

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 14: Pedagogika, psychologie, sociologie a problematika volného času

Změna reakční doby v průběhu života

Autorka: Simona Malaková

Hlavní město Praha

Praha 2022

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 14: Pedagogika, psychologie, sociologie a problematika volného času

Změna reakční doby v průběhu života

Changes in reaction time during the span of a lifetime

Autoři: Simona Malaková

Škola: Gymnázium, Praha 2, Botičská 1, Botičská 424, 128 01 Praha 2

Kraj: Hlavní město Praha

Konzultant: doc. Mgr. Tomáš Nikolai, Ph.D., Mgr. Petr Šíma

Praha 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracovala samostatně a použila jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.



Simona Malaková

Praha 3. 2. 2022

Poděkování

Chtěla bych poděkovat Mgr. Petru Šimovi za odbornou pomoc a dohled nad mojí prací. Dále bych ráda poděkovala týmu laboratoře neuropsychologie Neurologické kliniky 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice, konkrétně doc. Mgr. Tomáši Nikolaiovi, Ph.D., a Mgr. Josefu Manovi. Poskytli mi pomoc při vytváření práce i experimentu, bez jejich pomoci by moje práce nemohla vzniknout. Také bych chtěla poděkovat Mgr. Ditě Vendrame, vedení základní školy Marjánka a vedení domova pro seniory SeneCura Slivenec za poskytnutí prostorů a dobrovolníků pro provedení experimentu. Za typografickou korekturu bych chtěla poděkovat Ing. Evženu Markalousovi. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat mojí mámě za korekturu práce a za podporu při psaní práce v náročné epidemiologické situaci.

Anotace

Práce se zabývá změnou reakční doby v průběhu života. Reakční doba je čas, který uplyne od okamžiku zaznamenání podnětu do doby, kdy nastane reakce na tento podnět. Reakční doba zrcadlí stav centrální nervové soustavy. Cílem práce je zjistit, jak se reakční doba mění v průběhu života. S pomocí Neurologické kliniky 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice jsem provedla počítačový experiment na třech věkových skupinách, kde prověřuji reakční dobu na jednoduché zrakové podněty. Výsledkem práce je, že reakční doba je u dětí prodloužena oproti nejvýkonnější skupině ve věku přibližně 18 let, pravděpodobně z důvodu neúplné myelinizace neuronů. U lidí staršího věku je reakční doba prodloužena, což vysvětlujeme atrofií centrální nervové soustavy. Výsledky podporují hypotézu, že centrální nervová soustava se během života vyvíjí, plně vyvinuta je až po dvacátém roku života a s věkem její funkce upadá.

Klíčová slova

Reakční doba; ontogeneze; myelinizace; atrofie centrální nervové soustavy; poruchy centrální nervové soustavy

Annotation

My research paper is about the changes in reaction time over the course of a person's life. Reaction time is measured by the time elapsed between a stimulus onset and the response to the stimulus. Reaction time directly mirrors the state of the central nervous system. The goal of my research is to find out how reaction time changes over the course of an individual's life. With the help of the neurology clinic of the First Faculty of Medicine and the General University Hospital, I performed a computer experiment on three different age groups to evaluate an individual's reaction time to visual stimuli. The result of my research is that the reaction time of children is slower when compared to the best performing group, people eighteen years of age. This is because a child's central nervous system is not fully myelinated. The reaction time of seniors is also slower when compared to the best performing group because their central nervous system is atrophied. The results show that the central nervous system develops with age and is fully developed around the age of twenty, and afterwards its function declines with age.

Keywords

Reaction time; ontogenesis; myelination; atrophy of the central nervous system; disorders of the central nervous system

Obsah

1	Úvod	6
2	Přehled literatury	7
2.1	Reakční doba	7
2.1.1	Zpracování a reakce na podnět.....	7
2.2	Kategorizace reakčních rychlostí	10
2.2.1	Jednoduchá reakční doba	10
2.2.2	Rozpoznávací reakční doba	11
2.2.3	Výběrová reakční doba	11
2.3	Reakční doba v průběhu ontogeneze.....	12
2.3.1	Reakční doba během dětství	12
2.3.2	Reakční doba během dospělosti.....	13
2.3.3	Reakční doba během stáří	13
2.4	Onemocnění a poruchy ovlivňující reakční doba.....	14
2.4.1	ADHD a ADD.....	14
2.4.2	Specifické poruchy učení	15
2.4.3	Neurodegenerativní onemocnění	16
2.5	Rozdíly reakční doby mezi pohlavími	16
3	Metodika	17
3.1	Počítačový experiment	17
3.2	Provedení experimentu.....	20
4	Výsledky	21
4.1	Rozdíly ve věkových kategoriích.....	21
4.2	Rozdíly v měřených s neurologickými onemocněními.....	23
5	Diskuse	25
6	Závěr	26
7	Použitá literatura	27
8	Seznam obrázků, grafů a tabulek.....	30
9	Příloh 1: Obrázky.....	31

