



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 dětí s Aspergerovým syndromem

Vypracovala: Kateřina Klempířová  
Vedoucí práce: Mgr. Michala Plassová

České Budějovice 2019

## **Prohlášení**

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: 26. 4. 2019

Kateřina Klempířová

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěla poděkovat své vedoucí Mgr. Michale Plassové za možnost pracovat pod jejím vedením, získávat cenné rady a zkušenosti. Také bych jí ráda poděkovala za podporu a rady potřebné pro uskutečnění výzkumu a analýzu dat.

Mé poděkování patří také Mgr. Jakubu Staňkovi za jeho pomoc při analýze dat. Dále bych ráda poděkovala panu doktoru Vavrečkovi za možnost uskutečnit výzkum na Českém institutu informatiky, robotiky a kybernetiky v rámci ČVUT a panu magistru Tesařovi za jeho pomoc při přípravě a úpravách experimentu a především při technických záležitostech týkajících se analýzy dat. Poděkování patří také Centru terapie autismu, které mi umožnilo v jeho prostorách uskutečnit část výzkumu. Dále děkuji všem participantům výzkumu za jejich čas a ochotu zúčastnit se výzkumu.

V neposlední řadě bych chtěla z celého srdce poděkovat svému partnerovi a rodině za jejich obrovskou podporu.

## **Abstrakt**

**Název práce:** Numerozita u dětí s Aspergerovým syndromem

**Autor práce:** Kateřina Klempířová

**Vedoucí práce:** Mgr. Michala Plassová

**Počet stran:** 90

Tato bakalářská práce je zaměřena na popis hrubého matematického odhadu u dětí s diagnózou Aspergerův syndrom pomocí kognitivních evokovaných potenciálů. V teoretické části je popsán Aspergerův syndrom, elektroencefalografie neboli EEG a kognitivní evokované potenciály, zkratkou nazývány ERP, které umožnily získat a popsat výsledná data. V neposlední řadě je popsána nesymbolická matematika, dále systémy podílející se na hrubém matematickém odhadu, jejich neuroanatomie, vývoj matematických schopností u dětí školního věku a numerozita u dětí s autismem.

V empirické části je popsána metodologie výzkumu, jehož cílem je popsat schopnost hrubého matematického odhadu u dětí s Aspergerovým syndromem. Výzkumu se účastnilo 6 subjektů ve věku 10-14 let. Data neurálního typu, získána pomocí elektroencefalografu, byla zpracována pomocí programu Matlab pomocí toolboxu EEGLab.

Do výsledné EEG i behaviorální analýzy bylo zahrnuto všech 6 subjektů. Výsledná analýza prokázala, stejně jako v předešlých výzkumech na toto téma, výraznou aktivitu v parietální oblasti. Bylo prokázáno, že u participantů, kteří v subtestu Počty v rámci Stanford Binetova inteligenčního testu dosahovali nadprůměrných výsledků, docházelo k rychlejšímu zpracování než u participantů s průměrnými výsledky v subtestu Počty. Z behaviorální analýzy je možné usuzovat na vztah mezi symbolickou a nesymbolickou matematikou. Výsledky ukazují, že u participantů nadprůměrně úspěšných v subtestu Počty dochází k rychlejšímu zpracování, tedy hrubý matematický odhad probíhá rychleji.

**Klíčová slova:** aproximální numerický systém, numerozita, elektroencefalografie, kognitivní evokované potenciály, Aspergerův syndrom

## **Abstract of thesis**

**Title:** Numerosity in children with Asperger syndrome

**Author:** Kateřina Klempířová

**Supervisor:** Mgr. Michala Plassová

**Number of pages:** 90

This bachelor thesis focuses on the description of a rough mathematical estimate in children with the diagnosis of Asperger's Syndrome using cognitive evoked potentials. The theoretical part describes Asperger's Syndrome, electroencefalography, also known as EEG, and cognitive evoked potentials, abbreviated as ERP that have allowed the acquisition and description of final data. Last but not least, asymbolical mathematics is described, as well as systems participating on rough mathematical estimate, their neuroanatomy, development of mathematical abilities in school children, and numerosity in children with autism.

The empirical part describes research methodology the objective of which is to describe the ability of rough mathematical estimate in children suffering from Asperger's Syndrome. Six subjects, aged 10 to 14 took part in the research. Data of neural type, obtained by an electroencefalogram, was processed by the Matlab programme, using the EEGLab toolbox. Both, the final EEG and behavioural analysis included all six subjects.

The final analysis has proved, as well as previous research following this topic, significant activity in the parietal area. It has been proved that participants who reached results above the average within the subtest of Figures Within the Stanford Binet Intelligence Test also proved faster processing than participants who reached average results in the Figures subtest. The behavioural analysis may allow a presumption of a relation between symbolical and nonsymbolical mathematics. Results have proven that participants successful above the average in the Figures subtest reach a faster processing, meaning that rough mathematical estimate happens faster.

**Key words:** approximate number system, numerosity, elektroencefalography, event. related potecials, Asperger syndrome

## Obsah

Úvod.....	10
I. Teoretická část.....	12
1 Aspergerův syndrom .....	13
1.1 Historický vývoj pojmu Aspergerův syndrom.....	14
1.2 Neurobiologický základ AS .....	17
1.3 Jednotlivé oblasti vývoje u lidí s AS.....	17
1.1.1 Intelekt u lidí s AS .....	17
1.1.2 Kognitivní úroveň.....	18
1.1.3 Představivost.....	18
1.1.4 Vývoj řeči .....	19
1.1.5 Sociální chování.....	19
1.1.6 Stereotypie a vyhraněné zájmy .....	20
1.1.7 Emoce .....	21
1.1.8 Tělesné projevy.....	22
1.1.9 AS v kontextu teorie mysli .....	22
1.2 Typy Aspergerova syndromu .....	23
1.2.1 Nízko funkční Aspergerův syndrom.....	23
1.2.2 Vysoce funkční Aspergerův syndrom.....	23
1.3 Rozdíl mezi AS a autismem.....	24
2 Elektroencefalografie .....	24
2.1 Funkce a zařízení EEG.....	24
2.2 Snímání EEG singálu .....	25
2.3 Popis EEG signálu.....	27
2.3.1 Popis EEG signálu u dětí a dospívajících .....	29
2.3.2 EEG signál u dětí s Aspergerovým syndromem.....	30

2.4	Artefakty .....	30
2.5	Evokované potenciály .....	31
2.5.1	Kognitivní evokované potenciály .....	32
3	Školní věk .....	35
3.1	Vývoj a zrání mozku .....	37
3.2	Vývoj kognitivních funkcí ve školním věku .....	38
3.2.1	Jean Piaget .....	38
3.2.2	Emoce .....	41
3.2.3	Socializace .....	41
3.2.4	Intelligence .....	42
3.2.5	Myšlení .....	43
3.2.6	Učení a paměť .....	44
3.2.7	Pozornost .....	44
3.2.8	Vývoj numerické kognice .....	45
4	Numerozita aneb nesymbolická matematika .....	46
4.1	Aproximální numerický systém .....	47
4.2	Neurální koreláty odhadu počtu .....	49
4.3	Numerozita a autismus .....	50
II.	Empirická část .....	52
5	Metodologie výzkumu .....	53
5.1	Výzkumné cíle a výzkumný problém .....	53
5.2	Výzkumné otázky .....	53
5.3	Hypotézy .....	53
5.4	Výzkumný soubor .....	54
6	Části výzkumu .....	55
6.1	Testování IQ .....	55



6.1.1	Popis testu .....	55
6.1.2	Postup testování .....	56
6.2	Experiment .....	57
6.2.1	Design experimentu .....	57
6.2.2	Průběh experimentu a jeho části .....	58
6.2.3	Popis měřicího přístroje .....	59
7	Zpracování EEG dat .....	59
7.1	Příprava dat a preprocessing (předpracování) .....	60
7.1.1	Downsampling .....	60
7.1.2	Filtrování.....	60
7.1.3	Channel location a re-referencování .....	60
7.1.4	Čistění dat a vyřazení elektrod.....	61
7.1.5	Programy ICA a MARA .....	61
7.1.6	Epochování a vytvoření výzkumné studie .....	62
8	Výsledky.....	62
8.1	EEG data .....	62
8.2	Behaviorální data .....	69
8.3	Souhrnné výsledky .....	70
	Diskuze .....	72
	Závěr .....	75
	Shrnutí.....	76
	Seznam literatury .....	77
	Seznam obrázků.....	84
	Seznam příloh .....	84
	Přílohy.....	85

## Úvod

Psychologie je obor, ve kterém jde výzkum poměrně rychle kupředu. Zkoumá lidskou duši a nahlíží na ni z různých úhlů pohledu. Neuropsychologie je obor, který propojuje zkoumání duše a mozku, propojuje tedy dva obory, a to neurovědy a psychologii. V rámci prvního zmíněného oboru vzniklo mnoho neurozobrazovacích metod a technik, díky kterým má mnoho vědců možnost zkoumat reakce mozku na všelijaké podněty. Postupně se těmito metodami začaly zkoumat i různé poruchy v rámci poruch autistického spektra.

Jedná se o velmi široké spektrum různých diagnóz. Spekuluje se ovšem, zda do této škály patří či nepatří Aspergerův syndrom. Jednoznačné však je, že se jedná o poruchu, v rámci které se mozek lidí vyvíjí atypicky a dochází tam k netypickému fungování některých oblastí mozku. Narušena je především oblast ve frontálním laloku, která má na starosti sociální fungování člověka.

Lidský mozek umí odhadnout například čas nebo délku. Jak je ale možné, že je tento odhad natolik přesný? Jak mozek funguje, když odhaduje? V této práci bude tomuto tématu věnována pozornost. Výzkum je zaměřený na matematický odhad u dětí s Aspergerovým syndromem.

Stejně jako je v různých výzkumech poznáván mozek je poznání zaměřeno také na Aspergerův syndrom. V rámci této práce bude snaha propojit obě dvě oblasti.

V teoretické části bude popsán Aspergerův syndrom a jeho aspekty, dále metoda, která bude v empirické části použita pro získávání dat – elektroencefalografie. Popsána bude též metoda analýzy dat, jedná se o evokované potenciály, které ukazují reakci na podnět v čase. Postupně se dostaneme také k popisu školního věku, což je období, ve kterém byly účastníci výzkumu. Poslední kapitola bude věnována popisu numerozity, což je schopnost nesymbolické matematiky, pod kterou spadá právě hrubý odhad. V této kapitole bude věnován prostor též oblasti mozku, které řídí odhad.

Cílem empirické části práce je popsat schopnost hrubého matematického odhadu u dětí s Aspergerovým syndromem a zjistit, zda je oslabení v sociální oblasti na úkor matematických dovedností mozku.

# **I. Teoretická část**

# 1 Aspergerův syndrom

Aspergerův syndrom patří mezi poruchy autistického spektra (Aurélie Bucaille et al., 2016). Tyto poruchy „...mají závažný dopad na formování osobnosti, vývoj a úroveň některých schopností člověka. Celoživotní deficit sociálně komunikačních dovedností významně ovlivňuje schopnost sociálního fungování člověka a tudíž jeho celkovou adaptabilitu na běžné životní situace.“ (Thorová & Šporclová, 2010, s. 116). Aspergerův syndrom má mnoho možných definic. Je definován jako neurobiologická porucha, při které dochází k sociálním změnám, potížím v komunikaci a omezení zájmů (Faradi & Khosrowabadi, 2017). Podle mezinárodní statistické klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů MKN-10 se jedná o pervazivní vývojovou poruchu, která je zde uvedena pod kódem F84.5. Zde je tato diagnóza popsána jako diagnóza s nejistou nozologií, to znamená, že u AS je nejisté zařazení (ÚZIS, 2018). Někteří autoři ho řadí mezi poruchy autistického spektra, považují ho za vysoce funkční autismus (Koyama, T. & Kurita, H., 2008), jiní považují Aspergerův syndrom za zcela samostatnou diagnózu (Faradi & Khosrowabadi, 2017). Podle MKN-10 (2018) je pro něj typická narušená schopnost orientovat se v sociálních situacích, stejně jako je tomu u autismu. Mezi další charakteristiky řadí autoři tohoto manuálu stereotypní, opakující se, omezené zájmy a aktivity. Vývoj řeči a kognitivních schopností není narušen (ÚZIS, 2018).

Symptomatika Aspergerova syndromu je velmi různorodá. Proto je u některých forem tohoto syndromu těžké odlišit hranici této diagnózy od sociální neobratnosti (Thorová, 2006). Větší důraz je kladen na projevy chování než na narušené jazykové dovednosti a schopnosti pohybové (Faradi & Khosrowabadi, 2017). Syndrom poprvé popsán Hansem Aspergerem (1944) má mnoho tváří. Na jedné straně se může jednat o jedince, kteří jsou považováni spíše za pasivní, bez problémového chování. Tito jedinci dokáží absolvovat i školní docházku bez větších obtíží a realizovat se v běžném životě, což zahrnuje například vedení partnerského života i fungování v zaměstnání. Na druhé straně spektra jsou jedinci projevující se problémovým chováním, potřebují asistenta ve škole nebo by měli navštěvovat školu speciální. Není pro ně úplně jednoduché vést běžný,

plnohodnotný život. Jejich povaha jim brání v navázání plnohodnotného partnerského vztahu a práci si za běžných podmínek buď nenajdou, nebo v ní selhávají, a to opakovaně. (Thorová, 2006). Lidé s AS preferují spíše rutinní život, ve kterém dochází k malým změnám, protože k nim mají nízkou toleranci (Hendrickx, 2010).

Děti s AS jsou většinou diagnostikovány později než děti mající autismus. Důvodem je normální vývoj jazyka a schopností sebeobsluhy. Diagnóza je většinou stanovena ve věku od 4 let do 11 let. Spodní hranice je dána především nástupem do školky, jedná se o období začleňování do kolektivu, kde začínají být patrné rozdíly (McPartland & Volkmar, 2013). Právě ve školce či škole na sebe děti s AS upozorní problémy zapojovat se do organizovaných aktivit, mnohdy nejsou schopny reagovat na společné pokyny a v neposlední řadě je pro ně problém navázat rovnocenný vztah s ostatními dětmi (Thorová, 2007). V některých kvalitativních studiích bylo zjištěno, že je diagnózu AS možné stanovit již před 26. měsícem. Zpětně si někteří rodiče vybavili změny v chování dětí již před 3. rokem života jejich dítěte (McPartland & Volkmar, 2013).

Mnozí autoři včetně McPartlanda a Volkmara (2013) se shodují, že častější je výskyt AS u chlapců než u dívek v poměru 9:1. Novější studie uvádějí poměr 4:1 a další odborníci hovoří o prevalenci 2:1. Všichni se však shodují, že je častější výskyt u chlapců než u dívek. Mezi pohlavími jsou v této diagnóze určité rozdíly. U chlapců je horší schopnost rozpoznat emoce z výrazu obličeje. Dívky vykazují lepší výsledky v teorii mysli (Faradi & Khosrowabadi, 2017).

## **1.1 Historický vývoj pojmu Aspergerův syndrom**

V roce 1944 byl medikem Hansem Aspergerem popsán syndrom, který nazval autistickou poruchou osobnosti, v originálu jako „autistic psychopathy“. Na čtyřech chlapcích popsal symptomy, kterými se vyznačuje tento syndrom. Sledoval u nich abnormální chování v sociální sféře, přes bohatě rozvinutou řeč se vyskytující určité zvláštnosti v komunikaci, chudé motorické dovednosti, vysoký intelekt a ulpívavé zájmy omezené na specifickou oblast (Thorová, 2007).

Popisoval zvláštní zájmy těchto chlapců jako maladaptivní, protože narušovaly jak učení v jiných oblastech, tak mohly dominovat v celém rodinném prostředí, ve kterém dítě vyrůstá (McPartland & Volkmar, 2013). Došel též k závěru, že jím stanovená diagnóza je častější u chlapců než u dívek a že k rozpoznání poruchy nedojde dříve než ve třetím roce života. Rok před Aspergerem popsal Kanner poruchu nazvanou jako dětský autismus neboli „early infantile autism“. Tyto dvě poruchy jsou si vzájemně velmi podobné a dodnes se diskutuje o tom, zda Aspergerův syndrom je jedním z typů autismu nebo zda je to samostatná porucha.

Lorna Wing, britská psychiatřka, navázala na práci Hanse Aspergera (1944) a v roce 1981 vydala článek, ve kterém popisuje téměř totožný syndrom jako on a popisuje jeho vztah k autismu (Klauber, 2004). Na jeho poznatekch stavěla a došla k určité modifikaci Aspergerova popisu syndromu (Wing, 1981). Wing právě jako první použila termín „Aspergerův syndrom“ a jako první popsala třídu postižení autismu, která se týká představitosti, komunikace a sociální interakce (Hendrickx, 2010). Zaměřila se na oblast řeči, neverbální komunikaci, sociální interakce, motorické dovednosti, dovednosti a zájmy, opakování aktivit, odolnost vůči změnám a zkušenosti ve škole. Řeč se dříve či později vyvine stejně jako u dětí zdravých, avšak dochází k záměnám druhé či třetí osoby za osobu první. Často rozvíjí dlouhé diskuze o jejich oblíbených předmětech, některé fráze se mohou opakovat stereotypně a může docházet i k vymýšlení vlastních slov. Pro osoby s Aspergerovým syndromem je velmi těžké rozeznat a interpretovat neverbální projevy druhých lidí. Co se týče vlastních gest lidí, jsou buď velmi omezená, nebo působí naopak nemotorně. Výraz ve tváři může být nic nevypovídající, pokud se nejedná o velmi silné emoce, jako je například hněv. Intonace v řeči bývá spíše monotónní. Schopnost porozumět sociálním interakcím je velmi omezená, což lidem znesnadňuje fungování ve společnosti, kde jejich chování působí zvláště. Bývá narušena schopnost intuitivně odhadnout potřeby druhých lidí a adekvátně na ně reagovat. Mezi zvláštní chování, které Wing popisovala, patří oční kontakt, gesta, změny v řeči, postoj těla, ale také například oblékání. Se sociální neobratností souvisí též schopnost komunikace s opačným pohlavním a navázáním partnerského vztahu. Může docházet k tomu, že si pravidla komunikace nastudují v knihách, a proto poté v komunikaci působí

nepružně. Často dochází k ulpívavému pozorování rotujících předmětů a k umístování předmětů na stejná místa. Motorika u dětí a dospělých s tímto syndromem se vyznačuje hrubými pohyby, což může značně ovlivňovat schopnost psát. Pohyby bývají nekoordinované, a chůze a postoje tak mohou vypadat zvláště. Jak Asperger, tak Wing zmiňují stereotypní pohyby končetin a těla. V oblasti dovedností a zájmů se u jedinců s výše popisovaným syndromem vyskytuje nadměrný zájem o jednu či dvě oblasti. Příkladem může být oblast dopravy, kdy se tito lidé naučí jízdní řády, kreslit mapy apod. nebo o geologii, historii Titanicu atd. O jimi vybrané oblasti si zjišťují a pamatují velmi podrobné informace. Ve školním prostředí mohou být děti přijaty a jejich neobvyklé chování je tak respektováno, může tomu však být i naopak. Asperger označoval děti s autistickou psychopatií za neuspokojivé studenty, protože sledují své vlastní zájmy a ignorují pokyny učitele.

Srovnání Aspergera a Wing: Lorna Wing popisuje další vývojové změny, které Asperger ve svém zkoumání neobsáhl. Během prvního roku života dochází k menšímu zájmu o ostatní a k menší snaze komunikovat s ostatnímu. Hra „na něco“ se příliš nevyskytuje a pokud ano, neustále se opakuje jedno či dvě témata. Ke hře si často neberou další děti, pokud nejsou ochotné řídit se jejich pravidly a stejnými vzorci chování. Ukazuje to též na stereotypizaci ve hře. Asperger říká, že řeč nebývá opožděná, ale chůze ano. Naopak Wing říkala, že chůze přichází podle vývojových předpokladů, ale že vývoj řeči je pomalejší. V řeči je znát její chudost, jsou znát určité naučené slovní obraty z knih či od ostatních lidí i navzdory velké slovní zásobě a schopnosti dobře využívat gramatiku. Asperger myslel, že v oblasti jejich zájmu vzniká větší kreativita a tvořivost. Avšak z následujícího výzkumu vyplynulo, že právě myšlenkové procesy lidí s tímto syndromem jsou ulpívavé, konkrétní, pedantské a omezené, ale se zachovaným logickým uvažováním. Asperger také tvrdil, že chlapci, které popisoval ve svém výzkumu, měli vysoké IQ, to však nepodložil žádnými testy. Zvláštní schopnosti lidí s AS jsou založeny na vynikající paměti (Wing, 1981).



## **1.2 Neurobiologický základ AS**

Příčiny AS jsou v chemických, strukturálních i funkčních abnormalitách mozku. Chemické změny nastávají v koncentraci neurotransmiterů, která je u lidí s AS vyšší (Oner, Devrimci-Ozguven et al., 2007). Dochází též k určitým změnám ve struktuře mozku. Popisovány jsou především změny v množství šedé a bílé hmoty. Na některých místech je jí větší či menší množství než u lidí bez diagnózy. Vyšší množství šedé hmoty je například v amygdale, hipokampu, prefrontální kůře a mozečku (McAlonan et al., 2008 in Ameis et al., 2011, Semrud-Clikeman & Fine, 2011 in Faradi & Khosrowabadi, 2017). Bílá hmota převládá například v bazálních gangliích či levé části prefrontálního laloku, menší množství je jí naopak například v corpus callosum a ve frontální oblasti (McAlonan et al., 2008). Celkově dochází k abnormálnímu vývoji bílé hmoty (Courchesne et al., 2003; Mak-Fan et al., 2013 in Meaux et al., 2014).

