřily nejmladším účastníkům experimentu. Využity byly záznamy od 4 mužů a 3 žen ve věku 19 až 24 let.

Kontrolní skupina byla tvořena monolingvními jedinci ve věku 20 až 25 let. Průměrný věk činil 22,17 let. Celkem bylo naměřeno 18 osob monolingvních (11 mužů a 7 žen), z toho 3 záznamy nebyly zahrnuty do závěrečné analýzy dat, a to z důvodu špatné kvality signálu.

Osoby byly do výzkumu získávány hned několika způsoby. Prostým záměrným výběrem, kdy na základě kritéria bilingvality jsme přímo oslovovali vhodné dostupné jedince. Dále byla při výběru uplatněna metoda sněhové koule (snowball), která je u takto nedostupného vzorku populace ideální. Někteří z účastníků projevili aktivní zájem o účast ve studii na základě inzerátů, které byly zveřejněné na sociální síti Facebook, tedy se uplatnila i metoda samosběru.

Sběr dat probíhal od 30. července 2017 do 30. března 2018. Měření se konalo v prostorách Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity.

### **2.2. Vytvoření experimentu**

Pro vytvoření našeho experimentu nám jako inspirace posloužily články Stefana Wiense, Maliny Szychowské, Rasmuse Eklunda a Matse E. Nilssona (2016, 2017a, 2017b). Ve svém výzkumu se zabývali ERP komponentou mismatch negativity a tím, jaký vliv na ni

má vysoká vizuální percepční zátěž řešeného úkolu a zároveň pouštěné tóny o 3 různých akustických tlacích. Díky podrobným informacím o celé proceduře a stimulech, které v jednom ze svých článků uvedli, jsme měli dostatek podnětného materiálu pro vytvoření našeho experimentu upraveného vzhledem k našim specifickým potřebám.

Jádrem celého experimentu se stal zrychlený úkol detekce písmena, který měli účastníci řešit. Každá úloha byla složena z kruhu šesti písmen, mezi kterými probandi hledali písmeno X. Tento kruh byl prezentován po dobu 100ms. Písmena umístěná v kruhu byla napsána bíle na černém pozadí. Pokud účastníci písmeno X zaregistrovali, zmáčkli libovolnou klávesu na klávesnici. Každý úkol trval 1s. Kruh se skládal z písmen ze sady H, K, M, N, V, W, Z a X a bylo vytvořeno 2500 různých kombinací, protože stejné kruhy se nesměly opakovat. Jejich pořadí pak bylo vytvořeno náhodně. Písmeno X bylo obsaženo ve 20 % zkoušek, tedy celkem v 500 úkolech. Písmena byla umístěna na 2., 4., 6., 8., 10. a 12. hodinu a jejich velikost byla 0,53 x 0,53 stupňů (vizuální úhel), vzdálenost mezi centry písmen byla 0,98 stupňů, průměr kruhu (počítáno od center jednotlivých písmen) bylo 3,38 stupňů. S nástupem kruhu byly účastníkům do sluchátek zároveň prezentovány komplexní tóny o frekvenci 500Hz s 5ms zesilováním a zeslabováním zvuku o akustickém tlaku 76dB a délce trvání 30ms. Tóny se vyskytovaly u části odpověďových, tak neodpověďových úkolů. Experiment se skládal celkem z 2500 úkolů. Úkoly byly rozděleny mezi čtyři následující události (eventy):

- standard bez distraktoru (1)
- standard s distraktorem (2)
- deviant bez distraktoru (3)
- deviant s distraktorem (4)

Standard znamená, že v kruhu písmen není obsaženo písmeno X. Deviant znamená opak, tedy že kruh obsahuje písmeno X. Distraktorem je myšlena přítomnost či nepřítomnost tónu. Z 2500 úkolů bylo 1602 věnováno události číslo 1, 398 bylo událostí číslo 2, událostí číslo 3 bylo 297 a událostí číslo 4 bylo 203.

Experimentální úloha byla rozdělena přestávkou na dvě poloviny, každá tedy obsahovala 1250 úloh. Přestávka byla libovolně dlouhá dle potřeby. Na úvodní obrazovce si účastník mohl přečíst uvedené základní informace o experimentu. Před zahájením samotného testování bylo k dispozici 10 úkolů jako zácvik.

### **2.3. Průběh experimentu**

Účastníkům výzkumu bylo předem vysvětleno, co EEG experiment obnáší. Byli instruováni ohledně přípravy na měření, jeho možných rizicích či případných překážkách, které neumožňují účast v EEG studii. Před samotným testováním byl s probandem vyplněn informovaný souhlas a bylo mu odpovězeno na všechny případné dotazy.

Osobní setkání v neuropsychologické laboratoři trvalo zhruba kolem dvou hodin. Nejprve bylo potřeba po poměření rozměrů hlavy vybrat správnou velikost EEG čepičky. Poté bylo přistoupeno ke gelování a zapojování jednotlivých elektrod, což v průměru mohlo trvat kolem třiceti pěti minut. Poté byli účastníci posazeni před monitor počítače a před začátkem samotné testovací části předcházela zácvková část obsahující deset zkušebních úkolů. Tato nás měla ujistit, že proband správně porozuměl zadání. Následovala samotná experimentální úloha, která byla krátkou přestávkou rozdělena na dvě části. Během přestávky byly probandům poskytnuty nápoje. Řešení každé poloviny experimentu trvalo asi třicet pět minut. Po sundání čepičky s elektrodami byla každému účastníkovi poskytnuta možnost očištění hlavy od gelu, odpočinku a občerstvení. Následoval závěrečný rozhovor s probandem, rozloučení a předání drobné odměny za účast v experimentu.

Všem účastníkům bylo přislíbeno zprostředkování jejich osobních výsledků i výsledků celé studie.

### **2.4. Popis měřicího přístroje**

EEG data byla nahrávána pomocí neinvazivního zařízení firmy Biosemi. Snímání signálu probíhalo pomocí 64 elektrod ve standardní 10/20 pozici. Tento typ přístroje se využívá pouze ve vědecké sféře, nelze ho užívat pro klinickou diagnostiku.

## **3. Metody zpracování a analýzy dat**

### **3.1. Pre-processing signálu**

Pre-processing EEG signálu je zásadním a velice důležitým krokem. Jedná se o přípravu dat před jejich samotnou analýzou. K tomuto byla data zpracovávána v programu MATLAB a jeho toolboxu EEGLAB.

## **Resampling**

Dříve, než bylo možné přistoupit k samotnému čištění dat od artefaktů, bylo potřeba data naresamplovat. Jelikož jsme zaznamenali data EEG pomocí systému Biosemi, výchozí vzorkovací frekvence byla 2048Hz. Taková vysoká vzorkovací frekvence není pro ERP analýzu nutná. Tato se obecně zajímá o frekvenční rozsah nižší než 40 Hz. Z tohoto důvodu jsme chtěli snížit velikost datového souboru a urychlit následné zpracování našich dat. Data jsme resamplovali na 256 Hz.

## **Filtrování**

Dalším krokem zpracování dat bylo filtrování. Jím se transformuje signál, takže v ideálním případě bychom radši nefiltrovali. Přesto je však nezbytným krokem v našem zpracování dat kvůli několika faktorům, zejména z důvodu přítomnosti rušivého síťového signálu 50Hz. Ze signálu pomocí dolního a horního FIR filtru jsme vybrali pouze frekvenční pásmo, které EEG zajímá. V našem případě jsme stanovili dolní filtr na 0,5Hz a horní filtr na 100Hz. Poté jsme na data aplikovali ještě základní Notch filtr kvůli odstranění 50Hz signálu zdroje napětí.

## **Re-reference**

Re-referencování je lineární transformace. V EEG jsou napětí zaznamenána u každé elektrody relativně vzhledem k napětí zaznamenanému u jiných elektrod. Teoreticky může být reference kdekoli, ve skutečnosti musí být pečlivě zvolena, protože jakákoli činnost v referenční elektrodě se odráží v aktivitě u jiných elektrod. Pro EEG s vysokou hustotou (100+ elektrod) je často zvolena průměrná aktivita u všech elektrod jako referenční. Zpravidla by pozice referenční elektrody neměla být blízká poloze elektrody, kde očekáváme, že naše hlavní účinky budou.

## **Vyřazení špatných elektrod**

K detekci špatných elektrod a rozhodování o tom, které elektrody by měly být odmítnuty, lze použít několik metod. Můžeme se spoléhat, jak na vlastní vizuální detekci, tak můžeme využít některého z nástrojů, které EEGLAB poskytuje.



## **Vyčištění dat, odstranění artefaktů**

V této fázi pre-processingu dat je nutné signál ručně vyčistit od všech neperiodických artefaktů, s výjimkou očních. Jednotlivé typy artefaktů byly více rozebrány v teoretické části.

### **Artifact subspace reconstruction (ASR)**

Na závěrečné dočištění signálu jsme použili ASR, plugin EEGLABU.

## **Epochování**

Na závěr jsme data naepochovali na časové oblasti odpovídající obsahové reakci na stimul. Epocha začínala 0,5 sekundy před nástupem stimulu a končila 1sekundu po jeho zobrazení. Celkem byly vytvořeny čtyři skupiny epoch od každého subjektu dle počtu událostí v úkolu. Poté jsme tyto epochy vyextrahovali ze všech záznamů určených pro analýzu.

## **3.2. Analýza dat**

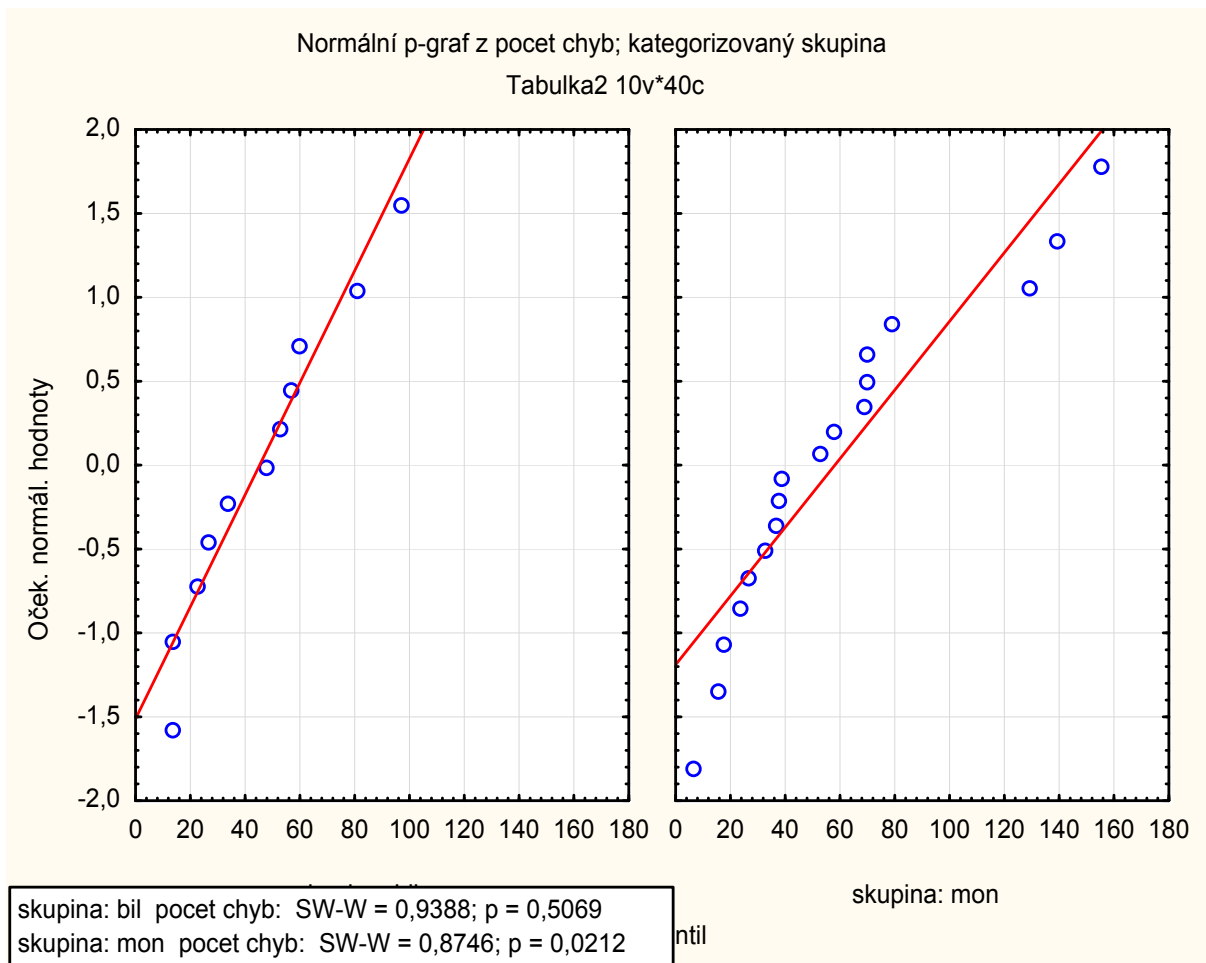
Z experimentu jsme získali dva druhy dat. Behaviorální data, která obsahovala údaje o chybovosti a odpověďovém čase jednotlivých probandů a EEG data. V následujících kapitolách byl proveden jejich rozbor. Behaviorální data byla zpracovávána programem STATISTICA a EEG data v programu MATLAB.

### **3.2.1. Analýza behaviorálních dat**

Z experimentu bylo od každého účastníka získáno 2 500 údajů zahrnující správnost či špatnost odpovědi a rychlost odpověďového času u každé položky.

### **Zkoumání celkové chybovosti zaznamenané v úkolu**

Předpokládali jsme, že získané hodnoty celkového počtu chyb, které každý proband udělal, pocházejí ze dvou normálních rozložení. Pro ověření tohoto předpokladu jsme otestovali na hladině významnosti 0,05 hypotézu, že střední hodnoty celkového počtu chyb jsou u skupin bilingvních a monolingvních osob stejné. Normalitu jsme ověřovali pomocí Normálního pravděpodobnostního grafu a Shapirova-Wilkova testu (S-W test).

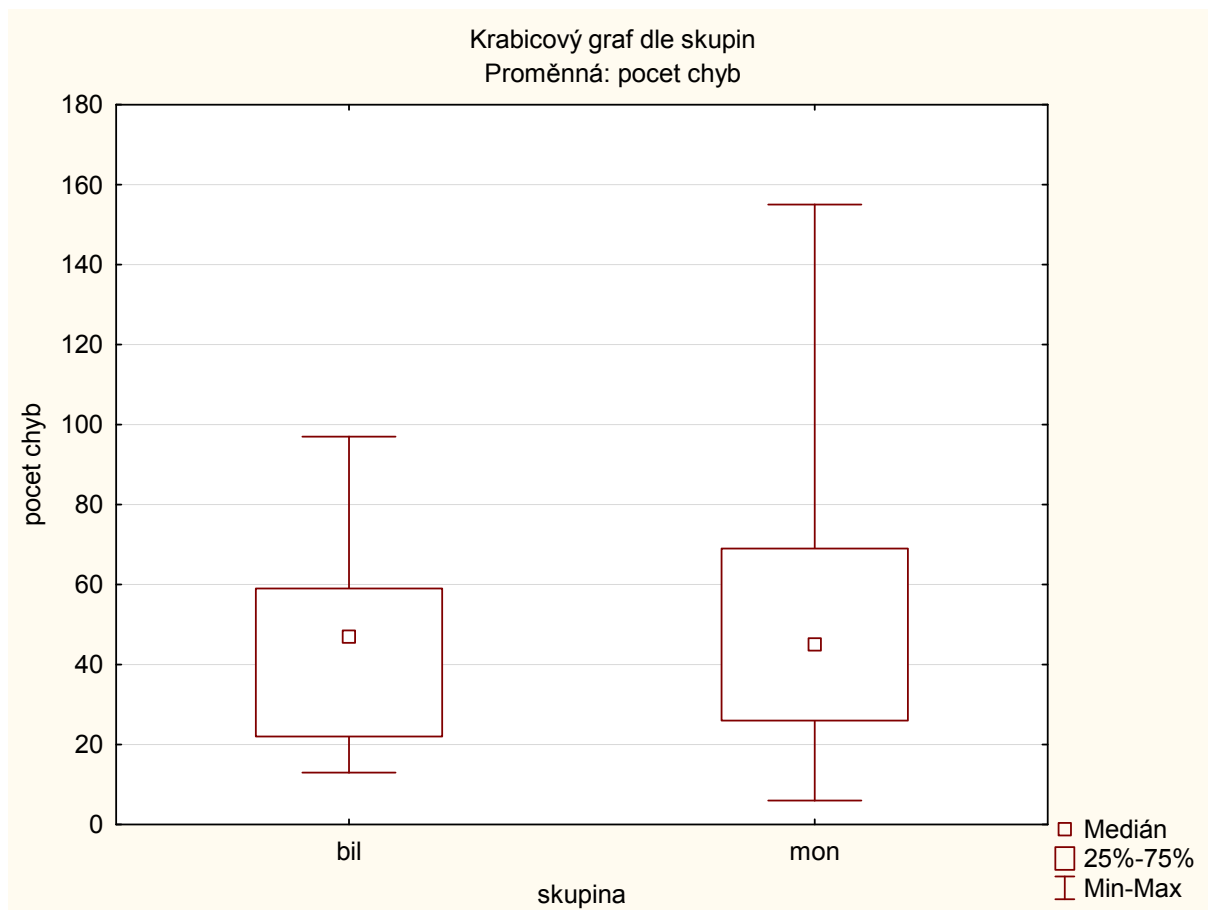


Jak můžeme vidět na výše uvedeném grafu, bilingvní skupina dosáhla v S-W testu p-hodnoty větší než 0,05. To samé však nemůžeme říci o monolingvní skupině, a tedy hypotézu o normalitě dat na hladině významnosti 0,05 zamítáme.