1 ÚVOD

Ve své práci se zabývám problematikou změny reakční doby v průběhu života. Hlavním cílem mé práce je porovnat, jak se mění rychlost reakce člověka na podnět v průběhu ontogenetického vývoje. Vedlejším cílem je zjistit, jak velký je časový rozdíl v reakční době v různých fázích ontogeneze. Je dokázáno, že s přibývajícím věkem se reakce na podnět zpomaluje, což je vedlejší projev stárnutí. V dětství je rychlost reakce na podněty pomalejší z důvodu nepozornosti probanda a nedokončeného neurologického vývoje.

Mám dvě hlavní hypotézy, které provází moji práci. Má první hypotéza je spojena s věkem a druhá s neurologickými onemocněními. Předpokládám, že věková kategorie s nejkratší reakční dobou budou mladí dospělí ve věku kolem 18 let, protože už mají plně vyvinutou nervovou soustavu a nemají problémy s pozorností. Dalším důvodem by mohlo být, že jejich centrální nervová soustava zatím neprošla procesem stárnutí. Čím starší proband bude, tím větší budou projevy stárnutí na jeho centrální nervové soustavě a tím pádem bude mít pomalejší reakce na podněty. Toto prověřím experimentem, který měří čas mezi tím, než proband uvidí podnět a než na něj zareaguje kliknutím tlačítka. Má druhá hypotéza je, že v případě, že má proband nemoc centrální nervové soustavy, tak bude jeho reakční doba prodloužena oproti jeho vrstevníkům.

Tuto práci jsem si vybrala z důvodu, že jsem si tohoto fenoménu všimla ve vlastním životě a přišlo mi to zajímavé. Hrála jsem se svým tátou hru a všimla jsem si, že moje reakce na podněty ve hře jsou rychlejší než jeho. Po bližším prostudování tématu jsem zjistila, že toto není anomálie v mojí rodině. Chtěla jsem zjistit, jestli měření, které není děláno s profesionální výbavou a týmem, se shoduje s výsledky odborně provedených studií, popřípadě jak velký rozdíl mezi výsledky bude.

