



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

Numerozita u vysokoškolských studentů

Vypracovala: Dominika Kratochvílová

Vedoucí práce: Mgr. Michala Plassová

České Budějovice 2019

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

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

Datum: 12.7. 2019

Dominika Kratochvílová

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych v první řadě poděkovat paní Mgr. Michale Plassové za možnost pracovat na tomto výzkumu. Byla pro mě velikou oporou a vždy mi dokázala dobře poradit nejen s touto bakalářskou prací, ale s čímkoliv po celou dobu studia. Jsem moc vděčná, že jsem dostala v průběhu svého studia takové možnosti, jakými byla spolupráce v Neurolaboratoři na Jihočeské univerzitě.

Dále bych chtěla poděkovat panu Mgr. Tomáši Mrhálkovi a Mgr. Jakubu Staňkovi, kteří tady pro mě byli pokaždé, když jsem měla technické problémy s EEG přístrojem nebo jsem potřebovala EEG data prokonzultovat.

Také bych chtěla poděkovat všem dobrovolníkům, kteří se zapojili do tohoto výzkumu. Moc si jejich spolupráce vážím. A v neposlední řadě bych chtěla poděkovat svému příteli, rodině a přátelům, kteří mě při psaní bakalářské práce a celkově při studiu hodně podporovali.

ABSTRAKT BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Název práce: Numerozita u vysokoškolských studentů

Autor práce: Dominika Kratochvílová

Vedoucí práce: Mgr. Michala Plassová

Počet stran: 84

Tato bakalářská práce se zaměřuje na problematiku numerozity u vysokoškolských studentů humanitních oborů. Cílem je tedy porovnání matematických schopností a hrubého matematického odhadu u lidí studujících humanitní obor. Teoretická část se zabývá matematickými schopnostmi a jejich narušením, numerozitou a především vymezením aproximálního numerického systému. Dále je popsána elektroencefalografie neboli EEG, což je metoda, pomocí níž byly získány data pro tento výzkum.

Praktická část je rozdělena na dvě části, kdy se nejprve testují probandi. Pracuje se standardizovaným testem, který dále umožňuje probandy rozdělit na matematicky nadané a nenadané. Stěžejní částí výzkumu je analýza získaných dat pomocí elektroencefalografu (EEG), jež umožňuje porovnání mezi výše zmíněnými cílovými skupinami. Záměrem této bakalářské práce je rozšíření informací o numerozitě.

Do výzkumu bylo zahrnuto celkem 8 probandů, kteří se pohybovali ve věku 19-25 let. Výsledky tohoto výzkumu ukázaly, že oproti předešlým výzkumům, kdy se objevila výrazná aktivita v parietální části na levé straně, lze vidět výraznou aktivitu v parietálně-okcipitální a okcipitální oblasti, a to na obou dvou stranách (ne pouze na levé straně). Dále byla prokázána korelace u probandů, kteří dosáhli nadprůměrných výsledků v inteligenčním testu (Test Struktury Inteligence – IST) a došlo k rychlejšímu zpracování hrubého matematického odhadu. Probandi, kteří dosáhli podprůměrných výsledků v inteligenčním testu měli pomalejší zpracování hrubého matematického odhadu. Ukázalo se však, že i když probandi s nadprůměrnou matematickou inteligencí zpracovali výsledek dříve, jejich reakční doba byla delší.

Klíčová slova: aproximální numerický systém; numerozita; elektroencefalografie; matematické schopnosti; inteligence

ABSTRACT OF BACHELOR THESIS

Title: Numerosity in University Students

Author: Dominika Kratochvílová

Supervisor: Mgr. Michala Plassová

Number of pages: 84

This bachelor thesis focuses on problems of numerosity among university students studying humanities. The aim is to compare mathematical abilities and rough mathematical estimation of people studying humanities. The theoretical part deals with mathematical abilities and their disruption, numerosity and especially the definition of the aproximal numerical system. Electroencephalography or EEG, which is the method by which the data for this research was obtained, is described.

The practical part is divided into two parts, when the probands are tested first. It works with a standardized test, which further allows to divide probands into mathematically gifted and non-gifted. The main part of the research is the analysis of acquired data using electroencephalograph (EEG), which enables comparison between the above mentioned target groups. The aim of this thesis is to extend information about numerosity.

The research included a total of 8 probands, who were at the age from 19 to 25. The results of this research showed that, in contrast to previous research, when there was significant activity in the parietal part on the left side, significant activity could be seen in the parietal-occipital and occipital regions on both sides (not just the left side). In addition, a correlation was demonstrated in probands who achieved above-average results in the Intelligence Test (IST Structure Test) and the rough mathematical estimate was processed faster. Probands who achieved below-average results in the Intelligence Test had slower processing of rough mathematical estimation. However, it turned out that although probands with above-average mathematical intelligence processed the result sooner, their reaction time was longer.

Keywords: aproximal numerical system; numerosity; electroencephalography; mathematical abilities; intelligence

OBSAH

1

ÚVOD.....	9
I. TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1. MATEMATICKÉ SCHOPNOSTI.....	12
1.1 Schopnosti.....	12
1.2 Matematické schopnosti.....	12
1.3 Vymezení matematických schopností a dovedností	12
1.4 Dílčí funkce matematických schopností	12
1.5 Vývoj matematických schopností	13
1.6 Vývoj matematických schopností v předškolním věku	13
1.7 Vývoj matematických schopností ve školním věku.....	14
1.8 Teorie kognitivního vývoje Jeana Piageta	15
1.8.1 Senzomotorické období	15
1.8.2 Stadium předoperační	16
1.8.3 Stadium konkrétních operací	16
1.8.4 Stádium formálních operací.....	17
1.9 Analytické etapy numerického vývoje.....	17
1.10 Inteligence	17
1.11 Modely inteligence.....	18
1.11.1 Spearmanův faktor g – obecná inteligence.....	18
1.11.2 Cattellův hierarchický model inteligence	19
1.11.3 Gardnerova mnohonásobná teorie inteligence.....	19
2 NARUŠENÍ MATEMATICKÝCH SCHOPNOSTÍ.....	21
2.1 Poruchy matematických schopností.....	21
2.2 Pracovní paměť	21
2.2.1 Klasifikace poruch matematických schopností dle Nováka	22
2.2.2 Klasifikace poruch matematických schopností dle Blažkové.....	23
2.3 Vývojová dyskalkulie.....	23
2.3.1 Typy vývojové dyskalkulie.....	24
2.4 Deficity u kognitivní funkce	25
3 NESYMBOLICKÁ MATEMATIKA	27
3.1 Numerozita.....	27
3.2 Aproximální numerický systém	27
3.2.1 Neuroanatomie ANS.....	28
3.2.2 Numerický efekt vzdálenosti a numerický poměr	29

3.2.3	Vývoj ANS u dětí	29
4	ELEKTROENCEFALOGRAFIE.....	31
4.1	Pozorování mozku.....	31
4.2	Elektroencefalograf.....	31
4.2.1	Historická perspektiva EEG.....	31
4.2	Fungování EEG.....	33
4.3	Elektrody	34
4.3.1	Rozložení elektrod	34
4.4	Elektrická aktivita mozku	35
4.5	Artefakty	36
4.6	Evokované potenciály	37
4.7	Kognitivní evokované potenciály	37
4.8	Vlna P300.....	38
4.8.1	Vlna P300 při auditivní stimulaci	38
4.8.2	Vlna P300 při vizuální stimulaci	38
4.9	Vlna N400 a P600	38
4.10	Mismatch negativity.....	39
II.	EMPIRICKÁ ČÁST.....	40
1	METODOLOGIE VÝZKUMU.....	41
1.1	Výzkumné cíle	41
1.2	Výzkumný problém.....	41
1.3	Výzkumné otázky.....	41
1.4	Hypotézy	41
1.5	Výzkumný soubor	42
1.5.1	Experimentální skupina	43
1.11.3	Kontrolní skupina	43
2	TESTOVÁNÍ – PRVNÍ ČÁST VÝZKUMU	45
2.1	Test struktury inteligence (IST)	45
2.1.1	Popis IST.....	45
2.2	Postup testování	47
2.3	Vyhodnocování a výsledky	47
3	EXPERIMENT – DRUHÁ ČÁST VÝZKUMU.....	49
3.1	Design experimentu	49
3.2	Průběh experimentu	50
3.3	Měřicí přístroj.....	51
4	METODY ZPRACOVÁNÍ DAT	52
4.1	Behaviorální a EEG data.....	52

4.2	Zpracování datasetu	52
4.2.1	Preprocessing	52
4.2.2	Vyřazení elektrod.....	52
4.2.3	Manuální čištění.....	52
4.2.4	Downsampling	53
4.2.5	Channel locations.....	53
4.2.6	Re-referencování.....	53
4.2.7	Filtrování.....	54
4.2.8	ICA a MARA.....	54
4.2.9	Epochování	54
4.3	Studie.....	54
5	ANALÝZA A INTERPRETACE DAT	56
5.1	EEG data	56
5.1.1	Topografické modely	56
5.1.2	Zobrazení skalpu.....	60
5.1.3	Zobrazení ERP na jednotlivých elektrodách	62
5.1.4	PO7	63
5.1.5	O1.....	64
5.1.6	P5	65
5.2	Behaviorální data	66
5.2.1	Správné odpovědi	66
5.2.2	Reakční časy odpovědí	67
5.3	Shrnutí hypotéz a výsledků	69
5.3.1	Shrnutí hypotéz	69
5.3.2	Shrnutí výsledků	69
6	DISKUZE	70
7	ZÁVĚR.....	73
8	SHRnutí.....	74
9	SEZNAM LITERATURY.....	76
10	SEZNAM OBRÁZKŮ	79
11	SEZNAM TABULEK	81
12	SEZNAM PŘÍLOH.....	82
13	PŘÍLOHY	83

ÚVOD

Psychologie jako taková obsahuje velice široké spektrum oborů. Dělí se na dvě oblasti, a to na teoretickou a aplikovanou. V teoretické oblasti se nachází základní obory, kterými je např. obecná psychologie, psychologie osobnosti a sociální psychologie. V praktické oblasti se nachází obory, jež se zaměřují na praktické využití poznatků z psychologie, jako je např. klinická psychologie, forenzní psychologie a také neuropsychologie.

Neuropsychologie je specifická tím, že se skládá ze dvou oborů, a to z neurovědy a psychologie. Tento obor se zabývá jak mozkiem (centrální nervovou soustavou), tak psychikou člověka (prožíváním a chováním). V tomto oboru se převážně zkoumají kognitivní procesy na základě zkoumání neurálních mechanismů. I tento výzkum se zabývá kognitivním procesem, a to hrubým matematickým odhadem neboli aproximálním numerickým systémem.

V teoretické části jsou popsány matematické schopnosti, vymezení matematických schopností a dovedností, dílčí funkce matematických schopností, inteligence a její modely. Také je zde nastíněno narušení matematických schopností, kde jsou popsány poruchy matematických schopností, např. dyskalkulie, dále je zde zmíněna nesymbolická matematika, kam patří \square umerozitě a aproximální numerický systém. Poslední teoretickou kapitolou je elektroencefalografie, díky níž byla získána data pro tento výzkum. Tato kapitola předkládá historii elektroencefalografie, elektrickou aktivitu mozku a artefakty, u kterých se poté v empirické části řeší, jak od nich EEG data očistit.

V empirické části je nejprve popsána metodologie výzkumu, kde jsou vytyčené výzkumné cíle, hypotézy a je zde představen výzkumný soubor (experimentální a kontrolní skupina). Výzkum se dále dělí na dvě části. První část popisuje testování, konkrétně se pracuje s testem IST (Test Struktury Inteligence), ze kterého byla pro tento výzkum využita škála numerické inteligence (subtesty na početní úlohy, číselné řady a početní znaménka). Ve druhé části se nachází samotný design experimentu, kde je popsána nejen příprava probanda před napojením na EEG přístroj a ale také celkový průběh daného experimentu. V další kapitole se nachází jednotlivé metody určené pro předzpracování a zpracování EEG dat až po vytvoření studií. Mezi posledními kapitolami se nachází popis analýzy a interpretace dat, kde jsou konečné výsledky z experimentu (EEG dat a behaviorálních dat). Poslední kapitoly zahrnují diskuzi, závěr a shrnutí výzkumu.

Cílem toho výzkumu bylo zjistit rychlost zpracování, reakční čas a oblast mozku, kde se nacházela aktivita při zpracování hrubého matematického odhadu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1. MATEMATICKÉ SCHOPNOSTI

1.1 Schopnosti

Schopnost neboli ability je souborem předpokladů, které jsou nutné pro úspěšně vykonanou určitou činnost a dovednost, jež se vyvíjejí na základě vloh (Hartl & Hartlová, 2015). Schopnost je také definována jako vnitřní dispozice ke konkrétnímu druhu psychomotorického a mentálního výkonu (Nakonečný, 2013).

1.2 Matematické schopnosti

Dítě s matematickými schopnostmi by mělo být schopné řešit jakékoliv matematické úlohy a nejen ty, které se dávají ve škole. Matematická schopnost se dá vnímat jako součást inteligence (Pavličková, 2018). Svoboda (2015) předpokládá, že jde spíše o soubor matematických schopností, které se dělí na čtyři základní kategorie: paměť pro čísla, zpracování čísel, matematické dovednosti a matematické uvažování (Svoboda, 2015, s. 685, in Pavličková, 2018). Dle Košče (1972) je potřeba u matematických schopností disponovat základními složkami jako je numerický faktor (využívá se při manipulaci s číselnými daty, jedná se o přesné a rychlé vykonávání výpočtů), prostorový faktor (využívá se nejen v geometrii, ale také i v aritmetice, např. při správném hodnocení číslic v pozičním zápise čísla, dále při dělení plochy v písemných počtech), faktor usuzování (tento faktor má hlavní vliv na počítání z paměti), faktor všeobecné inteligence (tvoří hlavní pozadí matematických a celkově všech mentálních výkonů, ovlivňuje nejvíce faktor usuzování) (Košč, 1972, s. 24, in Pavličková, 2018).

1.3 Vymezení matematických schopností a dovedností

Matematické schopnosti se zpravidla vyznačují kognitivními a exekutivními složkami, které zodpovídají za vykonávání matematických operací od značně jednodušších výpočtů až po složitější matematické úsudky. To však není čistě matematické, patří sem i součásti pracovní paměti, která zodpovídá za práci s vizuálně-prostorovými a numerickými objekty, jež mají přímý vliv na matematický výkon. Matematické dovednosti představují konkrétní úroveň ve vývoji matematických znalostí. Učení ovlivňuje přímo tyto matematické znalosti (Cíger, 2018).

1.4 Dílčí funkce matematických schopností

Schopnost osvojit si počítání nemá vliv pouze na číselné a předčíselné představy žáka, ale souvisí také s dílčími funkcemi, jež jsou potřebné jak pro počítání, tak i pro psaní a čtení. Do těchto funkcí se zařazuje percepční funkce neboli smyslové vnímání, spadá sem

vizuální percepce neboli zrakové vnímání (pravolevá orientace, zraková analýza a syntéza, zrakové rozlišování (diferenciace), zraková paměť (orientace v prostoru, vizuální postřeh) a auditivní percepce neboli sluchové vnímání (sluchové rozlišování (diferenciace), sluchová paměť, sluchová analýza a syntéza, vnímání a reprodukce rytmu). Dále sem patří funkce motorické neboli pohybové (vizuomotorická koordinace, senzomotorická koordinace, jemná a hrubá motorika, grafomotorika) a funkce kognitivní neboli poznávací (pozornost, řeč, myšlení, paměť, předčíselné a číselné představy). Důležitá je souhra a koordinace jednotlivých funkcí (Pavličková, 2018).

1.5 Vývoj matematických schopností

Člověk má vrozenou schopnost rozlišovat kategorii počtu. Tato schopnost se postupně rozvíjí pod působením specifické stimulace, což také souvisí s celkovým rozvojem myšlení. Způsob uvažování a jeho rozvoj závisí na tom, jaké má dítě zkušenosti s čísly a počítáním, či jak je schopné porozumět obsahu takové činnosti. Rozvoj matematických dovedností a schopností podstatným způsobem ovlivní až škola (Svoboda, 2015, s. 658, in Pavličková, 2018).

1.6 Vývoj matematických schopností v předškolním věku

Dítě předškolního věku zpracovává podněty a zkušenosti odlišně v porovnání s dítětem nacházejícím se ve školním období či v dospělém věku. K procesu zobecnění je důležitý proces hodnocení a třídění dosavadních zkušeností a proces porovnávání. Také je důležité hledání společných znaků, a na to vše je potřeba mít dobrou paměť, schopnost vybavovat si představy a porovnávat zkušenosti, které byly získané v různém kontextu, čase a prostoru. K pojmu přirozené číslo je potřeba, aby se dítě dopracovalo jako k výsledku složitých psychických procesů, které se používají při uspořádávání věcí při abstrakci. Proces při osvojování si tohoto pojmu je pro dítě velmi složitý. Pokud předškolní dítě pochopí pojem číslo, abstraktní myšlenková činnost dosahuje vrcholu. Úroveň rozvoje mozku neboli stádium zrání zároveň probíhá v souladu s vývojem v oblasti matematických schopností, na který má také vliv úroveň vzdělání každého dítěte (zkušenosti – např. formou hry dítě získává zkušenosti s tvarem předmětů, jejich barvou, velikostí, množstvím a umístěním v prostoru) (Pavličková, 2018).

Na konci přípravného období dospívá dítě k prvnímu rozlišování mezi mnoho a málo a mezi více a méně (tento typ rozlišování množství si dítě osvojilo formou neuvědomělého postřehování komplexu konkrétní situace). Dochází k porovnávání množství (dítě dokáže postřehnout i drobné rozdíly v počtu vnímaných věcí, avšak to nespočívá v tom, že by dítě

spočítalo jednotlivé kusy, ale spočívá to v celkovém zachycení množství), k párovému přiřazování (dítě formou hry např. kuličky, kostky přiřazuje k sobě po dvou, třech, popřípadě i čtyřech; s postupujícími zkušenostmi dítě přichází na identitu počtu předmětů v dílčích paralelních řadách; ze začátku si neuvědomuje reálnou číselnou hodnotu porovnávaného množství), k odhadování počtu k předmětům, i když dítě předměty nepočítá (na základě porovnávání a seskupování seřazených předmětů), k chápání množství (není to na takové úrovni chápání jako u dospělého člověka; abstrakční schopnost u dítěte ještě stále prochází složitým vývojem, které dělíme na dva stupně; první stupeň u dítěte znamená, že díky manipulaci s předměty začíná chápat, že celek je jednotkou, jež se dělí na jednotlivé předměty jako jednotky; druhý stupeň u dítěte znamená, že při pochopení čísel je vyzdvihnutí totožnosti analyzovaných jednotek, odhlédnutí všech určitých atribut předmětného souhrnu, např. od velikosti, tvaru, barvy atd., aby zůstala kvantita) (Pavličková, 2018).

1.7 Vývoj matematických schopností ve školním věku

Když dítě začne chodit do školy, přináší mu to plno změn. Jednou z nich je zásadní změna v postoji ke všem věcem, co souvisí s matematickým myšlením. Do této doby označovalo dítě množství spíše slovně. Škola však dítě směřuje tak, aby si osvojilo analyticko-syntetické pochody, které ovlivňují jak základní matematické operace (odčítání a sčítání, násobení a dělení), tak i složitější matematické postupy. Současně se u dětí rozšiřuje znalost rozsahu číselného řádu v desítkové soustavě, dítě tak nemá problém se v krátké době naučit manipulovat s čísly do 100, poté do 1000 a více. V mladším školním věku se pochopení množství neustále spojuje s konkrétními věcmi, s konkrétním uspořádáním předmětů a s konkrétními skutečnostmi. Vyučování ve škole má zásluhu na tom, že se dítě při myšlení odpoutá od konkrétních věcí (Pavličková, 2018).

Konkrétní sčítání se nejdříve provádí skrze přesouvání, skládání a manipulaci s předměty. To však postupem času mizí, až se dítě dostane do fáze, kdy mu stačí vytvářet „pohyb v mysli“. Dítě v pubescentním věku už s předměty nepracuje, ale pracuje s čísly a s jejich vztahy. V tomto věku si už osvojuje znalosti písmenových znaků v rámci algebry a dokáže vypočítat úlohy, které jsou složitější a objevuje se v nich neznámá, kdy žák má zjistit její hodnotu. Dítě dospívá k této úrovni nejdříve ve třináctém roku (Pavličková, 2018).

1.8 Teorie kognitivního vývoje Jeana Piageta

J. Piaget uskutečnil nejrozsáhlejší výzkumy, jež se týkají zákonitostí a mechanismů kognitivního vývoje. Původně byl biologem, ale později se začal zajímat o psychologii. Když pracoval v týmu, jenž se zabýval standardizací inteligenčních testů, všiml si, že děti, jež byly ve stejném věku, dělaly stejný typ chyb. Přišlo mu, že malé děti v porovnání s dospělými myslí jiným způsobem a díky tomu začal studovat vývoj myšlení. V počáteční fázi svého zkoumání byl zaměřený na proces inteligence, kterou vysvětloval jako proces adaptace. V další fázi svého zkoumání se zaměřil na periodizaci vývoje poznání, kterou rozdělil do čtyř hlavních, kvalitativně rozdílných vývojových stádií podle věku (Thorová, 2015).

1.8.1 Senzomotorické období

Toto období trvá od narození do ovládnutí jazyka. Většinou končí před koncem druhého roku dítěte. Jazyk nemusí být plně ovládnán, postačí pasivní porozumění. Mluvený jazyk dítěti pomáhá lépe strukturovat myšlenky a umožňuje mu nakládat s mentálními objekty kolem sebe (Cíglar, 2018). V tomto období je nahodilé motorické experimentování postupně nahrazeno čím dál záměrnějším chováním, kdy si už dítě dokáže v duchu představit cíl, popřípadě nalezne nové řešení, např. si pomůže tyčkou přitáhnout předmět blíže. Přibližně osmiměsíční dítě začne chápat, že objekty stále jsou (existují, i když je zrovna teď nevidí). V raném období se dítě soustředí pouze na vlastní tělo a činnosti, kdežto od 18. měsíce začne dítě odlišovat „já“ od okolí neboli samo sebe začne chápat jako objekt mezi jinými objekty (Thorová, 2015).

Toto stádium se dělí do šesti substádií. První období se nazývá období reflexů, které trvá do 1 měsíce (dítě poznává děje prostřednictvím motorických dovedností a smyslového vnímání). Další období je obdobím zvyků a primárních kruhových reakcí. Toto období trvá mezi 1. a 4. měsícem (dítě se učí novým věcem, nejdříve se jedná o náhodně provedenou aktivitu, ale poté se dítě naučí aktivitu opakovat – kruhová reakce; zvyk se prohlubuje na základě reflexu, ale toto chování nevyvolává konkrétní podnět, např. dítě procvičuje sání, aniž by vidělo láhev). Další období se nazývá sekundární kruhové reakce, které spadá mezi 4. a 8. měsíc (dítě se už umí cíleně zaměřovat na věci, jež např. vidí v okolí; dítě bývá v tomto období uchváčeno konkrétními aktivitami, které vydrží opakovat neustále dokola). Další období Piaget nazval jako koordinace sekundárních kruhových reakcí, které se vyskytují v období mezi 8. a 12. měsícem (dítě se chová jednoznačně záměrně, také si už uvědomuje, že předměty mají funkci;

kolem 11. až 12. měsíce začíná dítě vytvářet nové postupy stylem pokus omyl). Další období se označuje jako terciární kruhové reakce, nové postupy a zvědavost, kdy toto období spadá mezi 12. a 18. měsíc života dítěte (rozvoj záměrných experimentů s předměty, zkoumání jejich funkcí a vlastností; dítě už umí zkombinovat znalosti do nové formy k vyřešení záměru). Poslední období v senzomotorickém stádiu se nazývá zvnitřnění schémat a projevuje se mezi 18. až 24. měsícem (dítě objevuje symbolickou hru, jelikož začíná chápat jednoduché symboly, odkládá imitaci; dítě začíná více rozumět světu skrze mentální operace) (Thorová, 2015).