Z důvodu nesplnění předpokladu, že data pocházejí z normálního rozložení a rovněž z důvodu malého počtu dat, jsme se rozhodli pro použití neparametrické statistiky. Konkrétně jsme pro výpočet zvolili Mann-Whitneyův U Test.

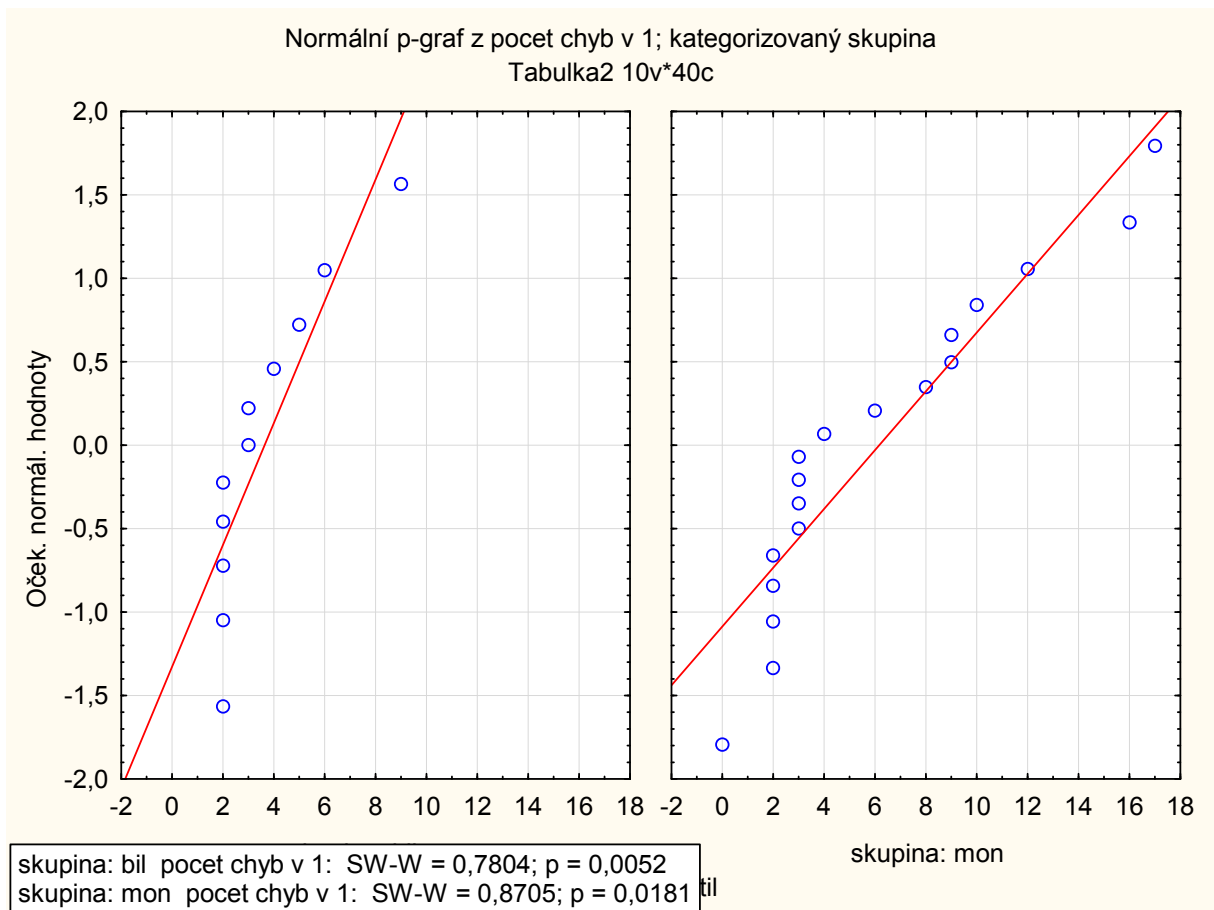
Proměnná	Mann-Whitneyův U Test Dle proměn. skupina Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05$						
	Sčtpoř. bil	Sčtpoř. mon	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.
počet chyb	151,0000	284,0000	85,00000	-0,606780	0,543997	-0,607079	0,543799
Proměnná	Mann-Whitneyův U Test Dle proměn. skupina Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05$						
	N platn. bil	N platn. mon	2*1str. přesné p				
počet chyb	11	18	0,550075				

V Tabulce můžeme vidět, že p-hodnota je 0,543997, tedy na hladině významnosti 0,05 nezamítáme nulovou hypotézu  $H_{10}$ . Znamená to, že s rizikem omylu maximálně 5 % se nám nepodařilo prokázat rozdíl ve středních hodnotách chyb u obou skupin. Pro znázornění jsme použili krabicový graf.



### 3.2.1.1. Zkoumání chybovosti v události (eventu) 1

Předpokládali jsme, že získané hodnoty počtu chyb, které každý proband v eventu 1 (události) udělal, pocházejí ze dvou normálních rozložení. Pro ověření tohoto předpokladu jsme otestovali na hladině významnosti 0,05 hypotézu, že střední hodnoty celkového počtu chyb jsou u skupin bilingvních a monolingvních osob stejné. Normalitu jsme ověřovali pomocí Normálního pravděpodobnostního grafu a Shapirova-Wilkova testu (S-W test).



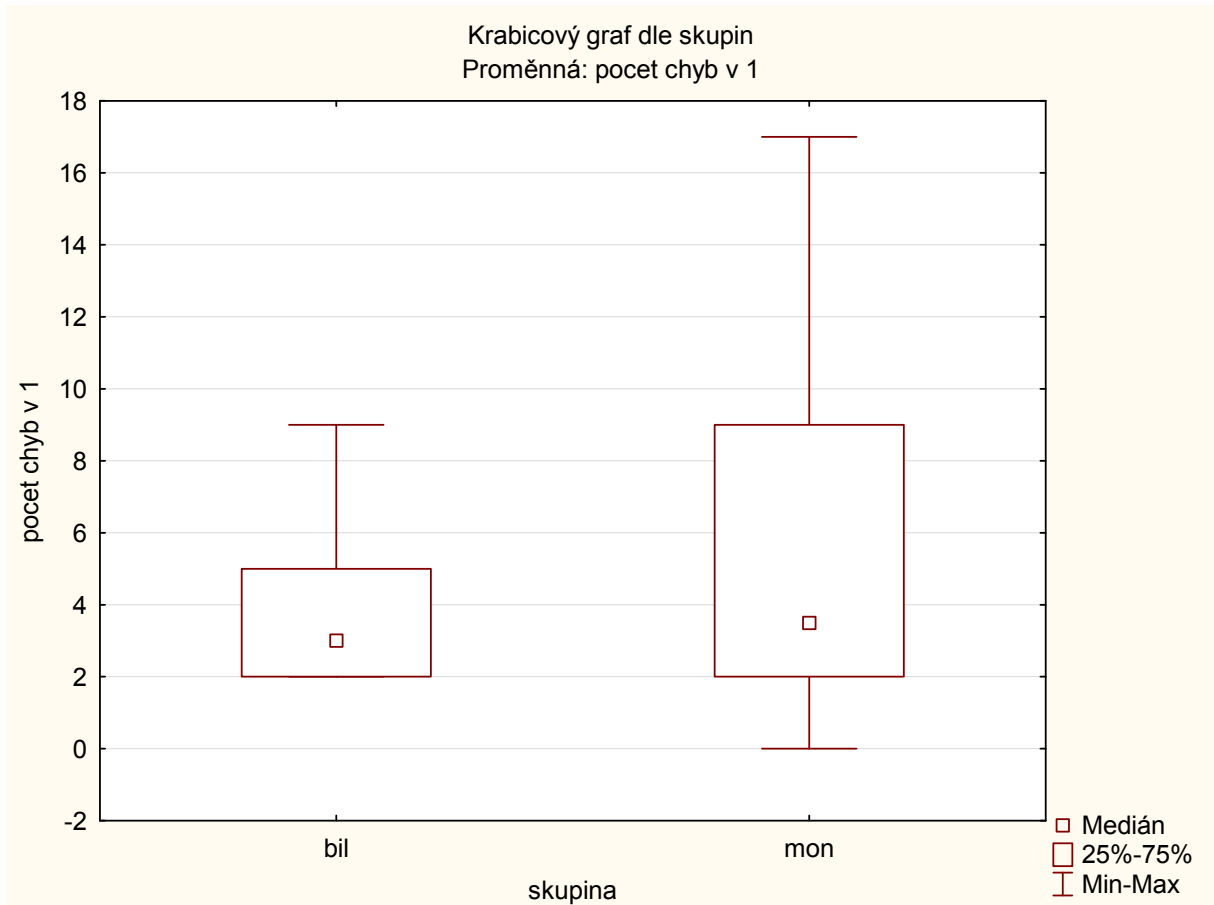
Jak můžeme vidět na grafu, obě skupiny nedosáhly v S-W testu p-hodnoty větší než 0,05, a tedy hypotézu o normalitě dat na hladině významnosti 0,05 zamítáme.

Opět jsme se rozhodli pro použití neparametrické statistiky. Konkrétně jsme pro výpočet zvolili Mann-Whitneyův U Test.

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test						
	Dle proměn. skupina Označené testy jsou významné na hladině p < 0,05						
	Sčtpoř. bil	Sčtpoř. mon	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.
pocet chyb v 1	138,0000	297,0000	72,00000	-1,19109	0,233621	-1,21543	0,224203

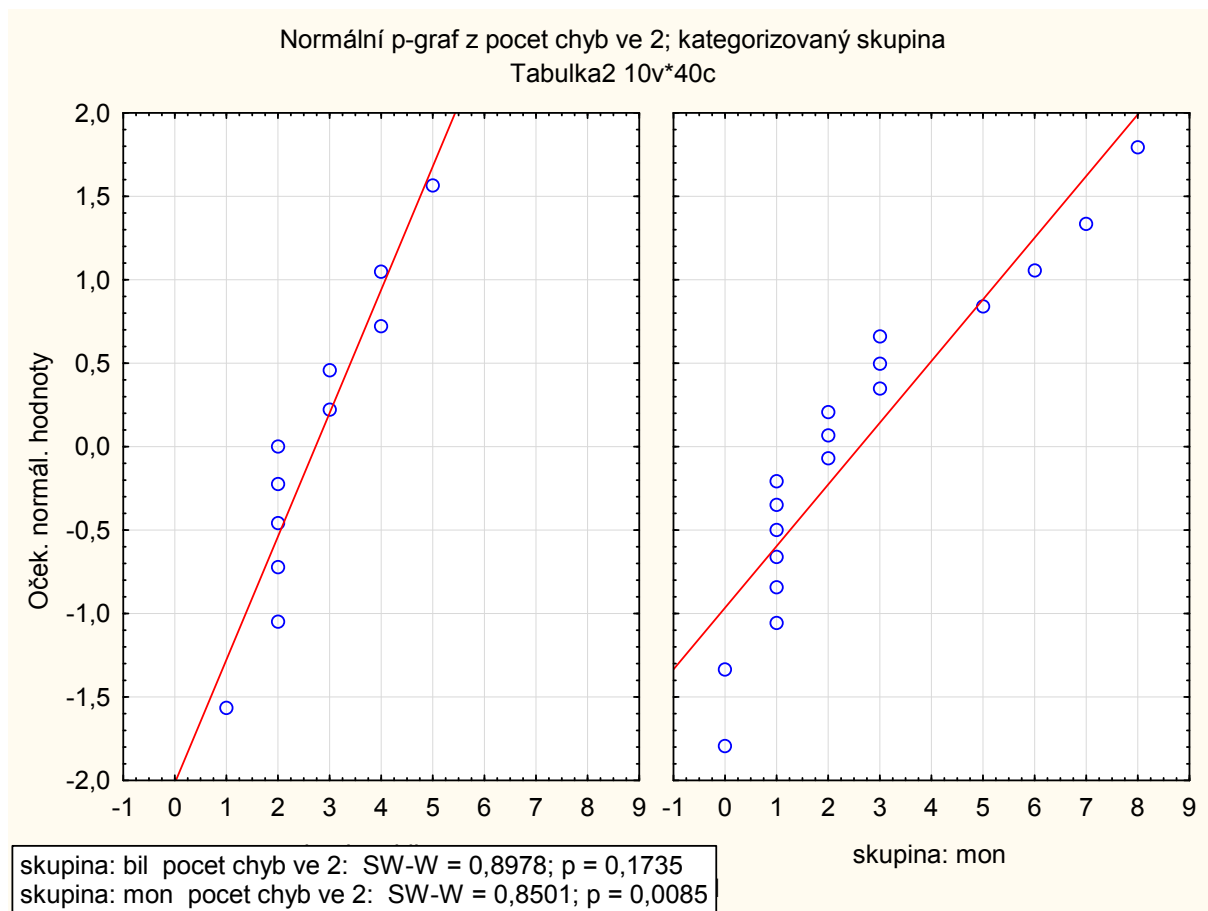
Proměnná	Mann-Whitneyův U Test		
	Dle proměn. skupina Označené testy jsou významné na hladině p < 0,05		
	N platn. bil	N platn. mon	2*1str. přesné p
pocet chyb v 1	11	18	0,237969

V tabulce můžeme vidět, že p-hodnota je 0,233621, tedy na hladině významnosti 0,05 nezamítáme nulovou hypotézu  $H_{20}$ . Znamená to, že s rizikem omylu maximálně 5 % se nám nepodařilo prokázat rozdíl ve středních hodnotách chyb v eventu 1 u obou skupin. Pro znázornění jsme použili krabicový graf.



### 3.2.1.3. Zkoumání chybovosti v události (eventu) 2

Opět jsme na začátek otestovali normalitu pomocí S-W testu.

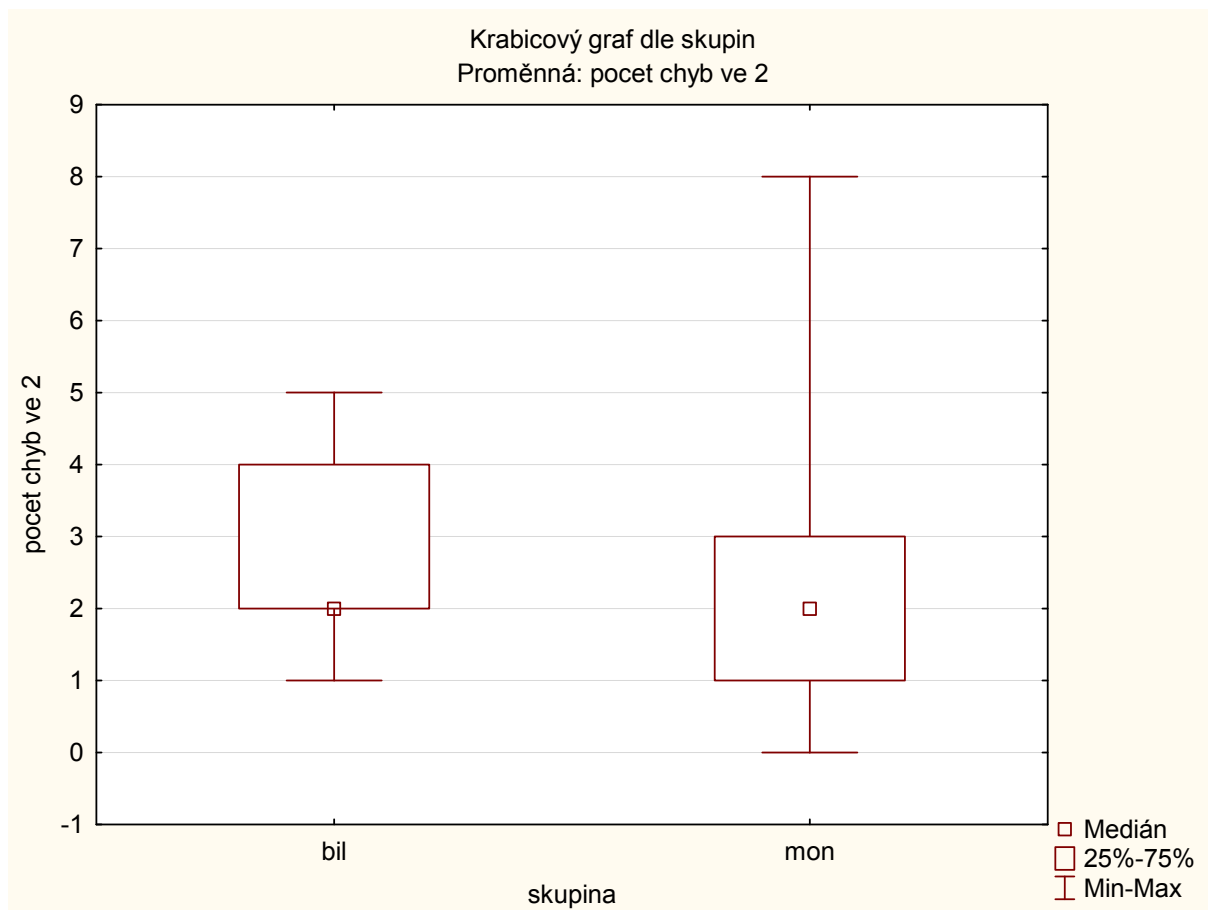


Z tabulky pod grafem opět vyplývá, že data nesplňují předpoklad normality.