Jednou ze stěžejních změn v mozku u lidí s AS jsou abnormality ve frontálním laloku, se kterými souvisí teorie mysli, ve které děti s AS často selhávají (Clarke et al., 2016). U lidí s AS je narušena především sociální složka a mnozí autoři to připisují frontálnímu laloku a také limbickému systému (Ozonoff, Pennington, & Rogers, 1991).

## **1.3 Jednotlivé oblasti vývoje u lidí s AS**

### **1.1.1 Intelekt u lidí s AS**

Intelekt u lidí s AS je v normě (Thorová, 2006). Výzkum autora Bucaille a jeho kolegů (2016) se zaměřil na porovnání kognitivního profilu dospělých zdravých lidí a lidí s AS. Kognitivní profil byl zjišťován pomocí WAIS-R, WISC-III nebo WAIS-III. Celkově bylo zjištěno, že lidé s AS v porovnání se zdravými lidmi skórovali hůře, avšak jejich výsledky byly v normě (Bucaille et al., 2016). Faridi a Khosowaradi (2017) ve svém článku shrnují několik výzkumů zaměřujících se na kognitivní úroveň dospělých a dětí s AS a autoři všech výzkumů se shodují, že lidé s AS selhávají oproti lidem bez diagnózy

v performačních úkolech, a naopak vykazují vyšších hodnot ve verbální inteligenci.

### **1.1.2 Kognitivní úroveň**

Některé děti s AS začínají školní docházku s vyššími akademickými dovednostmi než jejich vrstevníci. Děti s tímto syndromem bývají často kognitivně velmi zdatné. Nejjednodušším způsobem, jak popsat kognitivní schopnosti dětí s AS, je zaměřit se na jejich popis v rámci školy, kde je jejich nadání nejlépe pozorovatelné. Velmi brzy je ve škole zjištěno, že děti mají dovednost zapamatovat si detaily a systematicky věci uspořádat. Jsou velmi zdatné v porozumění logického a fyzického uspořádání světa. Na druhou stranu jejich pozornost bývá na nižší úrovni. Dokáží být velmi snadno rozptýleny spolužáky ve třídě. Velmi výrazný je strach ze selhání. Pokud děti selhávají v sociálním zapojování, jejich akademické směřování se stává hlavním prostředkem dosažení vlastní sebeúcty a motivací ke školní docházce (Attwood, 2007).

Lidé s AS mívají buď sníženou, nebo zvýšenou funkci smyslových orgánů. Jsou tedy citlivější vůči různým typům podnětů než ostatní. Například se jedná o větší vnímavost vůči dotekům, vůním nebo jde o rozeznávání zvuků. Někdy to pro ně bývá hůře tolerovatelné (Hendrickx, 2010).

### **1.1.3 Představivost**

Problémy s představivostí se netýkají fantazie, která je často velmi bohatá. Týkají se především exekutivních funkcí a schopnosti empatie. Selhávají v plánování a rozhodování, ke kterým je potřeba představivost. Snížená bývá též schopnost kontrolovat a regulovat své chování (Thorová, 2007). Spadat sem může i černobílé vidění. To znamená, že mnohdy nejsou schopni vidět více řešení nebo náhledů na situaci, ale vidí maximálně jednu nebo dvě možnosti řešení (Hendrickx, 2010).

#### **1.1.4 Vývoj řeči**

Pro děti s Aspergerovým syndromem není typický opožděný vývoj. Tudíž opoždění ve vývoji řeči být může, ale nemusí (Thorová, 2006). U některých lidí tak může být řeč limitována nebo není vyvinuta vůbec (Hendrickx, 2010). Jisté však je, že kolem 5. roku je řeč v normě. Vývoj řeči u dětí s AS a typicky vyvíjejícím se dětem se liší průběhem vývoje. Často se děti s AS učí hovořit z paměti, využívají k tomu básničky, části textů z knih a kopírují mluvu dospělých. Jejich způsob řeči je tedy šroubovaný, mechanický a poněkud formální. Řeč má mnoho stránek a v tomto případě je nejvíce narušena stránka pragmatická. Souvisí se sociální neobratností lidí s diagnózou AS, obsah řeči u nich není příliš v souladu se sociální situací. Projevuje se to pedantstvím v mluvě, ulpívání na určitých tématech, vykřikováním nesouvislých vět apod.

Mnoho dětí je však řečově tak nadaných, že jsou schopny psát i básně či knihy plné příběhů (Thorová, 2006). Problém nastává ve zpracování významu metafor (Hermann et al., 2013 in Faradi & Khosrowabadi, 2017). Stejně tak dochází i k problému v porozumění sarkasmu (Smucker, 2011).

#### **1.1.5 Sociální chování**

Na první pohled nemusí být zřetelný rozdíl mezi dítětem s AS a jeho zdravým vrstevníkem, ovšem při delším pozorování jsou určité rozdíly viditelné, a to především v chování (Thorová, 2007). Pro jedince s diagnózou AS je obtížné porozumět pravidlům sociálního chování, proto je pro ně nelehké zařadit se do kolektivu vrstevníků (Thorová, 2006). Lidé s AS mají potíže ve čtení neverbálních projevů, do kterých spadá výraz tváře, jazyk těla aj. (Hendrickx, 2010). Mnoho slovních výroků berou doslovně, což poté může vést k chování, které je společností hůře přijatelné.

Blízké přátelství je něco, co navazují s velkými obtížemi nebo o ně ani příliš nejeví zájem. Mezi důvody, které na to mohou mít vliv, patří například neschopnost rozeznat potřeby druhých lidí, touha hrát si spíše o samotě; jsou zaměřeni spíše egocentricky, nemají schopnost empatie. Jejich schopnost adaptability je snižena. Jak již bylo zmíněno, rád je pro ně něco, čemu mohou

porozumět, v čem nejsou ztraceni. Proto jsou pro ně jakékoliv změny velmi obtížně zpracovatelné a reakce na ně je značně nepružná (Thorová, 2006). „*Těžké afektivní stavy, agrese a destrukce nebo naopak pasivita či odmítání řady činností mohou vyvěrat z masivní nejistoty a tenze, kterou přináší chronické nechápání situací, ve kterých se ostatní lidé tak lehce orientují.*“ (Thorová, 2007). Mnoho lidí netuší, že za na první pohled působící drzostí, sobeckostí či nevychovaností se skrývají nedostatečně vyvinuté psychické funkce nesoucí zodpovědnost za řízení chování v sociálních situacích, plánování a organizování činnosti (Thorová, 2007). Pro AS je typické opakování nevhodné strategie při navazování kontaktu s ostatními (Thorová, 2007).

#### **1.1.6 Stereotypie a vyhraněné zájmy**

AS je typický stereotypními a obsesivními zájmy (Faradi & Khosrowabadi, 2017). Zájmy bývají velmi úzce vymezeny a jejich množství je oproti jejich vrstevníkům omezené (Thorová, 2007). Postoj k těmto zájmům je ulpívavý. Středem zájmu dětí s AS je vše, kde se nachází určitý řád, vizuální symetrie nebo jasně daný systém (Thorová, 2007). Okruh zájmů, které jsou charakteristické pro děti s AS, je velmi široký. Od zájmů nefunkčních a v běžném životě nepoužitelných až po zájmy užitečné.

Objevují se stereotypní autostimulační činnosti, kterými bývají nenáročné pohyby, sledování určitých předmětů (světlo), manipulace či projevy vokální, např. vydávání různých zvuků. Tyto aktivity bývají využívány především k relaxaci nebo naopak k aktivizaci vlastního nervového systému. Často bývají patrné při prožitku silné emoce. Výjimkou není ani sebezraňující autostimulační chování, např. bouchání hlavou, štipání se, škrábání kůže apod. (Thorová, 2006).

Speciální zájmy se vyhraňují již ve věku dvou nebo tří let (Attwood, 2007). Pozornost je upřena především na aktivity či oblasti, ve kterých je patrný určitý řád nebo opakovatelnost (Thorová, 2006). Nejčastější oblastí zájmu jsou typy objektů, které se točí, manipulace se světlem apod. Velmi úzce může být kromě sledovaného objektu též lpění na konkrétních tématech, o kterých mají zjištěny všechny informace (Attwood, 2007). Děti s AS se velmi často zajímají například

o encyklopedie, jízdní řády, mapy, počítače, dopravní prostředky, programování, čísla a spoustu dalších. Velkou oblibu nachází v memorování různých informací, reklam či textů. Jejich úzce vymezené zájmy se projevují i v kresbě, která odpovídá konkrétnímu zaměření dítěte.

Rituály jsou pro jedince s AS velmi typické. Netýkají se pouze jich samých, ale vyžadují je také po druhých. Týkají se jak činností, tak řeči (Thorová, 2006)

Úzce vymezené zájmy mají mnoho funkcí, mezi něž patří zmírnění úzkosti. Dále slouží k relaxaci, poskytují potěšení, pomáhají porozumět okolnímu světu, umožňují získat určitou jistotu a předvídatelnost v běžném životě, v neposlední řadě jim ulehčují komunikaci (Attwood, 2007).

### **1.1.7 Emoce**

Emoční vyspělost dětí s AS je obvykle o tři roky opožděná oproti jejich vrstevníkům (Attwood, 2007). Schopnost projevovat a vyjadřovat své emoce vhodným způsobem je u lidí s AS snížena. Neznamena to však, že by měli sníženou schopnost emoce prožívat, mnohdy je tomu právě naopak a nálada může být proměnlivá (Thorová, 2007).

Velmi typické je podceňování a odsuzování sebe samého (Thorová, 2006). U lidí s AS bývají časté též poruchy nálad zahrnující depresi, úzkostnou poruchu a bývá snížena schopnost projevit lásku nebo problém je naopak v řízení agresivních tendencí (Attwood, 2007). Některé reakce na nepodstatné podněty bývají velmi impulzivní. Agrese směřuje k jejich vlastní osobě, někdy i k okolí (Thorová, 2007). Podle Thorové má většina lidí s AS značné obtíže při popisování vlastních emocí i emocí druhých lidí. Emoce jimi mohou být prisuzovány také velmi konkrétním situacím, nejtypičtěji vztažené k nim samotným. Stejně jako v sociálních projevech se zvláštnosti nacházejí také v emoční sféře. Často se smějí věcem, které přijdou vtipné pouze jim. Strach prožívají v různé intenzitě a často bývá vztažen k určitým zvukům, druhům zvířat apod.

Výjimkou není ani úzkostnost. Jak je již zmíněno výše, stejně jako AS samotný má dva póly, tak i tato dvě spektra se týkají emocí. Na jedné straně jsou tací, kteří jsou spíše pasivní a emoce příliš neprojevují a působí až bezbranným

dojem. Na druhé straně jsou tací, kteří dokáží velmi důrazně projevit například hněv (Thorová, 2006). Děti s AS mají rychlejší a přesnější reakce na radostné obličej (Wong, Beidel, Sarver & Sims, 2012) a nejsou příliš schopni hovořit o svých emocích (Frith, 2004).

### **1.1.8 Tělesné projevy**

Nejen myšlenkové procesy jsou u lidí s AS odlišné, rozdíly mohou být též v pohybových projevech (Attwood, 2007). Motorika u dětí s AS je celkově zhoršená stejně jako vizuální vnímání pohybů (Price, Shiffrar & Kerns, 2012). Některé pohyby mohou působit nekoordinovaně, mohou postrádat určitou plynulost a potíže mohou být i s rovnováhou. Nejzřetelnější je tento deficit při běhu. O něco náročnější může být pro děti s AS jízda na kole, bruslení apod. Ve škole může nastat problém s psaním či použitím nůžek (Attwood, 2007).

### **1.1.9 AS v kontextu teorie mysli**

*„Teorie mysli (duševních stavů) je specifická kognitivní schopnost, která umožňuje vytvářet systém úsudků a názorů o duševních stavech, které nelze přímo pozorovat (na co člověk myslí, co cítí, po čem touží, o čem je přesvědčen, čemu věří, co zamýšlí).“* (Hrdlička & Komárek, 2004, s. 26). K jejímu plnému vyvinutí dojde okolo 4. roku života (Hrdlička & Komárek, 2004). Lidé s AS mívají potíže se čtením z pohledu druhých lidí. Berou doslovně výpovědi ostatních. Bývají považováni za drzé a hrubé. Dochází ke značnému opoždění ve vývoji schopnosti dosáhnout kompromisu, řešení konfliktu či schopnosti někoho přesvědčit. Nejsou schopni introspekce a často mají snížené sebevědomí. Nedokáží odhadnout, kdy něco může být považováno za trapné nebo nevhodné. Často se u nich projevuje touha po sociální izolaci (Attwood, 2007).

## **1.2 Typy Aspergerova syndromu**

Existují dva typy Aspergerova syndromu, které se rozlišují podle úrovně adaptability. Velkou roli ve fungování člověka s AS má výchovný a pedagogický přístup (Thorová, 2006).

### **1.2.1 Nízko funkční Aspergerův syndrom**

Podle Thorové (2006) je pro nízko funkční Aspergerův syndrom typické problémové chování, které zahrnuje především negativismus, nesnadnou výchovnou usměrnitelnost, lpění na rituálech u sebe i u ostatních, pohybové stereotypie, nepřiměřené emoční reakce, kam patří destruktivní chování, a typická je i nízká frustrační tolerance. Z oblasti socializace a komunikace je nutné zmínit navazování kontaktu s druhými osobami, aniž by na ně brali ohled, agresivita, neochota spolupracovat směřující až k ignoranci, typická je též sociální izolace a odmítání navazování kontaktu s druhými lidmi a nepřetržité pokusy o testování hranic. Dále je typický emoční odstup až chlad, mohou být hyperaktivní, vyskytnout se mohou i poruchy pozornosti; intelekt bývá v pásmu podprůměru a objevuje se i těžká dyspraxie.

### **1.2.2 Vysoce funkční Aspergerův syndrom**

Mezi znaky nízko funkčního Aspergerova syndromu patří sociální naivita, značná pasivita, jsou však schopni spolupráce. Emoční odezva bývá mírně odlišná. Nevyskytuje se problémové chování. Intelekt je v pásmu průměru až nadprůměru. Jejich vyhraněnost v zájmech není tolik ulpívavá a jsou schopni a ochotni věnovat se i zájmům jiným. Typická je též sociálně-emoční vzájemnost. Do budoucna má lepší prognózu vysoce funkční AS.

## **1.3 Rozdíl mezi AS a autismem**

O rozdílu mezi vysoce funkčním autismem a Aspergerovým syndromem se spekuluje. Nikdo si není moc jistý, zda je mezi nimi rozdíl nebo zda se jedná o tutéž diagnózu (Hendrickx, 2010).

Ve výzkumu zaměřeném na kognitivní profil lidí s AS bylo zjištěno, že děti s AS skórují výše ve verbální inteligenci oproti performační inteligenci, než je tomu u dětí s vysoce funkčním autismem. Děti s vysoce funkčním autismem tedy skórovaly výše v performačním IQ. Autoři došli k závěru, že to bylo proto, že u dětí s autismem byla nevýhoda v jazykové stránce. Nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl v kognitivním profilu zdravých lidí a lidí s AS (Bucaille et al., 2016).

Další výzkum zaměřený na porovnání kognitivního profilu dětí s vysoce funkčním autismem, Aspergerovým syndromem a typicky se vyvíjejících dětí došel k závěru, že mezi těmito skupinami nebyl v celkové hodnotě IQ nalezen žádný statisticky významný rozdíl. Celkově však děti s AS skórovaly v testu WISC-III přibližně stejně jako zdravé děti. Vykazovaly však vyšší skóre než děti s vysoce funkčním autismem (Planche & Lemonnier, 2012).

## **2 Elektroencefalografie**

### **2.1 Funkce a zařízení EEG**

V roce 1929 byla Hansem Bergerem objevena neurozobrazovací metoda zvaná elektroencefalografie (EEG). Elektroencefalografie je neinvazivní metoda sloužící k zachycení bioelektrické aktivity mozku, která vzniká při jakékoliv jeho činnosti. Tento elektrofyziologický postup umožňuje pomocí elektrod snímat potenciálové vlny z povrchu hlavy, tedy skalpu (Kulišťák, 2003). EEG je jako metoda využívána jak v klinické praxi, kde umožňuje diagnostiku a sledování poruch, jako je například epilepsie, poruchy spánku, intoxikace či různých forem encefalitid, tak ve výzkumné oblasti, kde umožňuje sledovat aktivitu mozkových struktur jak ve stavech normálních, tak patologických (Seidl, 2015).



EEG může být jak intrakraniální, tak extrakraniální (Tatum, 2007). Intrakraniální elektroencefalografie umožňuje snímání hlubokých oblastí (např. amygdala nebo hipokampus) mozku pomocí implantovaných jehlových elektrod zavedených neurochirurgem a může tak být diagnostikována dysfunkce v konkrétní části mozku (Seidl, 2015). Extrakraniální encefalografie umožňuje širší zmapování elektrické aktivity mozku v obou hemisférách (Tatum, 2007).

Přístroj, který umožňuje elektroencefalografii, se nazývá elektroencefalograf. Záznam, který je získán pomocí EEG přístroje, je elektroencefalogram, ve kterém jsou znatelné bioelektrické signály (Martin, 1998).

Elektroencefalograf se skládá z elektrod, hlavice přístroje EEG a aparátu EEG. Vlastní aparát EEG přístroje se skládá ze zesilovače a filtrů (Vojtěch, 2005). Funkční aktivita mozku je velmi malá, řádově se hovoří o miliontinách voltů (Seidl, 2015). Pro její zesílení slouží právě zesilovač, který umožňuje aktivitu registrovat a sledovat ji na obrazovce počítače (Hosák, Hrdlička & Libiger, 2015). „Úkolem zesilovačů v EEG je snímání a zesílení rozdílu elektrických potenciálů mezi dvěma elektrodami zapojenými na jejich vstup.“ (Vojtěch, 2005, s. 209). Zesilovače jsou zde dva - předzesilovač, který se nachází v části záznamového přístroje, kde jsou zapojeny jednotlivé kabely vedoucí k elektrodám, a další zesilovač je přímo v přístroji samotném (Hosák, Hrdlička & Libiger, 2015). Signál je v zesilovačích zesílen a následně při výstupu jsou filtrovány nežádoucí frekvence – dojde k jejich odstranění (Vojtěch, 2005).

## 2.2 Snímání EEG signálu

Součet všech elektrických dějů snímaných elektrodou se nazývá EEG signál. Tento signál je snímán pomocí elektrod rozmístěných na povrchu hlavy (Rozman, 2006). Je snímán rozdíl mezi dvěma elektrodami. To znamená určitou elektrodou a elektrodou referentní (Vojtěch, 2005).

Vlastní elektrody využívané ke snímání signálu musí být vyrobeny z vhodného vodivého materiálu a musí být nepolarizované, což umožňují kovy, na jejichž povrchu je zlato, platina nebo chlorid stříbrný. V tomto případě se musí využívat

těž roztoky, které snižují odpor elektrod, např. elektrodové pasty nebo gely (Vojtěch, 2005).

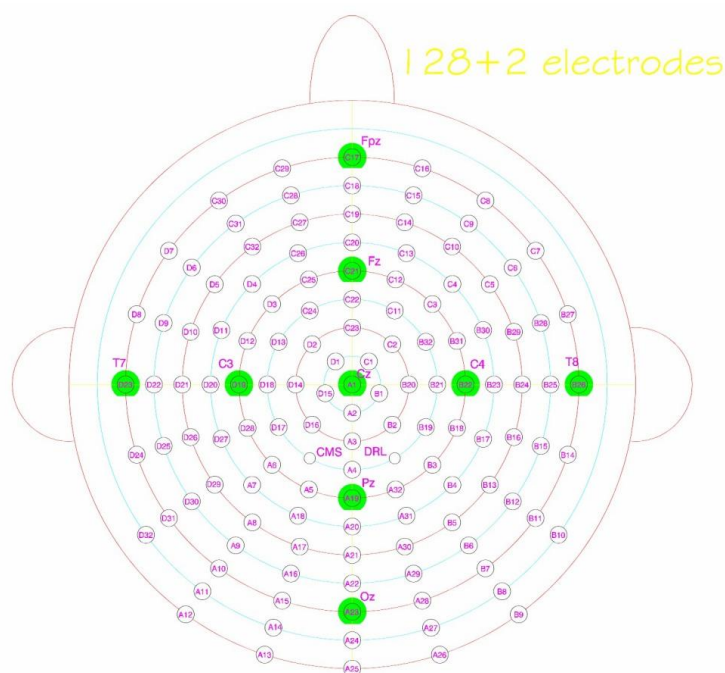
Existuje více druhů elektrod. Je možné je rozdělit na invazivní (kortikografické a hloubkové), semiinvazivní a neinvazivní (skalповé). Tyto posledně jmenované budou v této kapitole popsány nejpodrobněji. Invazivní elektrody jsou implantovány do mozku pomocí kraniotomie. Semiinvazivními elektrodami je snímána elektrická aktivita z temporálního laloku a důležitým znakem je to, že není nutné narušení lebky jako v případě invazivních elektrod.

Neinvazivní elektrody neboli skalповé elektrody mají podobu kovových misek, jejichž průměr je 4–10 mm. Elektrody jsou spojeny izolovaným vodičem se vstupem EEG přístroje (Vojtěch, 2005).

Existuje více způsobů, jak připevnit elektrody na skalp. Jedním z nich je použití kolodia, který umožňuje získání záznamu s menším množstvím artefaktů. Jinou možností je vodivá pasta nebo gel, která umožňuje dobrou elektrickou vodivost a vhodně fixuje elektrodu. Na skalp se tak nanese pasta, do které se vtlačí elektroda. Další možností je využití elektrodových čepic nebo pásů.