1.8.2 Stadium předoperační

Toto období trvá od 2 do 7 let. V tomto období se nejvíce rozvíjí řeč, dítě ještě více prozkoumává své okolí, ale pořád nechápe fyzikální příčinnost jevů. Děti se převážně učí imitací nebo formou hry. Dalšími aspekty, které jsou důležité pro předoperační období, jsou ještě nedostatečně rozvinutá příčinnost v komplexních situacích (následek považuje za příčinu), egocentrismus a centrace. Toto stádium se dělí do dvou substádií. První nazýváme substádiem symbolických funkcí, kdy toto období trvá od 2 do 4 let (v tomto věku si dítě dokáže v mysli vytvářet představy o věcech či je popsat, aniž by danou věc vidělo; učí se tvořit pojmy; začínají kreslit a chápou obrázky; dítěti dělá pořád problémy se podívat na věci z druhé osoby, uvažování je stále egocentrické a myšlení magické). Druhé období je substádiem intuitivního myšlení, které trvá od 4 do 7 let (dětská zvědavost roste a s tím i neustálé vypytování se; dítě v tomto věku má už rozsáhlé vědomosti, ale když řeší různé úkoly, uvažuje intuitivně; myšlení je zaměřené více na aktuální stav než na proces transformace, tedy na to, jakým způsobem ke změně došlo; úsudek je závislý na zkušenostech) (Thorová, 2015).

1.8.3 Stadium konkrétních operací

Toto období probíhá od 7 do 11 let. Děti mají myšlení mnohem flexibilnější, jelikož se přestávají opírat pouze o své zkušenosti. Logické uvažování má hlavně induktivní závěr. Děti v tomto věku nepracují s hypotetickými koncepty a nedokážou myslet abstraktně. Dítě už chápe princip konzervace, klasifikace (rozřazovat věci do tříd např. podle vlastností), seriality (cápat a řadit posloupnosti), tranzitivní inference (díky více informacím může dítě vytvářet nové závěry), reverzibility (vratnosti), decentrace (dítě dokáže již vyvodit závěr na základě posouzení více hledisek) (Thorová, 2015).

1.8.4 Stádium formálních operací

Toto období trvá od 11/12. do 15/20. roku. Také se tomuto období říká hypoteticko-deduktivní období. Děti už dokážou přemýšlet v abstrakci, dále umí systematicky plánovat a mají schopnosti k vytváření metodického postupu (nejedná se už o pokus a omyl). Formální operace se využívají ve filosofii, matematice a ve vědě celkově. Myšlení se více systematizuje, logické uvažování přechází do deduktivního charakteru, obecné předpoklady a tvrzení jsou dokazovány. Objevuje se schopnost řešit problémy pravděpodobností, kombinační schopnosti, permutace (obměny pořadí), zvažovat variace (možnosti). Také se rozvíjejí matematické schopnosti (Thorová, 2015).

1.9 Analytické etapy numerického vývoje

Vedle těchto čtyř základních vývojových stádií vymezil J. Piaget tři analogické etapy numerického vývoje. První stádium nazývá prenumerickým. Dítě v této etapě používá pouze globální soudy, např. mnoho jablek, tato etapa odpovídá senzomotorickému stádiu. Druhé stádium se shoduje se stádiem preoperačním, dítě v této fázi číselných soudech dělá běžné chyby, jelikož nedokáže zvážit všechny charakteristiky situace. Ve třetím stádiu, které nazývá jako operační stádium (odpovídá abstraktním a konkrétním operacím). Teprve v tomto stádiu se u dětí vyvíjí koncept čísla a schopnost provádět aritmetické operace nezaložené na jednoduchých algoritmech (sčítání na prstech) nebo na zapamatování si výsledku (Cígler, 2018).

1.10 Inteligence

Z pohledu biologie je inteligence jednou z činností organismu a předměty, kterým se přizpůsobuje, tvoří zvláštní sekci okolního prostředí. Z druhého úhlu pohledu inteligence také působí na samostatné vědecké myšlení včetně poznání biologického. Psychologické teorie inteligence se zařazují do středu mezi obecné teorie poznání a biologické teorie přizpůsobení (Piaget, 1999). Aby se organismus přizpůbil, musí vzájemně působit s prostředím a vytvářet tak neustále komplexnější formy. Toto vzájemné působení se neustále mění a jejím efektem je duševní vývoj neboli mentální evoluce. Mezi základní principy vývoje patří proces asimilace (přizpůsobení si) a proces akomodace (přizpůsobení se). Jsou to dva procesy, jež se navzájem doplňují a dovolí člověku přizpůsobení (Thorová, 2015).

Osobnostní vlastnosti a inteligence jsou součástí jednoho souboru, jenž funguje v souvislosti se sociálním, fyzickým a symbolickým světem. Inteligence neboli celistvá poznávací schopnost pojímá i kognitivní flexibilitu a adaptibilitu. Inteligence může také být

chápana jako specifická vlastnost, která je poněkud složitější osobnostní vlastností. Osobnost vymezuje rámec, ve kterém se veškeré schopnosti, tedy i inteligence, konkrétním způsobem jeví a na člověku závisí, do jaké míry a jakým způsobem je dokáže využít. Osobnostní vlastnosti a rozumové schopnosti se navzájem ovlivňují, ale jejich vztah není přímý, jelikož je zprostředkován tím, jakou představu o sobě máme (o svých schopnostech, možnostech). Souvisí s tím vlastní sebehodnocení a autoregulační funkce (Vágnerová, 2010).

V současném pojetí inteligence se také vychází ze starších faktorově analytických přístupů a kognitivní psychologie, která klade daleko větší důraz na to, jakým způsobem probíhá proces uvažování a zpracování informací. Inteligence bývá označována jako celková úroveň kognitivních procesů, které člověk uplatňuje při řešení různorodých problémů a situací. Zjednodušeně ji lze vymezit jako celostní vlastnost, ve které se zahrnuje (Vágnerová, 2010):

- Záměrné zpracovávání informací a schopnost myslet;
- Schopnost učit se z chyb a zkušeností;
- Dovednost využívat své schopnosti a znalosti ke zvládnutí různých požadavků prostředí.

1.11 Modely inteligence

1.11.1 Spearmanův faktor g – obecná inteligence

Faktorová analýza je druhem statistické metody rozdělení pojmového konstruktů do většího počtu schopností či hypotetických faktorů, u kterých výzkumník předpokládá, že jsou základem individuálních odlišností v míře, ve které odlišní lidé zvládají testy (psychologové ho používají převážně na strukturu inteligence). Je založena na zjišťování korelace. Tato korelace vychází z představy, kdy rostoucí míra vzájemné korelace testů dokazuje rostoucí možnost, že test měří shodný jev (Sternberg, 2009).

Ch. Spearmanov přišel s faktorovou analýzu, na jejímž základě začal rozumět inteligenci buď jako obecnému faktoru, který má vliv na výkon ve všech testech mentálních schopností, nebo jako množině speciálních faktorů, z nichž je každý faktor podkladem pro výkon v testu při určité mentální schopnosti, např. aritmetickém počítání. Spearman tvrdí, že dílčí speciální faktory mají pouze malý význam se zřetelem na to, že speciální faktory mají úzké využití. Aby Spearman pochopil inteligenci, byl pro něj klíčový obecný faktor, který pojmenoval jako „g“ faktor. Tvrdil, že „g“ je podmíněné „mentální energií“ (Sternberg, 2009).

Faktor g je označován jako obecná inteligence, která obsahuje soubor mechanismů. Využívají se k pochopení v kterékoliv situaci či problému, přesněji to znamená, že se jedná o osvojení jakýchkoliv informací. Je to obecná schopnost myšlení, odlišení různých souvislostí a vztahů, pochopení jádra věci, vysuzování nadřazených kategorií a využívání vlastních úvah a zážitků či zkušeností nehledě na to, o jaké problémy se jedná (Vágnerová, 2010).

1.11.2 Cattelův hierarchický model inteligence

Podle úrovně závislosti na prostředí (vzdělání a výchova) a na biologických (dědičnost) dispozicích se rozlišují dvě kategorie inteligence nižšího řádu, fluidní a krystalická inteligence. Tyto kategorie Cattel vyvodil z výsledků psychometrického měření (Vágnerová, 2010).

Fluidní (tekutá) inteligence je ovlivněna vrozenými dispozicemi a používá se při řešení nových situací a dosud neznámých problémů. Projevuje se při získávání nových poznatků, kognitivní flexibilitou, při odvozování nových vztahů a při uvědomování si zobecnění dosažených závěrů. Fluidní inteligence a její aspekty nejsou odolné vůči stárnutí, a proto v průběhu let tato inteligence klesá (Vágnerová, 2010).

Krystalická inteligence znamená celistvost vědomostí, řešení problémů a všech naučených strategií v uvažování. Krystalická inteligence je podmíněna kulturou a vzděláním. Úroveň krystalické inteligence ovlivňuje kvalita vzdělání, aspekty, na které je daný člověk zaměřený, otevřenost ke zkušenosti, ale i svědomitost a osvojení systematickosti, jež je potřebná k získání znalostí a dovedností. Aspekty krystalické inteligence jsou odolné vůči stárnutí a její úroveň klesá mnohem pomaleji (až v pozdním stáří). Fluidní inteligence vždy ovlivňuje úroveň krystalické inteligence. (Vágnerová, 2010).

1.11.3 Gardnerova mnohonásobná teorie inteligence

Gardner tvrdí, že se nikdy nepodaří uspořádat univerzální platný seznam tří, sedmi nebo tří set inteligencí, s kterým by všichni vědci úplně souhlasili. On sám vytvořil sedm kategorií inteligence (Gardner, 2018).

První je jazyková inteligence, kde Gardner předkládá jako názorný příklad poezii, protože básník musí mít dobrý cit pro pořádek slov a musí se umět řídit pravidly gramatiky. Je také potřeba, aby byl básník citlivý k odstínům významů slov a podobně, a to vše patří mezi aspekty jazykové inteligence (Gardner, 2018).

Hudební inteligence se jako hudební nadání objevuje časně u dítěte velice časně – žádná jiná nadání se neobjevuje tak brzy. Mezi základní složky hudební inteligence patří

melodie a rytmus (jsou to zvuky, které jsou vysílány na určitých frekvencích, které slyšíme a jsou seskupeny podle daného systému) (Gardner, 2018).

Logicko-matematická inteligence je souborem schopností, které vznikají díky konfrontacím se světem předmětů. Malé děti se setkávají s předměty, řadí je a přerovnávají, a pomocí toho se je učí počítat, získávají tím tak první a nejdůležitější matematické a logické znalosti. Základ nejvyšších okruhů matematiky, logiky a vědeckého myšlení se nachází v tom, jak si malé děti hrají s předměty v okolním světě (Gardner, 2018).

Základem prostorové inteligence jsou schopnosti, jež zajišťují přesné vnímání světa tak, jak ho vidíme, umožňují také modifikovat a transformovat prvotní vjemy a dále tyto schopnosti formují myšlenkové představy ze své vizuální zkušenosti, i když v danou chvíli žádné vnější podněty nepůsobí. Člověk díky těmto schopnostem může manipulovat nebo konstruovat různé tvary (Gardner, 2018).

Tělesně-pohybová inteligence je taková, pomocí které může jedinec používat obratně a rozmanitě vlastní tělo tak, aby mohl vyjadřovat výrazy a vytvářet činnosti, díky kterým člověk uskutečňuje své cíle. Další schopností je u této inteligence obratnost s předměty, což se týká jemné (prsty) a hrubé motoriky (celé tělo) (Gardner, 2018).

Dále existují personální formy inteligence, dělí se na intrapersonální inteligenci a interpersonální inteligenci. Intrapersonální inteligence, u které se jedná se o porozumění vlastnímu chování a také schopnost jej řídit. Patří sem dovednost rozeznávat mezi pocitem libosti a nelibosti. Díky tomu se člověk může rozhodnout, jestli se např. do situace zapojí, či ne a raději se stáhne. Intrapersonální inteligence je základním zaměřením v introspektivní inteligenci, je to schopnost všimnout si jednotlivců a jejich nálad, temperamentu, záměru a motivace. Pokud má někdo rozvinutou intrapersonální inteligenci, umožňuje mu to „číst“ v lidech jejich skryté touhy a záměry (Gardner, 2018).

2 NARUŠENÍ MATEMATICKÝCH SCHOPNOSTÍ

2.1 Poruchy matematických schopností

Poruchy matematických schopností jsou komplexním pojmenováním pro škálu různých obtíží a potíží, a také i nedostatků v matematice. Problémy při počítání jsou podmíněny mnoha různými působeními a příčinami. Pokud jde pouze např. o nedostatečnou nebo špatnou domácí přípravu nebo o formu výuky, problém může být snadno odstraněn. Avšak pokud jde např. o dědičné vlivy, o celkové nízké nadání či se nadání týká pouze matematiky, je pracné a obtížné rozvoj počítání zvládnout. Tyto poruchy označujeme jako poruchy a narušení matematických schopností (Pavličková, 2018).

2.2 Pracovní paměť

V současné době se tento název užívá pro krátkodobou paměť. Z neuropsychologického hlediska se dělí pracovní paměť na 3 složky: fonologická smyčka (ukládání zvukových neřečových a řečových informací), vizuospeciální náčrtník (jeho činnost se vztahuje na aktivaci zrakové kůry týlních laloků, a i kůry temenních a čelních laloků- může se to připodobnit tabulce, na kterou se křídou rychle napíše data, která se po krátké době smažou a uvolní tak místo pro další zápis jiných dat) a centrální řídicí složka (podílí se na integraci rozdílných informací např. zrakové, sluchové či somatosenzorické) (Koukolík, 2012).

Problémy v matematice často souvisí i s poruchami paměti. Nejvíce jsou tyto problémy spojované s pracovní pamětí, kdy celkově pracovní paměť a její velikost má vliv na školní úspěšnost a na celkový intelekt, tedy g-faktor. Dále souvisí se schopnostmi v matematice i po kontrole ostatních intelektových faktorů. I když se zjistí, že má dítě zhoršenou pracovní paměť, nestačí to pro diagnostiku dyskalkulie. I přesto se však děti, jež mají dyskalkulii diagnostikovanou, potýkají s problémy s pracovní pamětí, která souvisí s udržováním informací o číslech jako jsou např. číselné řady. Špatná schopnost zapamatování si číselných informací nemusí hned souviset s horší pracovní pamětí, ale může být spojená s méně efektivním nakládáním s čísly (Cígler, 2018).

Co se týče různých aspektů pracovní paměti, zdá se, že děti se špatným aritmetickým výkonem mají obvykle normální fonologickou pracovní paměť, i když jejich kapacita prostorové pracovní paměti je narušena. Prostorová pracovní paměť je modulována širokou sítí oblastí, včetně frontálních a parietálních oblastí. Děti provádějící úkoly na vizuálně-prostorovou pracovní paměť vykazují stejný vzor aktivace ve srovnání s dětmi, jež nemají vývojovou dyskalkulii (Rotzer et al., 2009).

2.2.1 Klasifikace poruch matematických schopností dle Nováka

Tato klasifikace vychází z neurologicky ustálené klasifikace defektu funkcí centrální nervové soustavy. Novák klasifikoval kalkulastenii, hypokalkulii, vývojovou dyskalkulii, oligokalkulii a alkalkulii (Novák, 2004).

Kalkulastenie není označována jako vývojová porucha učení, protože jsou matematické schopnosti pouze mírně narušené, jelikož nejsou rozvinuty důležité matematické znalosti a dovednosti. Je to zapříčiněné např. špatnou či nedostatečnou stimulací od rodiny nebo pedagogů. Kalkulastenie se dělí na tři typy. Kalkulastenie emocionální neboli také sekundární kalkulastenie, kdy dítě je citlivé na projevy např. pedagogů, spolužáků a rodičů. Při problémech v matematice dítě tak selhává ještě více. Kalkulastenie sociální neboli sekundární neurotická kalkulastenie, kdy jsou oslabeny matematické dovednosti a znalosti kvůli působení senzitivních nebo sociálních činitelů, které působí na dítě. Je to např. kvůli rodinnému zázemí, přílišným ambicím ze strany rodičů či pedagogů, nebo také kvůli špatné přípravě. Kalkulastenie didaktogenní neboli pseudokalkulastenie je takovou, kdy bývá problém ve výukovém stylu nebo v didaktických formách výuky v matematice, kdy dítěti dělá problém styl učení a neodpovídá to typu jeho osobnosti (Novák, 2004).

Hypokalkulie je poruchou základních početních dovedností, kdy příčinou bývá nerovnoměrná struktura schopností v matematice a mírné snížení úrovně dítěte do pásma podprůměru. Dítě má však intelektové předpoklady průměrné až nadprůměrné, také stimuly od rodiny a pedagogů jsou přiměřené, stejně tak školní příprava a výuka (Novák, 2004).

Vývojová dyskalkulie představuje specifickou vývojovou poruchu učení v matematice. Tato porucha se projevuje narušením dílčích předpokladů pro matematiku, i když má dítě intelekt v pásmu průměru či nadprůměru. Tato porucha zahrnuje problematiku v dovednosti počítání a nelze ji vysvětlit nevhodným způsobem vyučování, špatnou rodinnou stimulací či domácí přípravou nebo dokonce mentální retardací. U této poruchy má dítě velké problémy ovládat základní početní výkony (sčítání, odčítání, násobení a dělení) v porovnání s abstraktnějšími matematickými dovednostmi (Novák, 2004).

Dítě s oligokalkulií má oslabenou strukturu schopností v matematice. Problém u osvojování učiva matematiky spočívá ve snížené úrovni v intelektu. Sociokulturní zázemí a odpovídající pedagogické vedení u dítěte je zachované. Tato porucha je uváděna kvůli úplnosti pohledu a klasifikaci poruch, které narušují matematické schopnosti u dětí (Novák, 2004).

Alkalkulie představuje výrazně narušenou a sníženou schopnost při počítání a dítě nezvládá ani nejjednodušší operace v matematice, nechápe ani matematické pojmy a vztahy, i když s tím dříve problémy nemělo. Alkalkulii mohlo zavinit u dítěte prožité trauma či mozková léze (Novák, 2004).

2.2.2 Klasifikace poruch matematických schopností dle Blažkové

Autorka se přiklání k teorii, že pokud dítě od začátku nepochopí jádro matematického pojmu, netuší, jak by mohlo dále postupovat a z jakého důvodu tak má postupovat, dochází k diagnostikování tzv. poruchy matematických schopností. Napravovat poruchy matematických schopností ale nemá smysl, pokud se tato „porucha“ vyskytuje pouze proto, že dítě nepochopilo podstatu věci (Blažková, 2009).

Ve své klasifikaci podle matematického obsahu se autorka zaměřuje na oblasti učiva, ve kterých se jeví problémy žáků. Předpokládá, že aby dítě pochopilo a zvládlo jednu oblast, musí pochopit a zvládnout oblasti předchozí (Blažková, 2009).

Blažková (2009) dělí poruchy podle vytváření pojmu čísla (nejprve čísla přirozená, poté čísla desetinná, zlomky, racionální čísla, obecně čísla reálná), čtení a psaní čísel (numerace, uspořádávat čísla, porovnávat čísla, zaokrouhlování čísel přirozených a desetinných), schopnosti operace s čísly (operace se provádí nejdříve s čísly přirozenými, poté se provádí operace s čísly v dalších číselných oborech), slovních úloh (přepisování slovních úloh do matematicko-symbolického jazyka, patří sem také řešení slovních úloh a její interpretace v realitě), geometrické a prostorové představivosti (zabývá se pochopením rozmístěním a vztahů předmětů v prostoru a také jejich znázornění v rovině), početní geometrie (zaobírá se uvědomováním si velikosti útvarů, výpočtů, odhadů a dále pochopením a užitím vzorců), jednotek měr (pochopení každé jednotky a její převod) (Blažková, 2009).

2.3 Vývojová dyskalkulie

Problémy s kalkulací vedou ke značným nevýhodám v akademických a profesních činnostech. Vývojová dyskalkulie popisuje těžké výpočetní obtíže i přes průměrné intelektuální schopnosti a dobrou školní docházku. Nicméně zhoršené zpracování čísel (tj. numerozity) by mělo být považováno za klíčový kognitivní deficit vývojové dyskalkulie (Kaufmann et al., 2009).

Vývojová dyskalkulie je charakterizována tím, že působí obtíže v představě a ovládnutí v numerických informací nonverbálně a vizuálně-prostorově, při učení a zapamatování aritmetických faktů a při provádění aritmetických postupů. U těchto dětí má

prevalenci vývojová dyskalkulie 3–6 % ve školním věku, což je srovnatelné s dyslexií a vysokou mírou komorbidit, jako je ADHD (Rotzer et al., 2009).

2.3.1 Typy vývojové dyskalkulie

Praktognostická dyskalkulie je poruchou, jež ovlivňuje matematické manipulace s konkrétními předměty či nakreslenými symboly. Do matematické manipulace spadá např. tvoření skupin nebo tvoření řad předmětů, porovnávání počtu předmětu. Dítě nechápe pojem čísla. V okruhu geometrie dítě nedokáže seřadit předměty např. podle velikosti a také nedokáže diferencovat geometrické figury. Projevuje se porucha, která ovlivňuje prostorový faktor schopností v matematice, dítě kvůli tomu selhává např. v obkreslování figur, při kreslení a psaní, pokud se jedná o rozmístění figur v prostoru (Zelinková, 1994).

Při verbální dyskalkulii má dítě problémy označovat množství a počet předmětů, dále má problémy při operačních znacích a matematických úkonech. Dítě s tímto typem dyskalkulie má problémy zvládnout vyjmenovat řady číslovek od nejnižší k nejvyšší nebo naopak. Dítě má také problémy se jmenováním řad sudých nebo lichých čísel. Dále mu dělá potíže správně pochopit a představit si číslo, které bylo vyřčené nebo může mít také problém se slovním označením počtu předmětů, které se dítěti ukazují (Zelinková, 1994).

Lexická dyskalkulie znamená, že dítě nedokáže číst matematické symboly (číslíce, čísla, operační symboly). Když má dítě diagnostikovanou nejtěžší formu lexické dyskalkulie, není vůbec schopné přečíst jakékoliv izolované číslice či operační znaky. Pokud má pouze lehkou formu lexické dyskalkulie, nedokáže přečíst vícemístné číslo, které má nuly uprostřed. Také se dítěti mohou plést podobná čísla, jako např. 3 a 8, 6 a 9 nebo také římská čísla IV. a VI., dále může zaměňovat čísla jako jsou např. 12 a 21, nemusí přečíst číslo 238 dohromady, ale odděleně po jednotlivých číslech. Tyto problémy mohou souviset s poruchou zrakové percepce či poruchou orientace v prostoru (Zelinková, 1994).