Rozhodli jsme se pro použití neparametrické statistiky. Konkrétně jsme pro výpočet zvolili Mann-Whitneyův U Test.

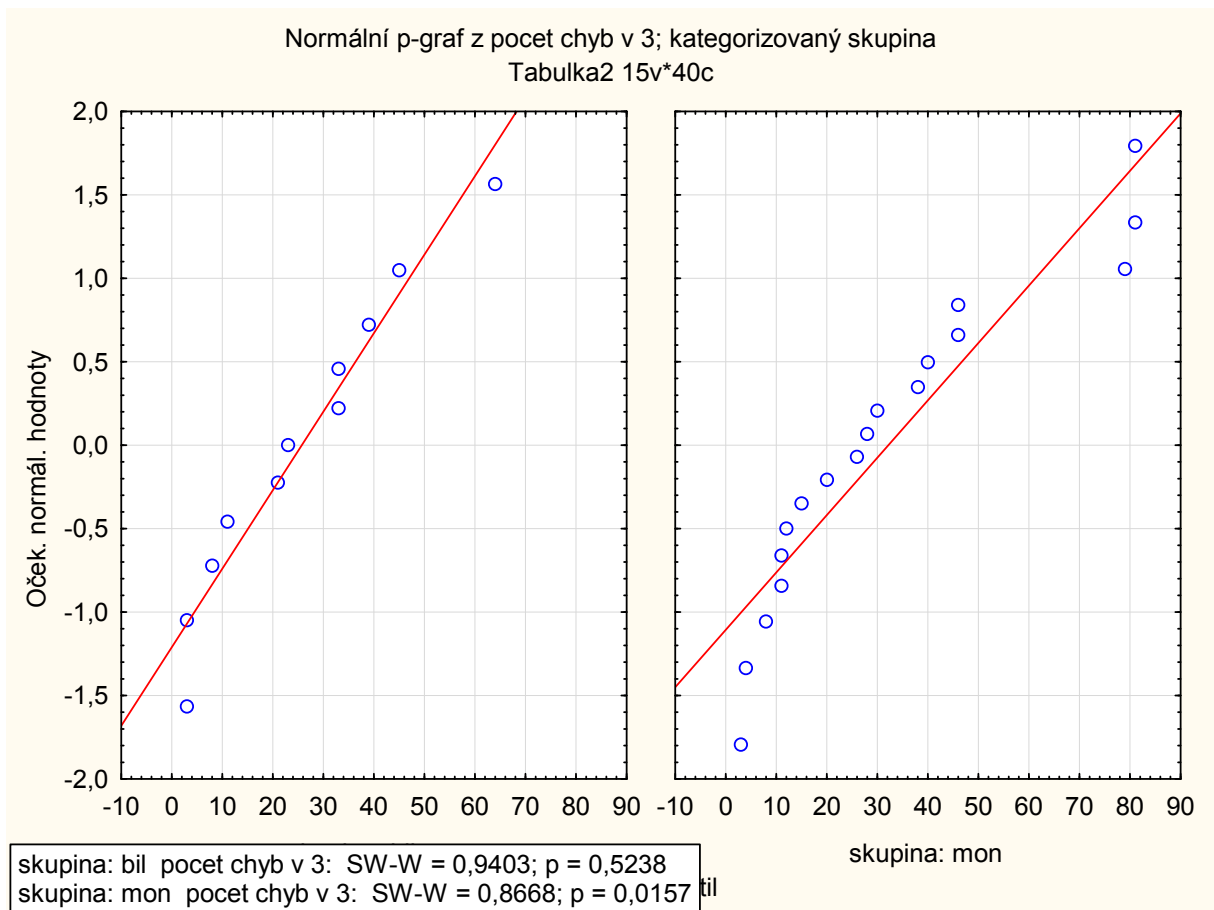
Proměnná	Mann-Whitneyův U Test Dle proměn. skupina Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05$						
	Sčtpoř. bil	Sčtpoř. mon	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.
pocet chyb ve 2	186,0000	249,0000	78,00000	0,921406	0,356839	0,940479	0,346973
Proměnná	Mann-Whitneyův U Test Dle proměn. skupina Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05$						
	N platn. bil	N platn. mon	2*1str. přesné p				
pocet chyb ve 2	11	18	0,362845				

V tabulce můžeme vidět, že p-hodnota je 0,356839, tedy na hladině významnosti 0,05 nezamítáme nulovou hypotézu  $H_3_0$ . Znamená to, že s rizikem omylu maximálně 5 % se nám nepodařilo prokázat rozdíl ve středních hodnotách chyb v eventu 2 u obou skupin. Pro znázornění jsme použili krabicový graf.



#### 3.2.1.4. Zkoumání chybovosti v události (eventu) 3

Předpokládali jsme, že získané hodnoty počtu chyb, které každý proband v eventu 3 (události) udělal, pocházejí ze dvou normálních rozložení. Pro ověření tohoto předpokladu jsme otestovali na hladině významnosti 0,05 hypotézu, že střední hodnoty celkového počtu chyb jsou u skupin bilingvních a monolingvních osob stejné. Normalitu jsme ověřovali pomocí Normálního pravděpodobnostního grafu a Shapirova-Wilkova testu (S-W test).



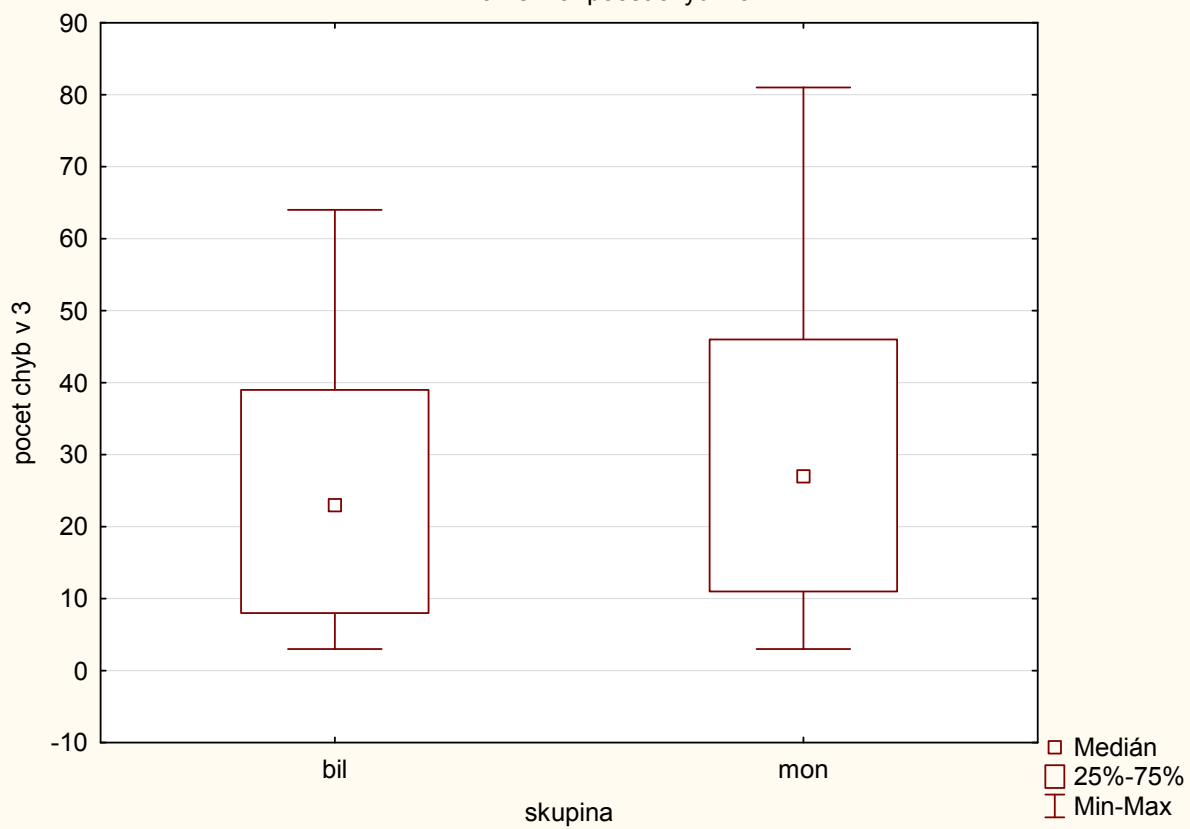
Výsledky S-W testu se opětovně přiklání k zamítnutí hypotézy o normalitě dat. K výpočtu jsme použili neparametrické statistiky, Mann-Whitneyův U test.

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test Dle proměn. skupina Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05$						
	Sčtpoř. bil	Sčtpoř. mon	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.
pocet chyb v 3	151,5000	283,5000	85,50000	-0,584307	0,559014	-0,585172	0,558433
Proměnná	Mann-Whitneyův U Test Dle proměn. skupina Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05$						
	N platn. bil	N platn. mon	2*1str. přesné p				
pocet chyb v 3	11	18	0,550075				

V tabulce můžeme vidět, že p-hodnota je 0,559014, tedy na hladině významnosti 0,05 nezamítáme nulovou hypotézu  $H_{40}$ . Znamená to, že s rizikem omylu maximálně 5 % se nám nepodařilo prokázat rozdíl ve středních hodnotách chyb v eventu 3 u obou skupin. Pro znázornění jsme použili krabicový graf.

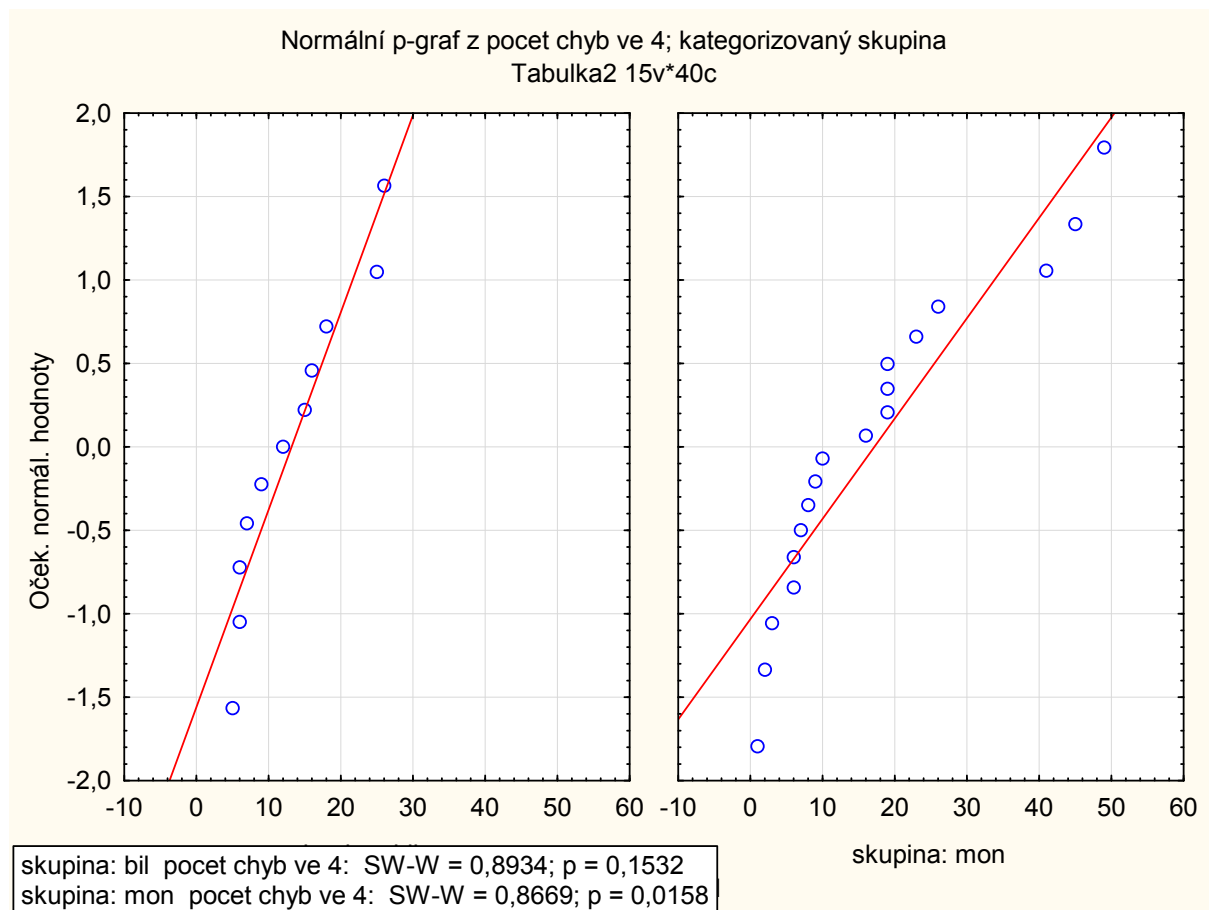


Krabicový graf dle skupin  
Proměnná: pocet chyb v 3



### 3.2.1.5. Zkoumání chybovosti v události (eventu) 4

Pro ověření předpokladu normality dat jsme použili Normální pravděpodobnostní graf a S-W test.

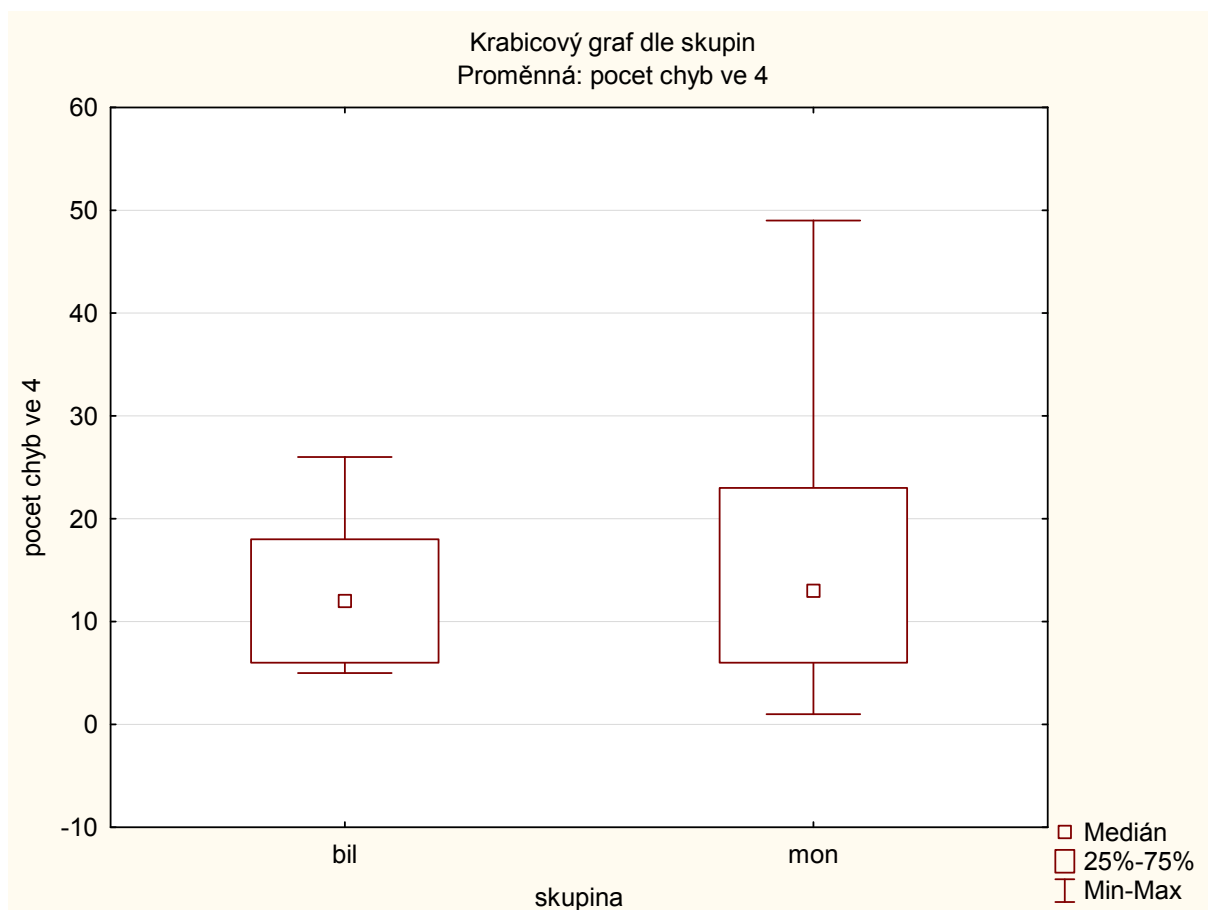


Dle výsledků S-W testu jsme byli nuceni zamítnout předpoklad normality dat a výpočet jsme provedli neparametrickým dvouvýběrovým Mann-Whitneyovým U testem.