Jednotlivé snímací elektrody jsou pojmenovány různými písmeny podle toho, k jaké oblasti mozku přes skalp přiléhají. Například: F – frontální lalok, P – parietální lalok, O – okcipitální lalok a C – centrální část mozku. Lichá čísla označují levou stranu hlavy a sudá čísla pravou stranu (Vojtěch, 2005).

Pro rozmístění již zmíněných elektrod se využívá systém „10–20“. Tato čísla vyjadřují vzájemnou vzdálenost jednotlivých elektrod určenou pomocí jednotlivých výčnělků na lebce. Tyto vzdálenosti jsou rozděleny na 10 % a 20 % (Rozman, 2006). Tato vzdálenost je měřena od kořenu nosu po týlní hrbol (Faber, 1997) a určuje rozmístění základních jednadvaceti elektrod a jedné zemnicí elektrody (Vojtěch, 2005).



Obrázek č. 1: rozložení elektrod použité ve výzkumné části

<https://www.biosemi.com/headcap.htm>

## 2.3 Popis EEG signálu

V rámci elektrického signálu snímaného ze skuplu rozlišujeme čtyři, popřípadě pět základních typů vln (Martin, 1998). Frekvenční pásmo zobrazuje, kolikrát za sekundu se vlna objeví, tzn. že tato metoda umožňuje sledovat proměnu mozkové aktivity v čase. Vlny, které jsou odrazem elektrické aktivity mozku, mají různou frekvenci a amplitudu, tzn. výšku a šířku (Sternberg, 2002). Frekvencí je vyjádřen počet vln opakujících se za 1 sekundu. Je vyjadřována v hertzech. Amplituda je udávána v mikrovoltech. Mají sinusoidní tvar (Vojtěch, 2005).

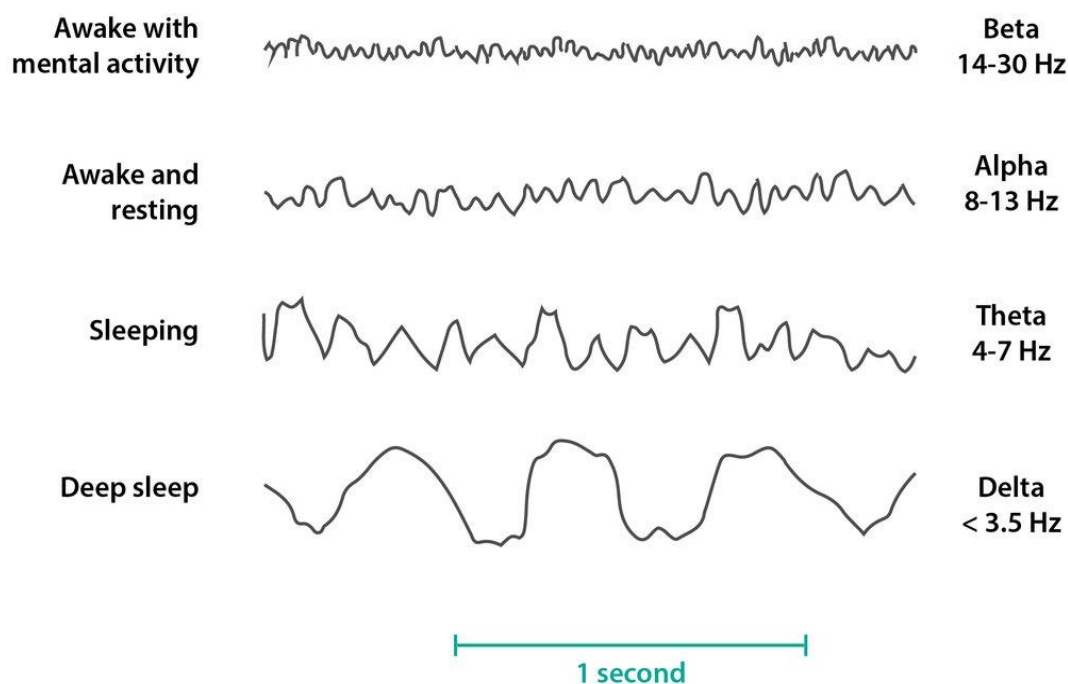
Mezi základní typy aktivit mozku patří *alfa* (8–13 Hz), *beta* (14–30 Hz), *theta* (5–7 Hz) a *delta* (<4 Hz). Frekvence *alfa* aktivity se pohybuje mezi 8–13 Hz, nejčastější hodnota je kolem 10 Hz (Michel, 2009).

*Alfa* vlna se objevuje tehdy, když se člověk nachází v relaxovaném, ale bdělém stavu. Například je-li vzhůru, ale má zavřené oči (Kulišťák, 2003). Alfa rytmus se nachází nad celým povrchem mozku, nejvíce se však zobrazuje

v okcipitální a frontální oblasti mozku, protože je závislý na zrakové aktivitě (Seidl, 2015; Berlitz, 2007). Amplituda alfa rytmu je 20–80  $\mu\text{V}$  (Vojtěch, 2005). *Beta* rytmus se objevuje tehdy, má-li člověk otevřené oči. Největší aktivitu projevuje nad čelními tedy frontálními laloky (Berlitz, 2007). Beta vlna se může vyskytovat i při zavřených očích, a to u lidí neklidných či úzkostných (Seidl, 2015) Amplituda beta vln je menší než 20  $\mu\text{V}$  (Vojtěch, 2005), někdy se uvádí 10–30  $\mu\text{V}$  (Seidl & Obenberger, 2004). *Théta* se vyskytuje ve frekvenci 5–7 Hz a amplitudě do 15  $\mu\text{V}$ . Normální théta vlna může být zaměněna s patologickou théta vlnou, která se svou podobou blíží zpomalující aktivitě alfa vlny, jež se objevuje například při krvácení do mozku (Michel et al., 2009). Tento rytmus je běžný v temporální oblasti či u starších lidí. Pokud je však její výskyt zvýšený, považuje se za patologickou. Dříve byla *delta* vlna spojována s patologií související s nádorem v mozku, avšak postupem času se delta vlna začala spojovat se spánkem nebo nastupovala při užití anestezie (Michel et al., 2009). Frekvence delta vln je 1–3,5 Hz a běžně se vyskytují ve spánku.

EEG záznam dospělých je odlišný od záznamu dětí, u kterých je běžný delta rytmus. Později se objevuje théta a až kolem 18. roku se objeví alfa rytmus, který je typický pro dospělého člověka (Seidl, 2015).

EEG křivka je záznamem frekvencí a amplitud jednotlivých vln. V rámci EEG křivky popisujeme málokdy se vyskytující vlnové tvary, tzv. grafoelementy. Jedná se o artefakty, viz kapitola 2.6. Grafoelementy jsou fyziologickou aktivitou mozku, která se může objevit v určitých vlnách s názvem „K“ vlny, objevující se například ve spánku, vertexové vlny nebo spánková vřetena (Rozman, 2006). K-komplexy jsou delší a méně ostré než vertexové vlny a je možné je vyvolat například akustickými podněty. Spánková vřetena mají frekvenci mezi 11–15 Hz. Vertexové vlny opakující se nepravidelně se vyskytují maximálně dvě za sekundu (Vojtěch, 2005). Jsou to základní úseky, na které je záznam možné rozdělit. Kromě amplitudy a frekvence je u jednotlivých grafoelementů popisována také symetrie, synchronie, rytmicitá, periodicitá, perzistence, reaktivita, tvar, distribuce a šíření (Hosák, Hrdlička & Libiger, 2015).



Obrázek č. 2: popis základních typů EEG vln

<https://www.firstclassmed.com/articles/2017/eeg-waves>

### 2.3.1 Popis EEG signálu u dětí a dospívajících

EEG záznam dospělých je odlišný od záznamu dětí, u kterých je do určitého věku běžný delta rytmus, později se objevuje théta a až kolem 18. roku se objeví alfa rytmus typický pro dospělého člověka (Seidl, 2015)

Postupně dochází k myelinizaci jednotlivých oblastí mozku, například k myelinizaci spojů mezi frontální a okcipitální oblastí dochází až do 30. roku věku (Seidl & Obenberger, 2004).

Od jednoho do tří let se theta aktivita mění na alfu s nižší frekvencí. Ve dvou letech je frekvence alfy 6-7 Hz a ve třech letech 7-9 Hz.

Po třech letech věku je dominantní vlnou alfa, která je v zadní části mozku přerušována theta vlnami, jejíž amplituda je vyšší než v adolescenci nebo dospělosti.

V období školního věku, tedy od šesti do dvanácti let... V jedenácti letech aktivita v zadní části mozku stoupne na 11 Hz. V šesti letech je v zadní části mozku stále přítomna pomalá aktivita, ve dvanácti letech pomalu začíná mizet

(Eisermann et al., 2013). Kolem osmého roku věku už delta rytmus vymizí. Výskyt delta vlny u starších dětí je abnormální (Nair).

Ve věku od třinácti do dvaceti let, tedy v období adolescence se vyskytuje v porovnání s mladšími dětmi alfa aktivita o frekvenci 10 Hz a nižší amplitudou. Beta aktivita je pozorována ve frontální oblasti. Na začátku adolescence dochází při ospalosti k výpadkům alfy a střídá se její pomalá a rychlá aktivita (Eisermann et al., 2013).

### **2.3.2 EEG signál u dětí s Aspergerovým syndromem**

Děti patřící do skupiny poruch autistického spektra vykazují odlišné vzorce mozkové aktivity. Nižší je především aktivita vln alfa, delta a theta. (Dawson et al., 1995). Aktivita beta a gama je zvýšená (Orekhova et al., 2007 in Clarke et al., 2016). Mnoho výzkumů se zajímá o to, zda jsou v určitých oblastech mozku odlišnosti v mozkové aktivitě u dětí s autismem oproti zdravě se vyvíjejícím dětem. Ukazuje se, že děti s autismem mají oslabené frontální a temporální oblasti. Rozdíly byly znatelnější v levé hemisféře (Sutton et al., 2005). V levé hemisféře byly také zaznamenány vyšší frekvence vlny napříč všemi vlnami než u dětí zdravých a snižená aktivita hemisféry pravé (Stroganova et al., 2007; Coben et al., 2008). Clarke et al. (2016) zjistili, že alfa a beta aktivita se od zdravě vyvíjejících se dětí neliší a dále bylo zjištěno, že delta i theta jsou vyšší napříč všemi oblastmi v mozku.

## **2.4 Artefakty**

Jako artefakty jsou označovány nežádoucí signály, které mohou vést ke změnám v měření a chybné interpretaci. Mezi nejběžnější typy artefaktů patří oční pohyby, srdeční činnost nebo svalová aktivita. Většinou jsou jasně odlišitelné od EEG aktivity. Artefakty je možné rozdělit do dvou hlavních skupin. A to na artefakty *fyzilogické* (neboli *biologické*) a *technické* (Urigüen & Garcia–Zapirain, 2015).

Technické artefakty mohou být způsobeny špatným zapojením elektrod nebo špatnou funkcí EEG přístroje. Takové artefakty jsou výrazně odlišné od běžného záznamu (Vojtěch, 2005). Mohou být redukovány správným zapojením elektrod či provedením záznamu v kontrolovaném prostředí (Urigüen & Garcia-Zapirain, 2015). Mezi technické artefakty je možné zařadit i artefakty interferenční (Vojtěch, 2005). „...*Vznikají záznamem elektrické interference z bližšího či vzdálenějšího okolí EEG přístroje.*“ (Vojtěch, 2005, s. 358). Artefakt vzniklý působením elektrického proudu má frekvenci 50 Hz. Mezi interferenční artefakty je možné zařadit též zvonění telefonu, manipulace se světlem apod. (Vojtěch, 2005).

Biologické artefakty vychází z jedince, jenž je podroben měření. Sledují se artefakty z očních pohybů, ze srdeční činnosti, dentální činnosti nebo artefakty vycházející z pohybové činnosti. *Oční artefakty* vznikají mrkáním či jiných pohybů očí. Bývají zachyceny nejčastěji frontálními elektrodami. Jedná se o symetrické artefakty (Vojtěch, 2005). Pro jejich snímání je důležité, jakým směrem se oči pohybují a vzdálenost elektrod od očí (Urigüen & Garcia-Zapirain, 2015). *Svalové artefakty* se vyznačují ostrým tvarem, trvají krátkou dobu a svého maxima dosahují ve frontální a temporální oblasti. *Pohybové artefakty* se objevují ve většině nebo ve všech elektrodách. Například pohyb hlavou je zaznamenán všemi elektrodami. Těmto artefaktům je možné předejít požádáním člověka, který je podroben měření, aby se během záznamu nehýbal. Mezi pohybové artefakty je možné zařadit též artefakty vznikající polykáním, mluvením, škytáním či pohyby jazyka (Vojtěch, 2005). Nepříznivě se v záznamu projevuje též pocení a pohyby hrudníku (Urigüen & Garcia-Zapirain, 2015). *Artefakty ze srdeční činnosti* se vyznačují svou pravidelností a tvarem. Často jsou snímány elektrodami na uších. *Dentální artefakty* mají ostrý tvar hrotu a vznikají například, pokud má člověk zubní výplně z různých kovů (Vojtěch, 2005).

## **2.5 Evokované potenciály**

Evokované potenciály jsou jinak nazývány také jako „event related potentials“ a poskytují informace o procesech a funkcích kognitivního rázu

(Slavičková et al., 2010). „*Evokované potenciály jsou diskrétní, systematické změny elektrické aktivity nervového systému vyvolané zpracováním a odpovědí na zevní podnět.*“ (Zani a Proverbio, 2002 in Slavičková, Brunovský & Mohr, 2010, s. 34). Kaňkovský & Dufek (2000) popisují evokované potenciály jako změnu v elektrickém napětí v nervové tkáni ve chvíli, kdy je podrážděn receptor a dochází k průběhu signálu do příslušných kortikálních a subkortikálních oblastí.

Principem je monitoring odpovědí na určité druhy stimulů, které jsou dále zpracovávány počítačem. Zpracování počítačem následuje proto, že amplitudy jednotlivých odpovědí na stimuly jsou velmi malé a zanikají v celkovém EEG signálu. Počítač zprůměrnuje hodnoty a díky tomu je odstraněna nežádoucí EEG aktivita (Seidl & Obenberger, 2004).

Existují evokované potenciály zrakové (VEP), sluchové (BAEP), somatosenzorické (SEP), motorické (MEP) a kognitivní (Kaňkovský & Dufek, 2000).

K pozorování zrakových evokovaných potenciálů je využívána monokulární zraková stimulace, která probíhá přesně frekvenčně vymezenými stimuly, kterými je střídání černých a bílých polí (Seidl & Obenberger, 2004). Dochází ke stimulaci neuronů v kůře okcipitálního laloku. U zrakových EP se hodně objevuje vlna P100 a N100 (Kaňkovský & Dufek, 2000).

Stejně jako zrakové se i sluchové EP pozorují pomocí monokulární stimulace. U somatosenzorických se impulzy stimuluje periferní nerv. U motorických EP dochází k transkraniální magnetické stimulaci a pozorování reakcí eferentních motorických drah. Sleduje se doba odezvy mezi stimulem a reakcí.

### **2.5.1 Kognitivní evokované potenciály**

Kognitivní EP jsou spojeny s pozorováním kognitivních funkcí. Stimuly bývají senzorického rázu a je sledována latence odpovědi (Seidl & Obenberger, 2004). Evokované potenciály odráží aktivitu mozku při kognitivním zatížení. Stimuly bývají vizuální, auditivní nebo kombinované. Vyskytují se zde vlny P300, P600, N400, CNV, MMN atd.



### **P300**

Vlna P300 neboli P3 je zatím nejprozkoumanější vlnou z evokovaných potenciálů (Slavíčková, Brunovský & Mohr, 2010). „*Jedná se o potenciálový komplex pozitivních a negativních vln s dominantní pozitivitou o latenci cca 300 ms od okamžiku stimulace.*“ (Cigánek, 1991 in Slavíčková et al., 2010, s. 35)

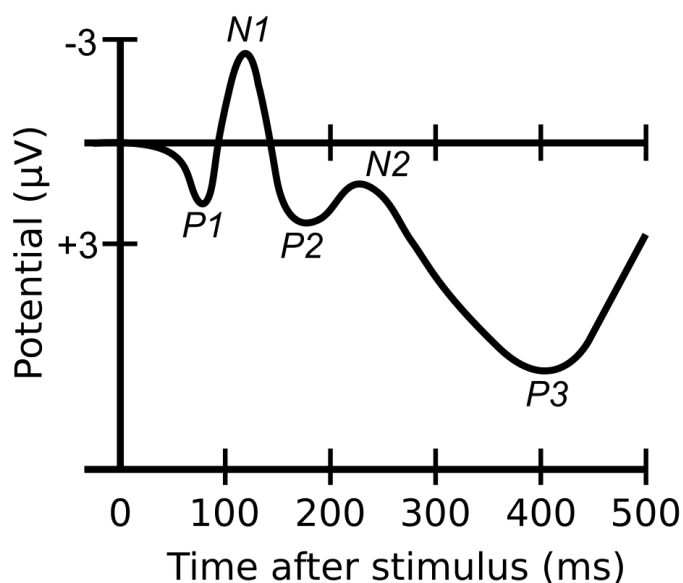
„*Vlna P3 (někdy nazývána P300), která je v podstatě jediným standardizovaným neurofyziologickým nástrojem k evaluaci kognitivních funkcí. Vlna P3 je někdy označována za neurofyziologický korelát určitých kognitivních funkcí, snad za korelát správné detekce či rekognoskace podnětu a za jeho zařazení do určitých souvislostí.*“ (Kaňkovský & Dufek, 2000, s. 122). V rámci stimulace kognitivní odezvy se vyskytuje vlna P300, která je nejvýraznější, ale také vlna N100, N200, P100, P200 a někdy i N400. Vlna P3 svůj název získala podle doby, do které mozek na stimul zareaguje, což je 300 ms. Bylo však zjištěno, že latence reakce je delší než 300 ms.

Ve vlně P300 může dojít také k určitým abnormalitám. Amplituda může být snížena, když dochází k poklesu pozornosti kvůli únavě nebo stáří. Latence může být prodloužena v důsledku kognitivní poruchy (Slavíčková et al., 2010). Vizuální a auditivní kognitivní evokované potenciály jsou studovány současně (Kaňkovský & Dufek, 2000).

**Vizuální kognitivní evokované potenciály – P300.** Stejně jako sluchové kognitivní EP vznikají i vizuální postupnou stimulací korových oblastí jednotlivých částí mozku. V rámci vlny P3 byly identifikovány oblasti mozku, kde je vlna generována. Jedná se o kortikální struktury laloku parietálního, temporálního, frontálního a subkortikální oblast v thalamu. Latence vlny P3 záleží na obtížnosti úkolu, na který člověk zaměřuje svou pozornost. Mívá latenci kolem 400–550 ms (Kaňkovský & Dufek, 2000).

**Auditivní kognitivní evokované potenciály – P300.** Existuje více paradigmat, která jsou používána k zobrazení P300. Nejznámější je paradigma „odd ball“, „go – no go“ a mismatch. První z nich je založeno na předvádění dvou

zvukových podnětů, jeden je častý a druhý se vyskytuje méně. Jedná se o poměr 4:1 a ty tóny, které jsou předváděny méně, mají být jedincem sčítány. Druhé paradigma spočívá v tom, že člověk po pozorovaném zvukovém signálu stiskne tlačítko. Třetí paradigma je tzv. mismatch, kdy jde o kombinaci dvou předchozích (Kaňkovský & Dufek, 2000). Latence vlny P300 je prodlužována se stoupající náročností úlohy (Klim et al., 2008 in Slavičková et al., 2010).



Obrázek č. 3: zobrazení evokovaných potenciálů v čase

[https://en.wikipedia.org/wiki/Event-related\\_potential](https://en.wikipedia.org/wiki/Event-related_potential)

### **N400 a P600**

Jedná se o negativní vizuální vlnu, která má latenci 400 ms. Patří mezi méně vyšetřované komponenty EP. Je vyvolána, když jsou vizuálně nebo auditivně prezentována slova nebo věty, které obsahují jazykové nesrovnalosti. Po negativní vlně N400 se v některých případech zobrazuje pozitivní vlna P600, jedná se o případy, kdy jde o paměťové funkce. Jsou to situace, kdy jsou prezentovány verbální nebo neverbální staré nebo nové paměťové podněty (Kaňkovský & Dufek, 2000).

### **MMN**

MMN je zkratka mismatch negativity. Jedná se o frontální negativní vlnu kognitivních evokovaných potenciálů. Je registrována při prezentování známých stimulů, mezi kterými se vyskytne deviantní stimulus. Například tón odlišné frekvence. Po standardním stimulu následuje pozitivní výchylka a po deviantním stimulu následuje negativní v latenci 200–400 ms. MMN se zvyšuje se vzrůstajícími rozdíly mezi deviantními a standardními stimuly (Picton et al., 2000).

### **3 Školní věk**

Každý člověk má během života spoustu rolí a jedna z nich je časově vymezená a je to určitý společenský rituál. Tento mezník je možné nazvat oficiálním vstupem do společnosti. Jedná se o roli žáka, kterou dítě získává nástupem do školy. Škola výrazně ovlivňuje další rozvoj dítěte. Dítě se učí plnit své povinnosti a pracovat. Kromě toho také vstupuje do vrstevnické skupiny, která má vlastní pravidla. Dítě se v tomto období vyrovnává s požadavky dospělých i vrstevníků.

Školní věk lze rozčlenit na 3 konkrétnější fáze. Jedná se o raný školní věk, střední školní věk a starší školní věk. Raný školní věk trvá přibližně od 6 do 9 let. Střední školní věk je vymezen roky 9–11/12 a starší školní věk je od 11/12, do přibližně 15 let věku, jedná se tedy o 2. stupeň ZŠ (Vágnerová, 2017).