2 PŘEHLED LITERATURY

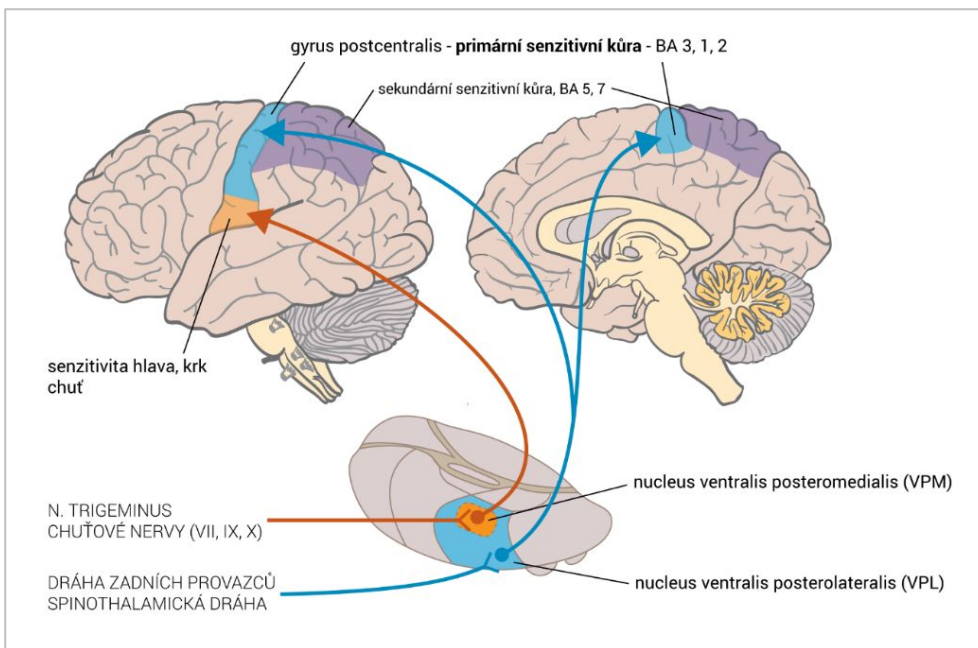
2.1 Reakční doba

Reakční doba nebo reakční rychlost je čas, který uplyne od okamžiku zaznamenání podnětu do doby, kdy nastane reakce na tento podnět. Reakční doba se dělí na tři složky: čas vjemu, čas rozhodnutí a čas pohybu. Čas vjemu je podmíněn především vnímáním podnětu příslušným receptorem, intenzitou podnětu, velikostí a trváním podnětu. Čas vjemu trvá přibližně 30–70 ms. Čas rozhodnutí zahrnuje čas zhodnocení přijaté informace a volbu vhodné reakce. Čas pohybu je motorická reakce jedince na podnět. Dohromady tyto tři složky tvoří reakční dobu. Čím intenzivnější je podnět, tím více se zkracuje reakční doba jedince, protože jeho tělo je ve větším ohrožení. (1) (2) (3) (4)

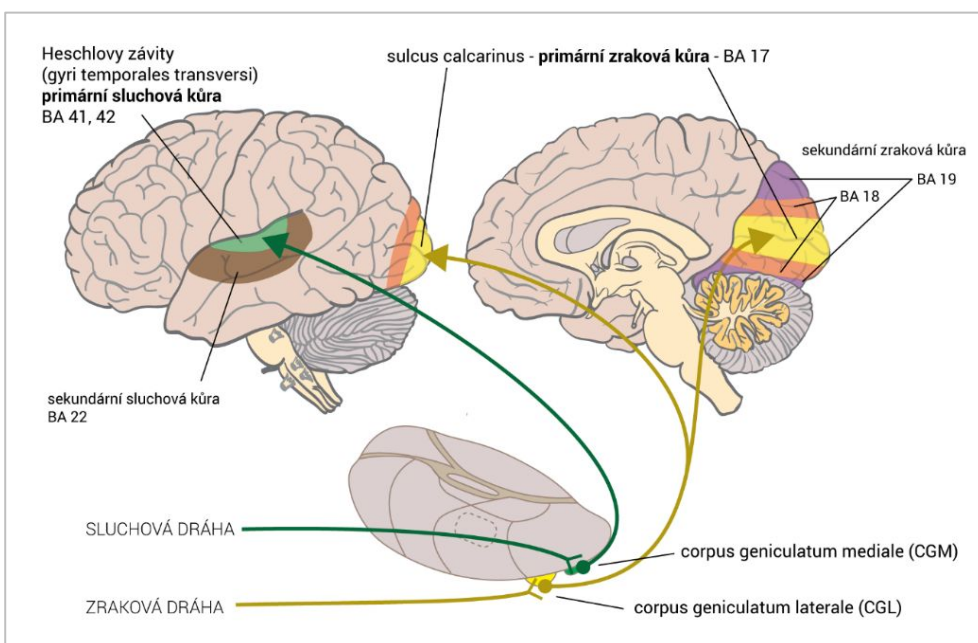
Studie reakční doby je jedna z nejčastějších a nejzákladnějších studovaných oblastí experimentální psychologie, kognitivní psychologie a neuropsychologie. Při reakci na podnět dochází k složité neurologické sekvenci dějů, které mohou být ovlivněny několika faktory. Reakční doba je ovlivněna vnímáním okolí, pozorností jedince a celkovým stavem centrální nervové soustavy. Díky změnám v reakční době jde upozornit na řadu poruch pozornosti, neurodegenerativních onemocnění nebo pouze na stárnutí osoby. (1)