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test Dle proměn. skupina Označené testy jsou významné na hladině p <,05000					
	Sčtpoř. bil	Sčtpoř. mon	U	Z	p-hodn.	Z Upravené
pocet chyb ve 4	156,0000	279,0000	90,00000	-0,382047	0,702427	-0,382896
Proměnná	Mann-Whitneyův U Test Dle proměn. skupina Označené testy jsou významné na hladině p <,05000					
	p-hodn.	N platn. bil	N platn. mon	2*1str. přesné p		
pocet chyb ve 4	0,701797	11	18	0,707037		

V tabulce můžeme vidět, že p-hodnota je 0,702427, tedy na hladině významnosti 0,05 nezamítáme nulovou hypotézu  $H_{50}$ . Znamená to, že s rizikem omylu maximálně 5 % se nám

nepodařilo prokázat rozdíl ve středních hodnotách chyb v eventu 4 u obou skupin. Pro znázornění jsme použili krabicový graf.

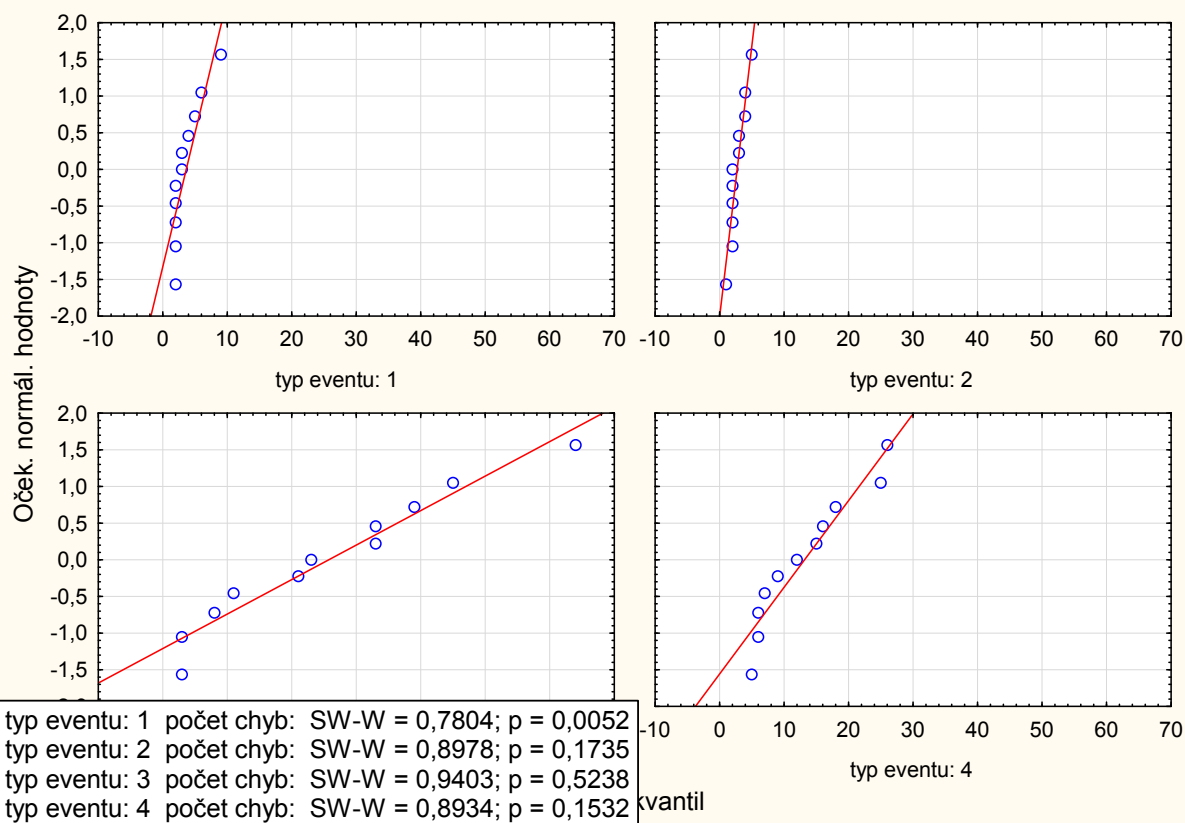


### 3.2.1.6. Zkoumání rozdílů v chybovosti mezi událostmi (eventy) samostatně pro každou skupinu

#### Skupina bilingvních osob

Předpokládali jsme, že získané hodnoty chyb probandů v jednotlivých eventech u bilingvní skupiny pochází z normálního rozložení. Pro ověření tohoto předpokladu jsme otestovali na hladině významnosti 0,05 hypotézu, že střední hodnoty chyb každého probanda ve všech eventech jsou stejné. Normalitu jsme ověřovali pomocí Normálního pravděpodobnostního grafu a Shapirova-Wilkova testu (S-W test).

Normální p-graf z počet chyb; kategorizovaný typ eventu  
Tabulka2 10v\*45c

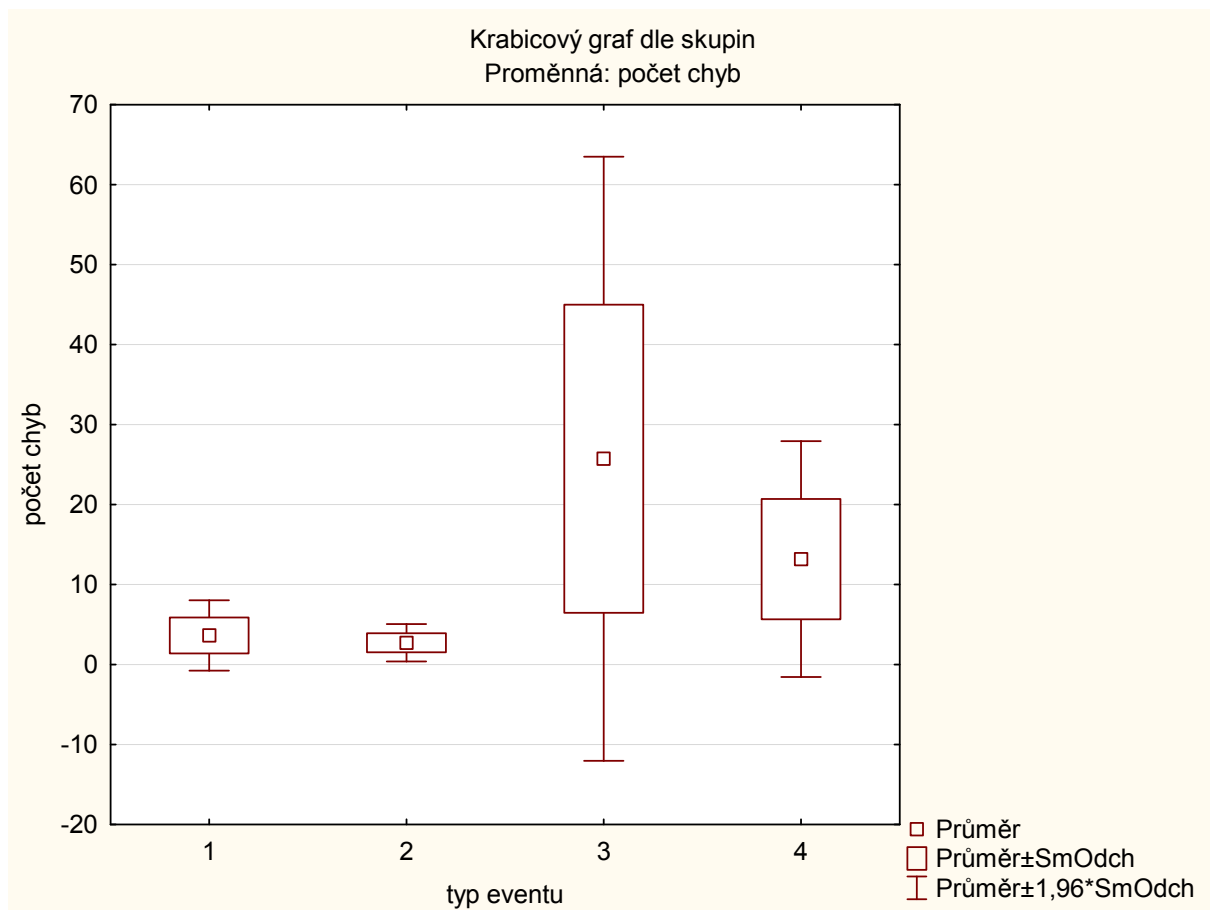


Vzhledem k výsledkům S-W testu jsme zamítli předpoklad normality dat a z tohoto důvodu jsme se rozhodli pro neparametrickou formu analýzy rozptylu. Konkrétně Kruskal-Wallisův test.

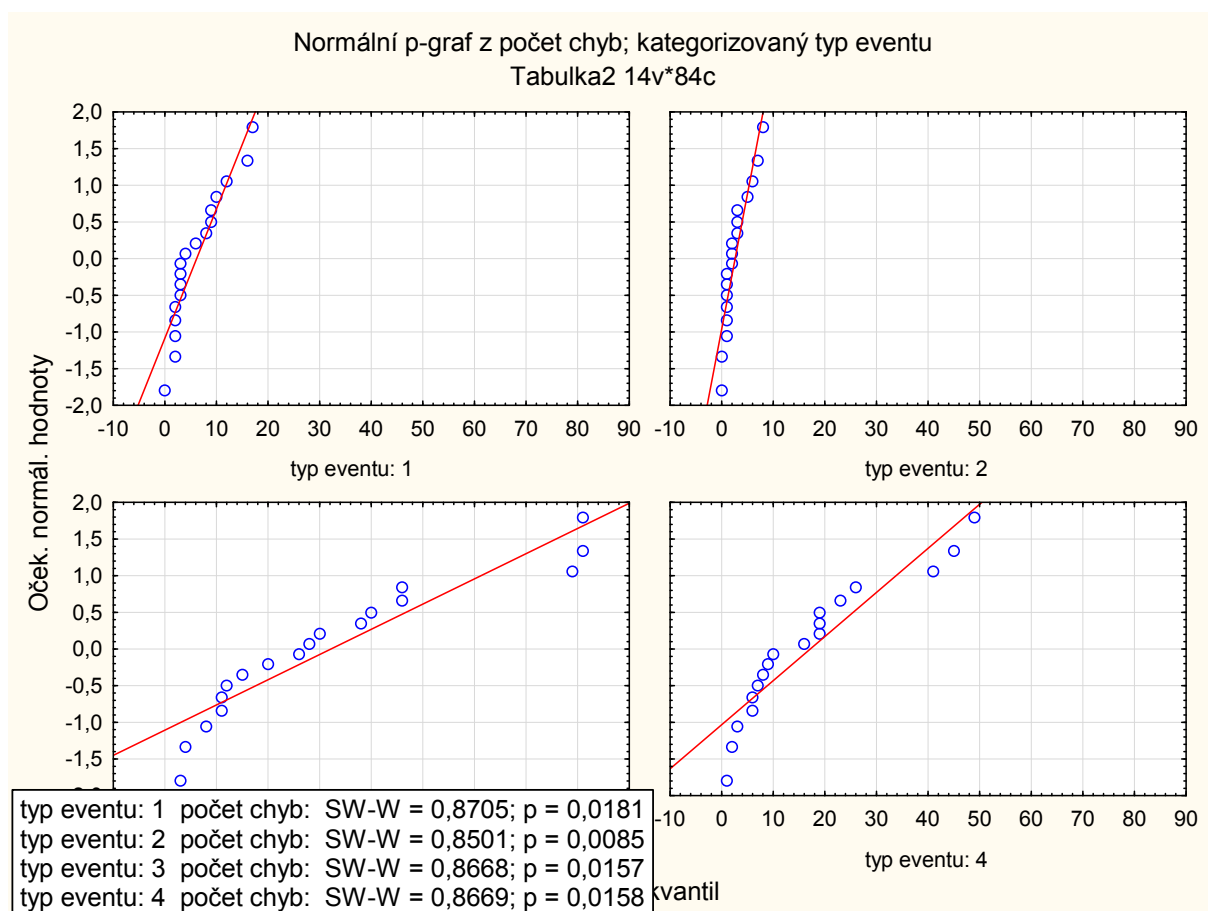
Závislá: počet chyb	Kruskal-Wallisova ANOVA založ. napoř.; počet chyb			
	Nezávislá (grupovací) proměnná : typeventu Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=44) = 26,58915$ $p = 0,05$			
	Kód	Počet platných	Součet pořadí	Prům. Pořadí
1	1	11	157,0000	14,27273
2	2	11	122,5000	11,13636
3	3	11	371,0000	33,72727
4	4	11	339,5000	30,86364

Závislá: počet chyb	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); počet chyb			
	Nezávislá (grupovací) proměnná : typeventu Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=44) = 26,58915$ $p = 0,0000$			
	1	2	3	4
	R:14,273	R:11,136	R:33,727	R:30,864
1		1,000000	0,002295	0,014718
2	1,000000		0,000223	0,001897
3	0,002295	0,000223		1,000000
4	0,014718	0,001897	1,000000	

Na základě p-hodnot uvedených v tabulce se nám podařilo prokázat statisticky signifikantní rozdíly v chybovosti v eventech 1 a 3, 1 a 4, 2 a 3, 2 a 4. Mezi eventy 3 a 4 nebyl sledován signifikantní rozdíl v chybovosti u bilingvní skupiny. Pro znázornění jsme použili krabicový graf.



## Skupina monolingvních osob

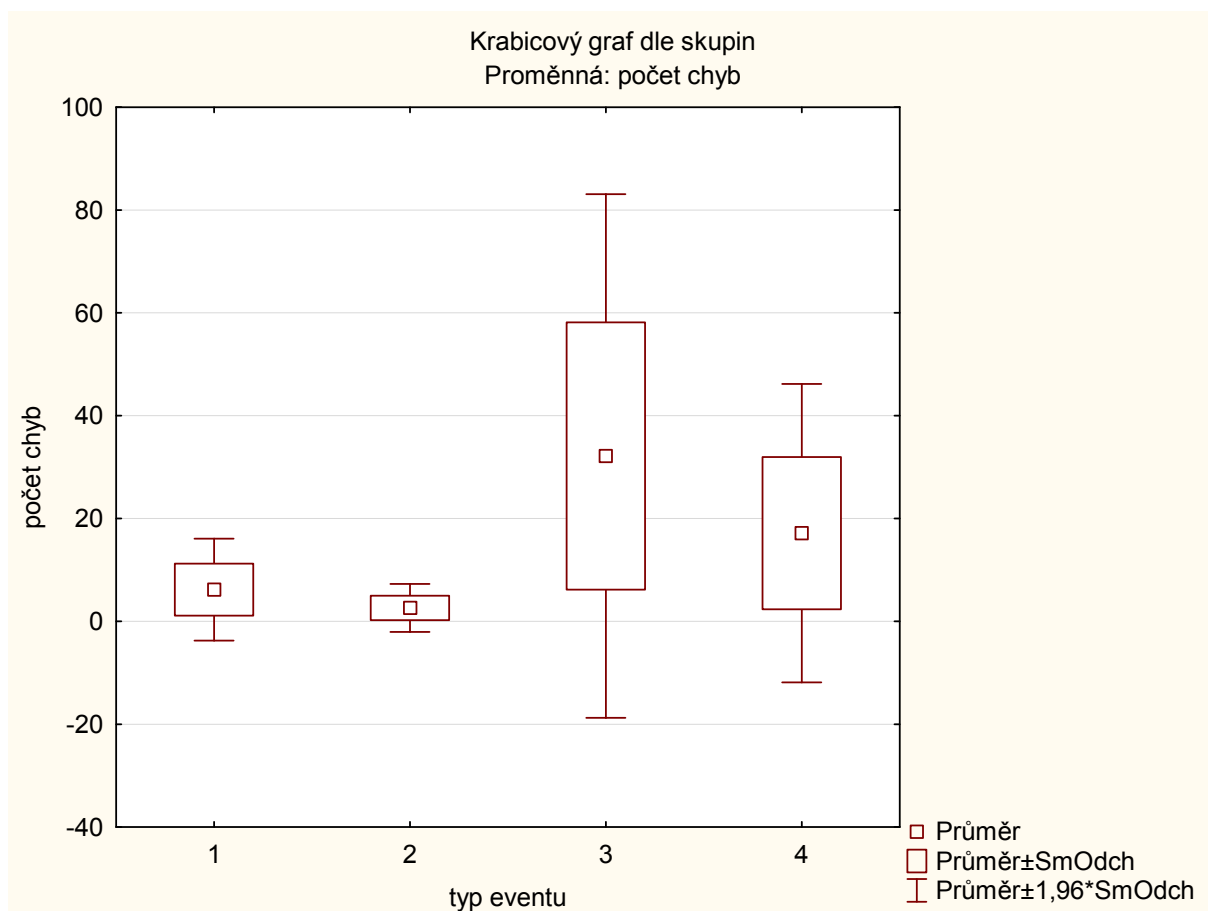


Ani u monolingvní skupiny nebyl potvrzen předpoklad normality dat. Opět jsme použili Kruskal-Wallisův test.