Forma grafické dyskalkulie vede k tomu, že dítě je nezpůsobivé psát matematické znaky (tato porucha nesouvisí s poruchou motoriky). Jedinec není schopný napsat číslice při diktátu nebo při přepisu. Pokud má diagnostikovanou lehčí formu grafické dyskalkulie, může mít problémy pouze s psaním vícemístných čísel, např. zapomíná psát nuly, čísla píše v opačném pořadí nebo píše nepřiměřeně velké číslice (písemný projev bývá neúhledný). Dítě musí psát čísla pod sebe, není schopné umisťovat jednotky pod jednotky, desítky pod desítky atd. V oblasti geometrie se projevují problémy při rýsování jednoduchých obrazců. Porušena většinou bývá prostorová a pravolevá orientace (Zelinková, 1994).

Operační dyskalkulie se projevuje narušením schopností provádět matematické operace (sčítání, odčítání, násobení a dělení). Opakovaně dítě zaměňuje matematickou

operaci, např. zamění sčítání a odčítání nebo zamění při počítání delších řad čísel desítky a jednotky. Dítě má problémy si dostatečně osvojit násobilku a pomáhá si sčítáním čísel nebo počítáním na prstech. Tento typ dyskalkulie se vztahuje spíše k dětem z vyšších ročníků, u kterých se předpokládá, že matematické operace mají dostatečně zafixované. Jedinci mají problémy s počítáním z paměti, i když je příklad lehký. Také se u nich objevují potíže při řešení kombinovaných úloh, kdy dotyčný potřebuje udržet v paměti jednotlivé výsledky (Zelinková, 1994).

Ideognostická dyskalkulie je poruchou, při které mají děti problémy v oblasti pojmové činnosti (porucha gnostická). Jedná se především o chápání matematických pojmů a vztahů mezi nimi. Pokud má dítě diagnostikovanou nejtěžší formu ideognostické dyskalkulie, není schopné počítat z hlavy po jedné od daného čísla. Pokud má dítě diagnostikovanou nejlehčí formu ideognostické dyskalkulie, není schopné chápat vztahy v matematických řadách, kde má pochopit princip matematické řady a poté v ní má pokračovat (např. 5, 10, 15...). Jedinec nedokáže pochopit číslo jako pojem, např. dítě umí přečíst a napsat číslo 9, ale už si neuvědomí, že číslo 9 je to samé jako 10-1 nebo 3x3, polovina z 18. Nejvíce se tato porucha projevuje při řešení slovních úloh, kdy je problémem převést z praxe úkol, který se má uspořádat v číslech a dále ho vyřešit (Zelinková, 1994).

2.4 Deficity u kognitivní funkce

Kognitivní funkce obsahují poznávací procesy a operace, jež jsou pokládány za jedny z důležitých při výuce matematiky. Jedná se např. o myšlení, koncentraci pozornosti a paměť. Prostřednictvím kognitivních funkcí se odehrává interakce jedince s okolním světem, jedná se o prostředek, který pracuje s informacemi (příjem, uchování, zpracování), patří proto k zásadním psychickým procesům. Při řešení matematického problému nebo úkolu je potřeba plné koncentrace a neúspěšnost dítěte může být i kvůli špatnému soustředění (Pavličková, 2018).

K deficitům u kognitivní funkce řadíme pozornost, kdy se dítě soustředí pouze po krátkou dobu a úkol nedokončí. Dítěti může trvat dlouho, než se začne soustředit, ale úkol zvládne dokončit. Dále sem patří paměť a problémy s krátkodobou pamětí, kvůli kterým si dítě může špatně zapamatovat diktovaná čísla a příklady, provádět mezisoučty a ukládat je do paměti. Při oslabení pracovní paměti má dítě problémy s udržením více poznatků najednou a díky tomu je nezpůsobivé aplikovat vědomosti z více oblastí. Obtíže s dlouhodobou pamětí souvisí s naučenými vědomostmi, které nejsou opakované a dítě si je proto nevybavuje – musí začít s učením znovu. Jde o poruchy při operaci osvojování

paměťových spojů. Také sem řadíme myšlení neboli oslabení logického a abstraktního myšlení. Další je řeč, kdy dítě není schopné formulovat vlastní myšlenky v matematice, také předčíselné a číselné představy. Problémy s předčíselnými a číselnými představami negativně ovlivňují spojení čísla s počtem prvků a nepochopení pojmu přirozené číslo. Patří sem problémy při porozumění vztahů v matematice, např. zákonitosti v číselných řadách. Dítě má obtíže vyjmenovat číselnou řadu a také se neorientuje v tom, co znamená pojem menší, větší a převážně má problémy v přechodu přes základ deset. Dále se vyskytují obtíže s poruchami časové orientace, kdy dítě má problémy pochopit jednotky času a jejich převody (Pavličková, 2018).

3 NESYMBOLICKÁ MATEMATIKA

3.1 Numerozita

Lidské chápání čísel je zakořeněné ve vrozené schopnosti přemýšlení o numerozitě (Piazza et al., 2006). Také lidská schopnost rozlišovat mezi podněty je evoluční vlastností identifikovanou u lidí od časných vývojových stádií. Tento zjevný vrozený smysl pro číslo se podílí na vývoji komplexních matematických schopností (Tsouli et al., 2018). Numerozita je abstraktní vlastností množiny (jedná se tedy o nesymbolickou matematiku), je také nezávislá na sensorických attributech, jejích členech a na fyzikálních parametrech množiny jako je tvar, jas, hustota, trvání nebo frekvence, i když se často s těmito parametry liší. Navzdory abstrakci není schopnost provádět přibližnou judgementovou numerozitu (odhad) závislá na učení nesymbolického systému, protože se spontánně objevuje u kojenců v prelingvistickém období a je pozorovatelná i u nehumánních druhů (Piazza et al., 2006). V současné době se však diskutuje o tom, zda je numerozita primární senzitivitou zpracovanou specializovanými neurálními mechanismy, nebo zda je součástí jednotného systému veličin, který podporuje všechny druhy kvantitativních informací (Tsouli et al., 2018).

Modely kognitivních procesů zapojených do komparativního odhadu numerozity jsou inspirovány teorií skalárního časování, která byla poprvé navržena pro odhad času. Tyto modely předpokládají existenci interního numerozitního akumulárního systému, který transformuje objekty a/nebo události na „abstraktní“ položky, které mají být akumulovány, bez ohledu na modalitu (vizuální, sluchové, motorové), režim (simultánní nebo sekvenční) a fyzikální charakteristiky (tvar, pozice v prostoru, trvání atd.) (Piazza et al., 2006).

3.2 Aproximální numerický systém

Aproximální numerický systém (dále už pouze ANS) je vymežován jako hrubá mentální reprezentace čísla nebo také jako systém hrubého matematického odhadu a hrubého výpočtu. ANS je kognitivním systémem, jenž není závislý na jazyku či symbolické matematice jeho silná stránka je v rychlosti odhadu, který probíhá v rámci desetiny vteřiny. Dospělý člověk je díky tomuto systému relativně vysoce přesný (Plassová et al., 2017).

Podněty v matematice mohou být buď nesymbolické (např. sada teček nebo čtverců), nebo symbolické (např. arabské číslice nebo napsaná slovní čísla). Typicky se ANS považuje za nejbezprostřednější měření pomocí nesymbolického porovnání čísel, protože porovnávání číselných veličin, které reprezentuje symbolický formát, vyžaduje další krok mapování mezi symboly a veličinami, jež reprezentují (Price et al., 2012).

ANS má dvě hlavní složky. Jedna je zaměřená na aktivitu ANS při pozorování množin o více než čtyřech prvcích. Tato složka neboli aproximativní aritmetika může být nejlépe zpozorována ve chvíli, kdy člověk odhaduje počet množiny, který musí obsahovat minimálně čtyři prvky. Pokud je prvků méně, v mozku se aktivují jiné korové oblasti. Tato složka ANS je velmi důležitá pro vývoj matematických operací, které jsou již složitější (sčítání, odčítání). Druhá složka je zaměřená na senzitivitu ANS vzhledem numerickému rozsahu. To znamená absolutní rozdíl mezi dvěma odlišnými množinami, jež značí např. reakční čas, který je kratší a přesnost je vyšší. Například pokud porovnávám, jestli je více 12 modrých teček a 3 žluté tečky, kdežto při porovnání 6 modrých a 3 žlutých teček je to spíše naopak. Je možné, že při zapojení ANS se přesnost odhadu a reakční čas řídí Weberovým-Fechnerovým zákonem, který podle této teorie tvrdí, že čím větší je početní rozdíl mezi modrými a žlutými tečkami, tím je rychlejší reakční čas a vyšší přesnost. Tato teorie však není plně ověřena (Plassová et al., 2017).

3.2.1 Neuroanatomie ANS

Obecně se předpokládá, že výpočet spočívá primárně na levé hemisféře. U lidí se standardní lateralizací mozku je často pozorována akalkulie po levo-hemisférických lézích, zatímco symetrické poškození pravé hemisféry nebrání zpracování čísel. Skutečnost, že pravo-hemisférické léze neovlivňují zpracování čísel, lze interpretovat jedním ze dvou způsobů. Buď pravo-hemisférické oblasti jednoduše nepřispívají ke zpracování čísel, nebo alternativně mohou některé procesy být redundantně reprezentovány v obou hemisférách (Cohen1 & Dehaene, 1996).

Je však prokázáno, že neuronové báze číselného smyslu, což demonstruje existenci buněk, vykazují preferenční odezvy na danou číselnou hodnotu (počet kódujících buněk) lokalizovaných jak ve fundu intraparietálního sulku, tak v laterálním prefrontálním kortexu mezi horním obloukem sulku a hlavním sulku. Zejména bylo prokázáno, že neurony v intraparietálním sulku (dále už pouze IPS) reagovaly a předávaly informace o numerozitě dříve než prefrontální neurony, což naznačuje, že informace o numerozitě jsou primárně extrahovány v zadní kůře a pouze postupně přenášeny do frontální kůry (Piazza et al., 2006).

Identifikace centra numerických reprezentací se nachází v oblasti intraparietální brázdy (dále už pouze IPS – intraparietální sulcus) ohraničené inferiorním a superiorním parietálním lobem. Struktura a neurální aktivita v této oblasti odráží interindividuální odlišnosti, které se týkají matematických dovedností. IPS je aktivováno, když lidé provádí jednoduché matematické operace, což znamená sčítání, odčítání a násobení. Dále je IPS aktivováno při nesymbolickém vyjádření čísla. Zajímavé je, že při ukázce numerického

symbolu se v mozku aktivuje pravá část parietálního kortexu, ale když je na ukázce objekt (např. shluk teček), aktivuje se oblast v okcipitálně-temporálním gyru (Plassová et al., 2017).

3.2.2 Numerický efekt vzdálenosti a numerický poměr

Číselné srovnání (symbolické i nesymbolické) produkuje klíčovou metriku ANS, tzv. numerický efekt vzdálenosti (NDE). NDE vykazuje jednotvárné zvýšení jak reakční doby, tak i chybovost, protože se zmenšuje numerická vzdálenost mezi podněty. Jednotlivci jsou tedy obvykle rychlejší a přesnější, když porovnávají číselnou velikost 5 vs 9 než srovnávání 8 vs 9. NDE je vysoce replikovatelným efektem, který je indexovaný pomocí rozdílu v reakční době a přesností odpovědí v porovnání s relativně malými nebo velkými vzdálenostmi, nebo alternativně pomocí výpočtu sklonu, který souvisí s reakční dobou a přesností na numerickou vzdálenost (Price et al., 2012).

Detekce výkonu spojené se snižující se numerickou vzdáleností mezi podněty mohou být také popsány jako poměr mezi dvěma čísly, které mají být porovnávány. „Numerický poměr“ (NRE) označuje monotónní zvýšení reakční doby a chybovosti, protože poměr (menší / větší) mezi oběma čísly vzrůstá. NRE a NDE mají vysokou korelaci, a proto mohou být zaměnitelné (Price et al., 2012).

Bylo zjištěno, že u jednotlivců korelují výsledky ve standardizovaných testech aritmetiky s hodnotami testů zaměřujících se na nesymbolickou úroveň porovnávání číselných veličin a NRE během symbolického porovnávání čísel, což naznačuje, že ANS hraje roli ve vývoji aritmetických dovedností. Z teoretického hlediska je důležité si uvědomit, že ačkoliv je NRE vysoce replikovatelným efektem, tato replikovatelnost nemusí nutně znamenat, že ve všech případech NRE odráží přímé měření ostrosti ANS bez vlivu dalších kognitivních funkcí. Dále bylo zjištěno, že děti s vývojovou dyskalkulií vykazují atypické NRE vzhledem k typicky se vyvíjejícím vrstevníkům (Price et al., 2012).

3.2.3 Vývoj ANS u dětí

Děti vykazují již v brzkém dětství numerické znalosti. Děti ve věku 6 měsíců byly testovány na numerickou schopnost v rozlišování 8 vs. 16 s použitím habituačního paradigmatu. Kojenci nejprve viděli opakované prezentace 8 nebo 16 teček. Pečlivé kontroly nečíselných dimenzí zajišťovaly, že kojenci reagovali pouze na numerozitu. Když se testovalo se střídajícími seskupením 8 a 16 teček, děti se dívaly déle u numericky nových testovacích polí bez ohledu na to, zda byly zvyklé na 8 nebo 16, což ukazuje, že úspěšně odpovídaly na číslo (Feigenson et al, 2004).

Další experimenty ukázaly důležité limity pro reprezentaci u dětí. Za první, numerická schopnost v rozlišování u dětí je nepřesná a podléhá limitu poměru: děti, kterým je 6 měsíců, úspěšně rozlišují 8 vs. 16 a 16 vs. 32 bodů, ale selhávají s 8 vs. 12 a 16 vs. 24 za stejných podmínek, jak je popsáno výše. Za druhé, numerická schopnost v rozlišování zvyšuje přesnost v porovnání s vývojem: šestiměsíční staré děti umí rozlišovat numerozitu s poměrem 1:2, ale nedokážou rozlišovat numerozitu 2:3, zatímco děti ve věku 10 měsíců už toto dokážou. Dospělí umí rozlišovat numerozitu s poměrem 7:8. Zatřetí, numerická schopnost v rozlišování selže, když jsou kojenci testováni s velmi malými číslicemi v úlohách řízených pro kontinuální (spojité) proměnné: kojenci nedokáží rozlišit seskupení 1 vs. 2, 2 vs. 4 a 2 vs. 3, přestože se liší stejnými poměry, u kterých kojenci uspějí s většími číslicemi (Feigenson et al, 2004).

Starší děti a dospělí sdílejí tento systém pro reprezentaci velkých přibližných číslic. Pokud se objeví pole teček nebo sekvence zvuku za podmínek zabraňujících počítání, dospělí diskriminují daná čísla, pokud jsou spojité proměnné kontrolované. Tato diskriminace podléhá poměrovému limitu a poměrový limit je identický pro pole z různých modalit. Podobně jako u kojenců i numerické reprezentace dospělých ukazují dva znaky: jsou závislé na poměru a jsou robustní napříč různými způsoby vstupu. Dospělí jsou rychlejší v určení, která ze dvou arabských číslic je větší, když jsou číslice malé či jsou vzdálenější od sebe. Tyto dva faktory se sbíhají do časové periody závislé na vizuálním nebo časovém uspořádání v symbolické podobě. Poměrová závislost v symbolickém numerickém srovnání byla také odhalena u dětí mladších 5 let, což naznačuje, že se děti rychle naučí mapovat symbolická čísla díky již existující reprezentaci v numerickém rozsahu. Dá se tedy říci, že kojenci, děti a dospělí mají společný systém pro kvantifikaci (Feigenson et al, 2004).

4 ELEKTROENCEFALOGRAFIE

4.1 Pozorování mozku

Díky rozvoji technik můžeme lépe porozumět, jak mozek funguje či přesněji monitorovat neurony v těle. Metody, které jsou zaměřené na elektrofyziologii zaznamenávají elektrickou aktivitu mozku, kdy dotýčný reaguje na vnější podněty. Elektrody se mohou umístit na libovolnou část lebky (záleží na senzorkém systému, jaká část má být testována). Počítač, na kterém jsou elektrody připojeny, data sám přímo vyhodnocuje. Dále se na počítači provádí analýza, kdy je pro pozorovatele důležitá doba prodlevy mezi stimulem a reakcí. Z dat, ze kterých je vyhotoven záznam o aktivitách v pozadí reakce, lze zjistit další poznatky (Encyclopedia Britannica, 2009).

4.2 Elektroencefalograf

Elektroencefalograf je přístrojem, který umožňuje zaznamenávat a interpretovat elektrické aktivity mozku. Neurony v mozku vytváří elektrické impulzy, jež jsou rytmicky kolísající podle pravidelných určitých vzorců. Německý vědec Hans Berger díky těmto poznatkům vynalezl v roce 1929 elektroencefalograf. Tento přístroj zaznamenává a měří mozkové vlny. Elektroencefalogram je záznamem, který je získán na výše uvedeném přístroji. Také se označuje jako EEG (Encyclopedia Britannica, 2009).

4.2.1 Historická perspektiva EEG

V roce 1875 Richard Caton publikoval první záznam spontánní elektrické aktivity mozku z kortexu u experimentálního zvířete. Amplituda těchto elektrických oscilací byla tak nízká (tj. v rozsahu mikrovoltů), že Catonův objev je o to významnější, protože se tyto experimenty prováděly 50 let před možností manipulace s vhodnými elektronickými zesilovači, které v té době nebyly dostupné (Bronzino, 2000).

Německý vědec Hans Berger po vystudování medicínského oboru v roce 1897 nastoupil na univerzitní psychiatrickou kliniku vedenou Ottem Binswangerem. Ve své brzké práci očekával objev fyziologického základu psychických jevů. Výsledky však nebyly uspokojivé, a kvůli tomu začal zkoumat elektrickou aktivitu v mozku. Studii nazval „Über das Elektrenkephalogramm des Menschen“, jež byla publikována v roce 1929. Tato studie byla první z 23 v tomto oboru. Popsal či se dotkl velkého počtu normálních a abnormálních jevů EEG, např. změny EEG spojené s pozorností a duševním úsilím, také změny v EEG spojené s poraněním mozku (Jacks & Miller, 2003).

V roce 1924 provedl první EEG nahrávky u lidí pomocí kovových proužků, které připevnil na skalpy svých subjektů místo elektrod a citlivý galvanometr použil jako

záznamový přístroj. Berger byl schopen měřit nepravidelné, relativně elektrické potenciály (tj. 50 až 100 uV) přicházející z mozku. Studium po sobě jdoucích pozic pohyblivého prvku na galvanometru, který byl zaznamenán, byl schopný pozorovat výsledné vzory kolísání mozkových vln v časovém rozmezí (Bronzino, 2000).

V letech 1924 až 1938 stanovil Berger základy mnoha současných aplikací elektroencefalografie. Jako první použil slovo elektroencefalogram při popisu mozkových potenciálů u lidí. Berger také poznamenal, že tyto mozkové vlny nebyly zcela náhodné, ale místo toho vykazovaly určité periodicity a zákonitosti. Například zpozoroval, že mozkové vlny byly pomalé během spánku (tj. vykazovaly synchronizovaný vzor vysoké amplitudy a nízké frekvence, <3 Hz), ale během probuzení byly rychlejší (tj. vykazovaly desynchronizovaný vzor s nízkou amplitudou a vyšší frekvencí, 15 až 25 Hz). Berger také dospěl k závěru, že tyto mozkové vlny by mohly být značně ovlivněny určitými patologickými okolnostmi poté, co zaznamenal výrazný nárůst amplitudy těchto mozkových vln zaznamenaných během křečových záchvatů (Bronzino, 2000).

Navzdory poznatkům, které tyto studie poskytly, nevzbudil Bergerův původní dokument, jenž byl publikovaný v roce 1929, velkou pozornost. Úsilí tohoto průkopníka bylo v podstatě do značné míry ignorováno, dokud podobné výzkumy neprovedli a neověřili britští vědci (Bronzino, 2000).

V roce 1934 Adrian a Matthews publikovali své klasické studie, kde ověřili Bergerovo zjištění. Poté byl koncept „lidských mozkových vln“ skutečně přijat a studie s EEG aktivitou byla podložena. Jedním z jejich primárních příspěvků byla identifikace určitých rytmů v EEG, např. pravidelná oscilace přibližně 10 až 12 Hz byla zaznamenaná z okcipitálních laloků mozkové kůry, které nazvali „alfa rytmem“. Bylo zjištěno, že zmizí, když subjekt vykazuje nějaký typ pozornosti či bdělosti nebo se zaměřuje na objekty ve vizuálním poli (Bronzino, 2000).

Fyziologický základ pro tyto výsledky, „vliv vzruchu“ (v anglickém jazyku „arousing influence“) vnějších podnětů na kortex, nebyl formulován až do roku 1949, kdy Moruzzi a Magoun prokázali existenci drah distribuovaných přes centrální retikulární jádro mozku kmene, které byly schopny vyvíjet difuzní aktivační účinek na kortex. Tento „retikulární aktivační systém“ se nazývá selektor reakce mozku, jenž upozorňuje kortex, aby se zaměřil na určité části příchozích informací a zároveň ignoroval ostatní (Bronzino, 2000).

4.2 Fungování EEG

Postup lze popsat tak, že se několik párů elektrod umístí na pokožku hlavy. Tyto elektrody v páru odesílají snímané signály do jednoho z mnoha kanálů, které přístroj zaznamenává. V rozdílu napětí mezi elektrodami jednoho páru spočívá přenášení signálu. Kolísání, jež je rytmické podle rozdílů napětí, se zaneše do spojnicového diagramu, kde se zobrazí v podobě křivky (Encyclopedia Britannica, 2009).

Elektroencefalograf umožňuje studovat, jakým způsobem mozek pracuje, a také umožňuje sledovat spojení mezi jednotlivými částmi, které se týkají centrální nervové soustavy. EEG dokáže zaznamenat pouze menší část elektrické aktivity, ale i přes to se elektroencefalograf osvědčil při diagnostice např. u vážných úrazů hlavy, mozkových nádorů, infekcí, epilepsie nebo také u degenerativních změn nervové soustavy (Encyclopedia Britannica, 2009).

Elektroencefalografie je proto jednou z hlavních a základních diagnostických metod v oboru psychiatrie a neurologie. Nejčastěji se pro snímání elektrické aktivity mozku používají povrchové elektrody. Množství záznamových kanálů odpovídá počtu snímacích elektrod a také i způsobu snímání. Obvyklé elektroencefalografy mívají nejméně 16 kanálů (Hrazdira & Mornstein, 2001).

Encefalografická měření využívají záznamový systém skládající se z elektrody s vodivými médii, zesilovače s filtry, A/D převodník, nahrávací zařízení. Elektrody snímají signál z povrchu hlavy, zesilovače přinášejí mikrovoltové signály do oblasti, kde mohou být přesně digitalizovány, převodník mění signály z analogové na digitální formu a osobní počítač (nebo jiné relevantní zařízení) ukládá a zobrazuje získaná data (Teplan, 2002).



Obrázek č. 1 – zařízení pro záznam EEG: zesilovací jednotka, EEG čepice, vodivá pasta, injekce a pomůcka pro dezinfekci (Teplan, 2002)

4.3 Elektrody

Teplan uvádí, že záznamové elektrody EEG a jejich správná funkce jsou rozhodující pro získání odpovídajících kvalitních dat pro interpretaci. Existuje mnoho typů elektrod, často s různými charakteristikami. V podstatě existují jednorázové elektrody (bez gelu a před gelované typy), znovu použitelné kotoučové elektrody (zlato, stříbro, nerez nebo cín), členky a uzávěry elektrod, elektrody na bázi fyziologického roztoku, jehlové elektrody (Teplan, 2002).