2.1.1 Zpracování a reakce na podnět

Zpracování podnětu a reakce na něj je složitý neurologický proces, který se nazývá reflex. Proces reakce začíná senzoryickým vstupem, kdy smyslový orgán registruje podnět. Signál v podobě nervového vzruchu je vzestupnými drahami veden do mozkové kůry. Než se dostane do mozkové kůry, prochází vzruch thalamem. Thalamus předzpracovává informace, které vstupují do mozkové kůry a vede je na správné místo. Thalamus můžeme do několika jader. Vzruchy ze smyslových orgánů jsou vedeny do specifických senzoryických jader, tato jádra se nacházejí v části thalamu nazývané se metathalamus. Ze specifických senzoryických jader jsou vedeny do příslušné oblasti v mozkové kůře. (2) (5)

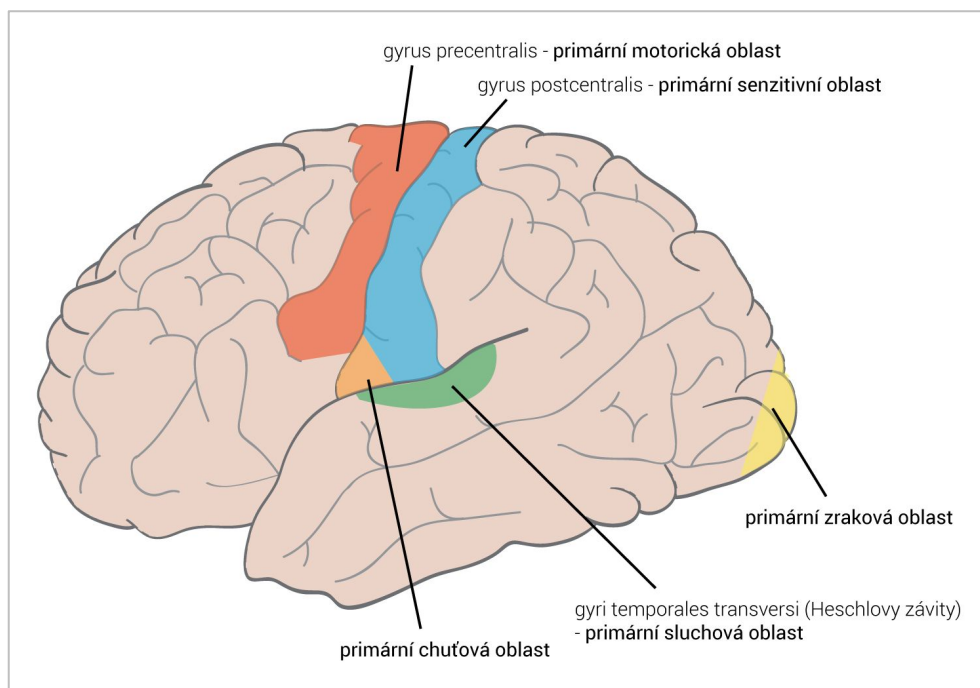


Obrázek 1 Zpracování hmatového a chuťového podnětu (5)



Obrázek 2 Zpracování zrakového a sluchového podnětu (5)

Mozková kůra neboli neokortex je nejvyšším centrem reflexních oblouků. Zde probíhá rozbor vzruchů a reakce na ně je vyslána do příslušné části těla. Neurony mozkové kůry jsou rozděleny podle funkce do určitých funkčních okrsků – korových center neboli analyzátorů. Nejdůležitější neurony v procesu zpracování nervového vzruchu ze smyslového orgánu jsou tzv. granulární buňky, které přijímají projekce ze vzestupných drah. Korová centra rozdělujeme na senzitivní, do nichž vstupují dráhy z hmatových receptorů, dále sensorická, do nichž vstupují dráhy z dalších smyslových orgánů a motorická, z nichž vystupují dráhy do míchy. Příslušný podnět je analyzován v příslušné korové oblasti. (6) (7) (8)