Závislá: počet chyb	Kruskal-Wallisova ANOVA založ. napoř.; počet chyb Nezávislá (grupovací) proměnná : typeventu Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=72) = 36,06367$ $p = 0,05$			
	Kód	Počet platných	Součet pořadí	Prům. Pořadí
1	1	18	533,0000	29,61111
2	2	18	295,0000	16,38889
3	3	18	996,0000	55,33333
4	4	18	804,0000	44,66667

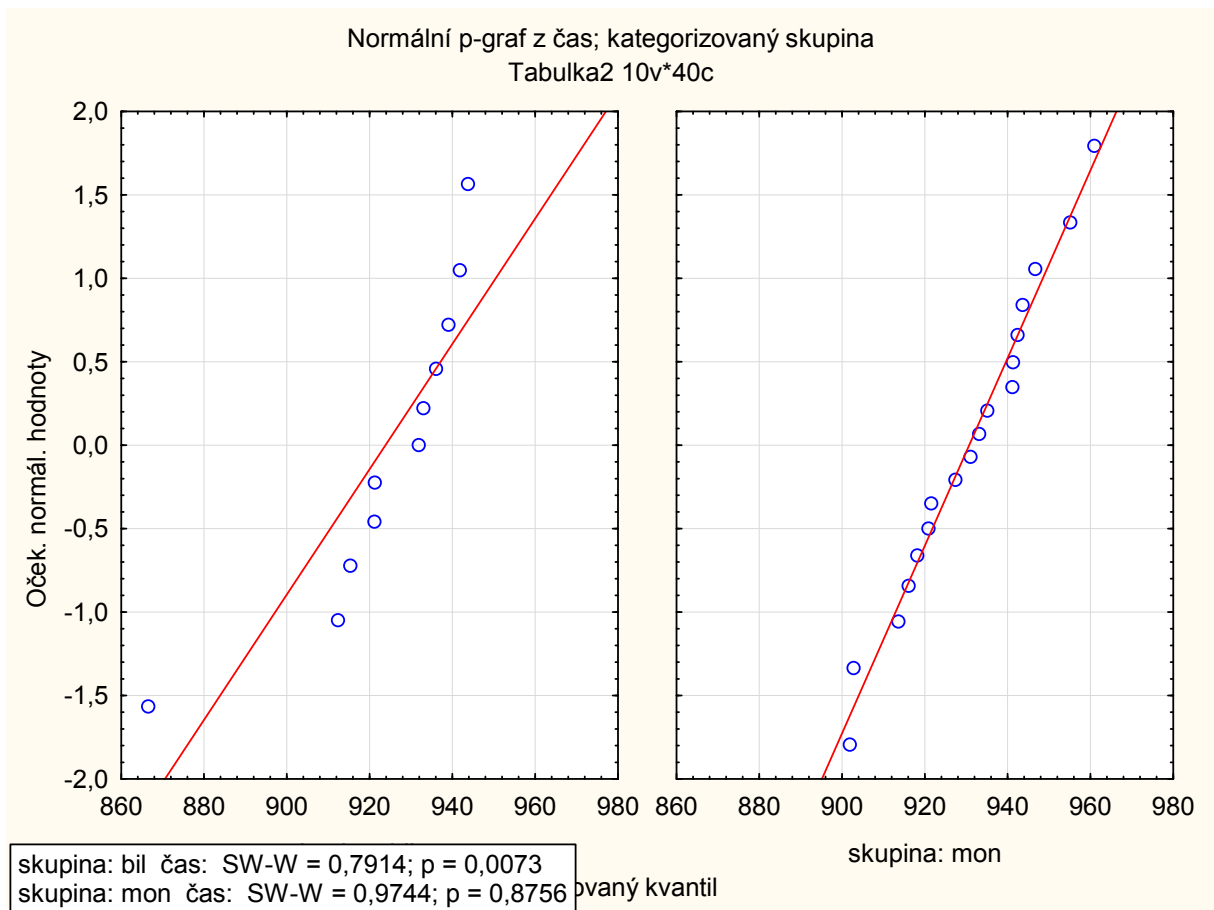
Závislá: počet chyb	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); počet chyb (Tabulka2) Nezávislá (grupovací) proměnná : typeventu Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=72) = 36,06367$ $p = ,0000$			
	1	2	3	4
	R:29,611	R:16,389	R:55,333	R:44,667
1		0,348279	<b>0,001361</b>	0,185499
2	0,348279		<b>0,000000</b>	<b>0,000303</b>
3	<b>0,001361</b>	<b>0,000000</b>		0,757558
4	0,185499	<b>0,000303</b>	0,757558	

U monolingvní skupiny byl prokázán statisticky signifikantní rozdíl mezi eventy 1 a 3, 2 a 3, 2 a 4.



### 3.2.1.7. Zkoumání odpověďového času ve všech událostech (eventech) mezi skupinami

Předpokládali jsme, že získané hodnoty odpověďového času každého probanda, pocházejí ze dvou normálních rozložení. Pro ověření tohoto předpokladu jsme otestovali na hladině významnosti 0,05 hypotézu, že střední hodnoty odpověďového času každého probanda jsou u skupin bilingvních a monolingvních osob stejné. Normalitu jsme ověřovali pomocí Normálního pravděpodobnostního grafu a Shapirova-Wilkova testu (S-W test).



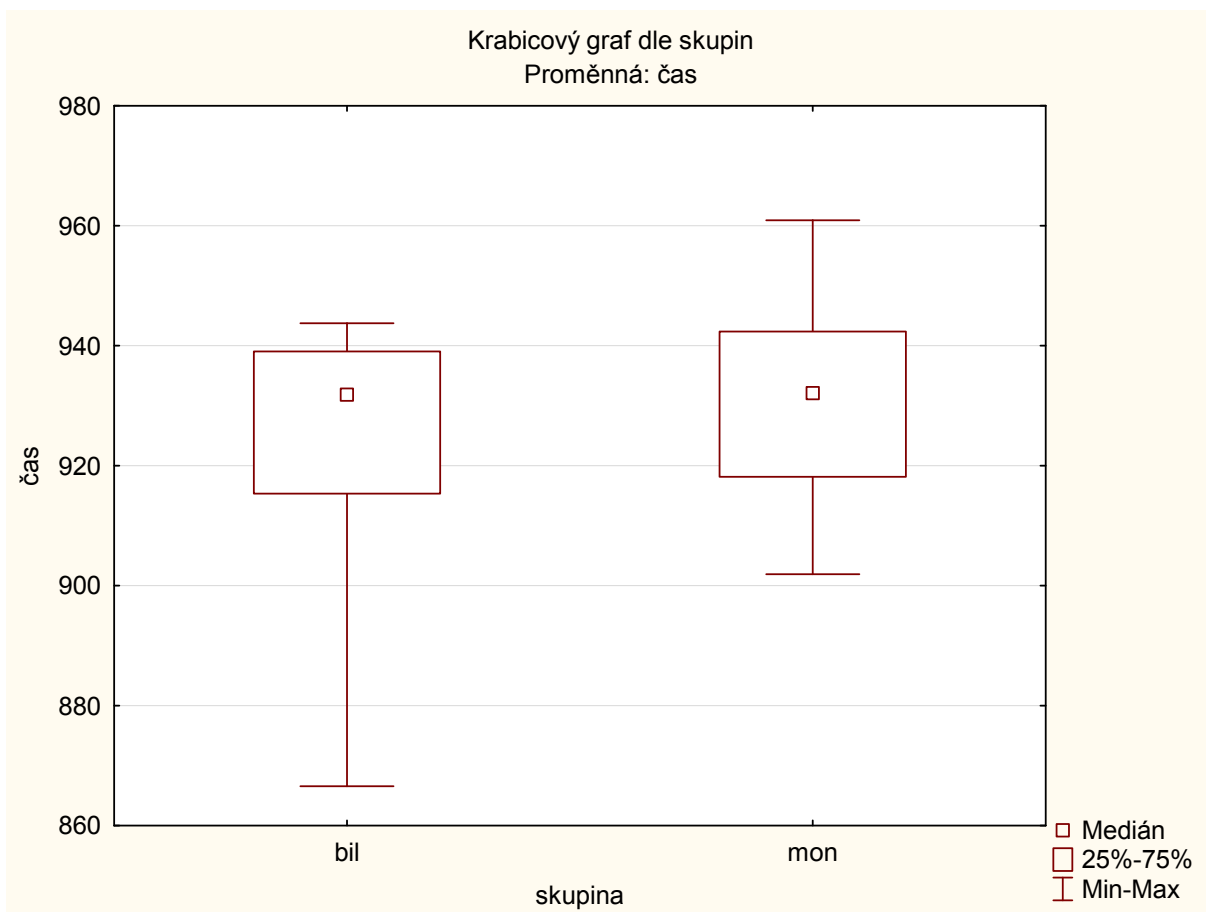
Na základě výsledků S-W testu jsme byli nuceni zamítnout předpoklad normality dat. Opět jsme se tedy rozhodli pro použití Mann-Whitneyova U testu.

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test Dle proměn. skupina Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05$						
	Sčtpoř. bil	Sčtpoř. mon	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.
Čas	151,0000	284,0000	85,00000	-0,606780	0,543997	-0,606780	0,543997

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test Dle proměn. skupina Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05$		
	N platn. bil	N platn. mon	2*1str. přesné p
Čas	11	18	0,550075

V tabulce můžeme vidět, že p-hodnota je 0,543997, tedy na hladině významnosti 0,05 nezamítáme nulovou hypotézu  $H_0$ . Znamená to, že s rizikem omylu maximálně 5 % se nám nepodařilo prokázat rozdíl ve středních hodnotách odpověďového času u obou skupin. Pro znázornění jsme použili krabicový graf.



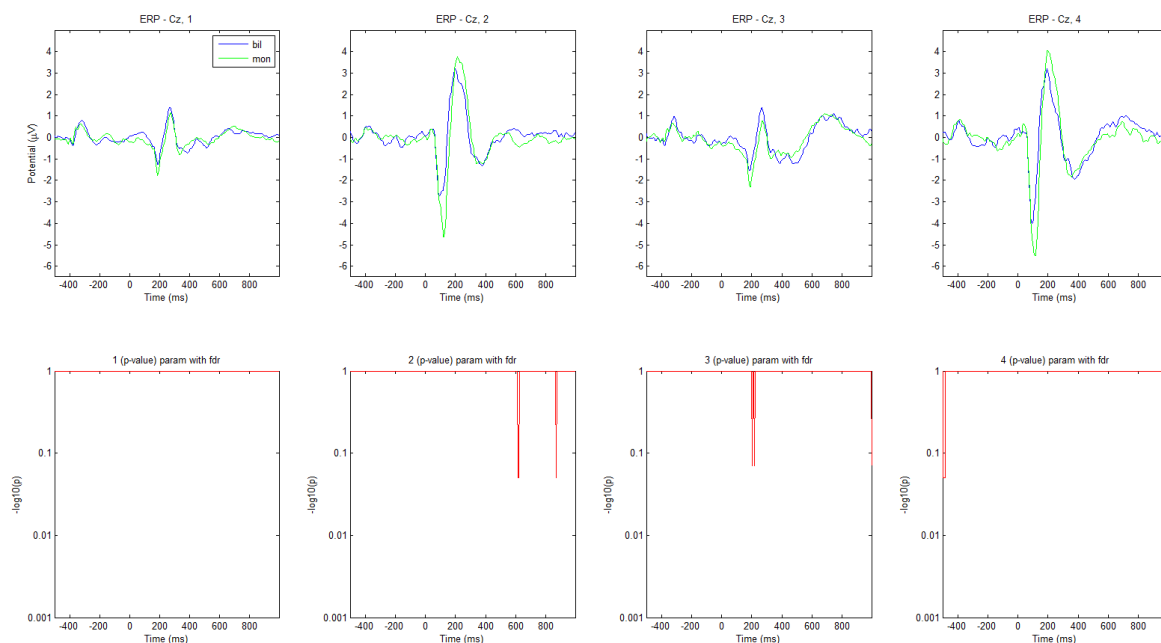


### 3.2.2. Analýza EEG dat

Pro konečnou analýzu EEG dat jsme využili párové statistiky. Hladina významnosti  $p$  byla stanovena na 0,01; ( $p = 0,01$ ) pro korekci mnohačetného měření za užití metody FDR (false discovery rate). Celkem byly vytvořeny dva experimentální designy. Všechny níže prezentované vizualizace jsou zobrazeny v časovém rozmezí -500 ms před nástupem stimulu a 1000ms po jeho nástupu.

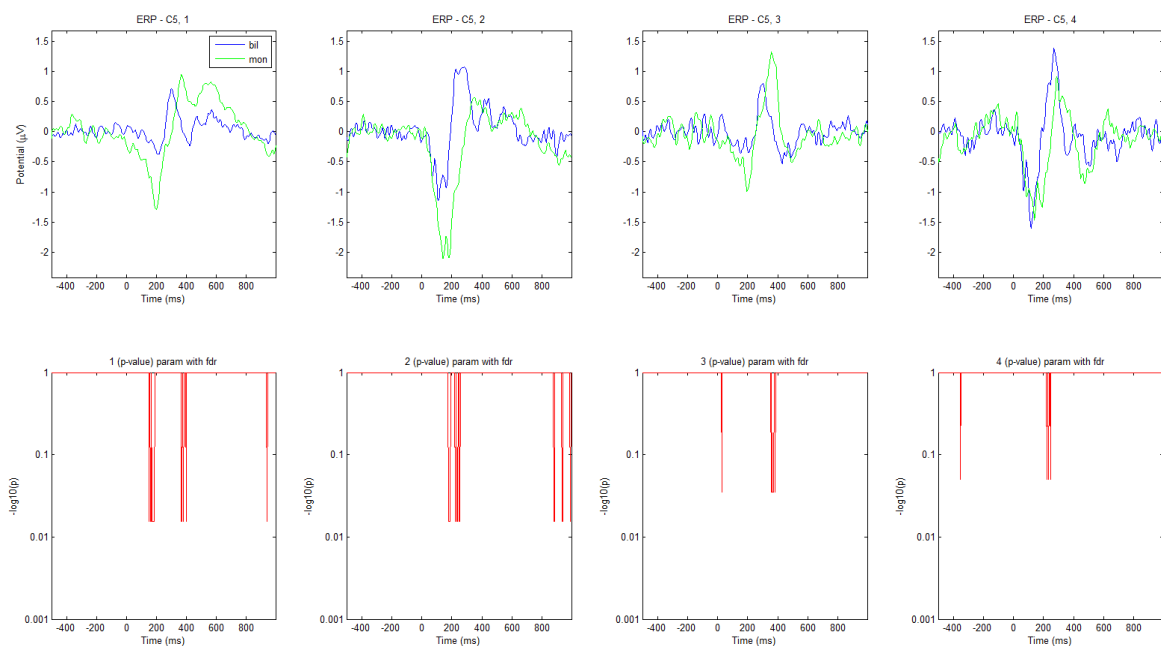
#### 3.2.2.1. Design 1

V designu 1 jsme se pokusili o srovnání jednotlivých událostí (eventů) mezi skupinami. Z elektrod jsme pro zobrazení evokovaných potenciálů vybrali Cz, FC5 a C5, které se nám jevily jako statisticky významné. FC5 a C5 se nachází v blízkosti Brocovy arey, což může naznačovat, že se na tomto signifikantním rozdílu mohla podílet právě bilingvalita jedné ze skupin zkoumaných osob.



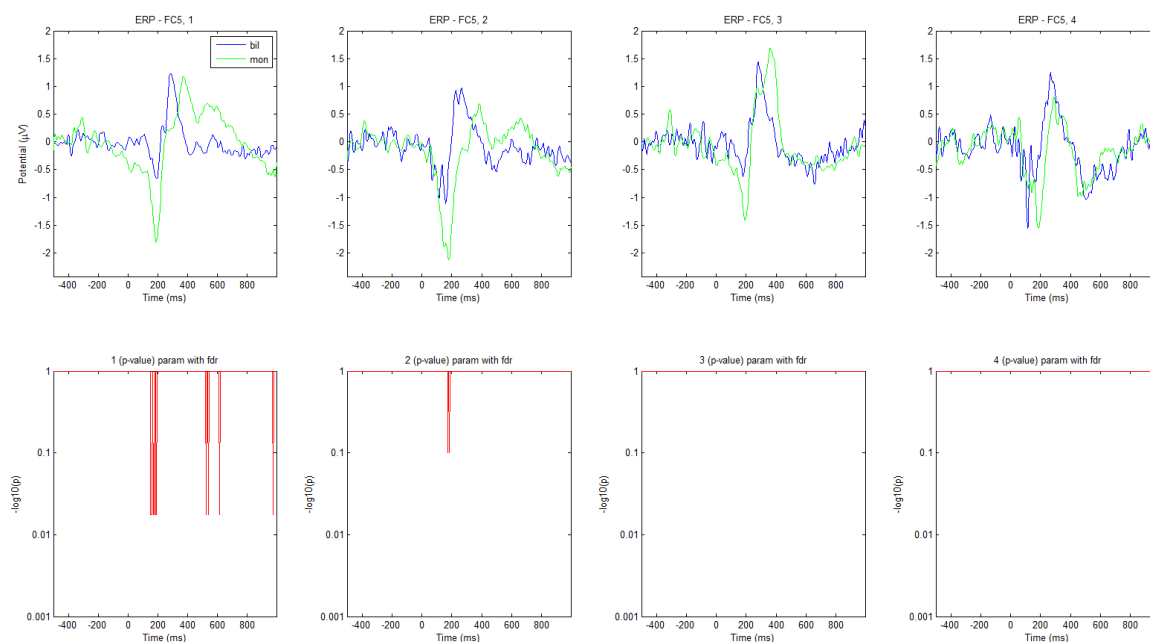
Obrázek 1 – elektroda Cz, porovnání skupiny bilingvních a monolingvních ve všech čtyřech typech událostí. Křivky: bilingvní – modrá, monolingvní – zelená.