#### **Mladší školní věk**

Dítě se v tomto období učí číst, psát a počítat. Získává nové postavení ve společnosti, které dále stimuluje rozvoj jeho osobnosti i dalších dovedností a schopností. Dochází k rozvoji zrakového a sluchového vnímání a dochází též ke změně v interpretaci podnětů. V tomto období se zlepšuje vidění na blízko, vývojově je to předurčeno kvůli psaní a čtení. Dochází tak k lepšímu rozlišení detailů. Zrání zrakového a sluchového vnímání je úzce spjat s funkční diferenciací pravé mozkové hemisféry. Rozvíjí se též schopnost vizuální sekvenční percepce, která umožňuje vnímat pořadí ať už písmen, nebo čísel. Velmi důležitý je rozvoj senzomotorické koordinace. Jedná se především o koordinaci oka a ruky, která je

důležitá při kreslení nebo psaní. Mezi 5. a 7. rokem dozrává tzv. fonologická senzitivita, tzn. (Vágnerová, 2017) „*schopnost rozlišovat podobu mluvené řeči (slova, slabiky, jejich počátek a konec, ale i jejich jednotlivé fonémy...*“ (Vágnerová, 2017, s. 264). Podle Vágnerové (2017) se zároveň rozvíjí též fonologická sekvenční percepce, což je „*vnímání časové posloupnosti sluchových podnětů*“ (Vágnerová, 2017, s. 265).

Postupně se též rozvíjí uvažování, jehož strategie jsou postaveny na zákonech logiky. Exekutivní funkce jsou kompetence, které kontrolují, řídí a regulují jak poznávací procesy, tak aktivity z nich vycházející. Jedná se tak například o plánování, organizování, koordinaci kroků, jež vedou k dosažení cíle, též i schopnost regulovat to, co je nežádoucí. Exekutivní funkce a jejich vývoj ovlivňuje rychlost zrání prefrontální kůry (Vágnerová, 2017, in Kloo a Perner, 2003; Brocki a Bohlin, 2004; Huizinga et al., 2006; Simonds et al., 2007; Alloway et al. 2009). Na exekutivních funkcích se podílí složky pozornosti i pracovní paměti (Vágnerová, 2017, in Miyake et al., 2000).

Jazykové kompetence se rozvíjejí především pod vlivem výuky ve škole. Žáci se učí pojmy, které rozšiřují jejich slovník, strukturu jazyka a způsob jeho užívání. Postupně tak dochází i ke schopnosti číst a psát (Vágnerová, 2017).

Hodnocení sebe samých je egocentrické, protože se zabývají tím, jaké to pro ně bude mít důsledky. Dokáží už rozlišit, do jaké míry je chování přijatelné ve vztahu k určitému sociálnímu kontextu. V mladším školním věku je pro děti těžké odložit uspokojení. Vzhledem k morálce se děti rozhodují egocentricky a vztahují si situaci na sebe. Ve 3. třídě už se děti dokáží ohlížet na ostatní.

### **Střední školní věk**

Je to přibližně období přechodu z 1. stupně na 2. stupeň ZŠ. Je to jakási přípravná doba na dospívání a „*Matějček (1994) je charakterizuje jako dobu vyrovnané konsolidace, Erikson (1963) o něm mluví jako o fázi citové vyrovnanosti.*“ (Vágnerová, 2014, s. 255) Dochází k budování pozice ve škole, též i ve vrstevnické skupině. Vývoj probíhá plynule ve všech oblastech (Vágnerová, 2017). Přátelství se značně mění. Důraz je zde kladen kromě sdílení aktivit už i na loajalitu a vzájemnou pomoc. Vztahy s kamarády poskytují určitou jistotu. Velkou

roli zde hraje touha po stejnosti, tzn. že se děti nechtějí v ničem odlišovat. V tomto věku hraje velkou roli potřeba genderově se odlišit. Dochází proto ke vzniku skupin stejného pohlaví, což děti utvrzuje v jejich genderové identitě. Postupně se mění též postoj dětí k autoritě a zkouší, co si mohou dovolit občasným nerespektováním jejich požadavků. Důležitější pro ně začínají být normy vrstevnické skupiny, k čemuž dochází kolem 10. roku. Optimismus dětí u středního školního věku klesá v porovnání s mladšími školáky. Jsou k sobě mnohem více kritické a dokáží realističtěji nahlížet na své schopnosti a dovednosti (Vágnerová, 2017)

### **Starší školní věk**

Toto období je pojmenováno jako období pubescence. Projevuje se na úrovni psychické i fyzické (Vágnerová, 2017). Podle Vágnerové (2017) dokáží děti uvažovat samostatněji a dokáží také lépe rozlišovat. Dítě ve středním školním věku stále hodně dbá norem, které jsou dané a jejich platnost je neměnná.

## **3.1 Vývoj a zrání mozku**

Přibližně ve 12 letech váží mozek tolik, kolik je mu určeno vážit v dospělosti. Jednotlivé části mozku postupně rostou a vyvíjejí se. Části mozku, jako jsou mozkový kmen, střední mozek, Varolův most a prodloužená mícha nejvíce rostou v období prenatalním. Mozeček se narodil od výše zmíněných struktur vyvíjí nejvíce těsně před narozením a v 1. roce života. Mozkové hemisféry se rozvíjí již v období prenatalním. Pokud se jedná o korové oblasti, nejprve se vyvíjí oblast kortikálních receptivních oblastí a až poté následuje vývoj korových asociačních oblastí. Kolem 3 let věku je již výrazně rozvinuta oblast parietálního laloku, kde se propojují informace z okolních oblastí, například auditorních a vizuálních. Parietální lalok je tedy považován za nejdůležitější asociační oblast. Avšak k úplnému vyvinutí parietální oblasti dojde až kolem 40. roku věku, tedy v dospělosti (Love & Webb, 2009).

## 3.2 Vývoj kognitivních funkcí ve školním věku

### 3.2.1 Jean Piaget

Jean Piaget přišel s teorií kognitivního vývoje, která velmi významně ovlivnila další uvažování o kognitivním vývoji. Velmi přispěl k dalšímu výzkumu inteligence, když zdůrazňoval, že je důležité sledovat nejen správnost a nesprávnost odpovědí, ale zaměřovat se i na chyby, které děti dělají. Základ jeho teorie leží v myšlence, že dětské myšlení je odlišné od myšlení dospělého člověka. Stěžejní funkcí inteligence je podle Jeana Piageta především adaptace na prostředí (Sternberg, 2002) a „...věřil, že kognitivní vývoj je doprovázen postupně rostoucí složitostí odpovědí na prostředí. Dále předpokládal, že s postupujícím učením i zráním se jak inteligence, tak její projevy stávají diferencovanými – tedy více specializovanými v různých oblastech.“ (Sternberg, 2002, s. 471).

Podle Piageta vývoj postupuje ve čtyřech stádiích, mezi kterými děti hledají rovnováhu. Piaget říká, že jednotlivá vývojová období se u dětí objevují přibližně ve stejném věku a jedno období vychází z druhého. Jakmile dítě začne přemýšlet jedním způsobem, do předchozí fáze už se vrátit nemůže. Na jedné straně tam vstupuje prostředí, poznávací procesy dětí a v neposlední řadě samotné kognitivní schopnosti. Mezi hlavní pojmy, které se podílejí na kognitivním vývoji, patří akomodace a asimilace, které pomáhají lepší adaptabilitě dítěte na prostředí. V rámci asimilace dítě zapracuje nové informace do už vytvořených funkčních schémat. Akomodace je proces změnění již vytvořených schémat tak, aby do nich šly zapracovat nové informace z prostředí.

Mezi kognitivní charakteristiky patří podle Piageta i egocentrismus. Ze začátku se dítě adaptuje tak, že vše vztahuje k vlastnímu tělu. Postupně adaptace zahrnuje i okolní objekty.

Kognitivní vývoj se podle Piageta odehrává ve čtyřech stádiích: senzomotorické, předoperační, stadium konkrétních operací a stadium formálních operací.

Piagetova teorie byla nejen velkým přínosem pro nahlížení na kognitivní vývoj, byla také kritizována. Budou zde zmíněny některé oblasti kritiky. Piaget kladl velký důraz na zrání jedince a menší na vliv prostředí, bylo však dokázáno,

že určité vlivy z prostředí mohou změnit výkon dítěte v Piagetových úkolech, které s dětmi dělal. Piaget říkal, že kognitivní vývoj probíhá skokově, což bylo autory, např. Brainerd, 1978 (Sternberg, 2002, s. 478), vyvráceno s námitkou, že vývoj probíhá spíše souvisle.

### **Senzomotorické stadium**

Toto vývojové období je do věku 2 let, to znamená přibližně ve věku kojeneckém a batolecím a jedná se o velmi rychlé období (Piaget & Inhelderová, 2010). Adaptace dítěte v tomto období probíhá reflexivním způsobem. Děti také získávají větší kontrolu nad motorickými schopnostmi. V této fázi je typické zkoumán prostředí kolem sebe a vyhledávání nových zajímavých počitků. V kojeneckém období je typické nevědomí stálosti objektu, což je vědomí o existenci objektu, i když jej není možné vnímat. K tomu, aby dítě mohlo zachovat v mysli stálost objektu, potřebují též určitou mentální reprezentaci objektu (Sternberg, 2002). Ve fázi, kdy je dítě schopné tvořit mentální reprezentace, tedy kdy umí přemýšlet o lidech a objektech, které v daný okamžik nevnímá a dokáže učinit jakýsi vhled do situace, dochází k přesunu k předoperačnímu stadiu (Piaget & Inhelderová, 2010).

### **Předoperační stadium**

Navazuje na senzomotorické stadium a trvá přibližně od 2 do 6–7 let. Dítě již aktivně používá mentální reprezentace, které začalo využívat ke konci první fáze. Jedná se o jakousi přípravu sloužící k rozvoji logického myšlení, ke kterému dochází v následujícím stadiu. Zároveň s mentálními reprezentacemi se rozvíjí řeč, která je zaměřená ještě egocentricky. Děti v tomto období mluví téměř bez ohledu na ostatní, řeč je soustředěná na komentování vlastních činností, postupně se pozornost obrací i na okolí. V tomto období dochází k velkému jazykovému rozvoji v souvislosti s nárůstem pojmového vývoje. Dítě začíná ovládat schopnost pracovat s pojmy, jejichž množství je stále ještě omezené. V souvislosti s tím přichází schopnost manipulace s verbálními symboly činností a objektů. Významným fenoménem v tomto období je centrace, což je zaměření pozornosti na jeden výrazný aspekt situace nebo nějakého předmětu.

### **Stadium konkrétních operací**

Trvá přibližně od věku 7 až 8 do 11 až 12. Typickou dovedností je manipulování s vnitřními mentálními reprezentacemi konkrétních objektů, tzn. že dokáže v mysli pracovat představami objektů (Sternberg, 2002). Jsou schopny manipulovat s tvrzeními nebo představami, které jsou pro dítě pravdivé a založené na skutečnosti ((Piaget & Inhelderová, 2010). Dalším typickým znakem tohoto období je schopnost zachovat představu množství určité látky nebo tekutiny. Piaget prováděl pokusy se zachováním množství. Dokázal, že dítě je schopné zachovat v mysli množství předmětu nebo hmoty bez ohledu na to, že se změní jeho podoba. Jeho nejznámější experiment se týká zachování množství tekutiny. Experiment je prováděn tak, že jsou dítěti demonstrovány dvě nízké a široké nádoby, ve kterých je stejné množství tekutiny. Poté přelijeme tekutinu z první do třetí nádoby, která je užší a vyšší. Dítěte se následně ptáme, ve kterém pohárku je více tekutiny a v tomto vývojovém období dítě odpoví, že množství tekutiny je stejné. Dítě v předoperačním stadiu by odpovědělo, že ve vyšší nádobě je více tekutiny, ačkoliv vidělo, jak experimentátor tekutinu přelévá. Ve stadiu konkrétních operací je tedy dítě schopné provádět v mysli manipulace s množstvím i s předměty, avšak je to vázané na manipulaci s konkrétními fyzickými předměty. V dalším stadiu jsou děti schopny provádět manipulace s předměty, které nejsou zrovna objektem jejich vnímání.

### **Stadium formálních operací**

V posledním vývojovém stadiu podle Piageta jsou děti schopny v mysli manipulovat i s abstraktními pojmy, které v danou chvíli nevidí a nemají konkrétní fyzickou podobu (Sternberg, 2002). Dokáží tak manipulovat s hypotézami (Piaget & Inhelderová, 2010). Začíná přibližně v 11. roce dítěte. V tomto období jsou děti schopny chápat věci, které samy přímo nezažily. Dokáží se vžít do druhého a vidět věci z jejich úhlu pohledu i v případě, že se nejedná o konkrétní operace (Sternberg, 2002).



### **3.2.2 Emoce**

V tomto období dochází také k významnému zrání centrální nervové soustavy, což vede k větší emoční stabilitě a k vyšší odolnosti vůči zátěži. V tomto věku mají děti tendence hodnotit mnoho věcí pozitivním způsobem a je u nich znatelnější optimismus. Emoční inteligence nabývá větší hodnoty. S rozvojem emoční inteligence úzce souvisí prefrontální kůra, ale i předchozí zkušenosti dítěte. Emoční prožitky si dokáží lépe propojit s logickým uvažováním a dokáží si to vyložit tak, aby to bylo v souladu s jejich přáními, očekáváními a úvahami o dění v dané situaci. Schopnost rozlišit své emoce i emoce ostatních lidí roste, dokážou jim lépe porozumět. Na vzestupu je také schopnost hovořit o emocích druhých lidí. V souvislosti s emocemi se významně rozvíjí též sebepojetí a sebehodnocení. Dokáží lépe sdílet emoce s druhými lidmi, dávat i dostávat emoční podporu. Narůstá též schopnost regulovat své emoce, což se nejvíce projevuje v interakci s vrstevníky.

### **3.2.3 Socializace**

V rámci socializace dochází k důležitému milníku, což je vstup do školy. Dítě se tak vzdaluje vlivu rodiny a podřizuje se této instituci. Dítě se zde připravuje na společenský život, který ho čeká. Dochází k přípravě na profesi. Dochází k rozvoji vztahů mezi dítětem a lidmi mimo rodinu, dítě se začleňuje do různých sociálních skupin. Vrstevnická skupina hraje velmi významnou roli v rámci vývoje dítěte. Jednou z nejzásadnějších potřeb žáka je potřeba kontaktu a přijetí vrstevnickou skupinou. Dítě tak nabývá dalších rolí, jako jsou role žáka, spolužáka a kamaráda.

Velmi důležitá je role rodiny, která vytváří emoční oporu i zázemí školáka. Dítě bere sounáležitost k rodině jako samozřejmost. Rodina uspokojuje mnoho jeho potřeb. Až na konci školního věku se začínají vztahy k rodině více diferenciovat.

### 3.2.4 Intelligence

Intelekt je výrazně ovlivňován dílčími složkami osobnosti, jako je například motivace k výkonu nebo postoj k práci. Proto u některých dětí dochází v průběhu školní docházky k poklesu IQ (Langmajer & Krejčířová, 2006). Intelligence se skládá z mnoha dílčích funkcí, je tedy schopností komplexní. Různí autoři k inteligenci přistupují různě. Intelligence je obecnou schopností. V inteligenci se projevuje několik schopností, jako například schopnost učit se, schopnost metakognice, způsob učení, schopnost adaptovat se na okolní požadavky a na prostředí atd. (Vágnerová, 2001). Podle Sternberga a Dettermana (1986) se intelligence skládá ze schopnosti učit se zkušeností a schopnosti adaptace na prostředí.

Struktura intelligence je velmi individuální a mnohem důležitější než číselné vyjádření hodnoty IQ a je bližší posouzení kompetencí dítěte. Obecně lze rozumové schopnosti rozdělit na verbální a neverbální. Verbální rozumové schopnosti zahrnují schopnosti slovní a číselné a značný vliv na ně má levá mozková hemisféra, která umožňuje logické a abstraktní myšlení, řešení problémů a v neposlední řadě zpracovává slovní a číselné podněty. Neverbální zahrnují schopnosti pohybové a prostorové a jejich centrum je v pravé mozkové hemisféře (Vágnerová, 2001).

Podle Vágnerové (2001) lze rozumové schopnosti dále členit na zrakovou a sluchovou percepci, paměť, verbální, matematickou, prostorovou inteligenci a sociální inteligenci. Pro děti školního věku je důležitá paměť, kterou potřebují k učení. Do *verbální intelligence* spadá schopnost číst, psát a provádět verbální operace. Porozumění významu čísel a provádění různých matematických operací jsou schopnosti, které spadají do *matematické intelligence*. Děti ve školním věku začínají lépe chápat tyto vzájemné vztahy a souvislosti, dokáží kategorizovat a třídit pojmy. Schopnost usuzovat se rozvíjí v souvislosti s nároky na pochopení nové látky ve škole. *Prostorová intelligence* bývá často rozvíjena a využívána v geometrii, jedná se především o porozumění různým prostorovým tvarům a schopnost manipulovat s představami těchto tvarů. *Metakognice* je schopnost odhadnout své kompetence, které výrazně ovlivňuje úspěšnost dítěte. Další nedílnou součástí intelligence je *sociální intelligence*, která se projevuje schopností

porozumění sociálnímu chování ostatních lidí (Vágnerová, 2001). Podle Sternberga se v inteligenci uplatňuje inteligence analytická, praktická a kreativní, která je využívána při řešení zcela nových problémů. *Analytická* se uplatňuje při řešení známých problémů a inteligence *praktická* je orientována na řešení každodenních problémů (Vágnerová, 2001). Intelekt dosáhne svého vrcholu v 15–16 letech jedinice (Langmajer & Krejčířová, 2006).

### 3.2.5 Myšlení

Proměna myšlení u dětí je postupná (Vágnerová, 2017). V myšlení dochází k vývojovým změnám na úrovni kvalitativní i kvantitativní. Piaget stanovil dva termíny vztahující se k myšlení, jedná se o asimilaci a akomodaci. V rámci asimilace se znalosti a zkušenosti dítěte zvětšují, chápání a způsob řešení problémů se však nijak zásadně nemění. Akomodaci lze chápat jako změnu v uvažování, dítě začíná řešit problémy pomocí nových strategií.

Myšlení mladších i starších školáků má určitá specifika. Mladší školáci jsou více vázáni na realitu a dokáží uvažovat o věcech, které znají, i když nejsou předmětem jejich aktuálního vnímání (Vágnerová, 2001). Používají základní pravidla logiky, ale pouze u známých situací, egocentrismus ustupuje a při řešení problémů staví na svých vlastních zkušenostech (Vágnerová, 2001). Mentální manipulace s představami či předměty dokáží v případě, že jsou ve vztahu ke konkrétní realitě a skutečně se to odehrálo. Dalším znakem myšlení u mladších školáků je schopnost posuzovat situace z více hledisek a brát v potaz i souvislosti. Děti jsou v tomto období schopny třídit a kategorizovat předměty a pojmy. Významnou změnou v myšlení již výše zmíněnou v Piagetově teorii kognitivního vývoje je konzervace množství (Vágnerová, 2001). „*Konzervace je schopnost chápat trvalost jako významnou vlastnost reality. Dítě školního věku je schopné pochopit trvalost podstaty určitého objektu či množiny objektů, přestože se jejich vnější vzhled může měnit.*“ (Vágnerová, 2001, s. 55) Dalším typickým znakem je reverzibilita, což znamená schopnost vrátit různé myšlenkové operace zpět (Vágnerová, 2001).

Děti v mladším školním věku jsou podle kognitivní teorie Piageta ve fázi konkrétních operací, avšak starší školáci dospívají, a jsou tedy schopni myslet abstraktně. Podle výše zmíněné operace takto staré děti dosahují stadia formálních operací (Vágnerová, 2017). Vázanost na realitě polevuje a mentální manipulace může dítě v tomto věku provádět již s čímkoliv. Zohledňují více možností interpretace. Dochází k rozvoji deduktivního i induktivního myšlení. Dokáží již uvažovat o budoucnosti i minulosti, což úzce souvisí se schopností abstrakce.

Starší školáci jsou schopni uvažovat a reálně zhodnotit své schopnosti, znalosti a dovednosti.

### **3.2.6 Učení a paměť**

Pro učení je velmi důležitá paměť, která se dělí na paměť krátkodobou neboli pracovní, a dlouhodobou. Pracovní paměť zpracovává podněty, které jsou v aktuálním poli působnosti. Přijímá různé informace, které jsou aktuálně důležité pro řešení určitého problému. Její kapacita je však omezena pouze na určité množství přijímaných informací. V dlouhodobé paměti se uchovávají informace někdy i celý život. Zůstávají v ní uchovány dovednosti jako je čtení, psaní a počítání. Zůstávají tam uchovány též osobní vzpomínky, velmi často s emočním podtextem. Mezi 6–12 lety se paměť výrazně rozvíjí a je to spojeno se začátkem školní docházky. Kapacita paměti i rychlost zpracování informací narůstá s věkem. V tomto věkovém rozpětí klesá doba potřebná k zapamatování informace na polovinu. Děti si pamatují především věci, které si mohou logicky vysvětlit. Ze začátku školní docházky je fungování paměti mechanické, postupně ve věku 9–11 let začínají věcem více rozumět a s pomocí dospělých dokáží hledat i souvislosti usnadňující zapamatování, od 12 let jsou si děti schopny utvářet spoustu strategií, které jim usnadňují zapamatování látky (Vágnerová, 2001).