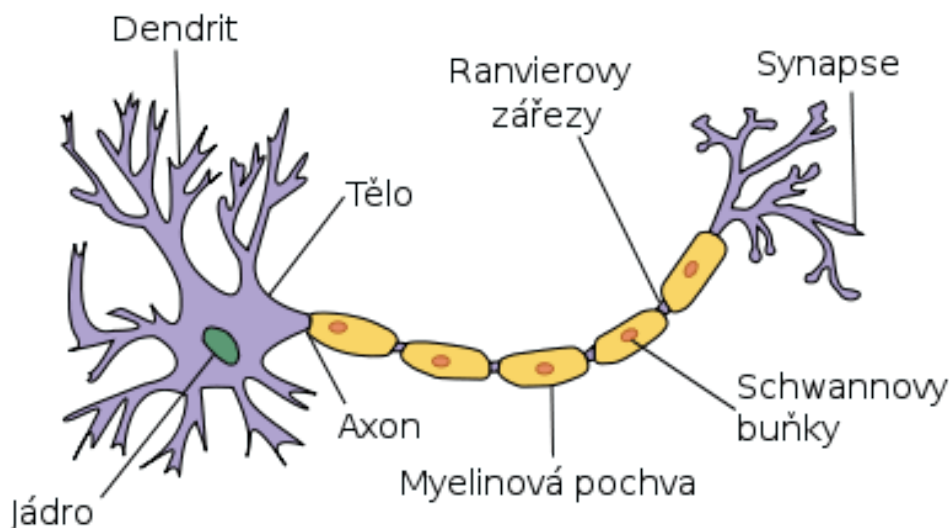


Obrázek 3 Umístění korových center v mozku (7)

Zraková korová oblast pokrývá kůru týlního laloku. V této oblasti končí vlákna zrakových drah. Probíhá zde syntéza obrazu zaznamenaným sítnicí. Sluchová korová oblast je uložena v kůře spánkového laloku. Zde končí vlákna sluchových drah. Jednotlivé úseky této oblasti jsou specializované na identifikaci různých částí zvuku, jako je výška, barva, tón a další. Hmatové podněty jsou zpracovány v senzitivní korové oblasti v zadní části temenního laloku. V kůře senzitivního korového centra končí dráhy receptorů teploty, tlaku, bolesti a dotyku. Tato tři centra jsou nejdůležitější pro vnímání podnětů a vytvoření následné reakce na ně. Všechna korová centra spolu spolupracují, aby mohl organismus správně fungovat a vnímat své okolí. (6) (7)

Po zpracování a projekci podnětů v senzoričkových a senzitivních korových oblastech jsou zpracované informace posílány do motorické korové oblasti. Motorická korová oblast, která je uložena v kůře čelního laloku a zprostředkovává přenos reakce z mozku do míchy, ovládá řízené a vědomé pohyby. Zde se nacházejí neurony s dlouhými axony, které bez přerušení probíhají jako tzv. pyramidová dráha mozkovým kmenem do míchy. Končí v periferních motoneuronech v míše, v předních míšních rozích. V míše je reakce vedena do těla motoneuronů, které inervují svaly. Přenos vzruchu do svalů trvá nejdéle z celého procesu reakce na podnět. (6) (9) (10)

Nervový vzruch se šíří nervy, které jsou tvořeny nervovými buňkami, neurony. Neuron je tvořen tělem, na kterém jsou dendrity a přivádějí elektrické signály do těla buňky. Jsou-li signály dost silné, vznikne vzruch. Navazuje axon, který vzruch přenáší a končí synapsami vázajícími se na další neuron nebo svalovou buňku. Axon je rozdělován Ranvierovými zářezy a každá jeho část je obalena myelinovou pochvou, která urychluje přenos vzruchu. (11) (12)



Obrázek 4 Stavba neuronu (11)

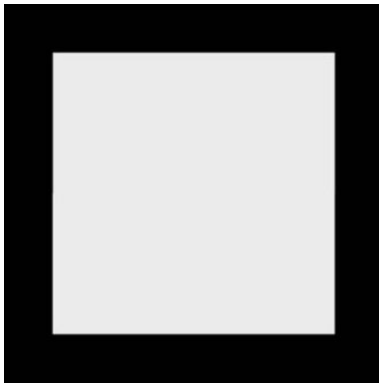
Nervový vzruch neboli akční potenciál se šíří formou elektrických a chemických signálů. V těle vzniká velké množství signálů, které se šíří po těle prostřednictvím neuronů a synapsí mezi nimi. Šíří se tak dlouho, dokud se nedostane do cílové buňky, například svalové. Nepodrážděný neuron si vytvoří tzv. klidový potenciál, kdy je udržována stálá rovnováha mezi K^+ , Na^+ a Cl^- ionty v mimobuněčném a nitrobuněčném prostředí. Dostane-li se do neuronu elektrický signál, dojde k podráždění receptorů na buňce a cytoplazmatická membrána se stane propustná pro Na^+ ionty, které pronikají do buňky. Tento přesun způsobí akční potenciál neuronu a začne se po neuronu šířit. Akční potenciál doputuje až na konec neuronu, kde se nachází synapse nervů. Pomocí neurotransmiterů, např. acetylcholinu, dojde k chemickému podráždění dalšího neuronu a k přenosu vzruchu mezi dvěma neurony. Poté, co vzruch dorazí do svalu, je aktivována funkce svalu a ten provede požadovanou aktivitu. (12) (13)