Na obrázku č. 1 můžeme vidět pouze drobné statisticky signifikantní rozdíly. Tyto se objevují u eventu číslo 2 v pozdních komponentách a u eventu číslo 3 v komponentě N200.



Obrázek 2 – elektroda C5, porovnání skupiny bilingvních a monolingvních ve všech čtyřech typech událostí. Křivky: bilingvní – modrá, monolingvní – zelená.

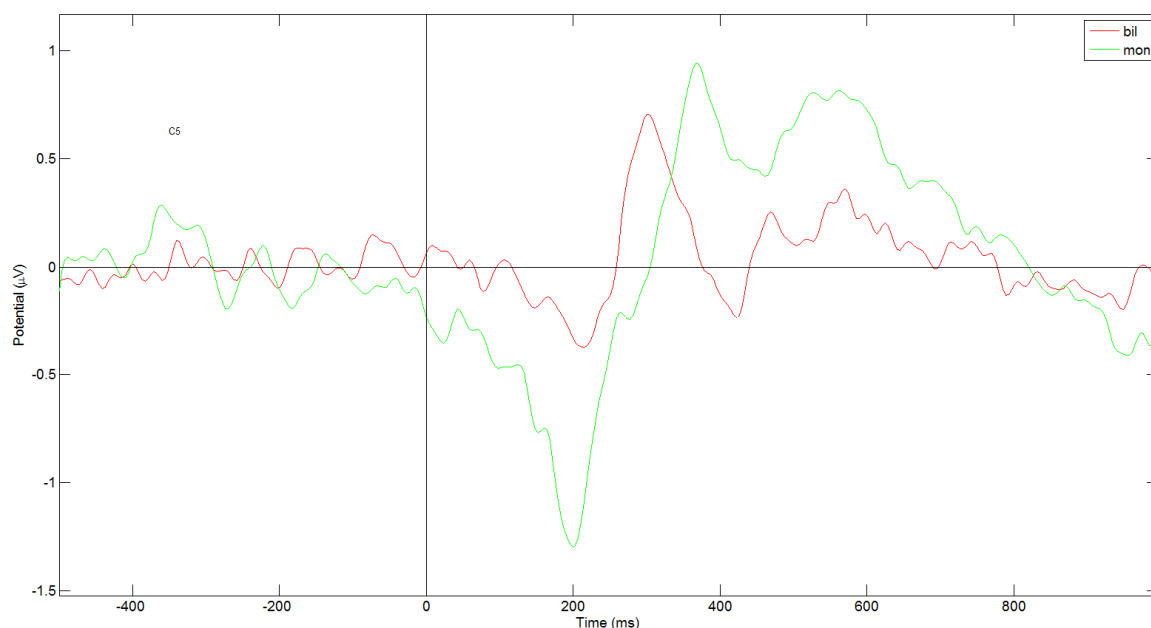
Na obrázku č. 2 můžeme vidět elektrodu C5, ve které byly nalezeny asi největší statisticky signifikantní rozdíly. Tyto rozdíly můžeme sledovat nejčastěji v komponentách N200 a P300. N200 bývá často spojována se zaměřením pozornosti na přítomný vizuální stimul. Je tedy pravděpodobné, že se tato komponenta bude v našem případě objevovat téměř vždy. Projevuje se jako negativní výchylka amplitudy a bývá zaznamenána mezi 200-400 ms po nástupu stimulu. Ve výzkumech bilingvismu se však také někdy jeví jako reprezentantka inhibice odpovědi, monitorování konfliktu a percepčního nesouladu. Je tedy otázkou, v jaké míře se dají její projevy připisovat jednomu či druhému tvrzení. P300 komponenta se projevuje jako pozitivní vlna s maximální amplitudou ve frontálních centrálních elektrodách. Její výskyt se nejčastěji objevuje 300-500 ms po nástupu stimulu. P300 je u bilingvismu často spojována s pozdějšími projevy inhibice, s hodnocením odpovědi a monitorováním výsledků. (Barac, Moreno & Bialystok, 2016)



Obrázek 3 – elektroda FC5, porovnání skupiny bilingvních a monolingvních ve všech čtyřech typech událostí. Křivky: bilingvní – modrá, monolingvní – zelená

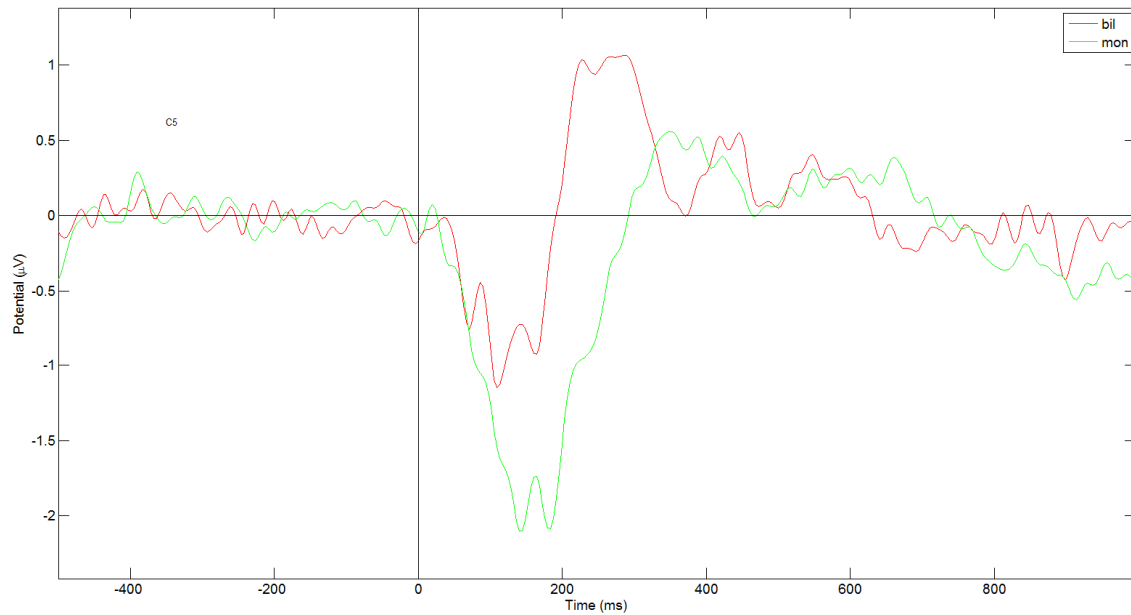
Na obrázku č.3 můžeme vidět elektrodu FC5. Nejsignifikantnější rozdíly mezi skupinami můžeme zaznamenat pouze u prvního eventu, a to zejména v komponentě N200 a pak v časovém úseku 500-600ms. U druhého eventu můžeme pozorovat pouze drobný statisticky signifikantní rozdíl též v komponentě N200.

**Podrobněji se nyní zaměříme na elektrodu C5.**



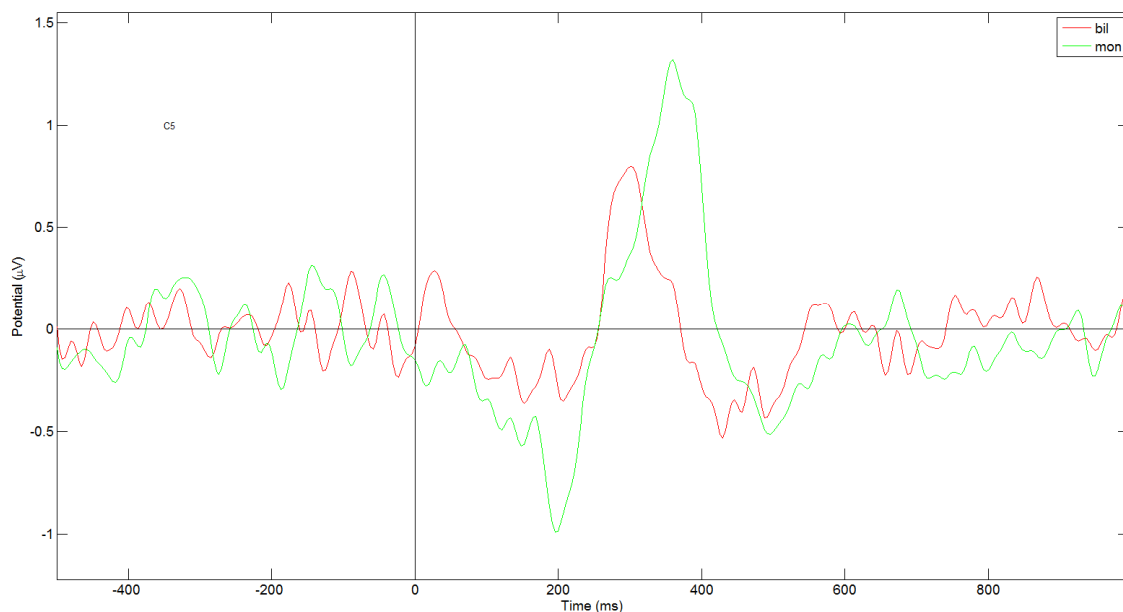
*Obrázek 4 – elektroda C5, event 1, křivky: bilingvní – červená, monolingvní – zelená*

Statisticky signifikantní rozdíly zde můžeme pozorovat jak v komponentě N200, tak v komponentě P300. Křivka odpovídající bilingvními osobám v N200 vykazuje výrazně menší amplitudu než u skupiny monolingvními. To samé se dá v menším měřítku pozorovat i u komponenty P300. Tyto výsledky neodpovídají většině dohledaných studií, ve kterých bilingvní vykazovali větší N200 amplitudu (Fernandez, Tartar, Padron & Acosta, 2013). V některých studiích byla větší amplituda zaznamenána i v P300. Také byla u těchto komponent shledána kratší doba trvání u bilingvními osob než u osob monolingvními. (Moreno, Wodniecka, Tays, Alain & Bialystok, 2014) Nutno však podotknout, že se jednalo o událost číslo 1, tedy standard bez distraktoru, X ani tón nebyly přítomny. To znamená, že se jednalo o nejméně zátěžovou zkoušku, která neobsahovala ani cílový podnět ani irelevantní, rušivý podnět. Pravděpodobně zde nebylo potřeba vyvinout velikého úsilí souvisejícího s exekutivní kontrolou, která by se projevila ve velikosti amplitud. (Barac, Moreno & Bialystok, 2016)



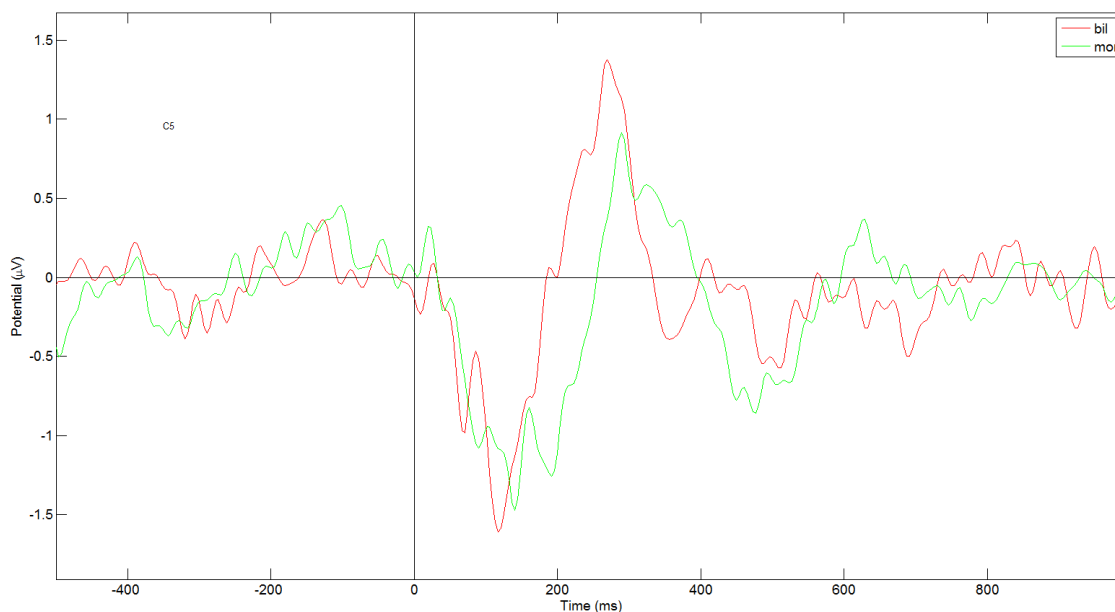
Obrázek 5 – elektroda C5, event 2, křivky: bilingvní – červená, monolingvní – zelená

V tomto případě můžeme pozorovat opět menší amplitudu v N200 u bilingvních osob než u osob monolingvních, v P300 je tomu však opačně. Komponenta P300 bývá často spojována s reakcí na nepravidelný a neočekávaný podnět související s řešeným úkolem. Domníváme se, že výrazně větší P300 amplituda u bilingvních osob by mohla souviset s přítomností tónu v této události. Ačkoliv měl tón působit spíše jako rušivý, vzhledem k úkolu irelevantní element, myslíme si, že tomu tak nakonec úplně nebylo. Celkem u 601 úkolů zazněl tón. Z toho u 1/3 z nich bylo přítomno odpověďové písmeno X. S ohledem na výpovědi jednotlivých probandů se domníváme, že tón tak mohl sloužit jako pomocné vodítko při detekci písmene X.



Obrázek 6 – elektroda C5, event 3, křivky: bilingvní – červená, monolingvní – zelená

Na obrázku č. 6 můžeme vidět výrazně menší vrcholy amplitud reprezentující N200 a P300 komponenty u bilingvních osob. V tomto eventu bylo přítomno cílové písmeno X. Nápadná je podobnost křivek této události s událostí číslo 1, což je vzhledem k rozdílné typologii obou úkolů překvapující. U těchto dvou eventů se u bilingvních osob vyskytuje velmi malá N200 amplituda oproti eventům 2 a 4, což by se mohlo připisovat nepřítomnosti tónu, jako opakujícího se necílového stimulu. U osob monolingvních však k této redukci nedošlo, což naznačuje existenci ještě jiné možnosti vysvětlení.



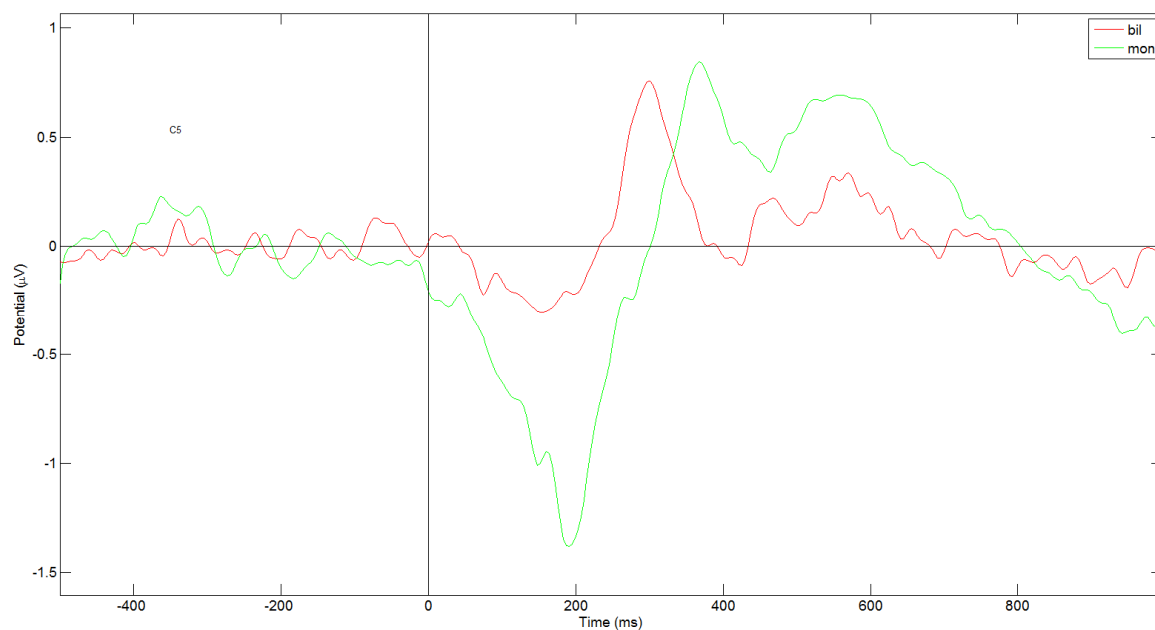
Obrázek 7 – elektroda C5, event 4, křivky: bilingvní – červená, monolingvní - zelená

Ve čtvrtém eventu můžeme sledovat u obou skupin největší rozpětí amplitud. Toto může být způsobeno obtížností této události, která obsahovala cílovou odpověď (X) a zároveň byl při ní prezentován tón. Tedy zde byly největší nároky na inhibiční reakci selektivní pozornosti. Jak již bylo výše uvedeno, u bilingvních při řešení úkolů exekutivních funkcí byly často zaznamenány větší amplitudy v komponentách N200 a P300 a kratší doba trvání těchto komponent. V tomto eventu se tyto předpoklady potvrdily. Navíc můžeme pozorovat, že u bilingvní skupiny dochází k časnějším projevům těchto komponent. Větší amplitudu v P300komponentě u bilingvních osob můžeme sledovat pouze v tomto eventu a eventu číslo 2. Jak jsem již předtím naznačila, mohla souviset s přítomností tónu, která současně vyvolává očekávání přítomnosti X.