Běžně používané elektrody, které se dávají na pokožku hlavy, se skládají z Ag – AgCl disků o průměru 1 až 3 mm, s dlouhými ohebnými vodiči, které mohou být zasunuty do zesilovače. Jehlové elektrody se používají pro dlouhé nahrávky a jsou invazivně vloženy pod skalp. Prostor mezi elektrodou a kůží by měl být naplněn vodivými pastami, které pomáhají přilnout na pokožku (Teplan, 2002).

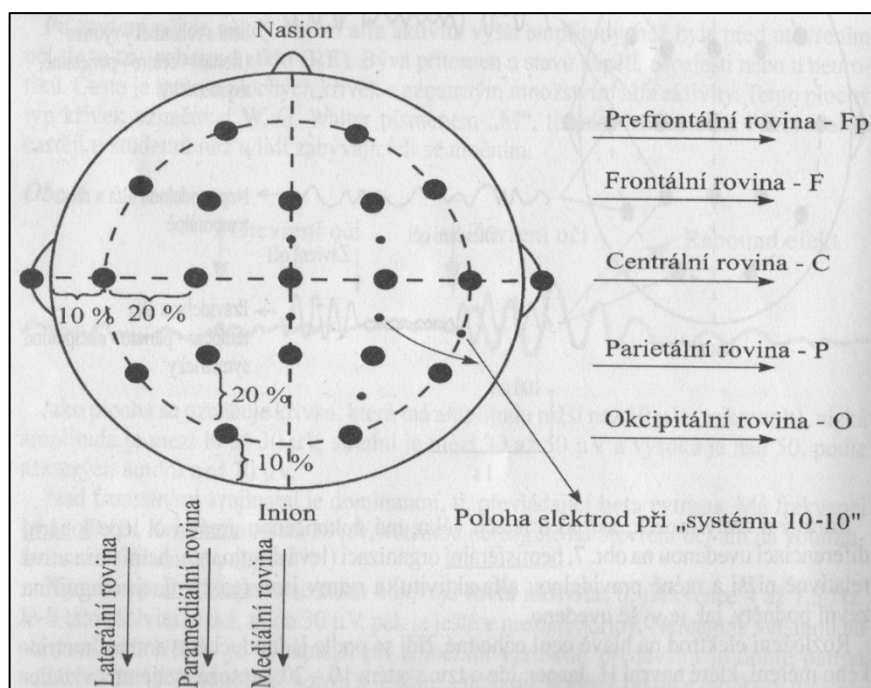
Umístění elektrod je označeno podle sousedních oblastí mozku: F (frontální), C (centrální), T (temporální), P (parietální) a O (okcipitální). Písmena jsou doplněna lichými čísly na levé straně hlavy a sudými čísly na pravé straně (Teplan, 2002).

4.3.1 Rozložení elektrod

V roce 1958 mezinárodní federace v elektroencefalografii a klinická neurofyzologie přijala standardizaci pro umístění elektrod, který se nazývá systém 10-20. Tento systém normalizoval umístění a označení elektrod na pokožce hlavy. Hlava je rozdělena do proporcionálních orientačních bodů (nasion, preauriculární body, inion), aby bylo zajištěno odpovídající pokrytí všech oblastí mozku (Teplan, 2002).

U systému 10-20 jsou elektrody vzájemně vzdálené v 10 % nebo ve 20 % v obou rovinách neboli jsou v rovnoběžné rovině mezi nasion (kořen nosu) a inion (týlní hrbol) a také v rovině frontální mezi vnějšími zvukovody. U tohoto systému se kladou elektrody v počtu 19. (Faber, 1997).

Více se však používá systém 10-10, protože se častěji používají mnohokanálové zesilovače. Elektrod se však klade více, a to až v počtu 64. Výzkumník musí být pečlivý, aby se elektrody vodivě nespojily, a tím pádem, aby nevytvořily elektrické můstky (Faber, 1997).

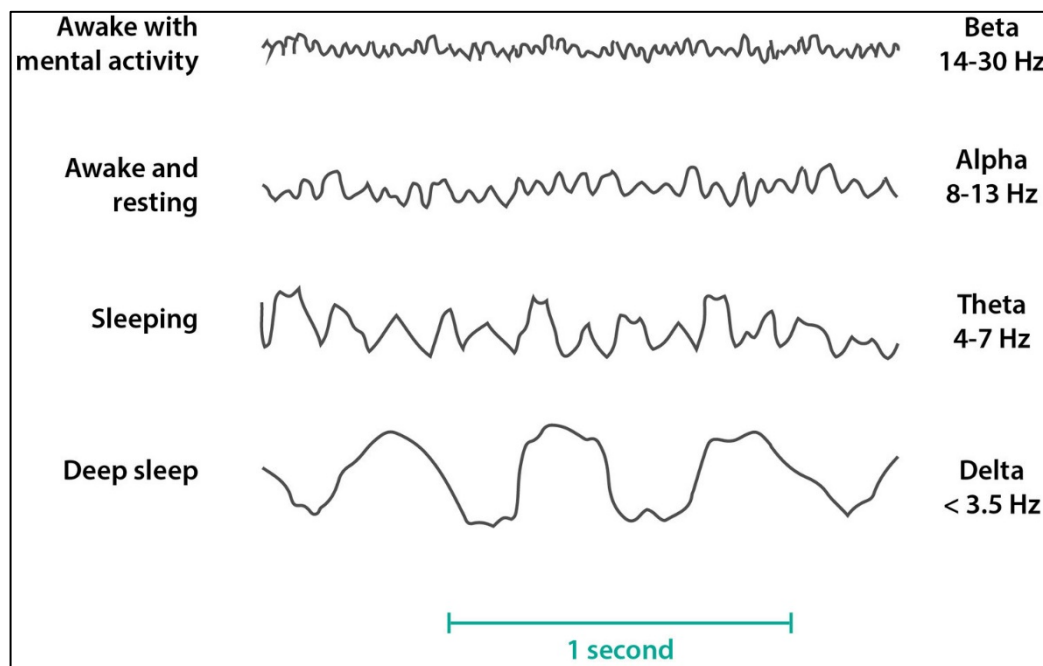


Obrázek č. 2 – rozložení elektrod (Faber, 2001)

4.4 Elektrická aktivita mozku

V průběhu dětství a dospívání se vyvíjí elektrická aktivita mozku (Kulišťák, 2011). EEG křivku tvoří vlny, u kterých se hodnotí jejich frekvence (množství cyklů v jedné sekundě; měří se v Hz) a amplituda (měří se v uV; srovnává se s kalibrací přístroje). Nejdůležitější jsou čtyři pásma. Aktivita alfa, beta, theta a delta (Tyrliková et al., 2003).

Alfa aktivita, jež má frekvenci 8-13 Hz a amplitudu 40-80 uV se obvykle objevuje u dospělého člověka při relaxovaném bdění. Beta aktivita má frekvenci 14-30 Hz a amplitudu 20-40 uV (Tyrliková et al., 2003; Kulišťák, 2011). Vyskytuje se především při činnosti (Kulišťák 2011). Theta aktivita s frekvencí 4-7 Hz se objevuje u zdravého dospělého člověka pouze při povrchových spánkových stádiích. Pokud se theta aktivita objeví u dospělého člověka při bdělém stavu, značí to nemoc. Delta aktivita, jež má frekvenci nižší jak 4 Hz, se u dospělého člověka vyskytuje jen při hlubokých spánkových stádiích, při bdělém stavu se tento nálezn označuje za patologický (Tyrliková et al., 2003).



Obrázek č. 3 – elektrická aktivita mozku (dostupné z:
https://raphaelvallat.com/images/tutorials/bandpower/brain_waves.png)

4.5 Artefakty

Za artefakt může být označen každý EEG obraz, u kterého není možné říci, že by byl záznamem elektrické činnosti mozku. Z širšího hlediska se za artefakt považuje zkreslení vzorců EEG z extracerebrálních příčin. Artefakty dělíme dle výskytu z pacienta, z EEG zařízení nebo z interference se zdroji elektrické energie (Vojtěch, 2005).

Artefakty z pacienta se dále dělí na artefakty oční (mrkání očí, zavírání očí, otevření očí, horizontální a vertikální pohyby očí), svalové (tyto artefakty jsou složeny z očního a svalového artefaktu), pohybové (usilovné hluboké dýchání, pohyby rukou), ze srdeční činnosti (pravidelný srdeční rytmus), pulzové (pravidelnost je shodná se srdečním rytmem), potní, dentální (osoby, které mají zubní výplně z rozdílných kovů), z pohybů jazyka a ostatních orofaryngeálních struktur (při asymetrické poloze jazyka, často spojené se svalovými artefakty) a složené artefakty (při žvýkání, mluvení, třesu, polykání a kašli) (Vojtěch, 2005).

Artefakty z EEG přístroje, které vznikají chybnou činností zařízení EEG, dělíme na artefakty elektrodové (při kontaminaci referenčních elektrod může být artefakt ve všech elektrodách), z headboxu a vznikající chybnou funkcí EEG přístroje (pokud zapojíme do zdírek chybně elektrody; výrazně se liší od EEG aktivity) (Vojtěch, 2005).

Interferenční artefakty se dělí na artefakty, které jsou od střídavého elektrického proudu, a na artefakty, které mají jinou frekvenci a morfologii (zvonění telefonu, zapnutí a vypnutí světla) (Vojtěch, 2005).

4.6 Evokované potenciály

Evokovaný potenciál je bioelektrickým zpracováním a reakcí mozku na zevnější stimulus, který je senzorycky zaměřený. Evokované potenciály (dále už pouze EP) se dělí podle toho, jaké senzorycké podněty je vyvolají. Jsou vizuální EP (zrakové, VEP), brainstem auditory EP (sluchové, BAEP), somatosenzorycké EP (senzitivní, SSEP) a motorické EP (MPE) (Tyrlíková et al., 2003).

Vedle těchto EP se převážně v neuropsychologii používají kognitivní evokované potenciály, které měří tzv. pozdní negativní či pozitivní variace (vlny např. P300, P600, N400), které znázorňují jevy, jež jsou složitější, jako jsou např. kognitivní funkce neboli pozornost, poznávání a řeč (Kulišťák 2011).

V neurologii se EP používají už od 70. let 20. století. Dále se EP využívají v neuropsychologii při diagnostice onemocnění demencí a v oblastech výzkumu (Tyrlíková et al., 2003).

EP se zakládají na monitorování reakcí dílčích typů stimulace a dalším zpracování počítačem (Seidl, 2008). Snímají se obdobně jako u EEG, a to pomocí elektrod, jež jsou pokládány na skalp či na páteř. Jsou používány při diagnostice demyelinizačního onemocnění, nádoru mozku, či amyotrofické laterální sklerózy. Diagnostika se díky EP časově zkrátí a zpřesní, což převážně vede k brzké terapii, která díky tomu může být účinnější (Tyrlíková et al., 2003).

4.7 Kognitivní evokované potenciály

Kognitivní evokované potenciály (v angličtině Event-related potencial, dále už pouze ERP) označují takové potenciály, které jsou vázány na událost (Bareš, 2011). ERP neurofyzilogicky zobrazují mozek, když např. dobrovolník zpracovává kognitivní úlohy. Zařazují se také do tzv. pomalých potenciálů (Slavíčková, Brunovský & Mohr, 2010). ERP se považují za odraz aktivity komplexních neuronálních sítí, které odpovídají za odhalování nových impulsů a také jsou odpovědné za rozlišování chování u osob (Bareš, 2011). ERP lze podnítit vizuálně, auditivně, či kombinovaně a výjimečně i somatosenzoryckými podněty (Slavíčková et al., 2010).

4.8 Vlna P300

Komponenta ERP, která je nejčastěji vyšetřovaná a také nejlépe prostudovaná, je vlnou, která se nazývá P300 nebo také P3. Tuto vlnu poprvé popsali po auditivní stimulaci Desmedt a Sutton et al. v roce 1965 (Bareš, 2011). Týká se potenciálového souboru negativních a pozitivních vln, kde převládá latence od okamžiku stimulace přibližně o 300 ms. Vlna P300 je také označována jako neurofyzilogický korelát, který ukončuje proces činnosti (Slavičková et al., 2010). Dále znázorňuje oblasti v neokortexu a v limbickém systému aktivaci, která závisí na míře pozornosti (volní a mimovolní), která je zaměřená na podněty (Bareš, 2011).

4.8.1 Vlna P300 při auditivní stimulaci

Vlna P300 je nejvíce užívaná při auditivní stimulaci. Existují různá paradigmat, díky kterým je možné registrovat vlny P300. Vyskytují se 3 nejčastější paradigmat. První paradigma se nazývá „odd ball“, zde jde o rozlišování dvou druhů tónů, kdy jeden tón, nazývaný maskovací, je ve stimulačním schématu častý. Druhý tón, nazývaný terčový, se ve stimulačním schématu vyskytuje velmi vzácně. Tyto tóny se vyskytují v náhodném pořadí, převážně v poměru 4:1. Úkolem subjektu je rozpoznat terčové stimuly a pro sebe je sčítat. Druhé paradigma se nazývá „go – no go“, kdy dotyčný po vyhledání konečného podnětu provádí domluvený úkon, může např. stisknout tlačítko. Třetí paradigma se nazývá mismatch, které se skládá z čítání a motorické reakce na ojedinělý stimul (Slavičková et al., 2010).

4.8.2 Vlna P300 při vizuální stimulaci

Název P300 u vizuální stimulace je považován občas za nevhodný, jelikož latence u vizuální stimulace je prodloužena přes 300 ms díky zrakové dráze i u zdravých osob (Slavičková et al., 2010). Více se tedy používá název u vizuální stimulace P3 (Bareš, 2011). Obvykle se u vizuální stimulace používá paradigma „odd ball“. To probíhá tak, že na středu monitoru jsou ukazovány v náhodném pořadí dva jednoduché odlišné podněty (např. geometrické tvary, číslice, odlišné barvy či písmena), každý z nich se ukáže na monitoru po dobu 200 ms. Jeden podnět, nazývaný frekventní podnět, se zobrazuje často a druhý podnět, nazývaný terčový podnět, se zobrazuje ojediněle v poměru 5:1. Dotyčný má za úkol spočítat terčové podněty či vykonat domluvený úkon (Slavičková et al., 2010).

4.9 Vlna N400 a P600

K dalším komponentám ERP patří vlna N400 a P600. Vlna N400 se řadí k negativním vlnám s latencí přibližně 400 ms. Vybavuje se při vizuální stimulaci, kdy se střídají slova,

kteřá jsou sémanticky správná, či nesprávná. V pozdějších studiích se ukázalo, že se vlna N400 objevuje také po auditivní stimulaci (Slavíčková et al., 2010).

Úlohy, jež jsou zaměřené na rozpoznání starých slov (tedy slova, která známe) či abstraktních obrazů, vyvolaly komplex, jenž sestává z negativy s latencí 400 ms (tedy N400) a následné positivity s vrcholem přibližně 600 ms (tedy P600). Pokud se však pouze předloží starší dobře pamatovaný podnět, zvyšuje se pouze vlna P600 (Slavíčková et al., 2010).

4.10 Mismatch negativity

Mezi další komponenty ERP se řadí mismatch negativity (dále už pouze MMN). Komponenta MMN se řadí mezi negativní komponenty a prezentuje proces automatické detekce změny. V roce 1978 bylo MMN poprvé popsáno Risto Näätänem pro auditivní stimuly (Slavíčková et al., 2010).

MMN je složkou auditivního ERP, která může být vyvolána, i když dotyčný nemá v daný okamžik plnou pozornost. Obvykle je MMN generováno mozkiem, kdy mozek automaticky reaguje na jakoukoliv změnu při auditivní stimulaci. (Luck & Kapenman, 2011). Při evidování MMN se objevují obvyklé známé stimuly a mezi nimi se nepředvídatelně vyskytují odlišné „deviantní“ stimuly. Jde například o tón jiné intenzity, jinou frekvenci či odlišnou délku trvání. Po obvyklém stimulu nastane výchylka, která má pozitivní polaritu a po „deviantním“ stimulu při 200-400 ms je evidována výchylka, jež má negativní polaritu. Pokud se zvyšují rozdíly mezi obvyklými a „deviantními“ stimuly, zvyšuje se také MMN (Slavíčková et al., 2010).

II. EMPIRICKÁ ČÁST

1 METODOLOGIE VÝZKUMU

1.1 Výzkumné cíle

Tento výzkum má hned několik cílů, navazuje především na výzkum Mgr. Plassové, jež se zabývá aritmetickými funkcemi a jejich neurálními koreláty. Výzkum bude tedy využit do širší studie, což je jedním z cílů této práce. Dalším cílem je rozšířit znalosti o ANS (Plassová, 2019).

Primárním úkolem tohoto výzkumu je však pomocí EEG vytvořit deskripci kognitivních evokovaných potenciálů a sledovat kognitivní evokované potenciály v oblastech, kde se aktivita mozku při ANS ukázala v již předešlých výzkumech. V těchto předešlých výzkumech se ukázala aktivita mozku při ANS v levé části parietálního kortexu, také v okcipitálně-temporálního kortexu a v intraparietální oblasti.

1.2 Výzkumný problém

Výzkumný problém tohoto výzkumu zní: EEG analýza rozdílů dle numerické inteligence v kognitivních procesech u aproximálního numerického systému.

1.3 Výzkumné otázky

VO1: V jakých oblastech mozku je vyvíjena aktivita při kognitivní operaci jako je hrubý matematický odhad?

VO2: Jaké kognitivní evokované potenciály je možné sledovat při kognitivní operaci hrubého matematického odhadu?

1.4 Hypotézy

Hypotézy byly určeny na základě výzkumných otázek, jež jsou poznamenány výše. V hypotézách jsou zmíněny dvě skupiny, a to skupina G, která reprezentuje probandy, kteří dosáhli v IST (Strukturovaný Inteligenční Test) nadprůměrných výsledků, tedy probandy nadané v oblasti matematiky. Druhá skupina je označena jako N, jež reprezentuje probandy, kteří dosáhli v IST podprůměrných výsledků, tedy probandy nenadané v oblasti matematiky.

Ha1: Existuje signifikantní rozdíl mezi skupinou nadaných a nenadaných jedinců v rychlosti hrubého matematického odhadu.

Ha2: Jedinci z nadané skupiny zpracovávají podněty signifikantně rychleji než nenadaní jedinci.

Ha3: Existuje signifikantní rozdíl mezi skupinou nadaných a nenadaných jedinců v aktivitě parietálního laloku při zpracování hrubého matematického odhadu.

První hypotéza se zaměřuje na korelaci mezi matematickým odhadem (nesymbolická matematika) a aritmetickými operacemi (symbolická matematika). Druhá hypotéza se zaměřuje na rychlost zpracování podnětů. Poslední hypotéza se zaměřuje na výsledky z předešlých výzkumů.

1.5 Výzkumný soubor

Pro tento experiment byl výzkumný soubor vybrán nepravděpodobnostním záměrným kvótním výběrem s pomocí lavinového výběru. Probandi byli oslovováni prostřednictvím spolužáků a ti poté oslovovali své známé. Díky tomu bylo získáno plno kontaktů, což vedlo k možnosti domluvy s vybranými probandy o podrobnostech týkajících se výzkumu a jejich účasti na samotném experimentu.

Do kvót se stanovil věk (19-25), obor studia (psychologie) a laterálita (zaměření na pravoruké probandy). Výzkumný soubor se tedy skládal ze studentů psychologie na Jihočeské Univerzitě.

Výzkum se skládal ze dvou setkání, v prvním setkání probandi psali IST (v následující kapitole se toto téma podrobněji rozepisuje). Ve chvíli, kdy byli všichni probandi otestováni, byla vytvořena tabulka, kde se probandi rozdělují na tři skupiny. Na další setkání (měření na EEG) šli Ti, kteří měli podprůměrné (nenadaní) a nadprůměrné výsledky (nadaní).

Tabulka č. 1 – skupina N (podprůměrné výsledky), P (průměrné výsledky), G (nadprůměrné výsledky), zkratka Lat. (lateralita), Num. IQ (numerická inteligence)

Subjekt	Skupina	Pohlaví	Věk	Ročník	Lat.	Num. IQ
S01	N	Ž	22	3.	P	68
S02	N	Ž	20	1.	P	68
S03	N	Ž	21	3.	P	71
S04	N	M	25	1.	P	73
S05	N	M	23	3.	P	82
S06	N	Ž	22	3.	P	86
S07	P	Ž	23	3.	P	90
S08	P	Ž	22	1.	P	93
S09	P	Ž	20	1.	P	97
S10	G	Ž	19	1.	P	102
S11	G	Ž	19	1.	P	102
S12	G	Ž	22	2.	P	106
S13	G	Ž	23	2.	P	110
S14	G	M	20	1.	P	115
S15	G	M	19	1.	NEV	115
S16	G	Ž	22	3.	P	115

1.5.1 Experimentální skupina

Experimentální skupina se skládala ze studentů psychologie, kteří měli nadprůměrné výsledky v IST. Kvůli vysoké výzkumné mortalitě se zúčastnilo experimentu (EEG měření neboli druhého setkání) 5 probandů a z toho jeden záznam nebyl použit kvůli nedostatečné kvalitě signálu.

1.11.3 Kontrolní skupina

Kontrolní skupina se skládala ze studentů psychologie, kteří měli podprůměrné výsledky v IST. Jak je již výše zmiňováno, kvůli vysoké výzkumné mortalitě se zúčastnilo experimentu i v kontrolní skupině 5 probandů a taktéž nebyl jeden záznam použit kvůli nedostatečné kvalitě signálu.

Tabulka č. 2 – probandi, kteří se zúčastnili EEG měření; červeně označené subjekty nebyly ve výsledné studii použity

Subjekt	Skupina	Pohlaví	Věk	Ročník	Lat.	Num. IQ
S01	N	Ž	22	3.	P	68
S02	N	Ž	20	1.	P	68
S03	N	Ž	21	3.	P	71
S04	N	M	25	1.	P	73
S06	N	Ž	22	3.	P	86
S11	G	Ž	19	1.	P	102
S12	G	Ž	22	2.	P	106
S14	G	M	20	1.	P	115
S15	G	M	19	1.	NEV	115
S16	G	Ž	22	3.	P	115

2 TESTOVÁNÍ – PRVNÍ ČÁST VÝZKUMU

2.1 Test struktury inteligence (IST)

Výzkum se dělí na dvě části. V první části probíhá testování, které je zaměřené na inteligenci, přesněji na numerickou inteligenci. K tomuto testování bylo použité druhé vydání IQ testu s názvem Test struktury inteligence I-S-T 2000 R. Tento test je standardizován pro věkové rozpětí od adolescentů (13 let) po dospělé populaci. Tyto normy umožňují srovnání výsledků v jednotlivých subtestech pro vybrané skupiny populace. IST se běžně používá k psychodiagnostice struktury a poznávacích schopností v oblasti poradenské a školní psychologie, psychologie práce, organizace a řízení.

2.1.1 Popis IST

V tomto testu je inteligence chápána jako celková úroveň poměrně samostatných kognitivních schopností, jež jsou hierarchicky uspořádány podle stupně obecnosti (Amthauer et al., 2015).

Reliabilita pomocí metody split – half dosahuje hodnot 0,88-0,97. Je závislá na druhu škály, např. u usuzování lze naměřit nejsilnější reliabilitu, ale u figurální inteligence byla naměřena nejslabší reliabilita. Normy pro tento test na českou populaci byly stanoveny na základě vzorku skládajícího se z 746 osob ve věkovém rozmezí 13-58 let (Kříčková, 2015).

IST má několik variant zadání neboli formu A i B, základní modul, zkrácený modul a také rozšiřující modul. V tomto případě byl použit základní modul ve formě A. Jelikož se výzkum zaměřuje na matematiku, byly v základním modulu vybrány pouze matematické úlohy sloužící ke zjištění numerické inteligence.