### **3.2.7 Pozornost**

*„Schopnost ovládat pozornost se rovněž rozvíjí až ve školním věku.“* (Vágnerová, 2001, s. 84). Kvalita pozornosti výrazně ovlivňuje efektivitu

kognitivních funkcí. Podílí se na ní mnoho funkcí a oblastí mozku. Pozornost školáka nejvíce upoutají věci atraktivní, srozumitelné a především nové. Velkou roli hraje též intenzita a kvalita podnětu. Vizuální podněty často upoutají pozornost na delší dobu. Na počátku školní docházky je pozornost nestálá a povrchní. Schopnost soustředit se na sluchové podněty roste až mezi 8. a 11. rokem díky větší schopnosti autoregulace pozornosti. Kvalita pozornosti je podmíněna vývojově a s věkem se délka soustředění prodlužuje. Proto se mladší školák dokáže soustředit 7–10 minut a školák ve věku 10 let 10–15 minut. S věkem roste i schopnost rozdělit pozornost, mladší školák to dokáže pouze v případě, že je jedna z činností zautomatizována. S věkem klesá též vnímavost vůči rušivým podnětům (Vágnerová, 2001).

### **3.2.8 Vývoj numerické kognice**

Při nástupu dětí do školy mívají děti již určité představy o číslech a vztazích mezi nimi. Postupně se učí jejich porovnávání, rozlišování a jednoduché početní operace. Rozvoj schopnosti provádět početní operace úzce souvisí s pozorností, úrovní uvažování, exekutivními funkcemi i pracovní pamětí. Porozumění číslům je základní numerická kompetence, kterou ovládají již děti při nástupu do školy (Vágnerová, 2017). Pokud dítě zvládne pochopit trvalost počtu jednotlivých částí množiny, je natolik vyzrálé, aby pochopilo čísla (Vágnerová, 2000). Postupně začínají chápat i význam číselné řady a s ní i vztahy mezi čísly. Postupně porozumí i inkluzi, což představuje porozumění, že větší čísla v sobě obsahují i čísla menší. Kolem 8 let se vyvine schopnost reverzibility, což souvisí i se schopností vratnosti číselných operací. Děti postupně porozumí principu rovnosti, ekvivalence. Děti ve 2. třídě začnou chápat princip sčítání při kterém nezáleží na pořadí sčítaných čísel. Děti až kolem věku 10 let začínají rozumět tomu, že určitý výsledek může vzniknout součtem různých čísel. Postupně dochází k pochopení principu odčítání, a to díky principu reverzibility. Děti postupně začnou chápat přechod čísel přes desítku. Pomalejším tempem se vyvíjí pochopení přechodu přes desetinnou čárku. Ještě 10leté děti určují jako větší číslo to, které má větší počet číslic.

Postupně se učí násobit a dělit. Pro pochopení těchto postupů je nutné pochopit již zmíněný princip reverzibility. Na počátku školní docházky tvoří početní dovednosti dva faktory. Jedná se o základní numerické schopnosti a konvenční aritmetické dovednosti. První z těchto dvou faktorů tvoří znalosti čísel, pochopení principů číselných řad a vztahů platících v těchto řadách a v neposlední řadě sem patří základní schopnost počítání. Druhý faktor, které závisejí na školní docházce, umožňuje řešit slovní úlohy a chápat různé číselné kombinace. Postupně se děti učí také chápat transformaci příkladů a čísel ze slovní podoby do číselné podoby (Vágnerová, 2017).

## **4 Numerozita aneb nesymbolická matematika**

Výzkumy zaměřené na kognitivní vývoj přišly s poznatkem, že lidská mysl je velmi vnímavá k číslům (Odic & Starr, 2018). Numerozita je považována za neverbální matematickou schopnost (Haist et al., 2015). Jedná se o schopnost odhadnout počet položek ve skupině (Meaux et al., 2014). Je to intuitivní vnímání množství, jedná se o nesymbolickou matematiku, která je základním předpokladem pro rozvoj formální neboli symbolické matematiky. Na nesymbolických matematických schopnostech se podílí dva systémy, jedná se o aproximální numerický systém a paralelní systémem individualizace neboli „object tracking systém“ (Haist et al., 2015). Již novorozenci jsou vybavení schopností rozpoznat množství (Izard et al., 2009). Prenatální období je podle novějších výzkumů obdobím, kdy byla u dětí též zjištěna tato schopnost (Schleger et al., 2014). Přítomnost nesymbolických schopností byla zjištěna i u zvířat (Cantlon & Brannon, 2006).

Matematický odhad je důležitou součástí matematické kognice a je velmi důležitou součástí každodenního života a má i důležitou spojitost s dalšími matematickými dovednostmi. Odhad některých věcí jako například vzdálenost například dvou měst vyžaduje konkrétní znalosti, například znalosti míry. Ovšem odhad velikosti dvou množin teček je nezávislý na konkrétních získaných znalostech ve škole (míra, čas atd.).

Jedná se o kvantitativní reprezentaci, která může být jak symbolická, tak nesymbolická, tzn. číselná nebo nečíselná. Pokud se jedná o symbolický odhad, příklady zahrnují reprezentace čísel. To vyžaduje schopnost zařadit číslo na číselnou linku. Nesymbolický odhad zahrnuje experimenty, ve kterých má jedinec porovnávat dvě množiny objektů, které nezahrnují čísla (Campbell, 2005).

Čím více položek je v souboru, tím víc se stává odhad nepřesným (Meaux et al., 2014).

#### **4.1 Aproximální numerický systém**

ANS je důležitým systémem pro další kognitivní vývoj. U některých lidí je vyvinutý lépe a u některých hůře, s tím souvisí přesnost hrubého odhadu množství. Všichni lidé v životě odhadují čas, vzdálenost apod. (Plassová et al., 2017). Člověk má v průběhu celého života schopnost tvořit abstraktní mentální numerické reprezentace čísel (Izard et al., 2009).

Jedná se o specifický kognitivní systém sloužící k reprezentaci čísla. Podle Plassové (2017) je jeho „...silná stránka spočívá zejména v rychlosti odhadu. Ten probíhá v rámci desetin vteřiny a u dospělého člověka poskytuje relativně vysokou přesnost.“ (Sousa, 2010 in Plassová, Stuchlíková & Vavrečka, 2017, s. 161). Je to schopnost intuitivní, flexibilní a abstraktní a nazývá se aproximální numerický systém. Jedná se o hrubou mentální reprezentaci čísla (Odic & Starr, 2018). Jindy může být nazýván též jako „systém hrubého matematického odhadu a hrubého výpočtu.“ (Plassová, Stuchlíková & Vavrečka, 2017, s. 161). Jedná se o neverbální numerickou vrozenou schopnost (Plassová, Stuchlíková & Vavrečka, 2017). Způsobů, jak mysl může tvořit mentální reprezentace čísel, je spousta. Tato kapitola bude však pojednávat o výše zmíněném systému.

Čím vyšší je číslo zobrazovaných položek, tím vyšší je variabilita matematického odhadu. Mnohem vyšší variabilita odhadu bude v odhadování 100 položek než při odhadu 50 položek. Pokud se jedná o porovnání množství dvou skupin teček, je samozřejmě podstatné, zda se jedná o porovnání 50 a 40 teček nebo 50 a 25 teček. Vývojové a individuální rozdíly v ANS se nazývají jako „Weber fractions“ (Odic & Starr, 2018).

Právě vývojové a individuální rozdíly jsou testovány na rychlém zobrazování setů různého množství teček, které jedinci nemají možnost spočítat. Schopnost ANS u adolescentů koreluje s jejich standardizovanými matematickými skóry.

ANS je úzce spjat se symbolickou matematikou a výrazně se na něm podílí inteligence, pracovní paměť, rozsah slovní zásoby a další. ANS je tedy určitým prediktorem pro schopnost symbolické matematiky (Odic & Starr, 2018). Tvoří základ pro jednoduchou aritmetiku, do které spadá sčítání, odčítání, násobení a dělení (Plassová et al., 2017). ANS funguje nezávisle na jazykových schopnostech i na symbolických matematických schopnostech (Haist et al., 2015). ANS je základním mechanismem, na kterém děti mohou stavět formální pojetí čísel (Geary, Berch & Koepke, 2015).

Dehaene a Brannon (2011) uvádí, že ANS je aktivní při množině 6–8 prvků, zjištěno však bylo, že je aktivní při jakékoliv množině větší než 4 prvky (Kaufmann et al., 1949).

Další vlastností ANS je jeho citlivost vůči numerickému rozsahu, čímž „...se rozumí absolutní rozdíl mezi dvěma kontrastními množinami.“ (Plassová et al., 2017 in Brannon 2006; Piazza et al., 2004; Merritt et al., 2012).

Haist et al. (2015) říká, že aproximální numerický systém se skládá ze dvou základních složek. První složkou je aproximativní aritmetika, která se aktivizuje při odhadu počtu množiny o více než čtyřech prvcích. Pokud však odhadujeme množství menší než 4, aktivuje se tzv. paralelní systém individualizace neboli „object tracking systém“ (Plassová et al, 2017 in Hyde, 2011). „Druhou složkou je senzitivita ANS vůči numerické vzdálenosti rozsahu. Numerickou vzdáleností se rozumí absolutní rozdíl mezi dvěma kontrastními množinami.“ (Plassová et al., 2017 in Haist et al., 2015). Reakční čas tedy bývá větší při posuzování velikosti 12 modře zbarvených teček oproti 3 žlutým tečkám, než když posuzujeme, jestli je větší množství 6 modře zbarvených teček než 3 žluté (Haist et al., 2015).

ANS a celkově matematický odhad se podle některých studií řídí Weber-Fechnerovým zákonem, který ve své podstatě říká, že čím větší rozdíl mezi dvěma porovnávanými množinami je, tím je odhad přesnější a reakční čas rychlejší (Halberda et al., 2008; DeWind & Brannon, 2012; Roitman, Brannon & Platt,



2012 in Plassová et al., 2017). Ovšem další studie tuto myšlenku vyvrací (Holloway & Ansari, 2009; Inglis et al., 2011; Castronovo & Gobel, 2012; Fuhs & McNeil, 2013; Gobel et al., 2014 in Plassová et al., 2017).

## 4.2 Neurální koreláty odhadu počtu

Numerozitu zajišťují neurony v parietálních a frontálních oblastech (Nieder & Miller, 2003, 2004 in Meaux et al., 2014). Již u primátů byla nalezena aktivita v parietální kortexu pro reprezentaci čísel (Piazza & Eger, 2016). Intraparietální brázda je považována za centrum numerických reprezentací, jež je ohraničena superiorním i inferiorním parietálním lalokem (Dehaene, 2003). Intraparietální sulcus je aktivován tehdy, kdy jedinec provádí jednoduché matematické, tedy aritmetické operace. Je jimi myšleno sčítání, odčítání či násobení (Chochon et al., 1999). Tato oblast mozku, aktivní při abstraktních reprezentacích čísel, je aktivní i tehdy, když je prezentována nesymbolická forma čísla, jakými je myšlena například množina teček (Piazza et al., 2004). Když je prezentován numerický symbol, je nalezena aktivita v pravém parietálním kortexu. Pokud je prezentovaný podnět nesymbolický, například množina teček, aktivita je nalezena především v okcipitálně-temporálním gyru (Plassová et al., 2017).

Schopnost ANS se postupně vyvíjí a zlepšuje, proto děti v odhadu mívají větší počet chyb a pomalejší reakční čas (Haist et al., 2015). Plassová a kolektiv našli ve výzkumu mozkovou aktivitu, která byla vyvinuta ve ventrální části temporálního laloku. Tato oblast má spojitost s vizuálním zpracováním (Schacter et al., 2010). Mentální reprezentace prostoru a času se nachází v okcipitálně-temporální kůře (Čihák, 1997), což souvisí s vysokou schopností vizuálních strategií (Plassová et al., 2017).

Aktivita parietální, precentrální, frontální a okcipitálně-temporální kůry byla potvrzena mnoha výzkumy (Meux et al., 2014; Dehaene, 2003; Chochon et al., 1999, Piazza et al., 2004; Plassová et al., 2017).

### 4.3 Numerozita a autismus

Lidé s poruchami autistického spektra vynikají ve vizuálních úkolech (Kaldy et al., 2011). Atypické zrání mozku může mít negativní vliv na vývoj numerozity (Meaux et al., 2014). Předpokladem je, že lidé s autismem vnímají podněty na nižší sensorické úrovni, což jim umožňuje lepší zaměření na detail, a to může pozitivně působit na rozvoj dovedností matematického odhadu. Lidé s autismem dokáží velmi dobře rozlišit opakující se vzory v podnětech (Baron-Cohen et al., 2009). Sacks (1985) popisuje případ 26letých dvojčat, která odhadla počet 111 zápalek rozsypaných po zemi. Popisuje tak možné spojení numerozity a percepčních procesů. Další výzkum byl zaměřen na případ dvou 9letých chlapců s autismem, u kterých bylo potvrzeno domnění, že lidé s autismem u odhadu počtu, délky a dalších komponent využívají vysoce specializované schopnosti (Soulières et al., 2010). Stejně jako je variabilní symptomatika poruch autistického spektra, mohou být variabilní i schopnosti numerozity. Ve výzkumu Meaux et al. (2014) prováděném pomocí MEG (magnetoencefalografie) zjistili, že v důsledku poškození základních struktur v mozku autismem dochází k odlišným vstupům kognitivních informací z okcipitálních do temporálních oblastí. Lidé s autismem mají lepší vizuální dovednosti, stejně tak jako numerický odhad než typicky se vyvíjející jedinci. Experimenty na odhad počtu jsou většinou prováděny na souborech teček. Ve výzkumu byly prezentovány nejen prostorově náhodně uspořádané tečky, ale také tečky uspořádané do smysluplných vzorů. Ukázalo se, že je velmi důležité prostorové uspořádání teček. Jak se prokázalo, skupina lidí s autismem nebyla závislá na globálním uspořádání teček. V druhém případě lidé s autismem měli latenci reakce delší než kontrolní, tedy zdravá skupina lidí. Bylo zjištěno, že pokud bylo úkolem odhadovat počet teček, kterých bylo více než sto, jedinci s autismem na tom byli hůře než zdraví jedinci. Naopak bylo zjištěno, že si lidé s autismem vedli mnohem lépe při odhadování počtu položek do osmdesáti. Jedinci s autismem mnohem více reagují podle pravidel Weber-Fehnerova zákona, který byl zmíněn výše. Ukázalo se, že zpracování numerického odhadu v okcipitálním, temporálním i frontálním laloku vykazuje značné funkční abnormality. Z výzkumů vyplývá, že důvodem je odlišný způsob zpracování. Jedinci s autismem měli reakční časy v okcipitálním laloku 80-120

ms, v parietálním 120-400 ms a v temporálním 290-350. Typicky se vyvíjející jedinci měli v temporální oblasti čas latence 120-290 ms. Bylo zjištěno, že hlavním důvodem k rozdílům je způsob zpracování numerosity.

Výzkumníci Aagten-Murphy et al. (2015) zkoumali numerický odhad u dětí s autismem ve věku 8-13 let. Zjistili, že v úkolech zaměřených na numerozitu podávaly horší výsledky než děti vyvíjející se zdravě. Předpokladem však bylo, že v numerozitě budou naopak od typicky se vyvíjejících se dětí excelovat. Děti s autismem potřebovaly větší rozdíly mezi jednotlivými soubory teček, aby určily, kde jich je více. Je však možné, že potíže s numerozitou klesají u autistických lidí s věkem. Důvodem, proč tomu tak je, může být hypotéza autorů, že děti s autismem mají menší tendence zpracovávat informace globálně.

## **II. Empirická část**

## 5 Metodologie výzkumu

### 5.1 Výzkumné cíle a výzkumný problém

Výzkum vznikl v rámci širšího výzkumného záměru a data budou dále využívána do širší studie. Výzkum vznikl pod vedením Mgr. Plassové v rámci jejího výzkumu zaměřeného na aritmetické funkce a jejich neurální koreláty (Plassová, 2019).

Cílem výzkumu popsaného v této bakalářské práci je deskripce hrubého matematického odhadu u dětí s diagnózou Aspergerův syndrom. Zmíněný cíl byl zvolen pro rozšíření poznatků v oblasti matematického odhadu u dětí. Bližším cílem je přispět k dalšímu poznání o Aspergerově syndromu. Cílem je samozřejmě ověření níže stanovených hypotéz.

Cílem tedy bylo pomocí encefalogramu sledovat a popsat kognitivní evokované potenciály (ERP) v oblastech, ve kterých byla nalezena aktivita při hrubém matematickém odhadu v předešlých výzkumech - v intraparietální oblasti a v levé části parietálního a okcipitálně-temporálního kortexu.

### 5.2 Výzkumné otázky

Na základě výzkumného cíle byly stanoveny výzkumné otázky.

**VO1:** V jakých oblastech mozku dětí s Aspergerovým syndromem 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?

### 5.3 Hypotézy

Hypotézy byly stanoveny na základě výše zmíněných výzkumných otázek. V hypotézách jsou zmíněny skupiny  $x$  a  $y$ . Skupina  $x$  představuje probandy, kteří ve Stanford Binetově inteligenčním testu v subtestu Počty dosáhli průměrných výsledků. Skupina  $y$  zahrnuje probandy, kteří skórovali nadprůměrně.

**H1<sub>0</sub>:** Nebyly zaznamenány statisticky signifikantní rozdíly mezi skupinou skupinou  $x$  a  $y$  v rychlosti hrubého matematického odhadu.

**H1<sub>1</sub>:** Byly zaznamenány statisticky signifikantní rozdíly mezi skupinou  $x$  a  $y$  v rychlosti hrubého matematického odhadu.

**H2<sub>0</sub>:** Neexistuje rozdíl v rychlosti zpracování podnětů mezi skupinou  $x$  a  $y$ .

**H2<sub>1</sub>:** U subjektů ze skupiny  $y$  docházelo k rychlejšímu zpracování podnětů než u skupiny  $x$ .

**H3<sub>0</sub>:** Nebyla zaznamenána kognitivní aktivita v parietálním laloku.

**H3<sub>1</sub>:** Byla zaznamenána kognitivní aktivita v parietálním laloku.

Alternativní hypotéza 1 se snaží prokázat spojitost mezi symbolickými matematickými dovednostmi, jako jsou aritmetické operace a matematickým odhadem. Proto byl pro analýzu využit subtest Počty, který se soustředí na symbolickou matematiku. Alternativní hypotéza 2 hovoří o rychlosti zpracování podnětů. Alternativní hypotéza 3 je založena na výsledcích z předešlých výzkumů a autorku zajímá, zda bude nalezena stejná aktivita u dětí s Aspergerovým syndromem.

## 5.4 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor dětí byl vybrán na základě nepravděpodobnostního záměrného kvótního výběru na základě dobrovolnosti. Byly stanoveny vlastnosti, které byly podmínkou účasti ve výzkumu. Těmi vlastnostmi byly věk a diagnóza. Výzkumným souborem jsou tedy děti s diagnózou Aspergerův syndrom ve věku 10-14 let, ke kterým jsme se dostali prostřednictvím jejich rodičů. Rodiče dětí byli osloveni prostřednictvím tematického letáku vloženého na sociální síť (Facebook) v rámci různých konkrétně zaměřených skupin na diagnózu Aspergerův syndrom a obecně poruchy autistického spektra. Letáky byly dále zaslány i do různých organizací. Rodiče poté měli možnost nás kontaktovat přes telefonní číslo, e-mail nebo přímo sociální síť.

Diagnóza Aspergerův syndrom nám byla potvrzena rodiči, nebyla vyžadována lékařská zpráva. Nejčastěji přidružená diagnóza bylo porucha pozornosti s hyperaktivitou, tedy ADHD.

Jméno	Pohlaví	Věk	Lat	Diagnóza	IQ	Počty
ANS_01	CH	10	L	AS	110-120	17
ANS_02	CH	13	P	AS	>150	27
ANS_03	CH	10	P	AS, ADHD	140-150	24
ANS_04	D	13	P	AS, ADHD	>150	35
ANS_05	CH	13	P	AS, ADHD	90-110	24
ANS_06	CH	12	P	AS	140-150	39

*Tabulka č. 1: popis výzkumného vzorku*

*Počty...subtest používaný ve Stanford Binetově inteligenčním testu;*

*Lat...lateralita*

## 6 Části výzkumu

### 6.1 Testování IQ

K testování IQ byla použita čtvrtá revize Stanford-Binetova inteligenčního testu, která umožňuje náhled na poznávací schopnosti jedince. Test byl vybrán pro jeho zaměření na děti. Tento test je hodně využíván v rámci dětské klinické psychologie i v pedagogicko-psychologických poradnách. Test je standardizován pro děti od 2 do 14 let. Většina norem je tvořena na vzorku větším než 100 dětí a dospívajících.

#### 6.1.1 Popis testu

Test obsahuje 15 subtestů, přičemž v každém subtestu jsou shromážděny typově stejné úkoly. Těchto 15 subtestů je zaměřeno na čtyři oblasti kognitivních funkcí. Jedná se o myšlení kvantitativní, abstraktně-vizuální, verbální a krátkodobou paměť. Výsledným celkovým skórem je hodnocena schopnost

obecného myšlení neboli faktor g, dále jsou sledovány skóry již výše zmíněných čtyř oblastí a jednotlivé skóry pro každý subtest. V rámci většiny subtestů jsou přítomny zácvičné úkoly, které umožní zkoušenému nahlédnout na typ úloh, které ho čekají.

Každý samostatný subtest měří určitý faktor. Na první úrovni je obecný faktor g, na druhé úrovni jsou pak tři hlavní faktory, kterými jsou krystalizované schopnosti, technicko-analytické schopnosti a krátkodobá paměť. Každý z těchto faktorů zahrnuje specifitější faktory, které tvoří jakousi třetí úroveň: abstraktně-vizuální myšlení, verbální myšlení a kvantitativní myšlení.