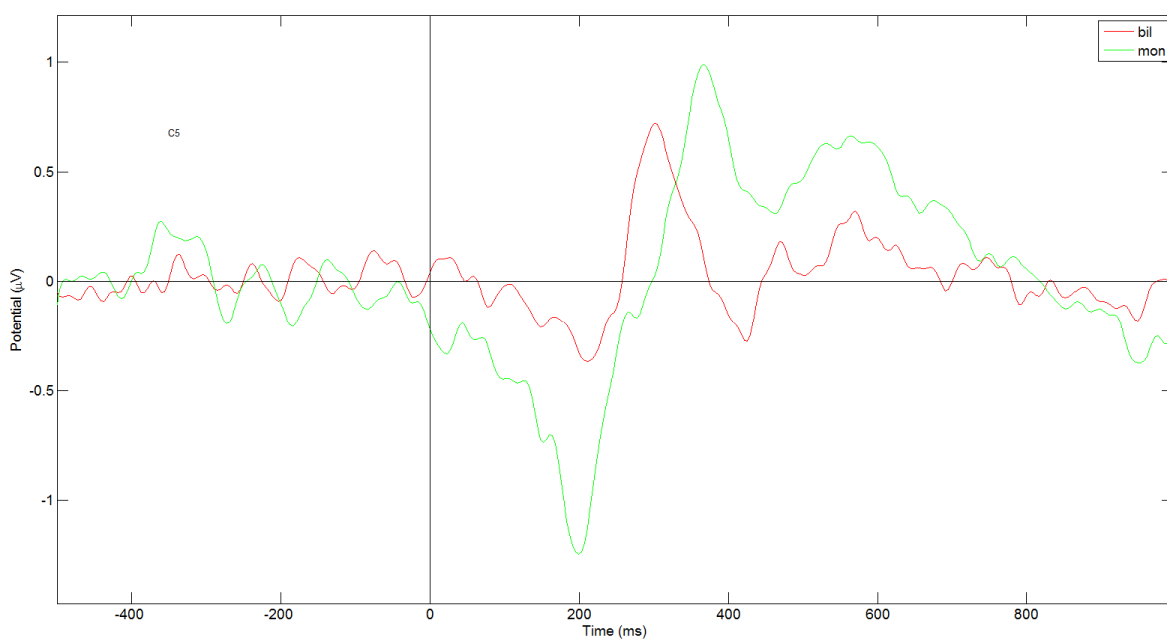
### 3.2.2.2. Design 2

V experimentálním designu 2 jsme se pokusili o srovnání různých kombinací eventů mezi skupinami. Vytvořili jsme tedy kombinace 1 & 2, 1 & 3, 1 & 4, 2 & 3, 2 & 4 a 3 & 4. Opět jsme se zaměřili na elektrody Cz, FC5 a C5, kdy poslední dvě zmíněné opět vykazovaly statisticky nejvýznamnější rozdíly.

**Podrobněji se opět podíváme na elektrodu C5.**

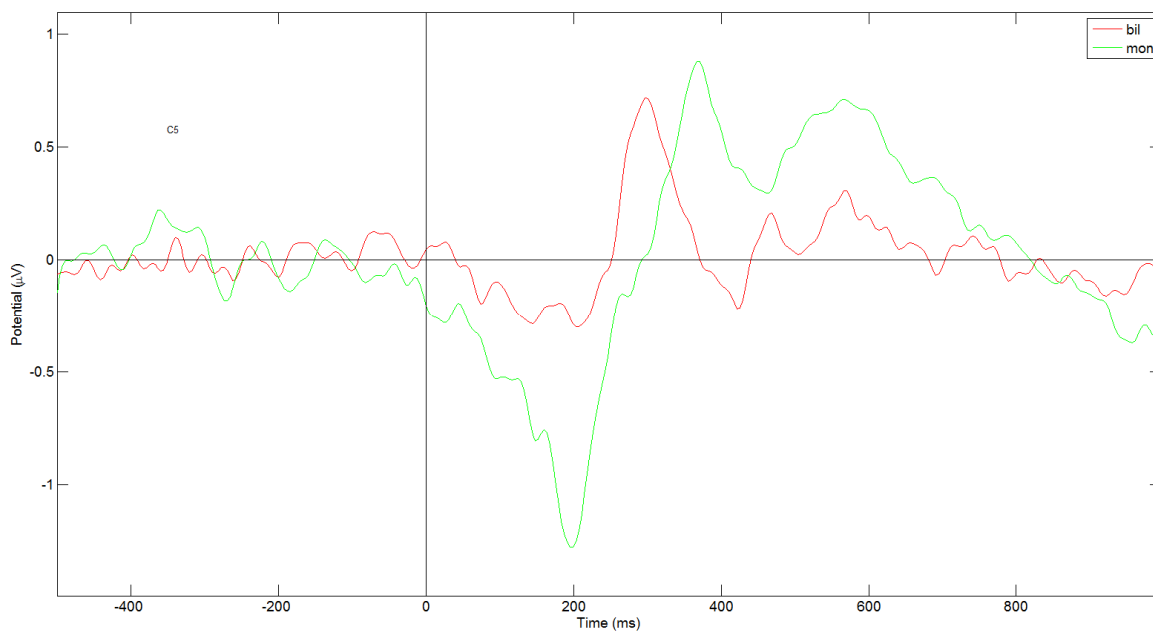


*Obrázek 8 – Kombinace eventů 1 & 2, křivky: bilingvní – červená, monolingvní – zelená*

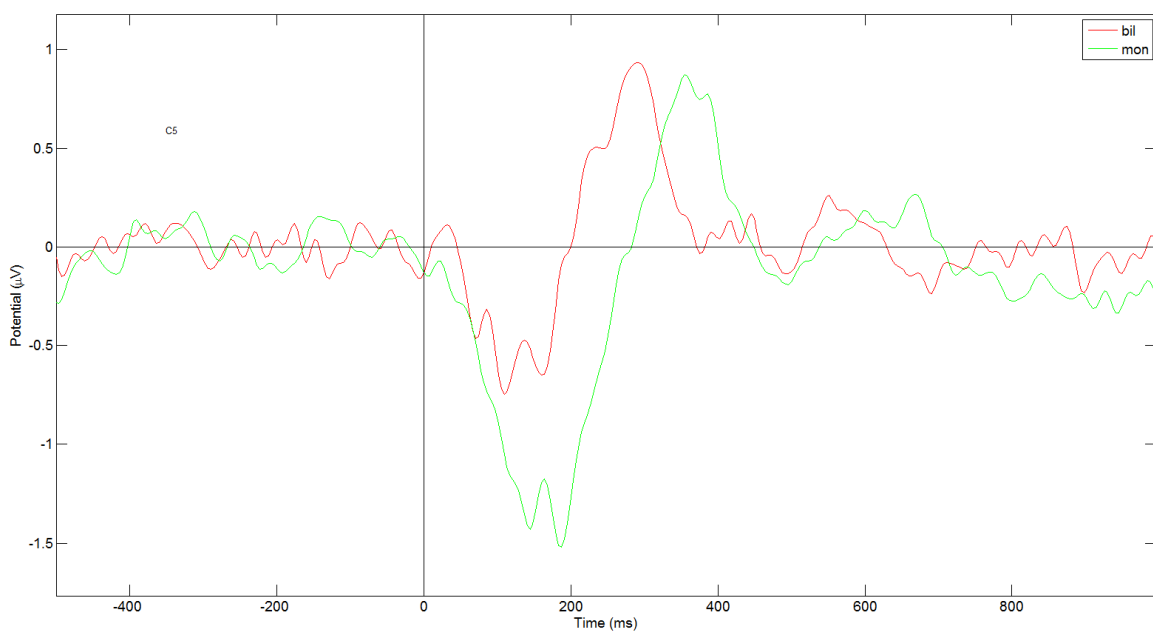


*Obrázek 9 – Kombinace eventů 1 & 3, křivky: bilingvní – červená, monolingvní – zelená*

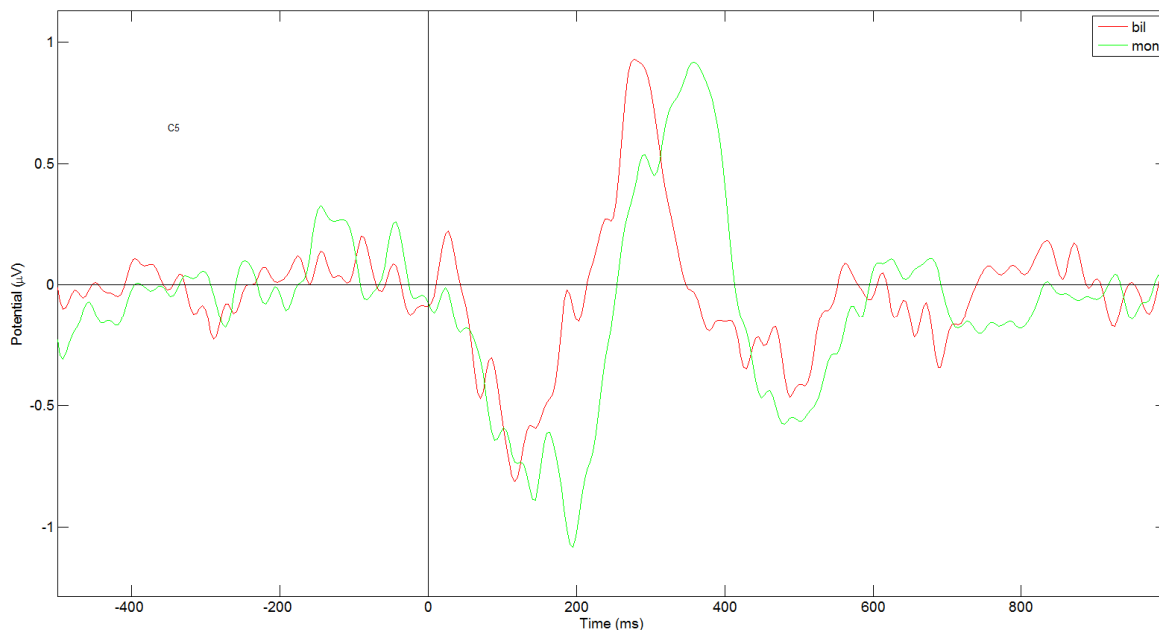




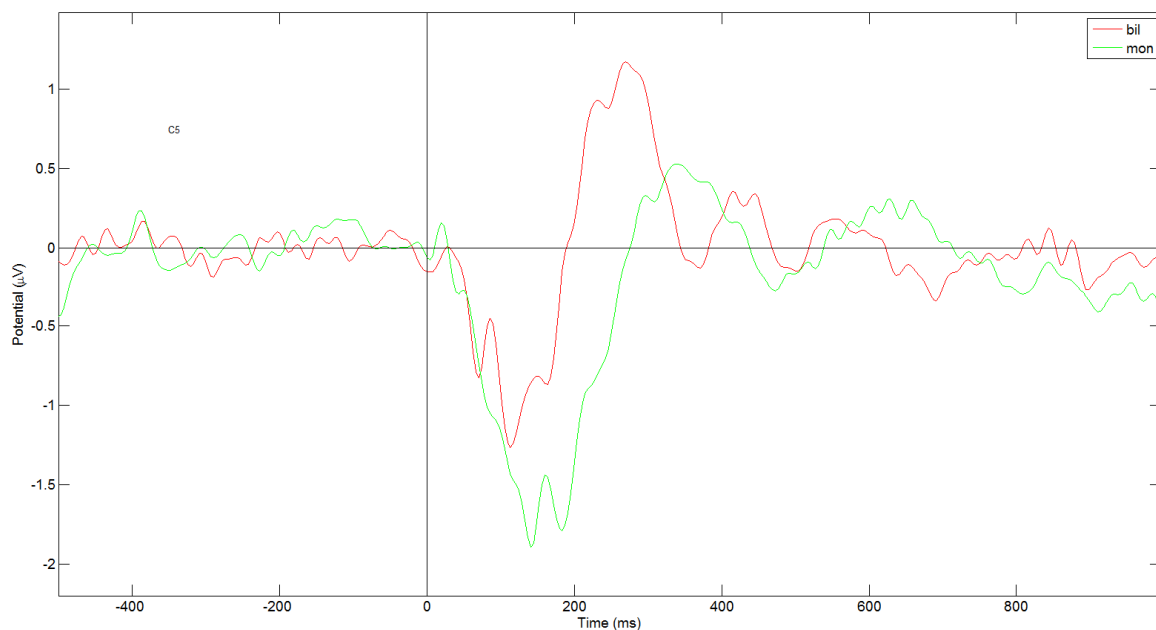
Obrázek 10 – Kombinace eventů 1 & 4, křivky: bilingvní – červená, monolingvní – zelená



Obrázek 11 – Kombinace eventů 2 & 3, křivky: bilingvní – červená, monolingvní – zelená



Obrázek 12 – Kombinace eventů 3 & 4, křivky: bilingvní – červená, monolingvní – zelená



Obrázek 13 – Kombinace eventů 2 & 4, bilingvní – červená, monolingvní – zelená

Na obrázku č. 8 můžeme vidět porovnání křivek pro kombinaci 1 a 2 eventů u obou skupin. Můžeme zde pozorovat velice nápadný rozdíl ve velikosti amplitudy N200 komponenty. To souvisí i s časnějším nástupem P300 komponenty u bilingvních osob, která souvisí s hodnocením a sledováním odpovědi.

Obrázek č. 9 znázorňuje kombinaci eventů 1 a 3 u obou skupin. Jak již bylo zmíněno u rozboru těchto eventů v designu 1, tyto eventy si svými křivkami byly velmi podobné. Opět můžeme pozorovat velmi malou amplitudu v N200 u bilingvních osob a o něco menší a časnější P300.

Na obrázku č. 10 můžeme vidět kombinaci eventů 1 a 4, kdy si můžeme povšimnout, jak podobné jsou tento a další dva grafy nad ním.

Na obrázku č. 11 je zobrazena kombinace eventů 2 a 3. Na obrázku č. 12 můžeme vidět kombinaci událostí a 3 a 4 a na posledním obrázku kombinaci eventů 2 a 4. Tyto tři obrázky se liší od prvních třech diagramů zejména výraznější komponentou N200 u bilingvních osob.

#### 4. Výsledky a interpretace dat

Nejprve se zaměříme na shrnutí výsledků plynoucích z analýzy behaviorálních dat získaných z tohoto experimentu. Všechny výpočty byly z důvodu malého počtu dat, které navíc nesplňovaly normalitu rozložení, zrealizovány pomocí neparametrických testů, a to konkrétně Mann-Whitneyovým U testem a Kruskal-Wallisovým testem.

Hypotéza  $H1_0$  zněla následovně: Neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v celkovém počtu udělaných chyb při řešení úkolu detekce písmena mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob. Tuto hypotézu jsme testovali na hladině významnosti 0,05. Vzhledem k zjištěným výsledkům jsme rozhodli **nezamítnout nulovou hypotézu  $H1_0$** .

Nyní můžeme přistoupit k hypotéze  $H2_0$ , jejíž znění bylo: Neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v počtu udělaných chyb při řešení úkolu detekce písmena v události č. 1 (standard bez distraktoru) mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob. Na základě výpočtu na hladině významnosti 0,05 **nezamítáme ani tuto nulovou hypotézu  $H2_0$** .

Hypotéza  $H3_0$  se zabývala počtem chyb v eventu 2, kdy její znění bylo následovné: Neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v počtu udělaných chyb při řešení úkolu detekce písmena v události č. 2 (standard s distraktorem) mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob. Tuto hypotézu jsme otestovali na hladině významnosti 0,05 a na této hladině také **nulovou hypotézu  $H3_0$  nezamítáme**.

Další hypotézou byla  $H4_0$  a byla formulována takto: Neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v počtu udělaných chyb při řešení úkolu detekce písmena v události č. 3 (deviant bez distraktoru) mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob. Po provedení příslušného statistického výpočtu jsme **nezamítli ani tuto nulovou hypotézu  $H4_0$** .

Pátá nulová hypotéza zněla následovně: Neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v počtu udělaných chyb při řešení úkolu detekce písmena v události č. 4 (deviant s distraktorem) mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob. Tuto hypotézu jsme také otestovali na hladině významnosti 0,05 a dle výsledků **nezamítáme nulovou hypotézu H5<sub>0</sub>**.