Tento test má tři škály, kterými jsou verbální inteligence, numerická inteligence a figurální inteligence. Každá škála má tři subtesty. To znamená, že pod verbální inteligenci spadá doplňování do vět, analogie a zobecnování. Pod numerickou inteligenci spadají subtesty početní úlohy, číselné řady a početní znaménka. Škála numerické inteligence se zaměřuje na měření počtářských schopností a na dovednosti nalézt logické vztahy mezi čísly. Pod figurální škálu spadají subtesty výběr obrazců, úkoly s kostkami a úkoly s maticemi. Zkrácený modul obsahuje pouze tyto tři škály. Základní modul ještě doplňuje škála paměti, která testuje soustředění a aktivní zapamatování různých informací a opětovné vybavení informací v krátkém časovém intervalu. Rozšiřující modul obsahuje test znalostí

se zaměřením na verbální, numerické a figurální znalosti. Kombinace rozšiřujícího modulu a základního modulu měří fluidní a krystalickou inteligenci (Amthauer et al., 2015).

PROFIL VÝSLEDKŮ
Test struktury inteligence I-S-T 2000 R
 Rudolf Amthauer, Burkhard Brocke, Detlev Liepmann a André Beauducel

Jméno a příjmení: Pohlaví: muž žena Věk:
 Vzdělání: Datum: Forma: A B

Základní modul																										
Doplňování vět	Analogie	Zobecňování	Početní úlohy	Číselné řady	Početní znaménka	Výběr obrázků	Úlohy s kostkami	Úlohy s maticemi	Paměť slova	Paměť obrázce																
HS:	HS:	HS:	HS:	HS:	HS:	HS:	HS:	HS:	HS:	HS:																
Verbální inteligence			Numerická inteligence			Figurální inteligence			Paměť celkem																	
<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td>Σ</td><td>HS</td><td>PR</td><td>SS</td></tr></table>			Σ	HS	PR	SS	<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td>Σ</td><td>HS</td><td>PR</td><td>SS</td></tr></table>			Σ	HS	PR	SS	<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td>Σ</td><td>HS</td><td>PR</td><td>SS</td></tr></table>			Σ	HS	PR	SS	<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td>Σ</td><td>HS</td><td>PR</td><td>SS</td></tr></table>		Σ	HS	PR	SS
Σ	HS	PR	SS																							
Σ	HS	PR	SS																							
Σ	HS	PR	SS																							
Σ	HS	PR	SS																							
PR	SS									PR	SS															
100	145									100	145															
98	130									98	130															
84	115									84	115															
50	100									50	100															
16	85									16	85															
2	70									2	70															
0	55									0	55															
Celkový skóre (celková úroveň poznávacích schopností)																										
<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td>Σ</td><td>HS</td><td>PR</td><td>SS</td></tr></table>											Σ	HS	PR	SS												
Σ	HS	PR	SS																							

Objednací číslo: 102-9
© Testcentrum, Praha 2005

Obrázek č. 4 – profil výsledků (přední strana)

Rozšiřující modul																						
Znalosti																						
VZ			NZ			FZ																
<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td>Σ</td><td>HS</td><td>PR</td><td>SS</td></tr></table>			Σ	HS	PR	SS	<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td>Σ</td><td>HS</td><td>PR</td><td>SS</td></tr></table>			Σ	HS	PR	SS	<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td>Σ</td><td>HS</td><td>PR</td><td>SS</td></tr></table>			Σ	HS	PR	SS		
Σ	HS	PR	SS																			
Σ	HS	PR	SS																			
Σ	HS	PR	SS																			
PR	SS									PR	SS											
100	145									100	145											
98	130									98	130											
84	115									84	115											
50	100									50	100											
16	85									16	85											
2	70									2	70											
0	55									0	55											
Znalosti celkem																						
<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td>Σ</td><td>HS</td><td>PR</td><td>SS</td></tr></table>											Σ	HS	PR	SS								
Σ	HS	PR	SS																			
Krystalizovaná a fluidní inteligence																						
Krystalizovaná inteligence Znalosti/gc						Fluidní inteligence Usuzování/gf																
Standardní skóre						Standardní skóre																

Obrázek č. 5 – profil výsledků (zadní strana)

2.2 Postup testování

Co se týče přípravy, pak vždy před zahájením testu již probandi měli všechny podklady k testování (záznamový list, úlohy, informovaný souhlas a volný papír – na který si mohli psát své poznámky) připravené na stole. Pro vytvoření příjemné atmosféry byly s probandy nejprve vedeny krátké rozhovory.

Ještě než probandi začali psát test, dostali pokyn si přečíst a podepsat informovaný souhlas, kde byl výzkum popsán. Poté museli vyplnit osobní údaje v záznamovém listu. Po vyplnění osobních údajů jim bylo vysvětleno, do jakých úloh budou zaznamenávat své odpovědi v záznamovém listu. Jak je již výše zmíněno, probandi dělají pouze části IQ testu, které jsou zaměřené na matematiku (pouze tři úlohy).

Poté jim bylo popsáno, jak testování probíhá. Bylo jim ještě jednou vysvětleno, že budou psát tři úlohy, které se týkají matematiky. Každá úloha je na čas (na 10 minut), nejdříve jim bude vysvětlena jedna úloha, poté budou pracovat 10 minut a poté jim bude vysvětlená další úloha. Dále jim bylo řečeno, že mají volný papír na své poznámky a výpočty, ale aby do testu nepsali.

Další pokyny, které obdrželi, už se týkaly první úlohy. Vždy jim byly pokyny k dané úloze přečteny a pokud měli probandi nějaké otázky, byly jim samozřejmě zodpovězené. Avšak poté, co začali psát test, už jim žádné otázky zodpovězené nebyly (probandi na to byli předem upozorněni).

Nejprve byla probandům zadaná úloha s názvem Početní úlohy, poté Číselné řady, a nakonec Početní znaménka. Toto pořadí šlo přesně tak, jak tomu bylo v IST.

2.3 Vyhodnocování a výsledky

Nejdříve se sečetly hrubé skóry, které byly převedeny na standardní skóry a popřípadě i na percentily. Tabulky k vyhodnocování u IST jsou rozdělené podle věkových kategorií, např. tabulky norem 17-18, 19-24, nad 25. Pro výsledky byly tedy použity dvě tabulky. Tabulka norem pro věk 19-24 let, jež měla průměr 36,43 (99 IQ) a směrodatnou odchylku 11,43. Tabulka norem pro věk nad 25, jež měla průměr 40,04 (100 IQ) a směrodatnou odchylku 8,87 (Amthauer et al., 2015).

Poněvadž studenti psychologie nejsou celkově na matematiku zaměřeni, byl určen průměr a nadprůměr níže. Průměr byl určen 90-100 IQ a nadprůměr byl určen 101 IQ a výše. Otestováno bylo dohromady 16 probandů a probandi byli rozděleni na tři skupiny. V následující tabulce je vidět skóre z jednotlivých úloh, kde jsou vypsány hrubé skóry,

tedy sečtené správné odpovědi z každé úlohy. Každá úloha měla 20 cvičení a tím pádem 20 bodů. Pokud je tedy napsáno např. číslo 3 v jedné úloze, znamená to 3 body z 20 bodů.

Tabulka č. 3 – tabulka s výsledky (Početní úlohy, Číselné řady, Početní znaménka, numerická inteligence)

Subjekt	Skupina	Pohlaví	Věk	Ročník	P. Úlohy	Č. Řady	Znam.	Num. IQ
S01	N	Ž	22	3.	3	2	7	68
S02	N	Ž	20	1.	5	3	4	68
S03	N	Ž	21	3.	7	2	5	71
S04	N	M	25	1.	12	3	9	73
S05	N	M	23	3.	6	10	7	82
S06	N	Ž	22	3.	7	7	12	86
S07	P	Ž	23	3.	8	13	8	90
S08	P	Ž	22	1.	12	7	12	93
S09	P	Ž	20	1.	15	10	9	97
S10	G	Ž	19	1.	11	13	14	102
S11	G	Ž	19	1.	13	8	17	102
S12	G	Ž	22	2.	12	14	15	106
S13	G	Ž	23	2.	9	19	16	110
S14	G	M	20	1.	16	15	17	115
S15	G	M	19	1.	17	20	11	115
S16	G	Ž	22	3.	13	19	16	115

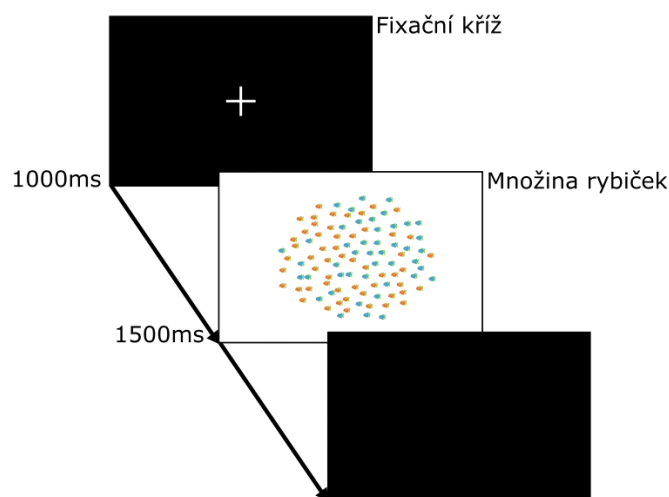
3 EXPERIMENT – DRUHÁ ČÁST VÝZKUMU

3.1 Design experimentu

Tento experiment je převzat a upraven z výzkumu Mgr. Plassové (2019), jelikož původní experiment byl navržen pro předškolní děti a byla potřeba ho upravit a navrhnout pro dospělé. Podstata experimentu je převzata z experimentálních úloh Parka a Brannonové (2014 in Plassová, 2019). V experimentech, které jsou na podobné bázi, bývá množina bílých a černých teček a proband má určit, která z těchto dvou množin je větší.

V tomto experimentu se místo dvou množin používá jedna množina, aby se zabránilo co nejvíce očním pohybům a signál byl tak čistší. Množina v experimentu má 100 podnětů v oranžové a modré barvě ve tvaru malé ryby. Když se probandovi zobrazí obraz, kde jsou ve shluku oranžové a modré rybičky, má vybrat, v jaké barvě je více rybiček a poté klikne na myš, která má barevně označená tlačítka (oranžová a modrá).

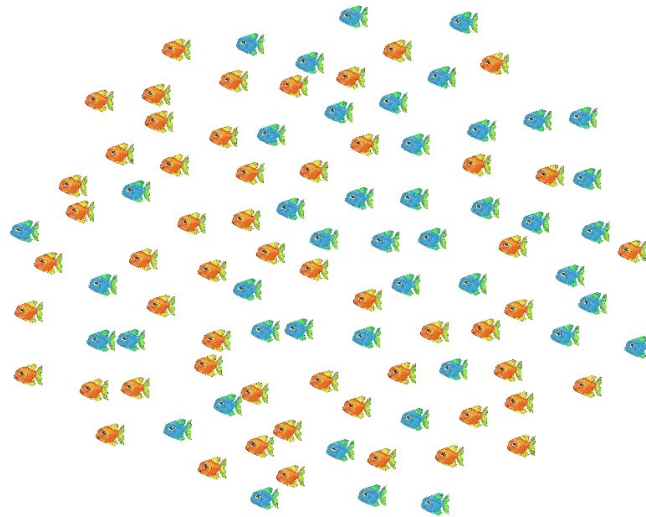
Experiment se spouští v programu OpenSesame 3. 2. 1, kde se začíná nejprve s nácvikovým cvičením, a po tomto zácvičku se přechází na samotnou experimentální úlohu. Jako první se vždy zobrazí černá obrazovka s bílým fixačním křížem uprostřed (pro lepší koncentraci před podnětem), toto trvá 1000ms, poté se zobrazí obraz s rybičkami po dobu 1500ms a poté se zobrazí černá obrazovka. Když se zobrazí černá obrazovka, jde o chvíli, kdy má proband odpovědět a zmáčknout tak tlačítko na myši. Tento postup se neustále střídá.



Obrázek č. 6 – postup experimentu (Plassová, 2019)

V experimentu jsou nastavené různé úrovně obtížnosti, a to pomocí logaritmu. Obtížnost je nastavená od úrovně 1.1 až po úroveň 2.4, kdy úroveň logaritmu 1.1 je nejtěžší a úroveň logaritmu 2.4 je nejlehčí. U nejtěžší úrovně se liší shluk rybiček pouze o dva

podněty, což znamená, že bude např. 49 modrých a 51 oranžových rybiček. Logaritmy jsou nastaveny zcela náhodně. Dále je experiment rozdělen na dvě poloviny, kdy po první polovině je pauza a proband si může odpočinout a např. se napít.



Obrázek 7 – experiment; logaritmus obtížnosti 1.20 (správná odpověď – oranžová) (Plassová, 2019)

3.2 Průběh experimentu

Všem probandům bylo před experimentem vysvětleno, co EEG měření obnáší. Všichni také den před měřením dostali pokyn, aby se dobře vyspali (minimálně 8 hodin spánku).

Před příchodem probanda do laboratoře se vždy místnost vyvětrala a připravil se ovocný džus a menší občerstvení. Proband byl po příchodu usazen na židli, aby se cítil pohodlně, a přešlo se na rozhovor, ve kterém se dozvěděl své výsledky z IST. Dále dostal k vyplnění měřicí protokol, po kterém se začalo s přípravou na měření. Nejprve byl probandovi změřen obvod hlavy kvůli velikosti EEG čepice. Poté si mohl proband na základě daných instrukcí nasadit na hlavu EEG čepici. Po tomto kroku se přešlo ke gelování, kdy bylo potřeba nagelovat a zapojit 64 elektrod. Ze začátku trvalo gelování jednoho probanda přibližně hodinu, ale ke konci se tato doba zkrátila přibližně na 25 minut. Poté, co byly nagelovány a zapojeny všechny elektrody, byl proband přesunut na druhou židli, která byla v kukani, kde se experiment odehrával.

Po zapojení elektrod do EEG přístroje proband dostal instrukce, aby se pohodlně usadil, nehýbal se, nezatínal zuby a nesahal si na obličej. Poté byl experiment spuštěn. Nejprve se objevily instrukce experimentu. Pokud měl proband otázky, byly mu zodpovězeny, a po kliknutí jakékoliv klávesnice se nejdříve spustila zácvková cvičení s deseti úkoly. Nahrávání aktivity mozku začalo až po zácvkových cvičení při samotné experimentální úloze. V polovině experimentu se udělala pauza, kdy si mohl proband chvíli odpočinout a byl mu nabídnut nápoj. Experiment trval přibližně 85 minut.

Po skončení bylo nahrávání ukončeno, z EEG přístroje se vypoily elektrody a proband byl přesunut z kukaně na jinou židli. Při sundávání elektrod bylo vždy probandovi nabídnuto menší občerstvení a po sundání EEG čepice mu byl poskytnut ručník na očištění gelu z vlasů. Dále se přešlo na rozhovor, kdy proband mohl říci své poznatky a pocity z experimentu a byly mu zodpovězeny všechny otázky, které proband měl.

3.3 Měřící přístroj

Pomocí přístroje EEG, který byl od firmy Biosemi, byla měřena a získána data. Na měření signálu bylo použito 64 neinvazivních elektrod (ve standardní pozici 10/20). Elektrody se vkládají do speciální čepice, ve které jsou otvory pro jednotlivé elektrody. Než se však elektrody do této čepice vloží, je zapotřebí dát do otvorů (pomocí tzv. „injekce“, která má tupý konec) vodivý gel. Díky tomuto gelu elektrody dobře přilnou na skalp a gel tak přispívá k lepšímu signálu. Elektrody se zapojí do EEG přístroje, který je napojený na baterii, a to vše je propojené s počítačem. Na počítači se nahrává a zaznamenává aktivita mozku.

Měření na EEG přístroji proběhlo v Neuropsychologické laboratoři Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

4 METODY ZPRACOVÁNÍ DAT

4.1 Behaviorální a EEG data

Z experimentu byly získány dva druhy dat. Jedná se o behaviorální data, tedy záznam odpovědí od probandů, tento typ dat je ve formátu CSV. Dalším druhem jsou data EEG, která obsahují záznam elektrické aktivity mozku probandů při zadaném úkolu. Na EEG měření bylo použito 64 elektrod. EEG data se tedy nahrávala na 64 kanálovém Biosemi EEG systému. Získaná data byla dlouhá průměrně kolem 85 minut a ukládala se ve formátu BDF. EEG data byla zpracována v programu MATLAB, do kterého se ještě musel nahrát toolbox eeglab.

Celkem bylo naměřeno 10 probandů, ale z toho dva museli být vyřazeni. Oba dva měli špatné EEG záznamy a velká část musela být ze záznamu vyřezána, tudíž signály nemohly být použity.

4.2 Zpracování datasetu

4.2.1 Preprocessing

Preprocessing neboli předzpracování znamená, že nejdříve musí být provedena úprava jednotlivých datasetů (naměřené EEG data) před tím, než se může začít s analýzou dat. Do preprocesingu spadá select data, manuální čištění dat, downsampling, channel locations, re-referencování, filtry, ICA, MARA a epochování.

4.2.2 Vyřazení elektrod

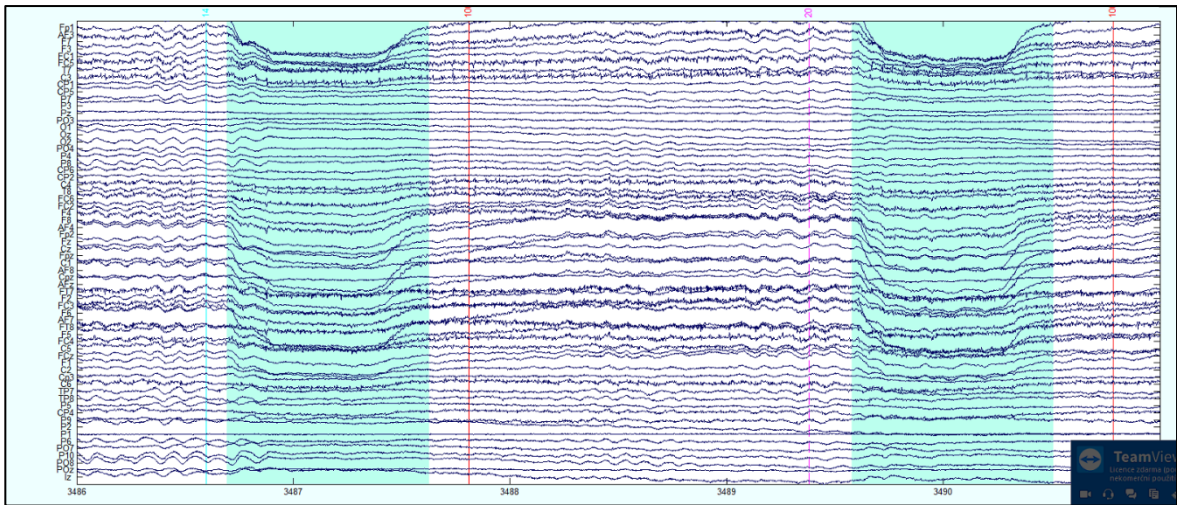
Data je třeba manuálně vyčistit, a aby mohla být manuálně vyčištěna, je potřeba se podívat na špatný záznam z jednotlivých elektrod. V prvním kroku bylo potřeba se zaměřit na elektrody u každého datasetu a vyřadit ze záznamu elektrody takové, které neměly kvalitní signál. Jsou dvě možnosti, první možností je automatické vyřazování elektrod, kde sám program doporučí, jaké elektrody by bylo třeba odstranit. Další možností je manuálně vyřadit elektrody, což u tohoto výzkumu bylo nejvhodnější variantou.

4.2.3 Manuální čištění

Po kroku vyřazování elektrod se přešlo k manuálnímu čištění, kdy se musel projít celý 85minutový záznam a vybíraly se po jednotlivých úsecích artefakty různého druhu (např. zatínání zubů). Na konci záznamu po označení všech artefaktů, které bylo nutné vymazat, se extrahovala data ze záznamu, a díky tomu se tak pročistila od artefaktů.

Byla stanovena maximální hranice, kdy manuální čištění nesmělo překročit více jak 25 % vyříznuté části. Také u vyřazování elektrod byla hranice, kdy se nesmělo vymazat více

jak 6 elektrod. Pokud byla potřeba z datasetu extrahovat větší část, dataset se nemohl použít, a to kvůli malému množství dat a mohl by tak např. zkreslit výsledky.



Obrázek 8 – manuální čištění v programu MATLAB

4.2.4 Downsampling

Dalším krokem byl downsampling, jenž redukuje vysokou vzorkovací frekvenci, a tím pádem také sníží celkový objem datasetu. Po naměření má dataset vzorkovací frekvenci 2048 Hz a měl kolem 800 Mb. U této hodnoty to znamená, že to snímalo 2084x mozkovou aktivitu za jednu vteřinu. Čím je hodnota vyšší, tím je vyšší i přesnost, avšak o to složitější je s tím práce. Díky kroku downsampling se tato vysoká frekvence 2084 Hz sníží na 256 Hz. Zredukovaly se tedy snímky na 256 za sekundu.

4.2.5 Channel locations

Dalším krokem je channel locations neboli umístění kanálů, kdy dataset obsahuje informace o místech na skalpu ze záznamových elektrod. Tento krok pomůže k vykreslení EEG map skalpu.

4.2.6 Re-referencování

Každá elektroda, jež snímá elektrickou aktivitu přes EEG přístroj, nesnímá signál samostatně, ale je závislá na napětí u ostatních elektrod. Ve svazku elektrod jsou dvě elektrody, které nesnímají žádnou aktivitu mozku, ale závisí na nich kvalita signálu. Tyto elektrody se nazývají referenční a označují se jako CMS a DRL.

Referencování tedy znamená získání konkrétních hodnot napětí u jednotlivé elektrody na základě nejbližších elektrod. Re-referencování znamená opětovné referencování, díky kterému jsou záznamy aktivity mozku daleko přesnější.

4.2.7 Filtrování

Na dataset je také potřeba použít filtrování, díky němuž se odstraní nežádoucí signál (neodpovídá mozkovým vlnám např. rušení ze sítě) a zbylé artefakty. V tomto kroku jsou u FIR filtru nastaveny parametry dolní a horní hranice a data se extrahují. U tohoto výzkumu je nejlepší nastavit parametr u dolní hranice 0,1 (odstraní se frekvence nižší než 0,1 Hz) a u horní hranice 120 (odstraní se frekvence vyšší než 120 Hz).

4.2.8 ICA a MARA

Mezi poslední kroky v preprocessingu se řadí ICA (Independent Component Analysis) a MARA (Multiple Artifact Rejection Algorithm). ICA ještě důkladněji pročišťuje signál, zaměřuje se např. na šum v signálu a jiné artefakty. MARA odstraňuje nezávislé komponenty po důkladném automatickém pročištění po ICA.

4.2.9 Epochování

Poté, co byla provedena MARA, je dataset připraven na vytváření epoch vedoucích k analýze dat. Epoque představuje určitou časovou část, která obsahuje reakci na stimul. Tato časová část neboli epocha byla nastavena na -0,5 vteřin, tedy ještě před tím, než nastal stimul a na 1 sekundu po zobrazení stimulu. Tímto se dataset připravil na poslední krok, a to vytvoření studie.

4.3 Studie

Díky připraveným epochám se mohla vytvořit výzkumná studie. To bylo posledním krokem v programu MATLAB. Nejdříve byly nahrány do studie všechny epochované datasey, které byly rozděleny do dvou skupin (G – vysoce nadprůměrný, N – podprůměrný). Studie jsou celkem 3 a jsou rozdělené podle úrovně obtížnosti. Z těchto studií byly poté vytvořené evokované potenciály, jež jsou dále interpretované pomocí předešlých výzkumů.