Průběh testování ve Stanford-Binetově inteligenčním testu je nazýván jako víceetapový. Jako první je použit subtest s názvem Slovník, který společně s chronologickým věkem testovaného jedince určí vstupní úroveň pro další subtesty. Poté je určena nejnižší a nejvyšší úroveň pro jednotlivé subtesty. Jednotlivé úkoly jsou uspořádány od úrovně A do Y, každá úroveň zahrnuje dva úkoly přibližně stejné obtížnosti. Na vstupní úrovni je nutné splnit oba úkoly, pokud tato podmínka není splněna, je nutné jít na nižší úroveň. Poté jsou předkládány úkoly dalších úrovní, dokud zkoušený neselže ve třech ze čtyř po sobě jdoucích úkolech. Poté je v tabulce s chronologickým věkem a dosaženými úkoly určena vstupní úroveň pro další úkoly.

Pro výzkum byla zvolena zkrácená testová baterie, která obsahovala Slovník, Paměť na korálky, Analýzu vzorů a Počty. Tyto čtyři subtesty pokrývají čtyři oblasti kognitivních funkcí, na které je celý tento inteligenční test zaměřen. Pro získání orientační hodnoty IQ stačila tato zkrácená verze testu (Thorndike, Hagen & Sattler, 1995).

### **6.1.2 Postup testování**

Nejprve byl s dětmi navázán určitý vztah povídáním o jejich koníčcích, zálibách apod., poté bylo dětem podle instrukcí vysvětleno, jaký úkol budou plnit a následně bylo zahájeno samotné testování. Nejprve byl zadán subtest Slovník, poté následoval subtest Paměť na korálky, Počty a v poslední řadě Analýza vzorů. Pořadí testů bylo uzpůsobeno narůstající míře únavy dětí a zábavnosti



jednotlivých testů. Byly střídány zábavnější úkoly s úkoly více testovými a méně zábavnými. V průběhu byly odpovědi zaznamenávány do záznamového archu. Po ukončení testování byly hrubé skóry převedeny na standardní skóry. Kromě zaznamenávání správnosti a nesprávnosti plnění úkolů v jednotlivých subtestech se sledují i behaviorální škály. V záznamovém archu je tedy také 16 individuálních bipolárních pětibodových škál, ve kterých byla sledována úroveň řeči, míra vyžadování pochvaly, míra vyrušení u testování, zaujetí úkolem atd.

## **6.2 Experiment**

### **6.2.1 Design experimentu**

EEG experiment použitý v rámci tohoto výzkumu je převzatý z výzkumu Mgr. Plassové (2019). Základ tohoto experimentu je převzat z výzkumných úloh Parka a Brannonové (2014 in Plassová, 2019).

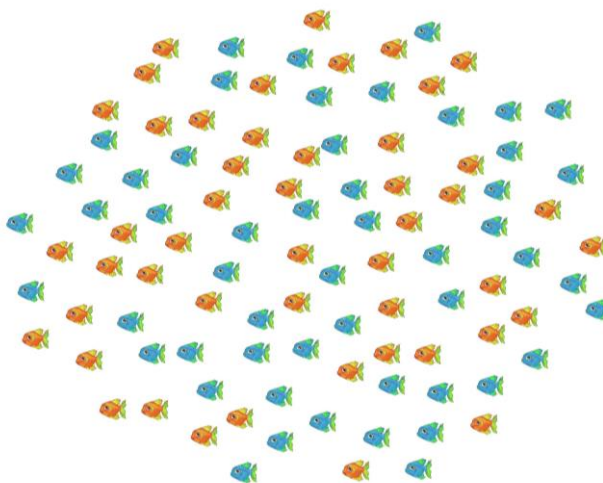
V mnoha výzkumech podobného typu jsou probandovi předkládány dvě množiny černých a bílých teček a proband má rozhodnout, která množina je větší. V rámci námi používaného experimentu je participantovi prezentována pouze jedna množina o 100 podnětech oranžové a modré barvy. Proband poté na myši s barevně (oranžově a modře) označenými tlačítky volí, kterých podnětů bylo v množině více. Těmito podněty jsou rybičky. Právě jedna množina je pro tento EEG experiment zvolena proto, aby byly co nejvíce omezené oční pohyby kvůli snímání EEG signálu, ve kterém se poté vyskytují jako artefakty. Tyto množiny rybiček jsou generovány náhodně.

Experiment byl navržen pro předškolní děti. Podtextem experimentu je tedy hra s pohádkovou tematikou, která vede k větší motivaci dětí během experimentu. V této hře figuruje král Triton a úkolem dětí je nachytat do magické sítě rybičky jedné barvy. Pokud budou úspěšné, král Triton daruje dětem mapu k pokladu.

Experiment je zahájen zácvikem, během kterého ještě není nahráván EEG záznam. V průběhu zácviku se v množině vyskytuje menší počet ryb, než je tomu v přímém experimentu. Po skončení zácviku se v černém poli zobrazí po dobu 1000ms středový kříž, během kterého má participant kliknout na určité tlačítko na myši podle jím zvolené odpovědi. Poté je po dobu 1500 ms prezentován vizuální

stimul následován černou obrazovkou, během které proband mačká tlačítko na myši.

Pomocí logaritmu jsou nastaveny obtížnosti od úrovně 1.1 do úrovně 2.4. Při logaritmu 1.1 je obtížnost nejvyšší a množina oranžových a modrých podnětů se liší pouze o dva prvky. Jedná se tedy o 49 modrých a 51 oranžových rybiček. Po každých deseti úlohách počítač přepočítává úspěšnost dítěte, podle které poté mění obtížnost. Logaritmus je nastaven tak, že se při úspěšnosti nad 60 % obtížnost zvyšuje a pokud je úspěšnost pod 50 %, obtížnost se snižuje. V rozmezí mezi těmito dvěma hodnotami obtížnost zůstává stejná. Po prvních deseti úlohách následuje pauza, ve které je zavedena zvuková pochvala. Po splnění padesáti úloh, tedy deseti blocích, následuje delší pauza, kdy se participant může protáhnout nebo občerstvit. Tato pauza byla v rámci našeho výzkumu s dětmi s AS využívána především pro zklidnění, protože v některých případech stoupalo napětí z opakujících se stereotypních předloh.



*Obrázek č. 4: výzkumný úkol; logaritmus obtížnosti 1.10 se správnou odpovědí  
- modrá (Plassová, 2019)*

## **6.2.2 Průběh experimentu a jeho části**

Experiment probíhal v prostorách Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky v místnosti, která je uzpůsobená k měření EEG. Před zahájením experimentu byl rodičům i dětem vysvětlen účel experimentu a jeho průběh,

rodiče poté podepsali informovaný souhlas, ve kterém byli ubezpečeni o anonymitě jejich dat a o možnosti z výzkumu odstoupit. O možnosti kdykoliv odstoupit byly poučeny i děti jakožto přímí účastníci výzkumu. Poté byli rodiče požádáni, aby opustili měřicí místnost, přítomen byl tedy pouze účastník výzkumu a experimentátor.

Následovalo samotné EEG měření. Participant byl usazen na židli k počítači, na kterém byl později promítán experiment. K experimentu bylo použito 128 elektrod a během gelování mohl participant koukat na videa nebo pohádky, aby bylo zamezeno případnému nárůstu napětí z čekání. Po zkontrolování kvality EEG signálu byly poskytnuty neutrální instrukce k experimentu. Poté bylo světlo v místnosti mírně ztlumeno. Pokud již participant neměl žádné otázky k tasku, byl v programu OpenSesame 3. 2. 1 následně spuštěn experiment. V průběhu experimentu bylo občas nutné děti upozornit, aby se pokusily hýbat co nejméně. Po skončení experimentu dostali účastníci výzkumu prostor na sdělení pocitů z průběhu experimentu a byl dán prostor pro případné další dotazy. Potom byli kontaktováni rodiče dětí, kteří si je následně vyzvedli.

### **6.2.3 Popis měřicího přístroje**

Data byla měřena a získávána pomocí EEG přístroje vyrobeného firmou Biosemi. EEG záznam byl měřen pomocí 128 neinvazivních elektrod. Ty byly připevněny na skalp speciální čepicí s otvory, do kterých byl pomocí plastové injekce s tupým koncem vkládán vodivý gel, který umožnil lepší přenos signálu ze skalpu na elektrody. Elektrody jsou zapojeny do EEG přístroje, který je propojen s počítačem, jenž aktivitu mozku zaznamenává.

## **7 Zpracování EEG dat**

EEG přístroj umožnil při kognitivních úkolech zaznamenat aktivitu mozku, jejíž záznam bylo nutné před samotnou analýzou dále zpracovat pomocí systému Matlab. Do softwaru Matlab byla data nahrána ve formátu BDF pomocí toolboxu

EEGLab. Dále se s daty pracovalo na behaviorální úrovni v excelovém formátu CSV.

## **7.1 Příprava dat a preprocessing (předpracování)**

Před samotnou analýzou dat je potřeba data upravit tak, aby se s nimi dalo dále pracovat. V rámci přípravy dat na další zpracování je s daty prováděn tzv. preprocessing, do kterého v případě našich dat spadá downsampling, filtrace, channel locations a re-referencování.

### **7.1.1 Downsampling**

Downsampling umožňuje redukcí původní vysoké vzorkovací frekvence a snížení celkového objemu dat. Tato hodnota značí, kolikrát za sekundu byla snímána mozková aktivita. Při pořízení záznamu mozkové aktivity byla vzorkovací frekvence 2048 Hz, tedy bylo utvořeno 2084 snímků za vteřinu. Čím vyšší tato hodnota je, tím přesnější signál je, ovšem na úkor obtížnější práce s ním. Proto se vzorkovací frekvence snižuje na 256 Hz.

### **7.1.2 Filtrování**

Filtrace je další technikou využitou v rámci preprocessingu. Umožňuje vymazání takových frekvencí, které působí v záznamu jako artefakty a mohly by zkreslit data. Nastaví se proto horní a dolní hranice, podle kterých jsou data následně filtrována. V tomto výzkumu byly odstraněny frekvence nižší než 0,5 a vyšší než 100.

### **7.1.3 Channel location a re-referencování**

Signál EEG je z jednotlivých elektrod snímán vůči referenčním elektrodám s názvy CMS a DRL, nikoliv z jednotlivých elektrod separovaně. Dochází k výpočtu napětí na referenčních elektrodách. Tyto referenční elektrody samy

aktivitu nesnímají, avšak jejich zapojení přímo ovlivňuje kvalitu signálu získaného z ostatních elektrod. Tomuto procesu se říká referencování. V rámci přípravy dat je třeba udělat re-referencování, což je opětovný proces referencování, který probíhá mezi napětím všech elektrod.

Nástroj channel locations je využit pro přesné zobrazení pozic jednotlivých elektrod.

#### **7.1.4 Čistění dat a vyřazení elektrod**

Po preprocessingu je nutné data manuálně vyčistit od artefaktů a popřípadě vyřadit nefunkční elektrody. Nefunkční elektrody jsou odstraněny tehdy, když jsou v delším časovém úseku problémové. Důvodem mohlo být jejich špatné zapojení nebo mechanické poškození. Celkově by nemělo být odstraněno více než 12 elektrod, to znamená ne více než 10 % z celkového počtu elektrod.

Postupně byl po jednotlivých sekundách projit celý signál a byly označeny ty části, které narušovaly čistotu signálu, tedy artefakty. Při ručním čištění se odstraňují artefakty vzniklé v důsledku mrknutí, pohybu atd., viz. kapitola 2.4. Celkově by ze záznamu nemělo být odstraněno více než 20-25 % dat.

Po vyčištění dat, aby byl signál ještě čistější, bylo využito pluginu ASR (Artifact Reconstruction Subspace). Jeho úkolem je tedy zkvalitnění dat. Umožnil odstranění šumu a přebytečných artefaktů.

#### **7.1.5 Programy ICA a MARA**

V další fázi byly použity dva programy, které byly aplikovány na každý dataset. Jedním z nich je Independent Component Analysis (ICA), což je algoritmus používaný k eliminaci artefaktů. Dále bylo použito Multiple Artifact Rejection Algorithm (MARA), který též eliminuje artefakty, především pohyby očí, svalové artefakty a nefunkční elektrody (Gajos & Wójcik, 2016).

### 7.1.6 Epochování a vytvoření výzkumné studie

Po vyčištění dat následuje vytvoření tzv. epochů důležitých pro následnou analýzu dat. Jedná se o rozdělení signálu na určité části nesoucí důležité informace o snímané aktivitě mozku. Epochy jsou tedy časové úseky, které ohraničují reakci na stimul. V EEG záznamu jsou zvýrazněny barevnými markery, u kterých jsou zaznamenány jednotlivé číslice označující jednotlivé eventy.

Po vytvoření jednotlivých epoch následuje vytvoření výzkumné studie, na jejímž základě je možné uskutečnit analýzu a interpretaci ERP (evokovaných potenciálů).

## 8 Výsledky

Analýza a interpretace dat bude zaměřena na data získána pomocí EEG a na data behaviorální. Do analýzy bylo zahrnuto všech 6 probandů.

Dále byli probandi rozděleni na dvě skupiny podle výsledků v subtestu Počty ve Stanford Binetově inteligenčním testu. Jedna skupina, označená jako  $x$ , představuje subjekty s průměrnými výsledky a skupina  $y$  představuje subjekty s nadprůměrnými výsledky ve výše zmíněném subtestu.

### 8.1 EEG data

Podle výše zmíněných výzkumů zaměřených na numerický odhad byla očekávána aktivita v parietální oblasti. Pravá část kortexu souvisí s numerickou prezentací čísla, levá s abstraktní prezentací čísla, tedy množiny podnětů.

Pro analýzu byly použity epochy, tedy úseky rozdělené podle úrovní obtížnosti a správných odpovědí.

Nejprve budou v rámci analýzy popsány topografické modely aktivity mozku, která probíhala během experimentu a dále bude popsána aktivita na jednotlivých elektrodách pomocí evokovaných potenciálů. Pro popis byla vybrána elektroda A1, běžně označována jako Cz a jedna z elektrod v parietální oblasti, A7 běžně označována jako P3.

Subjekt	Skupina	L24	L23	L22	L21	L20	L19	L18
01	X	8	4	9	8	9	8	8
02	Y	10	13	9	7	9	6	10
03	X	5	7	5	5	7	7	2
04	Y	4	7	5	9	8	5	7
05	X	3	6	9	5	8	7	1
06	Y	6	7	6	8	9	7	9
Subjekt	Skupina	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11
01	X	4	9	9	5	4	4	3
02	Y	6	6	5	4	4	3	2
03	X	8	4	6	4	3	2	4
04	Y	8	5	8	3	8	5	7
05	X	4	7	6	9	7	31	18
06	Y	10	6	6	6	5	19	19

*Tabulka č. 2.: Tabulka počtu správných odpovědí*

*x...průměrné výsledky v subtestu Počty; y...nadprůměrné výsledky v subtestu Počty*

Na níže uvedených obrázcích jsou uvedeny topografické modely aktivity mozku u obou skupin subjektů. Zároveň jsou zde zobrazeny modely pro všechny úrovně obtížnosti úloh obsažené v experimentu. Jsou zde zobrazeny v časových oknech 0-400ms a 400-1000ms. Statistická analýza byla provedena pomocí Bonferroniho korekce.

Je možné pozorovat aktivitu v parietální oblasti, což potvrzuje alternativní hypotézu číslo 3. Zobrazené modely a statistická analýza EEG dat ukazují rozdíl mezi skupinou *x* a *y* v rychlosti zpracování podnětu. Na obrázku č. 5 v časovém okně 200-400ms je vidět, že aktivita probíhá především ve skupině *y*, znamená to tedy, že úkol právě řeší. Skupina *x* úkol ještě řešit nezačala. Na dalším obrázku

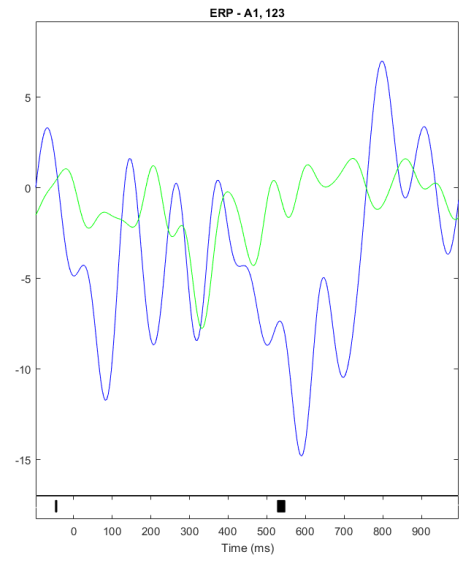
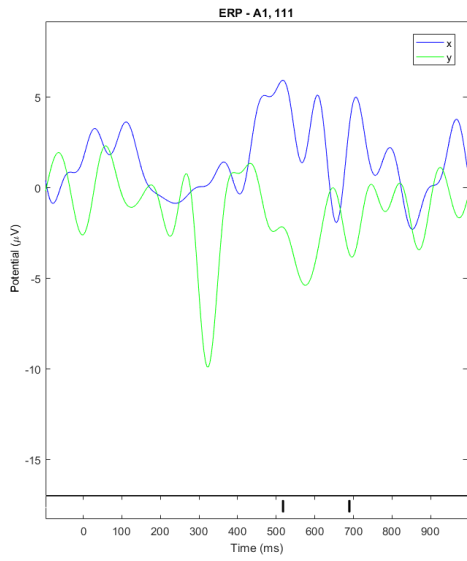




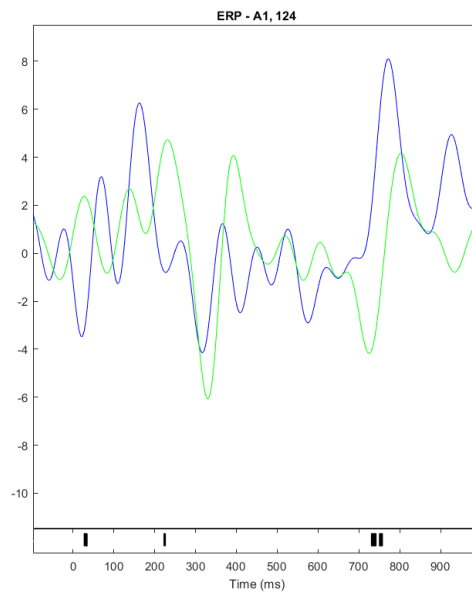
Další popis je zaměřen na aktivitu na jednotlivých elektrodách a popis evokovaných potenciálů, které se vyskytovaly nejčastěji. Byly sledovány statisticky signifikantní rozdíly mezi oběma skupinami na jednotlivých elektrodách. Byly pozorovány vlny N200, P300 a docházelo také k pozdějšímu zpracování. Obě vlny je možné spojovat s kognitivními procesy, především s vnímáním a selektivní pozorností.

Vlna N200 s negativní amplitudou, kterou je možné vidět na obrázku č. 8, se typicky vyskytuje v časovém rozmezí 200-300ms. Často se vyskytuje tehdy, kdy je proband nucen rychle se rozhodnout, je v jakémsi časovém tlaku. Je typicky zaznamenána před motorickou odezvou a při detekci podnětu. V našem případě se jedná o kliknutí na myš. Zaznamenána byla také vlna P300, kterou je možné zřetelně vidět na obrázku č.7. Reflektuje rozpoznání podnětu a aktivizaci paměti. Je však spojena především s procesem rozhodování. Typicky se zobrazuje jako pozitivní v čase 300-400ms po zobrazení podnětu. Její načasování však může být až do 900ms. Pro ukázkou je na obrázku č. 9 zobrazena také elektroda A7, podle standardního označení P3, kde je též možné sledovat N200, P300 a na úrovni 124 dohází opět k pozdnímu zpracování (Pattel & Azzam, 2015).

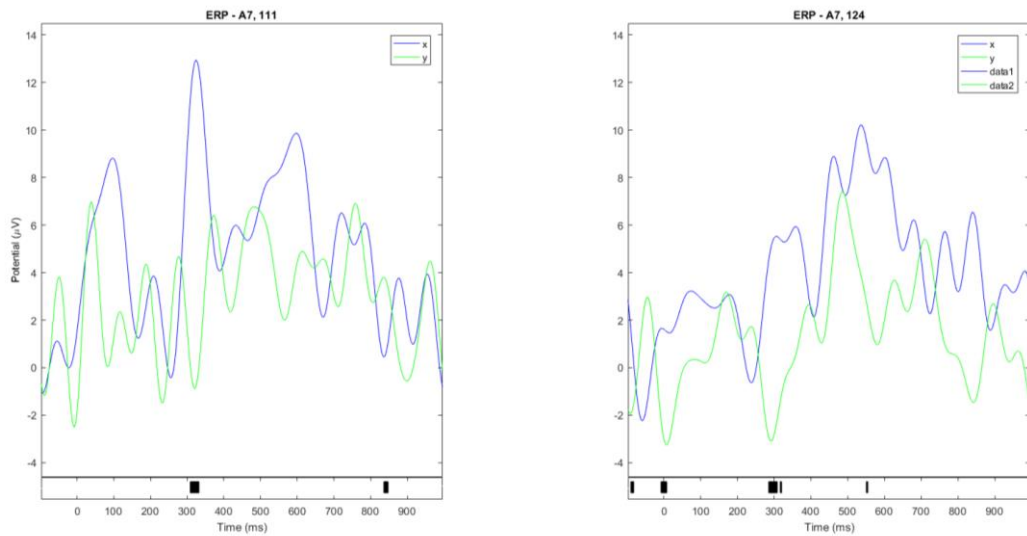
Je zde možné sledovat také pozdní zpracování, s jehož interpretací je třeba zacházet velmi opatrně. Pravděpodobně se objevují negativní komponenty N400, N600 a N800, které jsou spojeny se sémantickou pamětí a často se zobrazují ve spojitosti se slovy. Může se tak jednat o pozdní zpracování slovní pochvaly, která se v experimentu vyskytovala těsně před zobrazením další množiny. Komponenta N400 může být ve spojitosti s tímto výzkumem spojována s matematickými symboly (Silva-Pereya, Rivera-Gaxiola & Kuhl, 2005).