Znění hypotézy H6<sub>0</sub> bylo následující: Neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v rychlosti odpověďového času při řešení úkolu detekce písmena mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob. Opět byl pro výpočet použit neparametrický dvouvýběrový test a na jeho základě na hladině významnosti 0,05 **nezamítáme nulovou hypotézu H6<sub>0</sub>**.

Pro zajímavost jsme se ještě pokusili pomocí Kruskal-Wallisova testu najít vzájemné rozdíly v chybovosti v eventech u jednotlivých skupin. Na základě p-hodnot vypočítaných K-W testem se nám podařilo prokázat statisticky signifikantní rozdíl v chybovosti v eventech 1 a 3, 1 a 4, 2 a 3, 2 a 4 u bilingvní skupiny. U monolingvní skupiny byl prokázán statisticky signifikantní rozdíl v počtu udělaných chyb mezi eventy 1 a 3, 2 a 3 a 2 a 4. Obecně lze říci, že účastníci vykazovali nejvíce chyb v eventech č. 3.

Nyní svou pozornost přesuneme k poslední nulové hypotéze, která se týkala EEG analýzy dat. Její přesná formulace zní: Neexistuje statisticky signifikantní rozdíl v kognitivních evokovaných potenciálech odpovídajících inhibiční reakci selektivní pozornosti mezi skupinami bilingvních a monolingvních osob. Všechny grafy uvedené výše byly vytvořeny v programu MATLAB za pomoci párových statistik. Analyzovanou elektrodou byla vždy elektroda C5, která vykazovala největší statisticky významné rozdíly. S ohledem na tyto grafy se nám podařilo prokázat rozdíly v N200 a P300 ERP komponentách, které se, jak vyplývá ze zahraničních výzkumů, zdají být klíčové u zkoumání vlivu bilingvismu na exekutivní funkce a zejména inhibici. Tyto rozdíly nebyly ve všech událostech stejné. To patrně vyplývá i z rozdílnosti daných eventů, které nezaměstnávají všechny funkce stejně. Bilingvní osoby v eventech 1 a 3 vykazovaly menší amplitudu a dobu trvání těchto komponent, u eventech 2 jsme ale mohli pozorovat větší amplitudu P300. Větší amplituda P300 v události 2 mohla být pravděpodobně způsobena přítomností tónu. Event 4 byl u bilingvních osob charakteristický větší amplitudou v N200 a v P300 a kratší dobou trvání. Komponenta P300 se také ve všech eventech objevovala dříve u bilingvních jedinců než u monolingvních. Událost 4 asi nejvíce odpovídá zjištěním předchozích studií, ve kterých bilingvní vykazovali větší amplitudu jak pro N200, tak i pro P300. Z tohoto můžeme vyvozovat, že se v našem experimentu ukázaly rozdíly mezi bilingvní a monolingvní skupinou v ERP komponentách, které jsou považovány za reprezentanty inhibiční reakce, sledování konfliktu a hodnocení

jejich výstupů. S ohledem na tato zjištění **zamítáme nulovou hypotézu H<sub>70</sub> a přijímáme alternativní hypotézu H<sub>7</sub>.**

## 5. Diskuze

Experiment se konal v Neuropsychologické laboratoři Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity, kde nám bylo k dispozici neinvazivní EEG zařízení firmy Biosemi o 64 kanálech. Jedenáct česko-anglicky bilingvních a osmnáct monolingvních probandů podstoupilo totožný design experimentu tak, aby od nich získaná data mohla být následně srovnána. Srovnání byla podrobena data dvojího typu. Behaviorální, která obsahovala informace o počtu chyb a času odpovědi probandů a EEG data. Nahraný EEG signál musel nejprve projít pre-processingem, a teprve poté bylo možno přistoupit k jeho samotné analýze. Z upravených a vyčištěných dat od artefaktů jsme následně pomocí programu MATLAB vytvořili několik grafů evokovaných potenciálů. Tyto evokované potenciály byly vytvořeny z elektrody C5.

Ve výzkumu bylo testováno celkem sedm hypotéz. Prvních šest vycházelo z behaviorálních dat a ani v jedné z nich jsme nezamítli nulovou hypotézu. Sedmá hypotéza se týkala evokovaných potenciálů a vzhledem k dostačujícímu počtu důkazů jsme hypotézu H<sub>70</sub> zamítli a přijali jsme alternativní hypotézu H<sub>7</sub>.

Naše laboratoř bohužel neskýtá tak kvalitní vybavení, abychom byli schopni nastavit akustický tlak distraktorů s optimální přesností tak, aby všichni probandi měli stejné podmínky. Také samotná experimentální úloha obsahovala několik slabin. Jako první můžeme uvést celkovou délku experimentu, který trval asi 70 minut (2 x 35 minut). Je velice obtížné zajistit kvalitní signál ze všech elektrod po celou dobu testování. To klade vysoké nároky na experimentátora, jelikož signál je odvislý od kvality gelování. Jako začátečníci jsme s tímto měli veliké problémy a až zhruba po deseti měřeních jsme nabyli potřebné zkušenosti a jistoty. Délka experimentu také kladla veliké nároky na samotné probandy, zejména na jejich pozornost a schopnost být v klidu a nehýbat se. Zde vstoupilo do hry i mnoho intervenujících proměnných na straně participantů. Asi největším problémem byl rozdílný stupeň únavy, ve kterém úkol detekce písmena řešili. Nemalou roli hrála i motivace zúčastněných osob. Z pohledu behaviorálních dat si dovolíme tvrdit, že jedinci, kteří se zúčastnili z vlastních pohnutek a zájmu, dosahovali v úkolu nejlepších výsledků. V průběhu měření jsme zaznamenali problém s vysycháním kontaktních čoček u některých probandů. Tato okolnost pak do značné míry mohla ovlivnit jimi dosažený výsledek. Všechny tyto zmiňované intervenující proměnné bylo velice těžké eliminovat, zejména u bilingvních osob,

z důvodu jejich veliké časové vytíženosti. To pro nás znamenalo velice omezené možnosti měření. Obecně lze říci, že výběr celého vzorku byl velmi komplikovaný a jako problém se jeví i jeho malá velikost. Délka experimentu se také projevila v množství získaného signálu, které kladlo zvýšené nároky na délku i kvalitu jeho zpracování.

V průběhu experimentu jsme také postupně začali zjišťovat, že tóny, které měly původně působit rušivě, nakonec spíše plnily funkci vodička při detekci písmena X. Všechny výše uvedené skutečnosti mohly značně ovlivnit výsledky celého výzkumu a jejich výpovědní hodnota je nepatrná.

Hlavním doporučením pro budoucí výzkumníky by mělo být obstarání co největšího vzorku zkoumaných osob a pokusit se o kvalitnější eliminaci všech možných intervenujících proměnných na straně probanda. Úplný začátečník v tomto oboru bádání by měl mít též na zřeteli získat ze všeho nejdříve dostatečné zkušenosti, a to z nemalého množství zkušebních měření. Dále bychom doporučovali se také zamyslet nad délkou celého experimentu. Též nebude od věci zamyslet se i nad jeho proporcemi u jednotlivých eventů a jeho případným zkrácením.

## **6. Závěr**

Tato bakalářská práce se ve své teoretické části snaží podat ucelené pojednání o fenoménu bilingvismu z úhlu pohledu mnoha psychologických disciplín. Nalézáme zde poznatky z vývojové psychologie, psycholingvistiky, neuropsychologie a kognitivní psychologie. Z pohledu praktické části se jako stěžejní jeví pátá a šestá kapitola. Tyto pojednávají o exekutivních funkcích a evokovaných potenciálech, které byly hlavním předmětem našeho bádání.

Cílem této práce bylo pokusit se najít meziskupinové rozdíly mezi česko-anglicky bilingvními a monolingvními osobami v oblasti inhibiční reakce selektivní pozornosti. Naším předpokladem bylo, že se tato reakce uplatní při řešení zrychleného úkolu detekce písmena za současné přítomnosti distraktorů. Domnívali jsme se, že by přítomnost inhibice měla vyplynout jak z evokovaných potenciálů, tak z počtu chyb a odpověďovém čase.

Jak jsme již zmínili v úvodu této práce, není nám známo, že by byl úkol detekce písmena někdy použit ve výzkumu bilingvality. V aktuálním výzkumu se volba úkolu jeví jako velice podstatná věc, jelikož každá úloha zaměstnává exekutivní funkce v různé míře a je jinak složitá a náročná. Pravděpodobně se právě z tohoto důvodu bilingvní výhoda v některých studiích prokázala a v jiných ne. To, jestli se bilingvní výhoda v exekutivních

funkcích u našeho úkolu projeví či nikoliv, jsme tedy mohli pouze předpokládat na základě některých indikací, avšak úplnou jistotu jsme neměli. I přes zjištění, že tóny dost možná nesplnily svoji původně zamýšlenou úlohu distraktorů, ale že byly jakýmsi vodítkem k detekci písmena X, se domníváme, že se i v tomto případě musela inhibiční reakce dostavit. S ohledem na naše výsledky si dovoluujeme tvrdit, že se nám i při tak malém vzorku probandů podařilo poukázat na potenciál tohoto úkolu, který by do budoucna mohl znamenat posun v našem dosavadním poznání.

Ačkoli výše uvedený experiment nepotvrdil meziskupinové rozdíly na behaviorální úrovni, v rovině kognitivních evokovaných potenciálů naznačil zjištění odpovídající zahraničním studiím. Jedná se o velmi zajímavý experiment, který by v budoucnu při větším počtu získaných dat mohl ukázat prokazatelnější a podrobnější výstupy.

## 7. Seznam použité literatury

Barac, R., Moreno, S., & Bialystok, E. (2016). Behavioral and Electrophysiological Differences in Executive Control between Monolingual and Bilingual Children. *Child Development, 87* (4): 1277–1290.

Bauer, A. (2005). *Čeština na dlani. Přehled světové a české literatury/český jazyk*. Olomouc. Rubico.

Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences, 21*, 327–336.

Bialystok, E. (1986). Factors in the growth of linguistic awareness. *Child Development, 57*, 498–510.

Bialystok, E. (2015). Bilingualism and the Development of Executive Function: The Role of Attention. *Child development perspectives, 9*, 2, 117-121.

Budil, I. T. (1998). *Mýtus, jazyk a kulturní antropologie*. Praha. Triton.

Cannon, R. L. (2012). *Low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA). Basic concepts and clinical application*. South Staples St, Texas. BMED Press.

Coderre, E. L. & van Heuven, W. J. B. (2014) Electrophysiological Explorations of the Bilingual Advantage: Evidence from a Stroop Task. *Plos one, 9* (7).

Cohen, M. (2014). *Analyzing neural time series data. Theory and practice*. Massachusetts Institute of Technology.

Černý, J. (1996). *Dějiny lingvistiky*. Olomouc. Votobia.

Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annu Rev Psychol., 64*: 135–168.



Faber, J. (1992). *Elektroencefalografie*. Praha. Univerzita Karlova.

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

Faber, J. (2001). *Elektroencefalografie a psychofyziologie*. Praha. IVS.

Fernandez, M., Tartar, J.L., Padron, D., & Acosta, J. (2013). Neurophysiological marker of inhibition distinguishes language groups on a non-linguistic executive function test. *Brain and Cognition*, 83, 330–336.

Grundy, J. G., Anderson, J. A. E., & Bialystok, E. (2017). Neural correlates of cognitive processing in monolinguals and bilinguals. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1396, 183–201.

Heidlmayr, K., Hemforth, B., Moutier, S., & Isel, F. (2015). Neurodynamics of executive control processes in bilinguals: evidence from ERP and source reconstruction analyses. *Frontiers in Psychology*, 6, 821.

Hernández, M., Costa, A., & Humphreys, G. W. (2011). Escaping capture: Bilingualism modulates distraction from working memory. *Cognition*, 122, 37–50.

Horváth, J., & Winkler, I. (2010). Distraction in a continuous-stimulation detection task. *Biological Psychology*, 83, 229–238.

Jonáš, J., Rodríguez Manchola, M.V., & Voráčková, V. (2016). Když se dva jazyky bijí v jednom mozku. *Vesmír*, 95, 642.

Kalamala, P., Drozdowicz, A., Szewczyk, J., Marzecová, A., & Wodniecka, Z. (2018). Task strategy may contribute to performance differences between monolinguals and bilinguals in cognitive control tasks: ERP evidence. *Journal of Neurolinguistics*, 46, 78–92.

Kolková, J. (2003). *Bilingvismus (dvojjazyčnost)*. Dostupné na: <http://info.edu.cz/en/node/1284>

Kroll, J. F., Bobb, S. C., & Hoshino, N. (2014). Two languages in mind: Bilingualism as a tool to investigate language, cognition, and the brain. *Current Directions in Psychological Science*, 23, 159–163.

Logue, S. F., & Gould, T. J. (2014). The Neural and Genetic Basis of Executive Function: Attention, Cognitive Flexibility, and Response Inhibition. *Pharmacol Biochem Behav.*, 45–54.

Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique*. Massachusetts Institute of Technology.

Miesel, J. M. (2006). The bilingual child. In T. K. Bhatia (Ed.), W. C. Richie (Ed.). *Handbook of bilingualism*. Malden: Blackwell, 91–113.

Misra, M., Guo T., Bobb, S. C., & Kroll J. F. (2012). When bilinguals choose a single word to speak: Electrophysiological evidence for inhibition of the native language. *Journal of Memory and Language*, 67, 224–237.

Moreno, S., Wodniecka, Z., Tays, W., Alain, C., & Bialystok, E. (2014). Inhibitory control in bilinguals and musicians: Event Related Potential (ERP) evidence for experience-specific effects. *Plos one*, 9:e94169.

Morgensternová, M., Scholl, L. & Šulová, L. (2011). *Bilingvismus a interkulturní komunikace*. Praha. Wolters Kluwer.

Morgensternová, M., Šulová, L., & kol. (2007). *Interkulturní psychologie. Rozvoj interkulturní senzitivity*. Praha. Karolinum.

Musso, M. (2001). Does universal grammar underlie foreign language acquisition? A fMRI Study. *NeuroImage* 13, 6.

Naatanen, R., & Picton, T. W. (1986). N2 and automatic versus controlled processes. In W. C. McCallum, R. Zappoli & F. Denoth (Eds.), *Cerebral Psychophysiology: Studies in Event-Related Potentials (EEG Supplement 38)* (pp. 169–186). Amsterdam: Elsevier.

- Nebeská, I. (1992). *Úvod do psycholingvistiky*. Praha. H&H.
- Pánek, D. (2016). *Elektroencefalografické koreláty pohybového chování a výkonnostní zátěže*. Praha. Univerzita Karlova.
- Pánek, D., Kovářová, L., Pavlů, D., & Krajča, V. (2014). Elektroencefalografické koreláty výkonnostní motivace a únavy. *Rehab fyz Léč*, 21 (2), 87-92.
- Peal, E., & Lambert, W. (1962). The relation of bilingualism to intelligence. *Psychological Monographs*, 76, 1–23.
- Plháková, A. (2003). *Učebnice obecné psychologie*. Praha. Academia.
- Pokorný, J. (2009). *Lingvistická antropologie. Jazyk, mysl a kultura*. Praha. Grada.
- Průcha, J. (2011). *Dětská řeč a komunikace. Poznatky vývojové psycholingvistiky*. Praha. Grada.
- Průcha, J., Walterová, E. & Mareš, J. (2001). *Pedagogický slovník*. Praha.
- Renault, B., Ragot, R., Lesevre, N., & Remond, A. (1982). Onset and offset of brain events as indices of mental chronometry. *Science*, 215, 1413–1415.
- Riley, P., & Gardiny–Esch, E. (2003). *The Bilingual Family*. Cambridge, United Kingdom.
- Russell, L. J. & Wanda, W. G. (2009). *Mozek a řeč*. Praha. Portál.
- Saer, D. J. (1923). The effects of bilingualism on intelligence. *British Journal of Psychology*, 14, 25–38.
- Saicová Římalová L. (2016). *Osvojování jazyka dítětem*. Praha. Univerzita Karlova v Praze.

Saunders, G. (1982). *Enfants bilingues, l'expérience d'un apprentissage familial*. Paris, Retz.

Seidl, Z. (2015). *Neurologie pro studium i praxi*. Praha, Grada.

Singh, L., Poh F. S., & Fu CH. S. L. (2016). Limits on monolingualism? A comparison of monolingual and bilingual infants' abilities to integrate lexical tone in novel word learning. *Frontiers in Psychology*.

Sternberg, R. J. (2009). *Kognitivní psychologie*. Praha, Portál.

Šimek, J. & Stein J. (1969). *Jak číst elektroencefalogram*. Praha. Státní zdravotnické nakladatelství.

Šulová, L. (2016). *Raný psychický vývoj dítěte*. Praha. Karolinum.

Vojtěch, Z. (2005). *EEG v epileptologii dospělých*. Praha, Grada.

Wallman, J. (1992). *Aping language*. New York. Cambridge Univerzity Press.

Wiens, S., Szychowska, M., & Nilsson, E. M. (2016). Visual task demands and the auditory mismatch negativity: An empirici study and a meta-analysis. *Plos one*, 11(1).

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 inBrief*, 11, 159-164.

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.

Wong, B., Yin, B., & O'Brien, B. (2016) Neurolinguistics: Structure, Function, and Connectivity in the Bilingual Brain. *Biomed Research International*.