Edit STUDY set information - remember to save changes

STUDY set name:

STUDY set task name:

STUDY set notes:

	dataset filename	browse	subject	session	condition	group	Select by r.v.	
1	C:\Users\domkr\Desktop\Epo	...	01		1	N	Comp.: 1 ...	Clear
2	C:\Users\domkr\Desktop\Epo	...	01		1	N	Comp.: 1 ...	Clear
3	C:\Users\domkr\Desktop\Epo	...	01		1	N	Comp.: 1 ...	Clear
4	C:\Users\domkr\Desktop\Epo	...	01		1	N	Comp.: 1 ...	Clear
5	C:\Users\domkr\Desktop\Epo	...	02		1	N	Comp.: 1 ...	Clear
6	C:\Users\domkr\Desktop\Epo	...	02		1	N	Comp.: 1 ...	Clear
7	C:\Users\domkr\Desktop\Epo	...	02		1	N	Comp.: 1 ...	Clear
8	C:\Users\domkr\Desktop\Epo	...	02		1	N	Comp.: 1 ...	Clear
9	C:\Users\domkr\Desktop\Epo	...	03		1	N	Comp.: 1 ...	Clear
10	C:\Users\domkr\Desktop\Epo	...	03		1	N	Comp.: 1 ...	Clear

Important note: Removed datasets will not be saved before being deleted from EEGLAB memory

< Page 1 >

Dataset info (condition, group, ...) differs from study info. [set] = Overwrite dataset info for each dataset on disk.

Delete cluster information (to allow loading new datasets, set new components for clustering, etc.)

Help Cancel Ok

Obrázek č. 9 – nahrané epochy v programu MATLAB (nejtěžší obtížnost)

5 ANALÝZA A INTERPRETACE DAT

Jak už bylo výše uváděné, z experimentu byly získány dva druhy dat. Výsledná data proto budou jak z EEG dat, tak i z behaviorálních dat.

5.1 EEG data

Díky předešlým výzkumům zaměřeným na numerický odhad se předpokládá, že mozková aktivita se objeví na levé straně v parietální oblasti.

K vytvoření studií, jež se dále analyzují, byly použity epochy, které byly rozděleny na jednotlivé obtížnosti. Celkem jsou tedy tři studie, které jsou rozdělené na obtížnost lehkou, střední a těžkou. Analýza studií byla vytvořena v programu MATLAB ve statistice ERP analýza.

Nejprve jsou popsány topografické modely, kde lze vidět aktivitu mozku při experimentu. Dále je zobrazen skalp mozku, kde lze vidět signifikantní elektrody a z této analýzy jsou vybrány jednotlivé elektrody PO7, O1 a P5, u kterých jsou popsány signifikantní vlny.

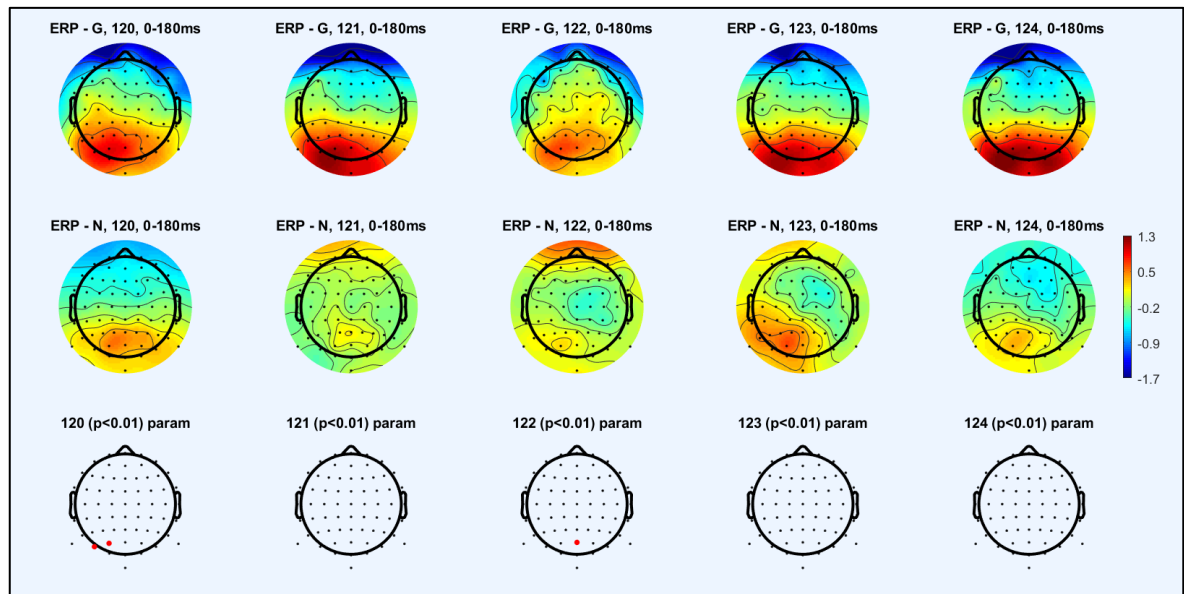
5.1.1 Topografické modely

Na vyobrazených obrázcích, které lze vidět níže, je zobrazena aktivita mozku pomocí topografických modelů ve 2D. Aktivita je zde vyobrazena v časových oblastech 0-180 ms a 0-1000 ms. V jednotlivých obrázcích je zobrazena jak skupina G, tak také skupina N. Na obrázcích č.10, 11, 12 lze pozorovat silnou aktivitu v časové oblasti 0-180 u skupiny G. Je tedy vidět, že hrubý matematický odhad nastupuje rychleji u skupiny G oproti skupině N, u které teprve začíná zpracovávání podnětu. Tímto se zamítá H_0 a přijímá se H_a .

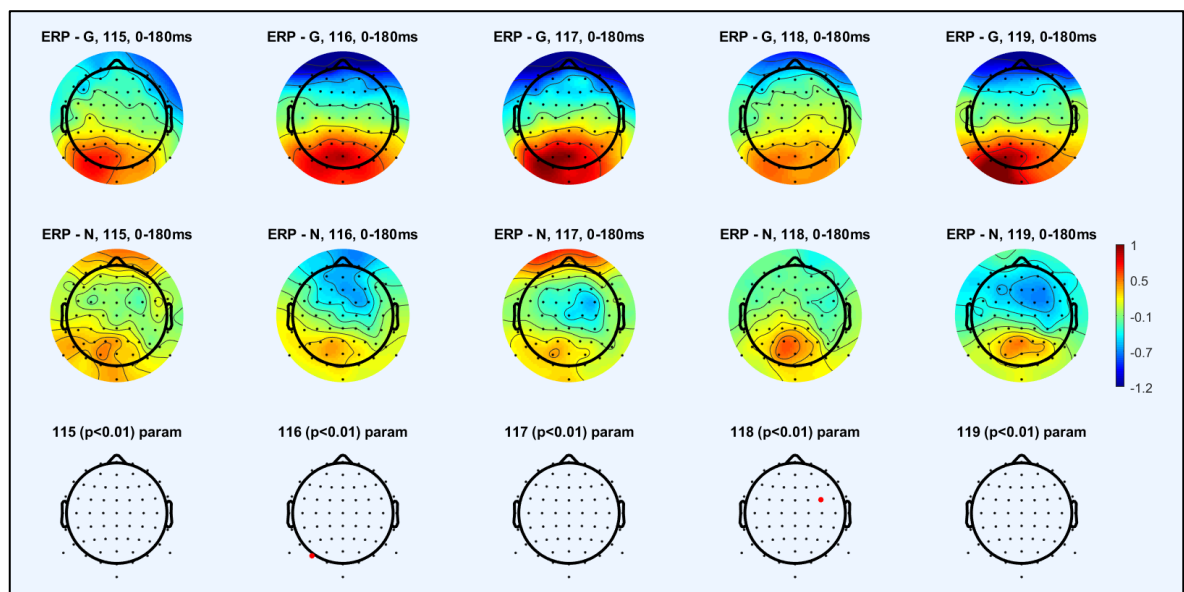
Na obrázcích č. 10, 11, 12 lze vidět studie, jež jsou rozdělené po úrovních (obtížnost: lehká, střední a těžká) na tři části, jak už bylo výše uvedeno. Jsou proto vyobrazeny všechny tři studie, kde je vidět každá úroveň v porovnání nejen se skupinou G a N. Dále se na obrázcích zobrazují signifikantní rozdíly na elektrodách. U úrovně 120 se zobrazují PO7 a O1 elektrody, u úrovně 122 se zobrazuje Oz elektroda a u úrovně 116 se zobrazuje PO7.

Na obrázcích č. 10, 11, 12 lze vidět topografické modely, kdy na jednotlivých obrázcích je zobrazena jedna celá studie v porovnání dvou skupin G a N. Dále je možné

vidět na obrázcích signifikantní rozdíly na elektrodách. U obtížnosti s názvem "lehká", se zobrazují PO7 a O1 elektrody. U obtížnosti s názvem "těžká" se zobrazuje PO7 elektroda.

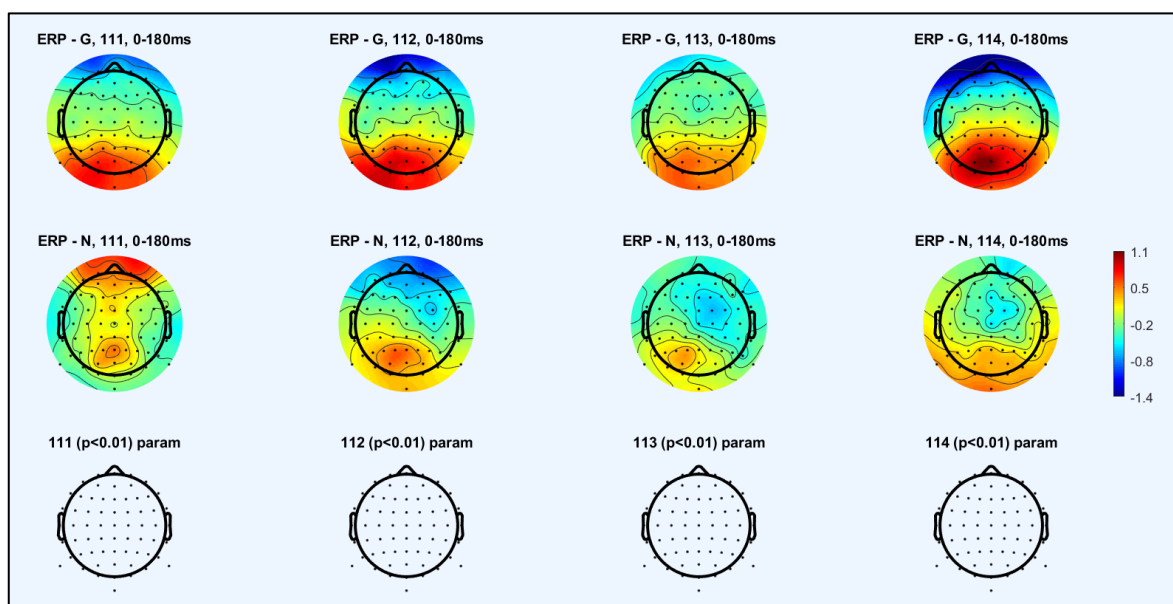


Obrázek č. 10 – topografické modely mozkové aktivity; časová oblast 0-180 ms; obtížnost: lehká

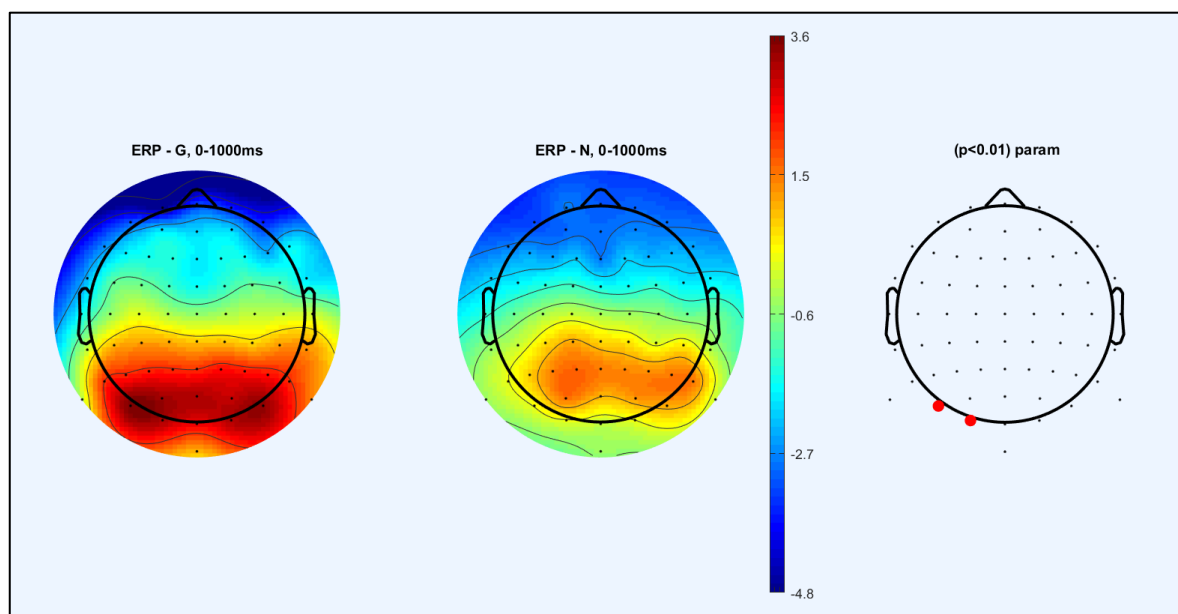


Obrázek č. 11 – topografické modely mozkové aktivity; časová oblast 0-180 ms; obtížnost: střední

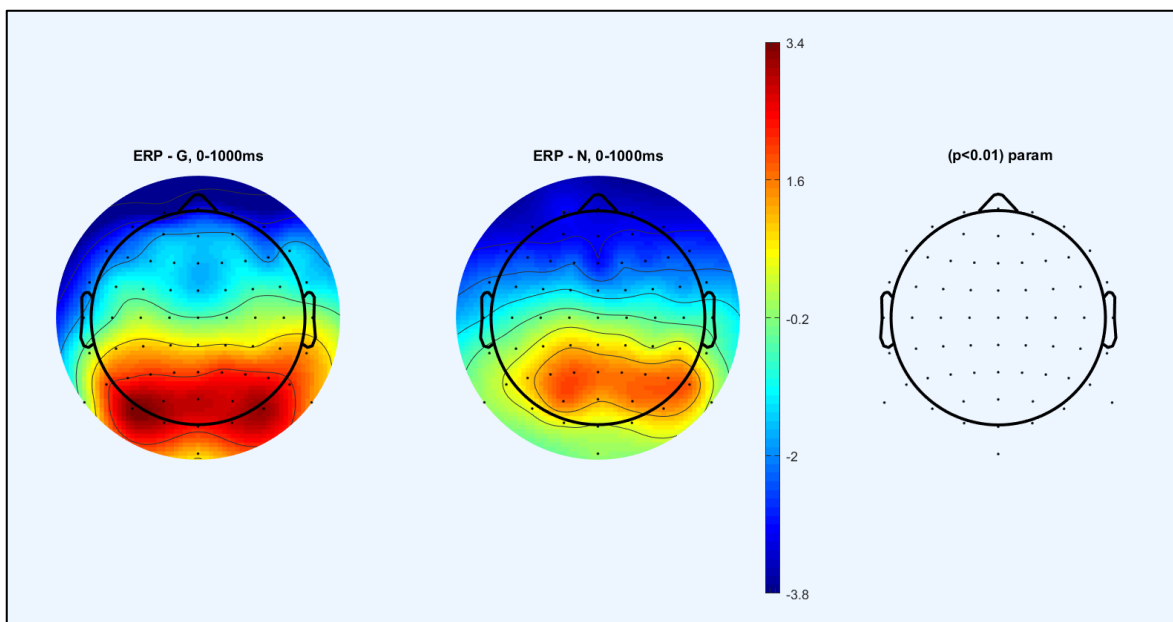
Na tomto obrázku je u úrovně 111 (nejtěžší úroveň) dobře možné vidět, že G skupina už podnět zpracovává, ale N skupina teprve podnět začíná zpracovávat.



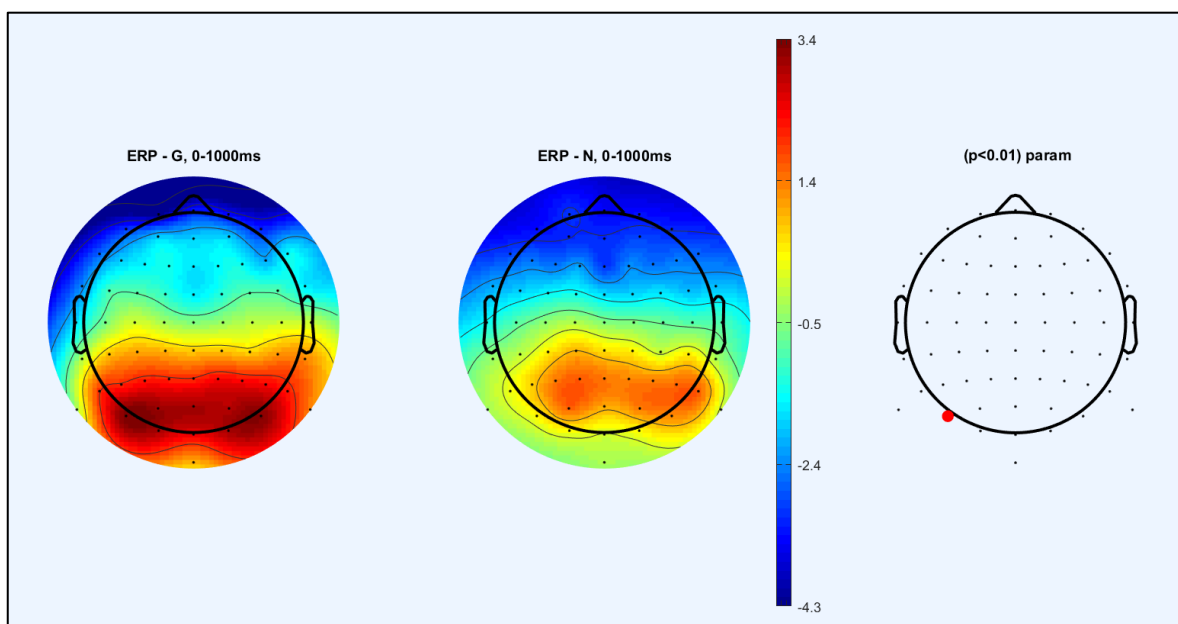
Obrázek č. 12 – topografické modely mozkové aktivity; časová oblast 0-180ms; obtížnost: těžká



Obrázek č. 13 – topografické modely mozkové aktivity; časová oblast 0-1000ms; P-hodnota 0.01; obtížnost: lehká



Obrázek 14 – topografické modely mozkové aktivity; časová oblast 0-1000 ms; P-hodnota 0.01; obtížnost: střední

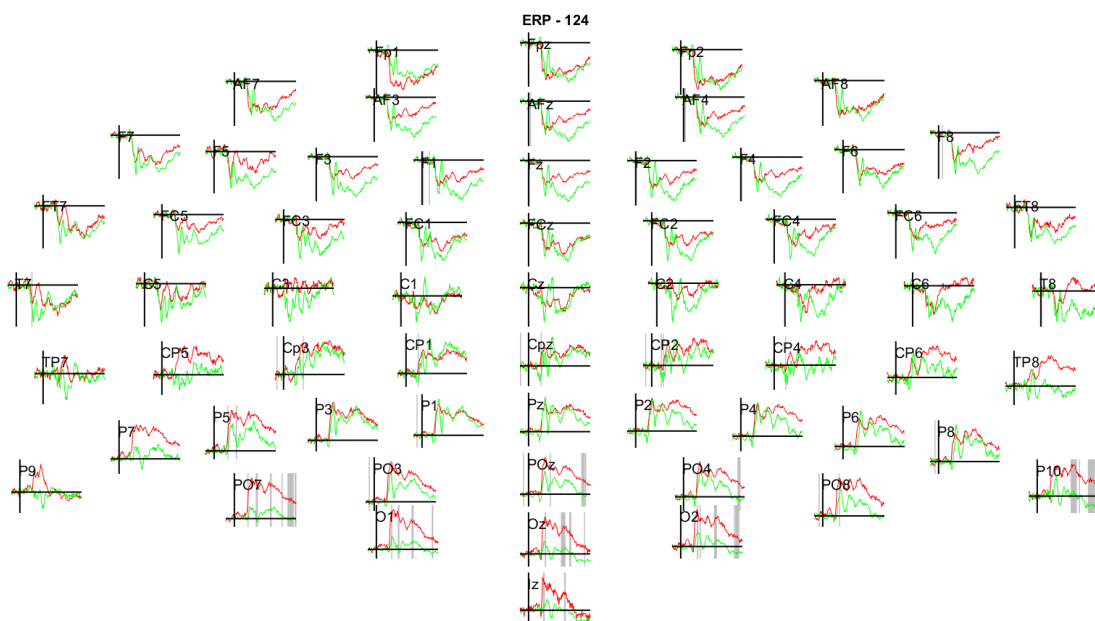


Obrázek č. 15 – topografické modely mozkové aktivity; časová oblast 0-1000 ms; P-hodnota 0.01; obtížnost: těžká

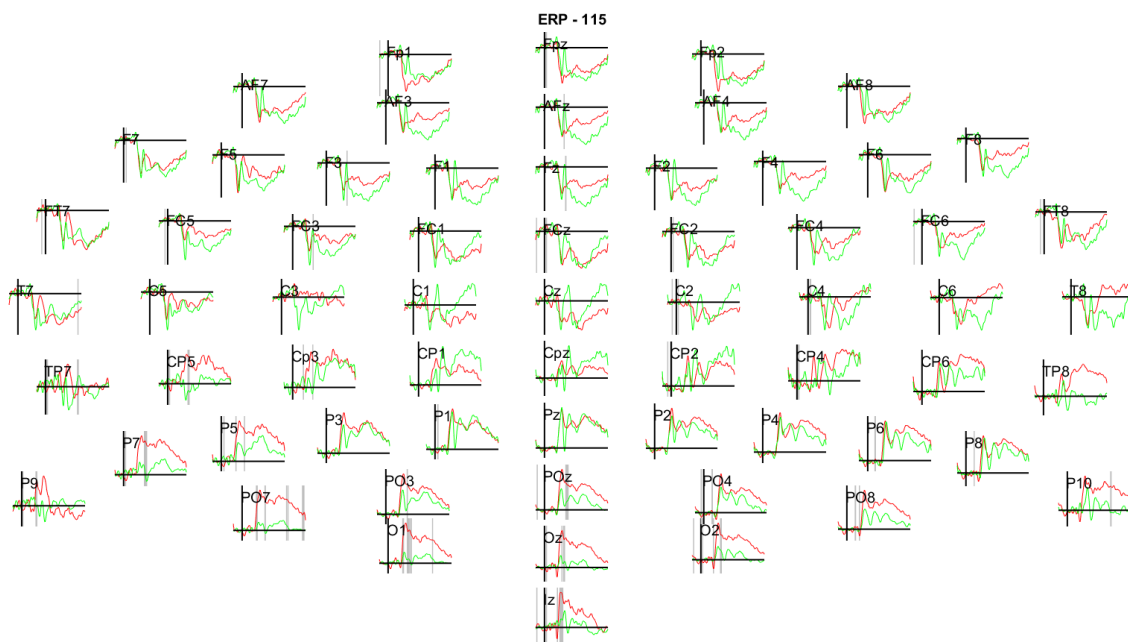
5.1.2 Zobrazení skalpu

Na následujících obrázcích č. 16, 17, 18 lze vidět zobrazení skalpu, kde se nachází signifikantní rozdíly na elektrodách, které mají šedé označení, což se týká parietálních, parietálně-okcipitálních a okcipitálních elektrod, jak na straně levé, tak na straně pravé. Přijímá se proto H03.