Obrázek č. 7.: ERP na elektrodě A1 (Cz) sledované na úrovni obtížnosti 111 a 123

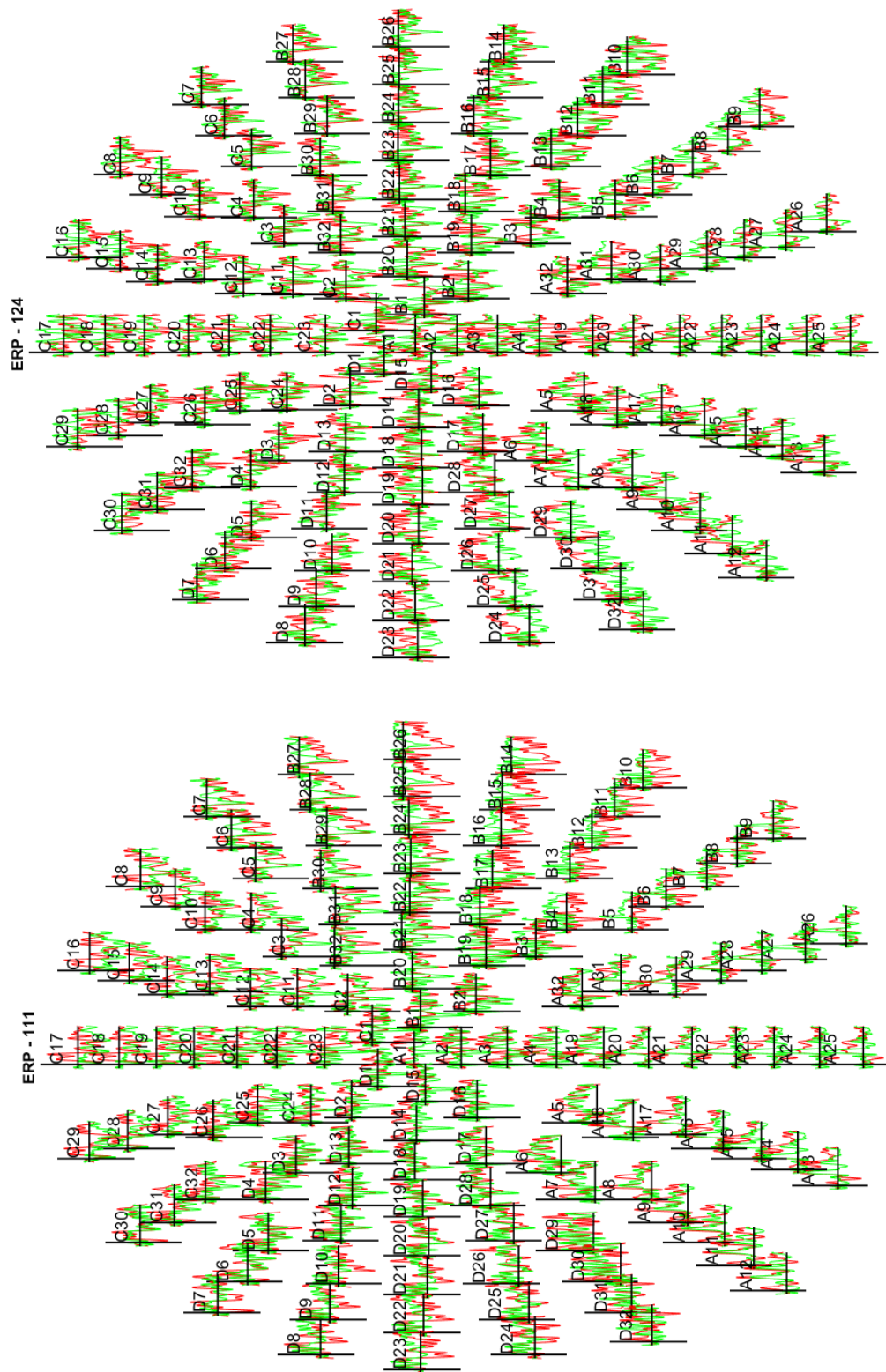


Obrázek č. 8.: ERP na elektrodě A1 (Cz) sledované na obtížnosti 124



*Obrázek č. 9: ERP na elektrodě A7 (P3) sledované na úrovni obtížnosti 111 a 124*

Další analýzu jsme provedli pomocí zobrazení skaplu při použití Bonferroniho korekce. Zaměříme se opět na parietální elektrody. Jak je z obrázku č. 10 patrné, na úrovni 111, tedy na nejtěžší úrovni z experimentu, kdy bylo zobrazeno 51 oranžových a 41 modrých rybiček je vidět rozdíl mezi skupinou *x* a *y* na parietálních elektrodách, zatímco na nejjednodušší úrovni, tedy 124, nejsou tak viditelné rozdíly mezi oběma skupinami. Můžeme tedy soudit, že na nejtěžší úrovni bylo zpracování pro obě skupiny náročnější, a proto je patrný rozdíl ve zpracování.



Obrázek č. 10: zobrazení skalpu s Bonferroniho korekcí na úrovních 111 a 124

## 8.2 Behaviorální data

V rámci analýzy behaviorálních dat jsme se zaměřili především na reakční časy probandů. Pro zjištění vztahu byla použita Pearsonova korelace. Zaměření na normální rozložení nebylo nutné vzhledem k malému vzorku subjektů.

Byl zjištěn vztah mezi behaviorálním testem a rychlostí zpracování podnětu, tedy hrubého matematického odhadu. Vychází zde negativní korelace o hodnotě  $r = -0,36363$ . Tato korelace tedy může být interpretována tak, že zde existuje statisticky signifikantní vztah mezi úspěšností v symbolické matematice a schopností hrubého matematického odhadu.

Dále vyšla korelace  $r = 0,036$  mezi celkovou hodnotou IQ a reakčními časy. Nebyl prokázán žádný vztah mezi celkovým IQ a rychlostí matematického odhadu.

Subjekt	Skupina	Reakční čas	Výsledek v subtestu Počty
01	x	724,8591	17
02	y	943,1678	37
03	x	1331,7285	24
04	y	679,2357	35
05	x	915,6091	24
06	y	564,0894	39

*Tabulka č. 3: Zobrazení reakčních časů a výsledků v subtestu Počty použitých pro analýzu behaviorálních dat*

### 8.3 Souhrnné výsledky

Ve výzkumu byly tedy ověřovány tyto hypotézy:

**H1<sub>0</sub>:** Nebyly zaznamenány statisticky signifikantní rozdíly mezi skupinou skupinou  $x$  a  $y$  v rychlosti hrubého matematického odhadu.

**H1<sub>1</sub>:** Byly zaznamenány statisticky signifikantní rozdíly mezi skupinou  $x$  a  $y$  v rychlosti hrubého matematického odhadu.

**H2<sub>0</sub>:** Neexistuje rozdíl v rychlosti zpracování podnětů mezi skupinou  $x$  a  $y$ .

**H2<sub>1</sub>:** U subjektů ze skupiny  $y$  docházelo k rychlejšímu zpracování podnětů než u skupiny  $x$ .

**H3<sub>0</sub>:** Nebyla zaznamenána kognitivní aktivita v parietálním laloku.

**H3<sub>1</sub>:** Byla zaznamenána kognitivní aktivita v parietálním laloku.

Všechny tři alternativní hypotézy byly potvrzeny. V předešlých výzkumech byla při hrubém matematickém odhadu nalezena aktivita v parietální oblasti, což bylo i na vzorku s Aspergerovým syndromem potvrzeno a nijak se nelišil. Druhá alternativní hypotéza předpokládala na pokladu předešlých výzkumů spojitost nesymbolické a symbolické matematiky. Proto byl tedy stanoven předpoklad, že participanti úspěšnější ve Stanford Binetově testu v subtestu Počty, který byl přímo zaměřen na matematické úlohy, budou ve zpracování podnětů v experimentu rychlejší. Ve výsledku byly skutečně zaznamenány statisticky signifikantní rozdíly mezi skupinou  $x$  a  $y$ . Vzhledem k tomu, že toto pole výzkumu není příliš prozkoumané, nebyla možnost porovnat výsledky s dalšími výzkumy a případně se o ně v interpretaci opřít.

Byl zjištěn vztah mezi behaviorálním testem a v rychlosti zpracování podnětu, tedy hrubého matematického odhadu. Bylo zjištěno, že subjekty, které skórovaly nadprůměrně v subtestu Počty měly rychlejší reakční časy a operace hrubého odhadu počtu u nich tak byla provedena rychleji. Dále nebyl zjištěn žádný vztah mezi celkovou hodnotou IQ a reakčním časem subjektů. Ovšem tyto výsledky není možné brát za zcela jisté, protože se výzkumu zúčastnilo pouze 6 subjektů a

nebylo tedy možné využít normální rozložení. Výsledky jsou tedy pouze orientační.

## Diskuze

Toto téma bakalářské práce bylo zvoleno proto, že s dětmi s PAS pracuji už po dobu dvou let, a proto bych oblast této diagnózy ráda prozkoumala více.

Cílem této práce byla deskripce oblasti numerozity u dětí školního věku s diagnózou Aspergerův syndrom. Ačkoliv se potvrdily námi stanovené alternativní hypotézy, výsledky mohlo ovlivnit několik jevů.

Diagnóza nebyla potvrzena zprávou od odborníka, potvrzení od rodičů bylo pouze ústní. Diagnóza tak byla potvrzena rodiči a bylo to tedy založeno na důvěře.

Ve výzkumu nebylo pracováno s dětmi pouze s diagnózou Aspergerův syndrom, protože se málo kdy vyskytuje sama o sobě. Často přidruženou diagnózou bylo ADHD, které ovšem výsledky mohlo určitým způsobem zkreslit.

Zkrácená testová baterie v S-B testu (Slovník, Paměť na korálky, Počty a Analýza vzorů), použita ve výzkumu, poskytuje sice celkový skór, avšak neposkytuje adekvátní obraz schopností testovaného jedince. Přes velkou snahu dodržovat standardizované postupy to bylo velmi obtížné kvůli nezkušenosti s S-B testem. Proto jsou výsledky pouze orientační. Další překážkou v přesném dodržování standardizovaných postupů byla diagnóza dětí. Pro některé byla testová situace velmi obtížná. Jeden testovaný jedinec se v průběhu testování projevoval agresivně kvůli nesprávně splněnému úkolu, proto bylo velmi obtížné situaci zvládnout a vrátit se ke standardizovaným postupům. Byl nutný velmi individuální přístup k jednotlivým dětem.

V průběhu orientačního testování IQ bylo ve většině případech nutné více chválit, ale byla zde snaha zachovat velmi podobné věty u chválení. Větší míra motivace tak mohla způsobit nadhodnocení výsledku. Sebevědomí u dětí s AS není většinou příliš vysoké, proto byla nutná podpora v plnění úkolů. Většina dětí ochotně plnila úkoly a neměla tendence se vzdávat. V jednom případě došlo k afektu, který bylo nutné zklidnit. Pravděpodobně k němu došlo v důsledku kombinace nového prostředí, pocitu neúspěšnosti a testové situace. Bylo nutné emoce reflektovat a situaci popisovat, po chvíli došlo ke zklidnění.

Experiment byl navržen pro předškolní děti a pohádková tematika tak mohla na děti ve věku třinácti let působit příliš snadně či absurdně. Avšak zobrazované



rybičky v rámci pochval nebo pauz umožnily dětem jakousi formu zklidnění, získat pocit úspěšnosti a experimentátorovi daly prostor pro další slovní pochvalu a povzbuzení k pokračování. Na konci testování bylo dětem umožněno sledovat signál a zkoušet záměrně vytvářet artefakty, především svalové, čímž byla odlehčena testová situace a dítě tak odcházelo domů spokojenější, s dalším poznáním i se sladkou odměnou, kterou za testování získalo.

V průběhu samotného testování dokázaly děti ve většině případech sedět klidně, poslouchaly pokyny a bez jakýchkoliv problémů je plnily. Z důvodu přítomnosti ADHD jsme měly jisté obavy, zda děti vydrží sedět klidně, ale vše proběhlo v pořádku.

Místnost, kde měření probíhalo, nemá okna, bylo proto nemožné vyvětrat, což se mohlo promítnout na úrovni únavy dětí. Právě z důvodu eliminace případné únavy nebylo světlo v místnosti zhasnuto úplně, bylo ztlumeno přibližně na polovinu. Nutno zdůraznit, že nebylo možné všechny probandy naměřit ve stejnou denní dobu, což také mohlo mít vliv na samotný výkon v experimentu. Někteří účastníci byli po zátěži ve škole, jiní ne.

V rámci analýzy dat byla původně snaha o deskripci EEG vln typických u Aspergerova syndromu, avšak jak vyplývá z výzkumu, u poruch autistického spektra nejsou patrné rozdíly v alfa a beta aktivitě proti probandům bez diagnózy.

Výzkum byl prováděn na 128 kanálech a v některých případech došlo k výpadku signálu, důvodem mohlo být velké množství elektrod. Právě proto, že bylo několik elektrod působilo rušivě, bylo v některých případech odstraněno hraniční množství elektrod. Bylo použito též málo trialů, což mohlo výsledky negativně ovlivnit. Dále je důležité zmínit přítomnost ADHD, což byla nejčastěji přidružená diagnóza, která mohla mít také vliv na samotný signál a tím na samotnou analýzu.

Vzhledem k tomu, že zkoumaný vzorek nebyl dostatečně velký, nelze výsledky zobecňovat. To můžeme považovat za největší slabinu výzkumu.

Výsledky jsou především deskriptivní. Důvodem je nedostatečné prozkoumání oblasti numerozity, a především oblast numerozity u dětí s poruchami autistického spektra, jedná se hlavně o numerozitu u Aspergerova syndromu. Nebylo tak

možné výsledky porovnávat s dalšími výzkumy v této oblasti. Tento výzkum měl za cíl učinit jakousi prvotní sondu do této oblasti.

Do budoucna je však potřeba výzkumný soubor rozšířit. Je zde předpoklad srovnání skupiny s diagnózou Aspergerův syndrom se skupinou bez diagnózy a sledovat tak rozdíly, které mohou vznikat na základě odlišnosti obou skupin.

## **Závěr**

Bakalářská práce s názvem „*Numerozita u dětí s Aspergerovým syndromem*“ poskytuje deskripci schopnosti nesymbolické matematiky u dětí školního věku s diagnózou Aspergerův syndrom.

Práce se skládá z části teoretické a empirické. V teoretické části je popsán Aspergerův syndrom, školní věk, elektroencefalografie, evokované potenciály a numerozita.

Empirická část je zaměřena na popis výzkumu, jehož cílem bylo ověření stanovených hypotéz, které byly následně potvrzeny. Mozková aktivita při hrubém matematickém odhadu byla, jak bylo předkládáno, v parietální oblasti. V důsledku tohoto zjištění byly zkoumány jednotlivé elektrody v parietální oblasti a evokované potenciály. Bylo zjištěno, že u participantů úspěšnějších v symbolické matematice docházelo k rychlejšímu zpracování.

## Shrnutí

Teoretická část se zabývá popisem Aspergerova syndromu jako diagnózy, na kterou je výzkum orientován. Dále je popsán školní věk, v němž participanti v průběhu výzkumu byli. Dále je popsána elektroencefalografie, pomocí které byla získávána data. Poslední kapitola se zabývá numerozitou, tedy nesymbolickou matematikou, která je pro náš výzkum stěžejní. Jsou zde popisovány též výzkumy zaměřené na nesymbolickou matematiku a autismus, které přináší do této oblasti nové poznatky.

Cílem výzkumu byla deskripce schopnosti hrubého matematického odhadu u dětí s Aspergerovým syndromem. Pro výzkum byl použit Stanford Binetův inteligenční test a následovala elektroencefalografie, díky které byla získána EEG data, která byla pro výzkum stěžejní.

Byly stanoveny hypotézy, které si kladly za cíl prozkoumat oblast numerozity u dětí s AS. Pomocí analýzy EEG dat, která byla provedena pomocí programu MATLAB a toolboxem EEGlab a dat behaviorálních, byly všechny tři hypotézy potvrzeny.

Při analýze jsme se zaměřily na parietální oblast, ve které byla očekávána aktivita při hrubém matematickém odhadu. Dále byly analyzovány komponenty kognitivních evokovaných potenciálů, které též přinesly do této oblasti cenné poznání. Typicky se objevovala negativní komponenta N00 a komponenta s pozitivní amplitudou P300. Docházelo též k pozdnímu zpracování, jehož význam nebyl přesně odhalen.

Bylo tak dokázáno, avšak na velmi malém vzorku, že pokud jsou probandi úspěšní v počtech a symbolické matematice, je rychlost zpracování kratší. Bylo též dokázáno, stejně jako předešlých výzkumech na podobné téma, že aktivita byla vyvinuta v levé parietální oblasti, což souvisí s abstraktním zobrazením množství.

Výzkumu se účastnilo velmi málo subjektů, a proto je potřeba výzkum rozšířit.

## Seznam literatury

1. Aagten-Murphy D., Attuci, C., Daniel, N., Claric, E., Burr, D. & Pellicano, E. (2015). Numerical Estimation in Children With Autism. *Autism Research*, 8(6), 668-81.
2. Asperger H. (1944). Die „Autistische Psychopathen“ im Kindesalter. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*. 117(1), 76-136.
3. Attwood, Tony (2007). *The complete guide of Asperger syndrome*. Velká Británie: Jessica Kingsley Publishers
4. Baron-Cohen, S., Ashwin, E., Ashwin, C., Tavassoli, T. & Chakrabarti, B. (2009). Talent in autism: hyper-systemizing, hyper-attention to detail and sensory hypersensitivity. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 364, 1377–1383.
5. Berlitz, P. (2007). *Memorix*. Praha: Grada Publishing.
6. Bucaille, A., Grandgeorge, M., Degrez, C., Malléol, C., Cam, P., Botbol, M. & Planche, P. (2016). Cognitive profile in adults with Asperger syndrome using WAIS-IV: Comparison to typical adults. *Research in Autism spectrum disorders*. 21, 1-9.
7. Campbell, J. I. D. (2005). *Handbook of Mathematical Cognition*. New York: Psychology Press.
8. Cantlon, J. F. & Brannon, E. M. (2006). Shared system for ordering small and large numbers in monkeys and humans. *Psychological Science*, 17(5), 401–406.
9. Clarke, A. R., Barry, R. J., Indraratna, A., Dupuy F. E. & McCarthy, R. (2016). EEG activity in children with Asperger's Syndrome. *Clinical Neuropsychology*, 127, 442-451.
10. Coben R., Clarke A., Hudspeth W. & Barry R. (2008). EEG power and coherence in autistic spectrum disorder. *Clinical Neurophysiology*, 119, 1002–9.
11. Čihák, R. (1997). *Anatomie 3*. Praha: Grada.
12. Dawson, G., Klinger, L. G., Panagiotides, H., Lewy A. & Castelloe, P. (1995). Subgroups of autistic children based on social behavior display distinct patterns of brain activity. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 23(5), 5690-583.

13. Dehaene, S. & Brannon, E. (2011). *Space, Time and Number in the Brain: Searching for the Foundations of Mathematical Thought*. London: Academic Press, Elsevier.
14. Dehaene, S. (2011). *The Number Sense: How The Mind Creates Mathematics*. New York: Oxford University Press.
15. Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 487–506.
16. Eisermann, M., Kaminska, A., Moutard, M.-l., Souflet, C. & Plouin, P. (2013). Normal EEG in childhood: From neonates to adolescents. *Clinical Neurophysiology*, 43, 35-65.
17. Faber, J. (1997). *EEG atlas do kapsy*. Praha: Triton.
18. Faridi, F. & Khosrowabadi, R. (2017). Behavioral, cognitive and neural markers of Asperger Syndrome. *Basic and Clinical neuroscience*, 8(5), 349-359.
19. Frith, U. (2004). Emanuel Miller lecture: confusions and controversies about Asperger syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(4), 672–686.
20. Gajos, A. & Wójcik, G. M. (2016). Independent component analysis of EEG data for EGI systém. *Bio-Algorithms and Med-Systems*, 12(2).
21. Geary D. C., Berch, D. B. & Koepke K. M. (2015). *Evolutionary Origins and Early Development of Number Processing*. US: Elsevier Science Publishing Co Inc.
22. Haist, F., Wazny, J. H., Toomarian, E., & Adamo, M. (2015). Development of brain systems for nonsymbolic numerosity and the relationship to formal math academic achievement. *Human Brain Mapping*, 36(2), 804–826.
23. Hendrickx, S. (2010). *The adolescent and adult neuro-diversity handbook: Asperger's syndrome, ADHD, dyslexia, dyspraxia and related conditions*. London: Jessica Kingsley Publishers.
24. Henschen, S. E. (1920). *Klinische und anatomische Beiträge zur Pathologie des Gehirns*. Stockholm: Nordiska Bokhandeln.
25. Hosák, L., Hrdlička, M., & Libiger, J. (2015). *Psychiatrie a pedopsychiatrie*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum.
26. Hrdlička, M. & Komárek, V. (2004). *Dětský autismus: přehled současných poznatků*. Praha: Portál.