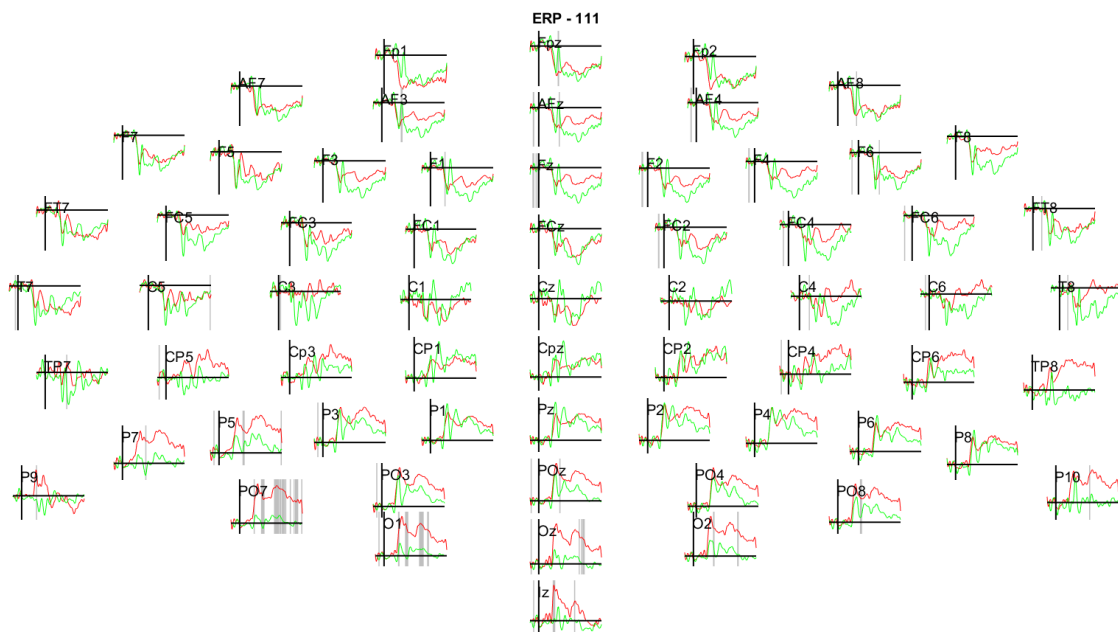
Obrázky jsou vybrány z jednotlivých studií, z každé studie pochází jedno zobrazení, opět podle obtížnosti (lehká, střední a těžká). Lze také vidět jednotlivé skupiny, kde skupina G je červeně a skupina N zeleně zobrazená.



Obrázek č. 16 – zobrazení skalpu; obtížnost: lehká



Obrázek č. 17 – zobrazení skalpu; obtížnost: střední



Obrázek č. 18 – zobrazení skalpu; obtížnost: těžká

5.1.3 Zobrazení ERP na jednotlivých elektrodách

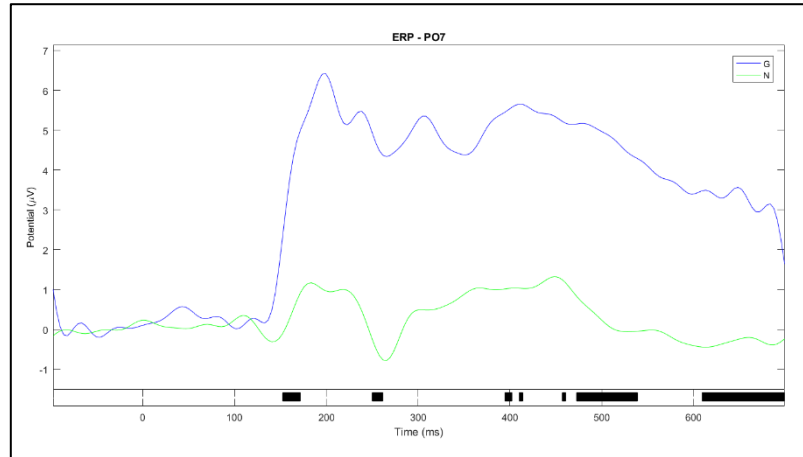
Z předešlého zobrazení skalpu bylo vybráno několik elektrod, které se ukázaly jako signifikantní, a které jsou níže popsány skrze jejich aktivitu a kognitivní evokované potenciály. Z každé jednotlivé studie pochází jedno výsledné zobrazení pro porovnání podle obtížnosti. Níže na obrázcích lze vidět signifikantní statistické rozdíly v ERP komponentách P200 a N200.

ERP pomáhá zachytit nervovou aktivitu související se senzorickými i kognitivními procesy (Sur & Sinha, 2009). Vlna N200 nebo N2 se typicky ukazuje v časové oblasti 180-325 ms po prezentaci vizuálního či sluchového (v tomto výzkumu pouze vizuálního) stimulu (Pattel & Azzam, 2015). Tato vlna bývá často vnímána jako soubor komponent s odlišnou distribucí a odlišností na skalpu a odrážející různé pochody, jež jsou spojeny s automatickým vyhledáváním změn. Vlna N200 se nejčastěji dělí na dvě hlavní subkomponenty a to je N2a a N2b. N2a neboli MisMatch Negativity (MMN) má latenci kolem 300ms s maximem temporálně až temporo-okcipitálně. Objevuje se i v situaci, když už se dotýčný nesoustředí. Kdežto N2b má latenci kolem 350ms a s maximem amplitudy postero-centrální při vizuálním stimulu (Bareš, 2011).

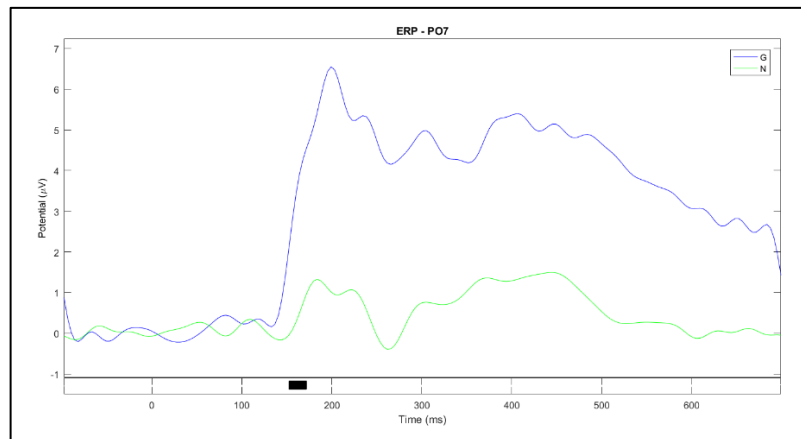
Vlna P200 nebo P2 označuje pozitivní vychylování vrcholící přibližně 100-250 ms po stimulu. Současné důkazy předpokládají, že se složka N1 / P2 může objevit u dotýčného, který hledá nějaký vzruch (Sur & Sinha, 2009). Komplex vln P2-N2-P3 a celkově vlny P3 se složitě označují. U těchto vln je pravděpodobné, že se jedná o složitý potenciálový komplex, na kterém se podílí více struktur (Bareš, 2011).

5.1.4 PO7

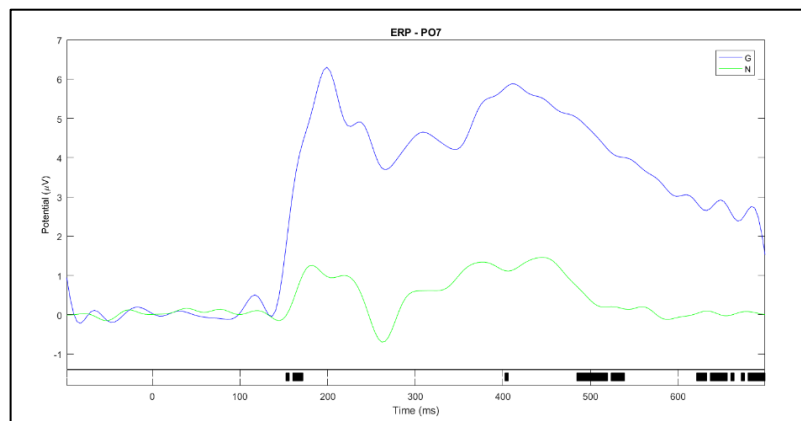
Nejsignifikantněji se jeví elektroda PO7, která se nachází v parietálně-okcipitální oblasti mozku na levé straně.



Obrázek č. 19 – ERP na elektrodě PO7; obtížnost: lehká



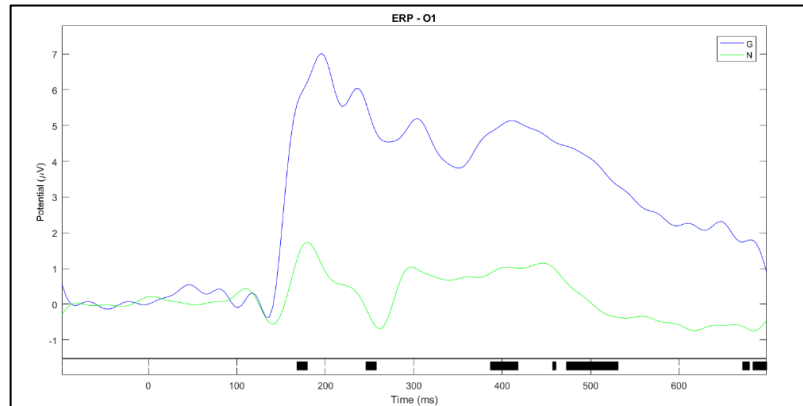
Obrázek č. 20 – ERP na elektrodě PO7; obtížnost: střední



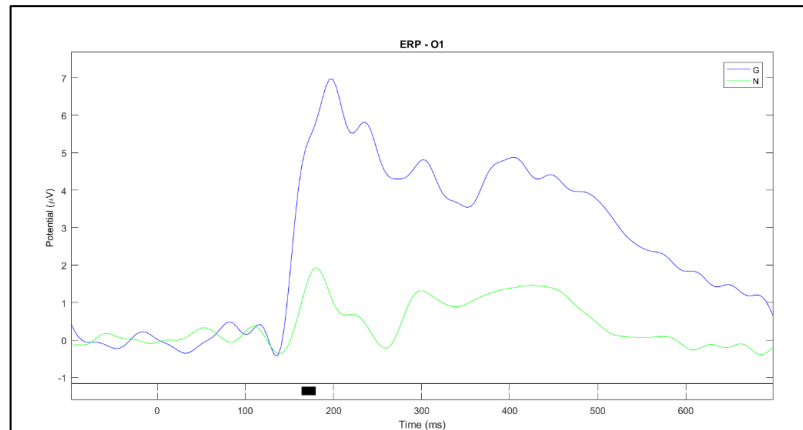
Obrázek č. 21 – ERP na elektrodě PO7; obtížnost: těžká

5.1.5 O1

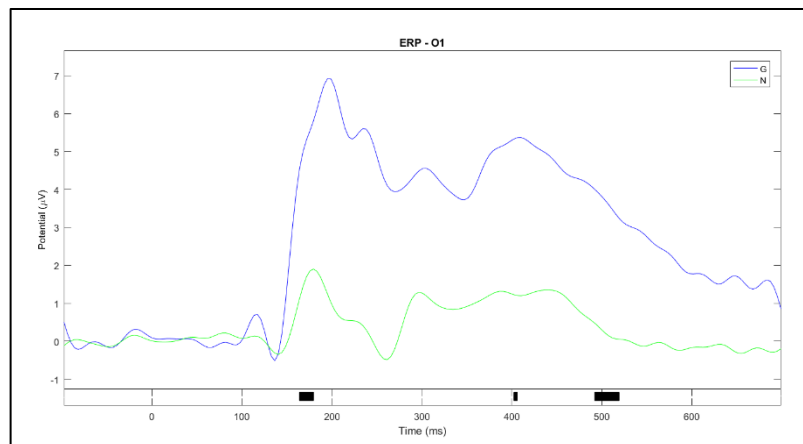
O1 se nachází v okcipitální oblasti mozku na levé straně.



Obrázek č. 22 – ERP na elektrodě O1; obtížnost: lehká



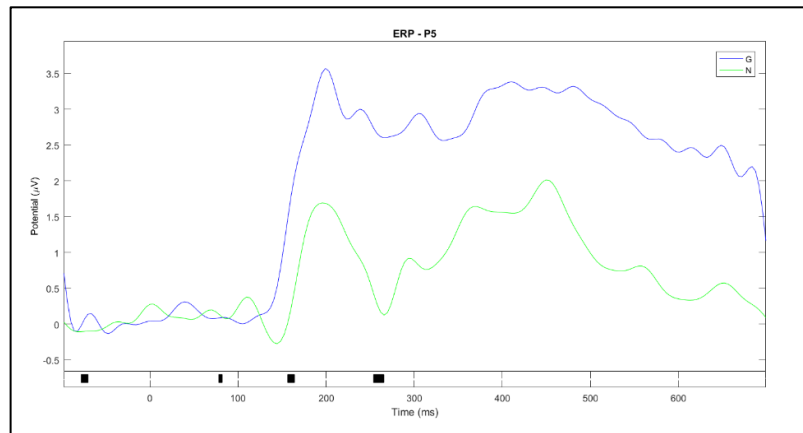
Obrázek č. 23 – ERP na elektrodě O1; obtížnost: střední



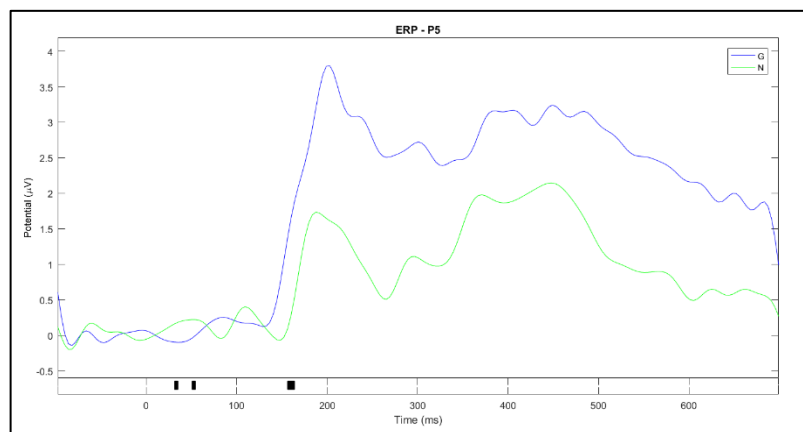
Obrázek č. 24 – ERP na elektrodě P7; obtížnost: těžká

5.1.6 P5

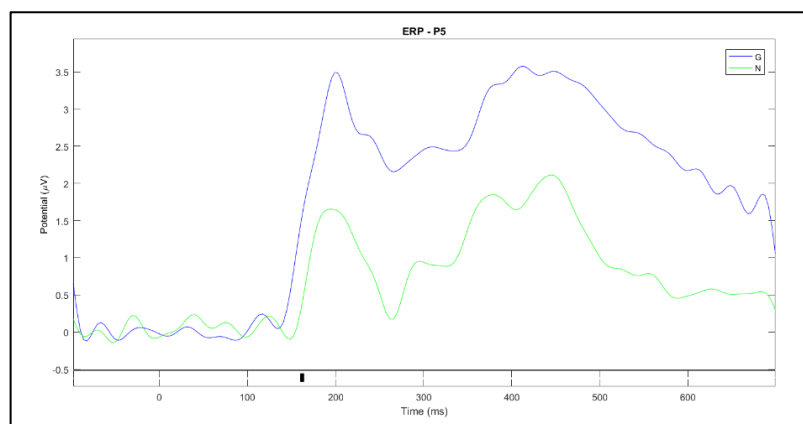
P5 se nachází v parietální oblasti mozku na levé straně.



Obrázek č. 25 – ERP na elektrodě P5; obtížnost: lehká



Obrázek č. 26 – ERP na elektrodě P5; obtížnost: střední



Obrázek č. 27 – ERP na elektrodě P5; obtížnost: těžká

5.2 Behaviorální data

Behaviorální data od každého probanda byla získána během druhé části výzkumu, a to přímo při experimentu, kdy byly zaznamenány např. odpovědi probandů (do jaké míry každý odpovídal správně) a reakční čas probandů.

5.2.1 Správné odpovědi

V tabulkách, jež jsou níže vyobrazeny (podle obtížností, tedy přesně tak, jako jsou jednotlivé studie), lze vidět, jak probandi správně odpovídali – čím větší číslo u jednotlivé úrovni, tím více měli z dané úrovně správných odpovědí.

Tabulka č. 3 – tabulka správných odpovědí (obtížnost: lehká)

Subjekt	Skupina	L24	L23	L22	L21	L20
01	N	88	83	85	84	90
02	N	87	85	80	78	80
03	N	62	62	71	60	54
04	N	56	51	53	49	50
11	G	84	80	85	85	89
12	G	59	68	68	55	55
15	G	75	66	56	67	57
16	G	72	70	78	71	71

Tabulka č. 4 – tabulka správných odpovědí (obtížnost: střední)

Subjekt	Skupina	L19	L18	L17	L16	L15
01	N	88	90	90	89	88
02	N	85	79	83	80	75
03	N	65	64	57	58	66
04	N	54	51	50	53	47
11	G	81	83	85	77	86
12	G	65	59	52	55	49
15	G	63	59	47	69	64
16	G	74	76	64	75	69

Tabulka č. 5 – tabulka správných odpovědí (obtížnost: těžká)

Subjekt	Skupina	L14	L13	L12	L11
01	N	87	82	78	51
02	N	67	71	69	55
03	N	54	56	45	42
04	N	56	50	51	40
11	G	78	77	65	53
12	G	57	48	34	39
15	G	57	46	58	48
16	G	54	63	52	45

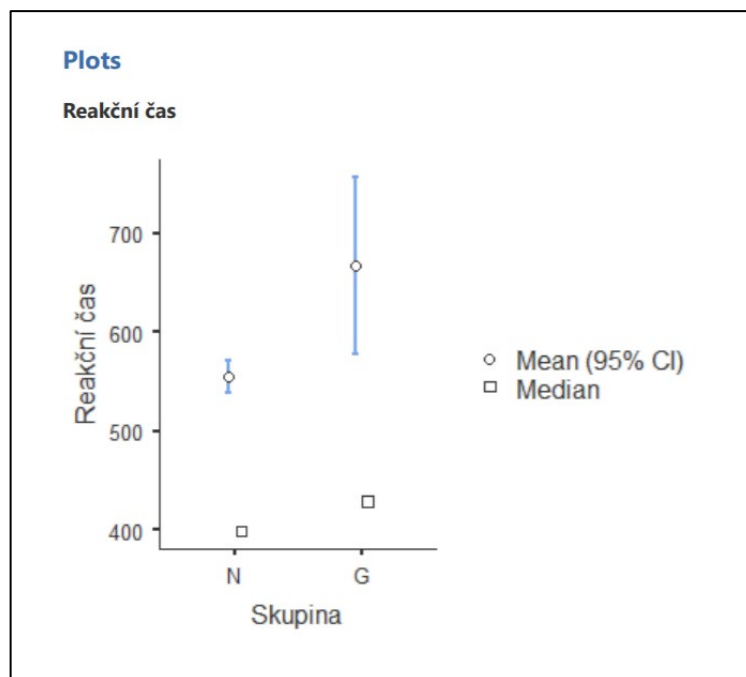
5.2.2 Reakční časy odpovědí

K analýze reakčního času k potvrzení nebo zamítnutí H_0 byl použit t-test na základě trialů. Dohromady bylo trialů 11 201, což značí normální rozložení dat.

V tabulce níže lze vidět, že skupina N, jež reprezentuje skupinu s podprůměrnou numerickou inteligencí, má rychlejší reakční časy odpovědí než skupina G, jež reprezentuje skupinu s nadprůměrnou numerickou inteligencí. Tímto se přijímá H_0 . Toto tvrzení podpořil také graf a tabulka s reakčními časy odpovědí u jednotlivých probandů.

Independent Samples T-Test							
Independent Samples T-Test							
		statistic	df	p	Mean difference	SE difference	Cohen's d
Reakční čas	Student's t	-2.42 ^a	11198	0.016	-112	46.4	-0.0457
^a Levene's test is significant (p < .05), suggesting a violation of the assumption of equal variances							
Group Descriptives							
	Group	N	Mean	Median	SD	SE	
Reakční čas	N	5600	555	399	602	8.05	
	G	5600	667	429	3420	45.7	

Obrázek č. 28 – výsledky z t-test



Obrázek č. 29 – graf reakčního času

Tabulka č. 6 – průměrný reakční čas u jednotlivce

Subjekt	Skupina	Reakční čas – průměr	Num. IQ
01	N	626,53	68
02	N	721,70929	68
03	N	319,36786	71
04	N	552,84857	73
11	G	485,71071	102
12	G	806,11	106
15	G	1037,9736	115
16	G	339,3236	115

5.3 Shrnutí hypotéz a výsledků

5.3.1 Shrnutí hypotéz

Ha1: Existuje signifikantní rozdíl mezi skupinou nadaných a nenadaných jedinců v rychlosti hrubého matematického odhadu. – **ZAMÍTNUTO**

Ha2: Jedinci z nadané skupiny zpracovávají podněty signifikantně rychleji než nenadaní jedinci. – **POTVRZENO**

Ha3: Existuje signifikantní rozdíl mezi skupinou nadaných a nenadaných jedinců v aktivitě parietálního laloku při zpracování hrubého matematického odhadu. – **ZAMÍTNUTO**

5.3.2 Shrnutí výsledků

Dvě z těchto alternativních hypotéz byly zamítnuty a jedna byla přijata. Ha1 byla zamítnuta, poněvadž se ukázalo, že rychlejší reakční čas odpovědi v experimentu měla skupina N, tedy skupina probandů matematicky nenadaných než skupina G, tedy skupina probandů matematicky nadaných. Ha2 byla přijatá, jelikož se objevila dříve mozková aktivita u probandů ze skupiny G než u skupiny N. Ve výzkumech na toto téma bylo zjištěno, že se při hrubém matematickém odhadu objevila aktivita v parietální oblasti na levé straně. V tomto výzkumu se ukázala mozková aktivita převážně v parietálně-okcipitální a okcipitální oblasti, a to na obou dvou stranách, proto byla Ha3 zamítnuta.

V tomto výzkumu se neprokázala korelace mezi behaviorálními daty a rychlostí zpracování hrubého matematického odhadu při experimentu. Zato bylo zjištěno, že probandi, kteří byli ve skupině G, zpracovávali hrubý matematický odhad dříve než skupina N. Tyto informace jsou však v rozporu s výsledkem v reakční době odpovědi, která byla u probandů ve skupině N kratší než u probandů ve skupině G. Znamená to, že nebyla zjištěna korelace mezi numerickou inteligencí a reakčním časem. Numerická inteligence v tomto výzkumu koreluje pouze s dřívějším zpracováním hrubého matematického odhadu.

Výsledky jsou však pouze orientační, není možné je tedy brát za zcela jisté, a to z důvodu malého vzorku o 8 subjektech.

6 DISKUZE

Cílem tohoto výzkumu bylo vytvořit deskripci v oblasti numerozity u vysokoškolských studentů v oboru psychologie. Přestože se v tomto výzkumu potvrdila pouze jedna ze tří stanovených hypotéz, výzkum má své limity a mohlo jej ovlivnit hned několik intervenujících proměnných.

Jedním z limitů výzkumu je výběr výzkumného souboru, jenž byl vybrán nepravděpodobnostním záměrným kvótním výběrem s pomocí lavinového výběru. Vznikl tedy za pomoci spolužáků a jejich spolužáků. Dalším limitem je, že nebylo možné uskutečnit testování numerické inteligence pokaždé ve stejný čas a den (to také platí pro druhou část – experiment). Ačkoliv byla snaha ze strany experimentátora a ze strany probandů stejný čas zachovat, jejich časové možnosti (převážně kvůli výuce) jim to neumožňovaly. Po testování se probandi rozdělili do tří skupin podle numerické inteligence. To však mohlo být intervenující proměnnou, jelikož se výzkumu účastnili i studenti 3. ročníku psychologie, kteří naposledy počítali příklady na střední škole a je možné, že kdyby si před testem počítání připomněli, tak by mohly jejich výsledky být v testu rozdílné, tudíž by mohli být zařazeni do jiné skupiny.

Mnoho probandů také dalo najevo svou nevoli spojenou s délkou experimentu (přibližně 85minutový záznam od každého probanda). Ale přesto každý z nich experiment dokončil. Avšak po experimentu přímo říkali, že u toho usínali (všichni měli minimálně 8 hodin spánku před měřením na EEG), tím pádem více chybovali a jejich reakce byla opožděná. Také probandi zmiňovali nepříjemné teplo a nedostatek vzduchu v kukani, kde experiment probíhal, což také mimo jiné podporuje únavu a alfa vlnu.

Dalším limitem u experimentu byly časté technické problémy, např. porucha jednoho svazku elektrod, kdy se na nový svazek elektrod čekalo několik měsíců. Dále se musela řešit porucha nabíječky na baterku u EEG přístroje a u jednoho probanda, jenž byl zrovna nahráván, se zjistilo, že jedna ze dvou baterek nefunguje tak, jak by správně měla. Tato baterka se rychle vybíjela a bylo potřeba v průběhu experimentu baterku měnit.

Riziko, které nastalo díky častému odkládání EEG měření kvůli těmto technickým problémům, zvýšilo experimentální mortalitu, jelikož když už EEG měření bylo plně připravené, pro některé probandy to bylo již v době, kdy neměli čas a odjížděli např. na dovolené. Tato situace se řešila nabráním nových probandů, kteří byli samozřejmě také testováni, ale už se jim nepodařilo sehnat více. Dalo by se říci, že největší slabinou tohoto výzkumu byl malý soubor vzorku o 8 probandech, proto nelze výsledky zobecňovat.

Ve výzkumu se testovaly tyto 3 hypotézy:

Ha1: Existuje signifikantní rozdíl mezi skupinou nadaných a nenadaných jedinců v rychlosti hrubého matematického odhadu.

Ha2: Jedinci z nadané skupiny zpracovávají podněty signifikantně rychleji než nenadaní jedinci.

Ha3: Existuje signifikantní rozdíl mezi skupinou nadaných a nenadaných jedinců v aktivitě parietálního laloku při zpracování hrubého matematického odhadu.

Z těchto tří hypotéz se potvrdila pouze Ha2, jež se týká rychlosti zpracování podnětů, tedy množin rybiček, které probandům byly prezentovány v experimentu. Nepodařilo se potvrdit Ha1, která se týká reakční doby při odpovědích probandů – tato hypotéza se týkala behaviorálních dat. Ve výsledku odpovídala skupina nenadaných na matematiku rychleji než skupina nadaných. Z tabulky správných odpovědí je patrné, že správněji odpovídali ti, kteří byli ve skupině matematicky nenadaných. Také se nepovedlo potvrdit Ha3, jelikož se předpokládalo, že se u probandů ze skupiny matematicky nadaných se objeví silná aktivita v parietální oblasti na levé straně, jako je to ve výzkumech u Piazza, Plassové nebo Klempířové (Piazza et al., 2006; Plassová, 2019; Klempířová, 2019). Aktivita se však objevila v parietálně-okcipitální a okcipitální oblasti, a to jak na levé, tak na pravé straně. Dle Plassové (2019) se silná aktivita objevila v obou hemisférách proto, jelikož dospělí, na rozdíl od dětí, mají více aktivity vpravo, dokonce až 5x více. Lze tedy předpokládat, že nadaní dospělí vykazují stejný trend (Plassová, 2019).

Dále byly analyzovány evokované kognitivní potenciály (ERP) na elektrodách PO7 (parietálně-okcipitální oblast), O1 (okcipitální oblast) a P5 (parietální oblast). Elektroda PO7 se jevila jako nejsignifikantnější elektrodou.

Na těchto elektrodách lze rozpoznat ERP komponenty P200 a N200, které komponenta N200 zobrazuje v časové oblasti 180-325 ms po prezentaci sluchového nebo vizuálního stimulu. Také se váže na kognitivní procesy, jako je identifikace a rozlišení stimulu. Komponenta N200 má ještě své subkomponenty s názvy N2a, N2b N2c a N2pc. V opakované stimulační prezentaci je N2a přední kortikální distribuce vyvolaná vědomou pozorností nebo ignorováním odchylovajícího se stimulu; N2b je negativita centrální kortikální distribucí pozorovaná pouze během vědomé stimulační pozornosti; N2c vzniká frontálně a centrálně během klasifikačních úkolů. Kromě toho podněty prezentované v úkolech vizuálního vyhledávání se specifickou lateralitou, které jsou relevantní pro daný úkol,

mohou vyvolat výchylku N2pc jako index posunu pozornosti v okcipitálně-časové oblasti kontralaterální kůry (Pattel & Azzam, 2015). V tomto výzkumu byl však použit pouze vizuální stimul. Na základě toho se předpokládá, že v tomto případě se komponenta N200 objevila přibližně 280ms poté, co probandovi byla zobrazena množina rybiček.

V úkolech vizuálního vnímání, které zahrnují diskriminaci cíle prezentovaného v poli omezeného počtu okolních objektů (tj. vyskakovací paradigma), je cíl s jedinečnými rysy rychle detekován. Ve vyskakovacím paradigmatu vyvolávají negativitu N2pc úlohy formy, barvy a slovního rozlišení. Tento ERP zmizí, pokud se počet okolních rozptylovačů zvýší nad 120; avšak výrazná zadní distribuce N2, N2p, vykazuje zvýšenou negativitu s rostoucí velikostí sady a pravděpodobně představuje aktivitu segmentace textury (Pattel & Azzam, 2015).

Komponenta P200 vrcholí přibližně v 100-250 ms po stimulu. Je také možné, že se objevila u probanda, protože vyhledával vzruch (Sur & Sinha, 2009). Komponenta P200 je spojena se skutečným vnímáním, souvisí tedy s událostí, jež odráží určité úrovně zpracování podnětů (Bangert & Altenmüller, 2003). Předpokládá se, že v tomto případě se komponenta P200 objevila přibližně 190ms poté, co proband uviděl množinu rybiček.

Tento výzkum představuje pouze náhled do dané problematiky a lze ho spíše označit jako sondu v této oblasti. V budoucnu je potřeba tento výzkumný soubor rozšířit a co nejvíce se vyhnout intervenujícím proměnným, které byly výše popsány. Do budoucna jsou plánovány další výzkumy, ve kterých se vytvoří skupiny přímo v oboru matematiky, s kterými by se tak mohly porovnat výsledky z tohoto výzkumu. Bylo by přínosné v následujících výzkumech vytvořit např. skupiny v technických oborech. Toto rozšíření by přineslo další podstatné informace do této problematiky, což by bylo velice přínosné pro další výzkum.

7 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce s názvem „*Numerozita u vysokoškolských studentů*“ popisuje aproximální numerický systém u studentů vysoké školy, kteří studují psychologii. V teoretické části jsou zahrnuty základní informace matematických schopností, narušení matematických schopností, nesymbolické matematiky, kam spadá numerozita a aproximální numerický systém, a také je popsána elektroencefalografie a evokované potenciály, přičemž pro tento výzkum jsou nejdůležitějšími evokované kognitivní potenciály.

Empirická část je zaměřena na praktickou oblast výzkumu. Cílem výzkumu bylo ověření stanovených hypotéz, které byly následně přijaty, nebo zamítnuty. Výrazná mozková aktivita se předpokládala v parietální oblasti na levé straně, ale v tomto výzkumu se aktivita objevila v parietálně-okcipitální a okcipitální oblasti na straně levé i pravé. Byla zjištěná korelace u rychlejšího zpracování a nadprůměrné numerické inteligence. Rychlejší reakční čas se však prokázal u probandů s podprůměrnou numerickou inteligencí.

8 SHRNU TÍ

Tato bakalářská práce se zabývá aproximálním numerickým systémem (ANS) u vysokoškolských studentů, kteří studují obor psychologie. Cílem bylo rozšířit vědecké poznatky skrze aproximální numerický systém. Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Teoretická část začíná kapitolou zabývající se matematickými schopnostmi, kde se vymezují matematické schopnosti a dovednosti, kam patří dílčí funkce matematických schopností a dále jakým způsobem se vymezují matematické schopnosti v předškolním a školním věku dítěte. Tato kapitola také popisuje inteligence a modely inteligence. Další kapitola se zabývá narušením matematických schopností, které se týká např. pracovní paměti, dále je vypsána klasifikace matematických schopností. Pro příklad lze uvést vývojovou dyskalkulii a typy vývojové dyskalkulie. Další kapitola řeší nesymbolickou matematiku, do které spadá numerozita a dále aproximální numerický systém, kde je popsána neuroanatomie ANS a vývoj ANS u dětí. V poslední kapitole je nastíněna elektroencefalografie, konkrétně historie EEG, elektrody a jejich rozložení, artefakty a evokované potenciály se zaměřením na ERP (kognitivní evokované potenciály).

Empirická část se zabývá experimentem. V první kapitole je obsažena metodologie výzkumu, cíle, výzkumné hypotézy a výzkumný soubor (experimentální a kontrolní skupina). Další kapitola se týká testování, kdy byl použit inteligenční test s názvem Test struktury inteligence (IST). V této kapitole je popsán samotný IST, také postup testování a vyhodnocování. Další kapitola předkládá samotný experiment, design experimentu a jeho průběh (např. zapojování elektrod a měřicí přístroj). V další kapitole se nachází metody zpracování dat, které zahrnují preprocessing (např. manuální čištění, filtrování a epochování). Poslední kapitola obsahuje analýzu dat a interpretaci dat, kde jsou potvrzené či vyvrácené hypotézy.

Testovací části se zúčastnilo celkem 16 probandů. Ti se rozdělili na tři skupiny (nadání, průměrní a nenadání). Z těchto probandů šlo na EEG měření 10 a z toho museli být 2 probandi vyloučeni (při manuálním čištění bylo třeba extrahovat více než 25 %), ve výsledku tedy byl vzorek o 8 probandech. Experiment spočíval ve zpracování matematického hrubého odhadu, kdy probandi měli vybrat z množiny rybiček, v jaké barvě se objevuje více rybiček (byly oranžové a modré rybičky). Cílem bylo zjistit rychlost zpracování, reakční čas a oblast mozku, kde se nacházela aktivita při zpracování hrubého matematického odhadu.

K získání výsledků se analyzovaly studie v programu MATLAB ve statistice ERP analýza, jež se analyzovaly kognitivní evokované potenciály na elektrodách PO7, O1 a P5. Dále se analyzovaly i behaviorální data, a to ve statistickém programu s názvem Jamovi.

I přes to, že byla potvrzena jedna ze tří hypotéz v této práci, pořád výsledky přinášejí nové vědecké poznatky v oblasti numerozity. V diskuzi se proto objevují limity a problémy výzkumu, a také jsou navrženy koncepty pro další výzkumy.

9 SEZNAM LITERATURY

- 1 Amthauer, R., Brocek, B., Liepmann, D., Beauducel, A. (2015). *Příručka, Test struktury inteligence*. Praha: Testcentrum.
- 2 Bangert, M., Altenmüller, E. (2003). Apollos Gabe und Fluch – Funktionelle und dysfunktionelle Plastizität bei Musikern. *Neuroforum*, 2/03, 4-17. Získáno z [https://www.immm.hmtm-hannover.de/uploads/media/Bangert et al. 2003 Apollos Gabe und Fluch.pdf](https://www.immm.hmtm-hannover.de/uploads/media/Bangert_et_al._2003_Apollos_Gabe_und_Fluch.pdf)
- 3 Bareš, M. (2011). Kognitivní evokované potenciály. *Česká a Slovenská neurologie a neurochirurgie*, 74/107(5), 508-517. Získáno z <http://www.csnn.eu/pdf?id=36052>
- 4 Blažková, R. (2009). *Dyskalkulie a další specifické poruchy učení v matematice*. Brno: Masarykova univerzita.
- 5 Bronzino, J. D. (2000). *Biomedical engineering handbook*. Florida: CRC Press.
- 6 Cíger, H. (2018). *Matematické schopnosti, teoretický přehled a jejich měření*. Brno: Masarykova univerzita.
- 7 Cohen, L., Dehaene, S. (2008). Cerebral networks for number processing: Evidence from a case of posterior callosal lesion. *NeuroCase*, 2,155-174. Získáno z <https://doi.org/10.1080/13554799608402394>
- 8 Encyclopedia Britannica. (2009). *Možek. Průvodce po anatomii mozku a jeho funkcích*. Brno: Jota.
- 9 Faber, J. (2001). *Elektroencefalografie a psychofyziologie*. ISV.
- 10 Feigenson, L., Dehaene, S., Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(7), 307–314. Získáno z <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.05.002>
- 11 Gardner, H. (2018). *Dimenze myšlení, teorie rozmanitých inteligencí*. Praha: Portál.
- 12 Hartl, P., Hartlová, H. (2015). *Psychologický slovník*. Praha: Portál.
- 13 Hrazdira, I., Mornstein, V. (2001). *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. Brno: Neptun.
- 14 Jacks, A. S., Miller, N. R. (2003). *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*; 74:7–9. Získáno z <http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.74.1.9>
- 15 Kaufmann, L., Vogel, S. E., Starke, M., Kremser, C., Schocke, M., Wood, G. (2009). Developmental dyscalculia: compensatory mechanisms in left intraparietal regions in response to nonsymbolic magnitudes. *Behavioral and Brain Functions*, 5, 35. Získáno z <https://doi.org/10.1186/1744-9081-5-35>

- 16 Klempířová, K. (2019). *Numerozita u dětí s Aspergovým syndromem* (Bakalářská práce). České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pdf.
- 17 Koukolík, F. (2012). *Lidský mozek, funkční systémy, norma a poruchy*. Praha: Galén.
- 18 Kříčková, M. (2015). *Klinický význam predikce premorbidní inteligence pomocí testu čtení NART* (Diplomová práce). Praha: Pražská vysoká škola psychosociálních studií.
- 19 Kulišťák, P. (2011). *Neuropsychologie*. Praha: Portál.
- 20 Luck, S. J., Kapenman, E. S. (2011). *Oxford Handbook of Event-Related Potential Components*. Oxford: Oxford University Press
- 21 Nakonečný, M. (2013). *Lexikon psychologie*. Prah: Vodnář.
- 22 Novák, J. (2004). *Dyskalkulie, specifické poruchy počítání*. Havlíčkův brod: Tobiáš.
- 23 Pavlíčková, L. (2018). *Poruchy matematických schopností žáku s dyskalkulií a jejich vliv na řešení učebních úloh ve fyzice a matematice*. Brno: Masarykova univerzita.
- 24 Pattel, S., Azzam, P. (2015). Characterization of N200 and P300: Selected Studies of the Event-Related Potential. *International Journal of Medical Science*, 2(4), 147-154. Získáno z <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1252727/>
- 25 Piaget, J. (1999). *Psychologie inteligence*. Praha: Portál.
- 26 Piazza, M., Mechelli, A., Price, C. J., Butterworth, B. (2006). Exact and approximate judgements of visual and auditory numerosity: An fMRI study. *Brain Research*, 1106(1), 177–188. Získáno z <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.05.104>
- 27 Plassová, M., Stuchlíková, I. & Vavrečka, M. (2017). Úvod do aproximálního numerického systému. *Pedagogika*, 67(2), 161–176. Získáno z <http://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/?p=11724&fbclid=IwAR0O4GvNgJ2V5csgOLfOwXaY2L1-ZwbpsyOfrD6KYPtugRl2emvnO71J6g0&lang=cs>
- 28 Plassová, M. (2019). *Neurální koreláty aritmetických funkcí* (Disertační práce). České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pdf.
- 29 Price, G. R., Palmer, D., Battista, C., Ansari, D. (2012). Nonsymbolic numerical magnitude comparison: Reliability and validity of different task variants and outcome measures, and their relationship to arithmetic achievement in adults. *Acta Psychologica*, 140(1), 50–57. Získáno z <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2012.02.008>
- 30 Rotzer, S., Loenneker, T., Kucian, K., Martin, E., Klaver, P., von Aster, M. (2009). Dysfunctional neural network of spatial working memory contributes to developmental dyscalculia. *Neuropsychologia*, 47, 2859–2865. Získáno z

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.06.009>

- 31 Seidl, Z. (2008). *Neurologie pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha: Grada.
- 32 Slavíčková, A., Brunovský, M., Mohr, P. (2010). Kognitivní evokované potenciály v klinické praxi a experimentu. *Psychiatrie*, 14(1), 34-40. Získáno z http://www.tigis.cz/images/stories/psychiatrie/2010/01/09_slavickova_1_2010.pdf
- 33 Sternberg, R. J. (2009). *Kognitivní psychologie*. Praha: Portál.
- 34 Sur, S., Sinha, V. K. (2009). Event-related potential: An overview. *Industrial Psychiatry Journal*. 18, 70-73. Získáno z <http://www.industrialpsychiatry.org/text.asp?2009/18/1/70/57865>
- 35 Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG measurement. Measurement science review, 2/2, 1-11. Získáno z <http://www.measurement.sk/2002/S2/Teplan.pdf>
- 36 Thorová, K. (2015). *Vývojová psychologie, proměny lidské psychiky od početí po smrt*. Praha: Portál.
- 37 Tsouli, A., Dumoulin, S. O., te Pasa, S. F., van der Smagta, M. J. (2019). Adaptation reveals unbalanced interaction between numerosity and time. *Cortex*, 114, 5-16. Získáno z <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.02.013>
- 38 Tyrlíková, I. a kol. (2003), *Neurologie pro sestry*. Brno: Idvpz.
- 39 Vágnerová, M. (2010). *Psychologie osobnosti*. Praha: Karolinum.
- 40 Vojtěch, Z. a kol. (2005). *Atlas elektroencefalografie dospělých*. Praha: Triton.
- 41 Zelinková, O. (1994). *Poruchy učení*. Praha: Portál.

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 – zařízení pro záznam EEG: zesilovací jednotka, EEG čepice, vodivá pasta, injekce a pomůcka pro dezinfekci (Teplan, 2002)

Obrázek č. 2 – rozložení elektrod (Faber, 2001)

Obrázek č. 3 – elektrická aktivita mozku (dostupné z:
https://raphaelvallat.com/images/tutorials/bandpower/brain_waves.png)

Obrázek č. 4 – profil výsledků (přední strana)

Obrázek č. 5 – profil výsledků (zadní strana)

Obrázek č. 6 – postup experimentu (Plassová, 2019)

Obrázek 7 – experiment; logaritmus obtížnosti 1.20 (správná odpověď – oranžová)
(Plassová, 2019)

Obrázek 8 – manuální čištění v programu MATLAB

Obrázek č. 9 – nahrané epochy v programu MATLAB (nejtěžší obtížnost)

Obrázek č. 10 – topografické modely mozkové aktivity; časová oblast 0-180 ms; obtížnost: lehká

Obrázek č. 11 – topografické modely mozkové aktivity; časová oblast 0-180 ms; obtížnost: střední

Obrázek č. 12 – topografické modely mozkové aktivity; časová oblast 0-180 ms; obtížnost: těžká

Obrázek č. 13 – topografické modely mozkové aktivity; časová oblast 0-1000 ms; P-hodnota 0.01; obtížnost: lehká

Obrázek 14 – topografické modely mozkové aktivity; časová oblast 0-1000 ms; P-hodnota 0.01; obtížnost: střední

Obrázek č. 15 – topografické modely mozkové aktivity; časová oblast 0-1000 ms; P-hodnota 0.01; obtížnost: těžká

Obrázek č. 16 – zobrazení skalpu; obtížnost: lehká

Obrázek č. 17 – zobrazení skalpu; obtížnost: střední

Obrázek č. 18 – zobrazení skalpu; obtížnost: těžká

- Obrázek č. 19 – ERP na elektrodě PO7; obtížnost: lehká
- Obrázek č. 20 – ERP na elektrodě PO7; obtížnost: střední
- Obrázek č. 21 – ERP na elektrodě PO7; obtížnost: těžká
- Obrázek č. 22 – ERP na elektrodě O1; obtížnost: lehká
- Obrázek č. 23 – ERP na elektrodě O1; obtížnost: střední
- Obrázek č. 24 – ERP na elektrodě P7; obtížnost: těžká
- Obrázek č. 25 – ERP na elektrodě P5; obtížnost: lehká
- Obrázek č. 26 – ERP na elektrodě P5; obtížnost: střední
- Obrázek č. 27 – ERP na elektrodě P5; obtížnost: těžká
- Obrázek č. 28 – výsledky z t-test
- Obrázek č. 29 – graf reakčního času

11 SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 – skupina N (podprůměrné výsledky), P (průměrné výsledky), G (nadprůměrné výsledky), zkratka Lat. (lateralita), Num. IQ (numerická inteligence)

Tabulka č. 2 – Probandi, kteří se zúčastnili EEG měření

Tabulka č. 3 – tabulka správných odpovědí (obtížnost: lehká)

Tabulka č. 4 – tabulka správných odpovědí (obtížnost: střední)

Tabulka č. 5 – tabulka správných odpovědí (obtížnost: těžká)

Tabulka č. 6 – průměrný reakční čas u jednotlivce

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – informovaný souhlas

Příloha č. 2 – měřicí protokol EEG studie

13 PŘÍLOHY

12 Příloha č. 1 – informovaný souhlas

Informovaný souhlas dobrovolníka s účastí na výzkumném projektu bakalářské práce
„Numerozita u vysokoškolských studentů“

Vedoucí práce: Mgr. Michala Plassová

Experimentátor: **Dominika Kratochvílová**

Kontakt:

Experiment se skládat ze dvou setkání:

Na prvním setkání se pro potřeby experimentu pracuje s inteligentním testem. Výsledky jsou pouze orientační a nemohou sloužit jako klinická zpráva. Toto setkání bude trvat přibližně 40-45 minut. Není nutná žádná příprava.

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

Podmínky účasti dobrovolníků:

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

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

Datum a podpis účastníka

Podpis experimentátora

Příloha č. 2 – měřicí protokol EEG studie



Měřicí protokol EEG studie
NEUROLAB, Neuropsychologická laboratoř KPE JU

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

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

Vyplňuje participant výzkumu

Datum měření: _____ Věk: _____ Hodin spánku: _____

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

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

Datum: _____ Podpis: _____

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

E-mail: _____

Vyplňuje experimentátor

Měření provedl/a: _____ Název souboru BDF: _____

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

Poznámky:
Uveďte jakékoli odchylky od standardního protokolu experimentální metody.

NEUROLAB
Neuropsychologická laboratoř



Katedra pedagogiky a psychologie
Dukelská 9