27. Chochon F., Cohen, L., van de Moortele P. F. & Dehaene, S. Differential contributions of the left and right inferior parietal lobules to number processing. *Journal of cognitive neuroscience*, 11, 617–630.
28. Izard, V., Sann, C., Spelke E. S. & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(25). 10382–10385.
29. Izard, V., Sann, C., Spelke, E. S., & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(25), 10382–5.
30. Kaldy, Z., Kraper, C., Carter A. S. & Blaser, E. (2011). Toddlers with Autism Spectrum Disorder are more successful at visual search than typically developing toddlers. *Developmental Science*, 14(5): 980–988.
31. Kaňkovský, P. & Dufek, J. (2000). *Evokované potenciály v klinické praxi*. Brno: IDVPZ.
32. Kaufman, E. L., Lord, M. W., Reese, T. W., & Volkman, J. (1949). The discrimination of visual number. *American Journal of Psychology*, 62(4), 498–525.
33. Klauber, T. & Rhode, M. (2004). *The Many Faces of Asperger's Syndrome*. Londýn: Routledge.
34. Koyama, T. & Kurita, H. (2008). Cognitive profile difference between normally intelligent children with Asperger's disorder and those with pervasive developmental disorder not otherwise specified. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 62, 691–696.
35. Kulišťák, P. (2003). *Neuropsychologie*. Praha: Portál.
36. Langmajer, J. & Krejčířová, D. (2006). *Vývojová psychologie*. Praha: Grada Publishing.
37. Love, R. J. & Webb, W. G. (2009). *Mozek a řeč: neurologie nejen pro logopedy*. Praha: Portál.
38. Martin, G. N. (1998). *Human neuropsychology*. London: Prentice-Hall.
39. McAlonan G. M., Suckling J., Wong N., Cheung V., Lienenkaemper N., Cheung C., et al. (2008). Distinct patterns of grey matter abnormality in high-functioning

- autism and Asperger's syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 49( 12), 1287– 1295.
40. McPartland J. C., Volkmar F. R. Aspergers syndrome and its Relationships to Autism. In the neuroscience of autism spectrum disorders, edited by Buxbaum JD, Hof PR. Oxford: Elsevier Press 2013; 55-68.
  41. McPartland, J. C. & Volkmar, F. R. (2013). Asperger Syndrome and It's Relationship to Autism. *The Neuroscience of Autism Spectrum Disorders*, 55-67.
  42. Meaux, E., Taylor, M. J., Pang, E. W., Vara, A. S. & Batty, M. (2014). Neural Substrates of Numerosity Estimation in Autism. *Human Brain Mapping*, 35, 4362-4385.
  43. Michel, C., Koenig, T., Brandeis, D., Gianotti, L. & Wackermann, J. (2009). *Elektrical neuroimaging*. New York: Cambridge University Press.
  44. Nair, R. R. (2015). EEG for the Residents in Pediatrics. *Health & Medicine*.
  45. Odic, D. & Starr A. An Intriduction approximate number system. (2018) *Child Development Perspectives*. University of British Columbia and University of California.
  46. Oner, O., Devrimci-Ozguven, H., Oktem F., Yagmurlu B., Baskak B., Munir K. M. (2007). Proton MR Spectroscopy: Higher Right Anterior Cingulate N-Acetylaspartate/Choline Ratio in Asperger Syndrome Compared with Healthy Controls. *American Journal of Neuroradiology*. 28(8),1494–1498.
  47. Ozonoff, S., Pennington B. F. & Rogers S. J. (1991). Executive Function Deficits in High-Functioning Autistic Individuals: Relationship to Theory of Mind. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 32(7), 1081-1105.
  48. 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.
  49. Piaget, J. & Inhelderová, B. (2010). *Psychologie dítěte*. Praha: Portál.
  50. Piazza, M. & Eger, E. (2016). Neural foundations and functional specificity of number representations. *Neuropsychologia*, 83, 257–273.
  51. Piazza, M., Izard, V., Pinel, P., Le Bihan, D., & Dehaene, S. (2004). Tuning curves for approximate numerosity in the human intraparietal sulcus. *Neuron*, 44(3), 547–555.



52. Picton, T. W., Alain, C., Otten, L., Ritter, W. & Achim, A. (2000). Mismatch Negativity: Different Water in the Same River. *Audiology and Neurotology*, 5, 111-139.
53. Planche, P. & Lemonnier, E. (2012). Children with high-functioning autism and Asperger's syndrome: Can we differentiate their cognitive profiles? *Research in Autism Spectrum Disorder*. 6, 939–948.
54. Plassová, Michala. *Neurální koreláty aritmetických funkcí*. České Budějovice. (2019) Disertační práce. Pedagogická fakulta. Katedra pedagogiky a psychologie.
55. Plassová, Stuchlíková & Vavrečka. (2017). Úvod do aproximálního numerického systému. *Pedagogika* 67(2), 161–176.
56. Price, K. J., Shiffrar, M. & Kerns, A. (2012), Movement Perception and Movement Production in Asperger's Syndrome. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6(1), 391-398.
57. Rozman, J. (2006). *Elektronické přístroje v lékařství*. Praha: Academia.
58. Sacks, O. (2008). *Muž, který si pletl manželku s kloboukem*. Praha: Dybbuk.
59. Seidl, Z. & Obenberger, J. (2004). *Neurologie pro studium i praxi*. Praha: Grada Publishing.
60. Seidl, Z. (2015). *Neurologie pro studium i praxi* (2., přepracované a doplněné vydání). Praha: Grada Publishing.
61. Schacter, D. L., Gilbert, D. T., & Wegner, D. M. (2010). *Psychology* (2. vyd.). New York: Worth.
62. Schleger F., Landerl K., Muenssinger J., Draganova R., Reinl M., Kiefer-Schmidt I., Weiss M., Wacker-Gußmann A., Huotilainen M. & Preissl H. (2014). Magnetoencephalographic Signatures of Numerosity Discrimination in Fetuses and Neonates. *Developmental Neuropsychology*, 39(4), 316–329.
63. Silva-Pereya, J., Rivera-Gaxiola, M. & Kuhl, P. K. (2005). An event-related brain potential study of sentence comprehension in preschoolers: semantic and morphosyntactic processing. *Cognitive Brain Research*, 23, 247-258.
64. Slavíčková, A., Brunovský, M. & Mohr, P. (2010). Kognitivní evokované potenciály v klinické praxi a experimentu. *Psychiatrie*, 14(1), 34-40.

65. Smucker, D. M. (2011). *The role of the right hemisphere in processing sarcasm in Asperger's disorder*. (Diplomová práce). Dostupné z: <https://cardinalscholar.bsu.edu/handle/123456789/195172>
66. Soulières, E., Rouleau, N., Hubert, B. & Gagnon, L. (2010). Superior estimation abilities in two autistic spectrum children. *Cognitive Neuropsychology*, 27(3), 261-76.
67. Sternberg, R. J. & Detterman D. K. (1986). *What is Intelligence? Contemporary Viewpoints on its Nature and Definition*. USA: Praeger.
68. Sternberg, R. J. (2002). *Kognitivní psychologie*. Praha: Portál.
69. Stroganova T., Nygren G., Tsetlin M., Posikera I., Gillberg C., Elam M. & Orekhova E. (2007). Abnormal EEG lateralization in boys with autism. *Clinical Neurophysiology*, 118, 1842–1854.
70. Sutton S. K., Burnette C. P., Mundy P. C., Meyer J., Vaughan A., Sanders Ch. & Yale M. (2005). Resting cortical brain activity and social behavior in higher functioning children with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 42(5), 221-222.
71. Tatum IV, W. O. et al. (2007). *Handbook of EEG interpretation*. Demos Medical Publishing.
72. Thorndike, R. L., Hagen, E. P. & Sattler, J. M. (1995). *Stanfordský Binetův inteligenční test - IV. revize*. Brno: Psychodiagnostika s.r.o.
73. Thorová, K. (2007). *Vyjímečné děti: Aspergerův syndrom*. Praha: Apla.
74. Thorová, K. (2012). *Poruchy autistického spektra: dětský autismus, atypický autismus, Aspergerův syndrom, dezintegrační porucha* (Vyd. 2). Praha: Portál.
75. Thorová, Šporclová (2012). Poruchy autistického spektra v dospělosti. *Psychiatrie pro praxi*, 13(3), 116-119.
76. Urigüen, J. A. & Garcia-Zapirain, B. (2015). EEG artifact removal - State-of-the-art and guidelines. *Journal of Neural Engineering*, 12(3).
77. ÚZIS. (2018). *MKN-10 Tabulární část: desátá revize: aktualizovaná verze k 1. 1. 2018*. Praha: ÚZIS. Dostupné z: <http://www.uzis.cz/katalog/klasifikace/mkn>.
78. Vágnerová, M. (2000). *Vývojová psychologie: dětství, dospělost, stáří*. Praha: Portál.

79. Vágnerová, M. (2001). *Kognitivní a sociální psychologie žáka základní školy*. Praha: Karolinum.
80. Vágnerová, M. (2017). *Vývojová psychologie: dětství a dospívání*. Praha: Karolinum.
81. Vojtěch, Z. (2005). *EEG v epileptologii dospělých*. Praha: Grada Publishing, a. s.
82. Wing, Lorna. (1981). Asperger's syndrome: a clinical account. *Psychological Medicine, 11*, 115–129.
83. Wong N., Beidel D. C., Sarver D. & Sims V. K. (2012). Facial Emotion Recognition in Children with High Functioning Autism and Children with Social Phobia. *Child Psychiatry and Human Development 43*(5), 775-94.

## **Seznam obrázků**

Obrázek č. 1: rozložení elektrod použité ve výzkumné části

Obrázek č. 2: popis základních typů EEG vln

Obrázek č. 3: zobrazení evokovaných potenciálů v čase

Obrázek č. 4: výzkumný úkol; logaritmus obtížnosti 1.10 se správnou odpovědí - modrá

Obrázek č. 5: topografický model mozkové aktivity v časovém oknu 0-400ms

Obrázek č. 6: topografický model mozkové aktivity v časovém oknu 400-1000ms

Obrázek č. 7: ERP na elektrodě A1 (Cz) sledované na úrovni obtížnosti 111 a 123

Obrázek č. 8: ERP na elektrodě A1 (Cz) sledované na obtížnosti 124

Obrázek č. 9: ERP na elektrodě A7 (P3) sledované na úrovni obtížnosti 111 a 124

Obrázek č. 10: zobrazení skalpu s Bonferroniho korekcí na úrovních 111 a 124

## **Seznam příloh**

Příloha č. 1: Informovaný souhlas s IQ testováním – strana 1

Příloha č. 2: Informovaný souhlas s IQ testováním – strana 2

Příloha č. 3: Informovaný souhlas s EEG měřením – strana 1

Příloha č.4: Informovaný souhlas s EEG měřením – strana 2

Příloha č. 5: Informovaný souhlas s EEG měřením – strana 3

Příloha č. 6: Leták pro experiment

# Přílohy

## Příloha č. 1: Informovaný souhlas s IQ testováním – strana 1<sup>1</sup>



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

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

### **Prohlášení a souhlas účastníků s jejich zapojením do výzkumu:**

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí svého dítěte ve výše uvedeném projektu a že jsem měl/a možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal/a jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. Byl/a jsem poučen/a o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat.

Jméno a příjmení účastníka: ..... Datum narození: .....

Adresa trvalého bydliště účastníka: .....

*Souhlas zákonného zástupce:*

Jméno a příjmení zákonného zástupce: ..... Datum narození: .....

Adresa trvalého bydliště zákonného zástupce: .....

Vztah zákonného zástupce k účastníkovi: .....

Podpis zákonného zástupce: ..... Datum: .....

Ústní vysvětlení dítěti podal/a: ..... Datum: .....

---

<sup>1</sup> Informovaný souhlas vytvořený podle vzoru informovaného souhlasu účastníka výzkumu vytvořeného etickou komisí PF JU

## Příloha č. 2: Informovaný souhlas s IQ testováním – strana 2



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

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

### Informovaný souhlas účastníka výzkumu:

---

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se zásadami etické realizace výzkumu<sup>1</sup> Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu v rámci bakalářské práce.

**Název projektu:** Numerozita u dětí s Aspergerovým syndromem

**Řešitel projektu:** Kateřina Klempířová, 777 624 621, kataklempirova@seznam.cz

**Název pracoviště:** Obor Psychologie, Katedra pedagogiky a psychologie, Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

**Vedoucí práce:** Mgr. Michala Plassová, mplassova@pf.jcu.cz

**Cíl výzkumu:** Prozkoumat schopnost matematického odhadu a matematického nadání u dětí s Aspergerovým syndromem za použití inteligenčního testu a elektroencefalografie.

**Popis výzkumu:** Účastníci výzkumu budou podrobeni inteligenčnímu testu ~~Stanford-Binet~~ ~~Stanford-Binet~~. Vzhledem k věku účastníků a vzhledem k dosaženému vzdělání a zkušenostem se zadáváním IQ testů řešitelky budou výsledky IQ testu orientační. Doba trvání IQ testování je závislá na situaci a účastníkovi. Osobní údaje účastníků nebudou nikomu předány a nebudou se v rámci výzkumu nikde vyskytovat. Osobní údaje budou zlikvidovány ihned po ukončení výzkumu. Účastníci jsou zapojeni do výzkumu na základě dobrovolného rozhodnutí. Za účast ve výzkumu nebude poskytnuta žádná peněžité forma odměny. Účastník je oprávněn k rozhodnutí kdykoliv výzkum bez udání důvodu opustit.

.....  
datum a podpis řešitele projektu

<sup>1</sup> Všeobecnou deklaraci lidských práv, nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2016/679 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (obecné nařízení o ochraně osobních údajů) a dalšími obecně závaznými právními předpisy (jimiž jsou zejména Helsinská deklarace přijatá 18. světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964, ve znění pozdějších změn (Cotrufova, Brazílie, 2013), zákon č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zákon o zdravotních službách), ve znění pozdějších předpisů, zejména ustanovení jeho § 28 odst. 1, a Úmluva na ochranu lidských práv a důstojnosti lidské bytosti v souvislosti s aplikací biologie a medicíny: Úmluva o lidských právech a biomedicíně publikované pod č. 96/2001 Sb. m. s., jsou-li aplikovány).

## Příloha č. 3: Informovaný souhlas s EEG měřením – strana 1<sup>2</sup>



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

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

### **Informovaný souhlas s EEG měřením**

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se zásadami etické realizace výzkumu<sup>1</sup> Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu v rámci bakalářské práce.

**Název projektu:** Numerozita u dětí s Aspergerovým syndromem

**Řešitel projektu:** Kateřina Klempířová, 777 624 621, kataklempirova@seznam.cz

**Název pracoviště:** Obor Psychologie, Katedra pedagogiky a psychologie, Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

**Vedoucí práce:** Mgr. Michala Plassová, mplassova@pf.jcu.cz

**Cíl výzkumu:** Prozkoumat schopnost matematického odhadu a matematického nadání u dětí s Aspergerovým syndromem za použití inteligenčního testu a elektroencefalografie.

**Popis výzkumu:** Účastníci výzkumu budou podrobeni měření pomocí elektroencefalografie neboli EEG. Účastníkům bude nasazena čepice s elektrodami a na počítači jim bude promítán experiment, ve kterém bude testována jejich schopnost matematického odhadu. Osobní údaje účastníků nebudou nikomu předány a nebudou se v rámci výzkumu nikde vyskytovat. Osobní údaje budou zlikvidovány ihned po ukončení výzkumu. Účastníci jsou zapojeni do výzkumu na základě dobrovolného rozhodnutí. Za účast ve výzkumu nebude poskytnuta žádná peněžité forma odměny. Účastník je oprávněn k rozhodnutí kdykoliv výzkum bez udání důvodu opustit.

.....  
datum a podpis řešitele projektu

<sup>1</sup> Všeobecnou deklaraci lidských práv, nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2016/679 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (obecné nařízení o ochraně osobních údajů) a dalšími obecně závaznými právními předpisy (jimiž jsou zejména Helsinská deklarace přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964, ve znění pozdějších změn (Espoo, Brazílie, 2013), zákon č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zákon o zdravotních službách), ve znění pozdějších předpisů, zejména ustanovení jeho § 28 odst. 1, a Úmluva na ochranu lidských práv a důstojnosti lidské bytosti v souvislosti s aplikací biologie a medicíny: Úmluva o lidských právech a biomedicíně publikovaná pod č. 96/2001 Sb. m. s., jsou-li aplikovatelné).

<sup>2</sup> Informovaný souhlas vytvořený podle vzoru informovaného souhlasu účastníka výzkumu vytvořeného etickou komisí PF JU a podle vzoru měřicího protokolu používaného v Neuropsychologické laboratoři JU

## Příloha č. 4: Informovaný souhlas s EEG měřením – strana 2



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

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

**Typ studie:** EEG 32 kanálů  EEG 64 kanálů  EEG 128 kanálů

**Hodin spánku:** .....

**Lateralita:** pravák  levák

**Poznámky:**



## Příloha č. 5: Informovaný souhlas s EEG měřením – strana 3



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

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

### **Prohlášení a souhlas účastníků s jejich zapojením do výzkumu:**

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí svého dítěte ve výše uvedeném projektu a že jsem měl/a možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal/a jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. Byl/a jsem poučen/a o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat.

Jméno a příjmení účastníka: ..... Datum narození: .....

Adresa trvalého bydliště účastníka: .....

*Souhlas zákonného zástupce:*

Jméno a příjmení zákonného zástupce: ..... Datum narození: .....

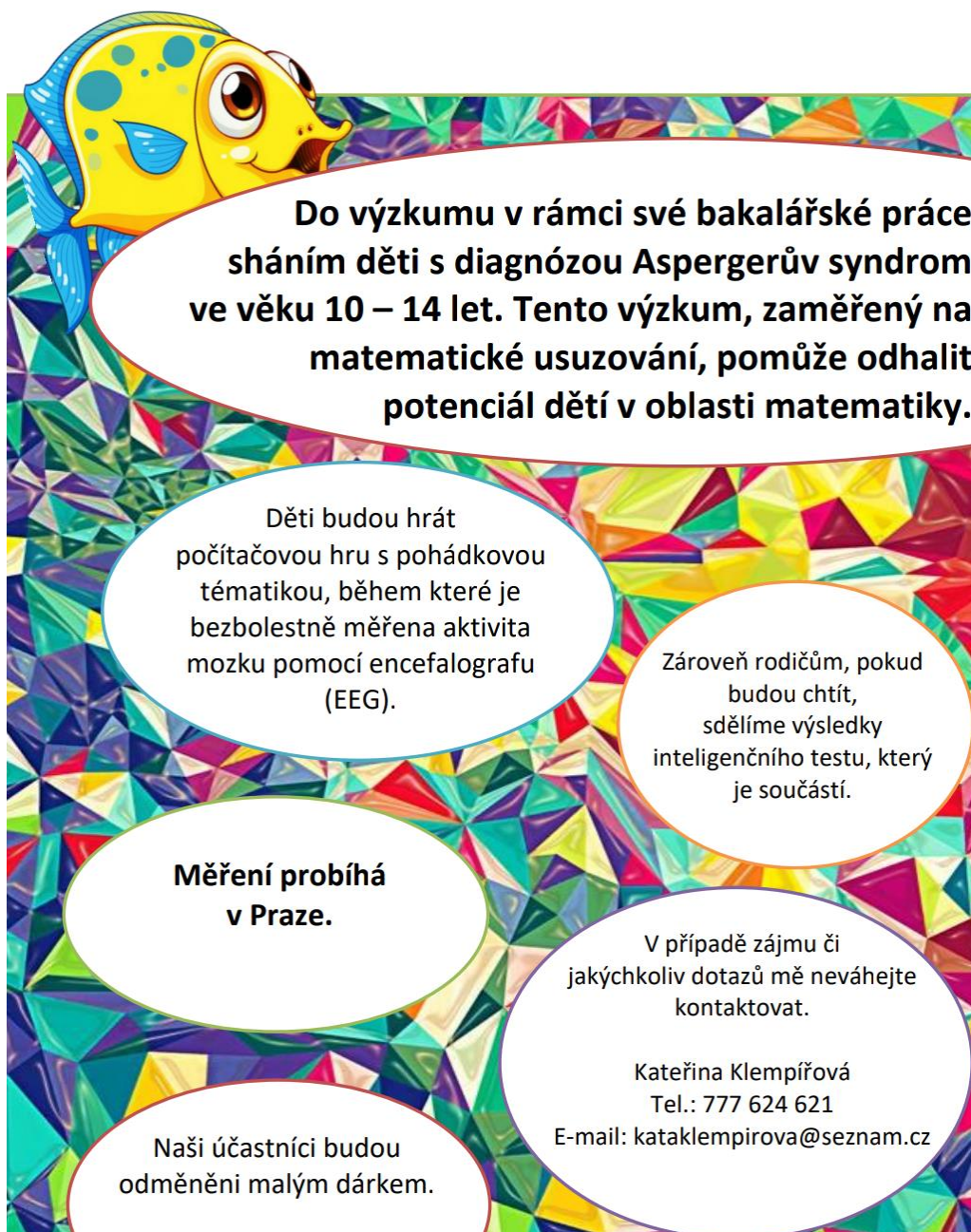
Adresa trvalého bydliště zákonného zástupce: .....

Vztah zákonného zástupce k účastníkovi: .....

Podpis zákonného zástupce: ..... Datum: .....

Ústní vysvětlení dítěti podal/a: ..... Datum: .....

## **Matematické nadání u dětí s AS ve věku 10 – 14 let**



**Do výzkumu v rámci své bakalářské práce sháním děti s diagnózou Aspergerův syndrom ve věku 10 – 14 let. Tento výzkum, zaměřený na matematické usuzování, pomůže odhalit potenciál dětí v oblasti matematiky.**

Děti budou hrát počítačovou hru s pohádkovou tematikou, během které je bezbolestně měřena aktivita mozku pomocí encefalografu (EEG).

Zároveň rodičům, pokud budou chtít, sdělíme výsledky inteligenčního testu, který je součástí.

**Měření probíhá v Praze.**

V případě zájmu či jakýchkoliv dotazů mě neváhejte kontaktovat.

Kateřina Klempířová  
Tel.: 777 624 621  
E-mail: [kataklempirova@seznam.cz](mailto:kataklempirova@seznam.cz)

Naši účastníci budou odměněni malým dárkem.