2.2 Kategorizace reakčních rychlostí

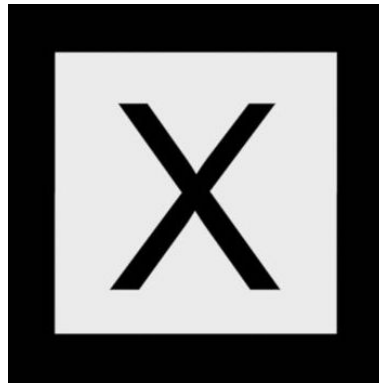
Obecně řečeno, reakční doba je čas, který uplyne od zaznamenání podnětu do reakce na něj. Reakční doba se ale dělí na několik druhů. Jsou tři druhy reakční doby a časy reakcí na ně jsou velmi odlišné, protože vyžadují jiné množství přemýšlení nad úkolem. Pro ucelený obraz o reakční době jedince sledujeme všechny druhy reakční doby. (2) (14)

2.2.1 Jednoduchá reakční doba

Jednoduchá reakční doba je základní způsob měření reakce na podnět. Je to čistý čas od zaznamenání podnětu do fyzické reakce na něj. Jednoduchá reakční doba je nejkratší, protože nevyžaduje žádné přemýšlení, pouze čas zpracování podnětu a reakce na něj. Nejčastější způsob měření tohoto typu je, že proband je instruován, aby zmáčkl tlačítko ihned po zaznamenání podnětu. Průměrná reakční doba u nejnávýkonnější skupiny je 160 ms pro zvukový podnět, 190 ms pro zrakový podnět. (1) (14)



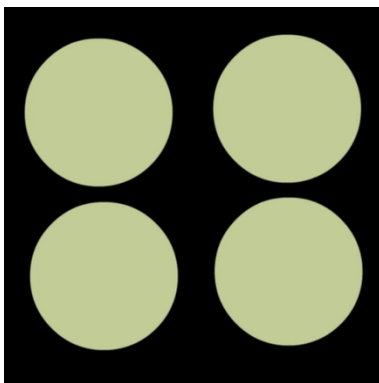
Obrázek 5 Ukázka testu jednoduché reakční doby (není-li uvedeno jinak foto autor)



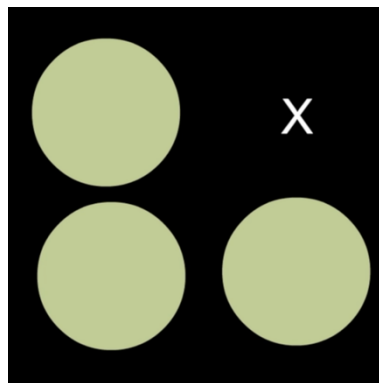
Obrázek 6 Ukázka testu jednoduché reakční doby

2.2.2 Rozpoznávací reakční doba

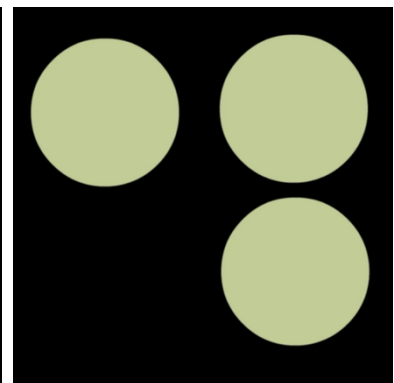
Rozpoznávací reakční doba neboli „go no go“ spočívá v tom, že proband je konfrontován se dvěma a více podněty, na které reaguje nebo nereaguje. Časové výsledky tohoto druhu reakční doby budou o poznání delší než jednoduchá reakční doba, protože proband musí registrovat podnět, rozhodnout, zda na něj má reagovat a poté zareagovat. Měří se různými druhy testů. Jeden způsob testování mám zobrazen na obrázcích 7, 8 a 9. Proband vidí čtyři kolečka a po určitých časových úsecích kolečka mizí. Když kolečko zmizí a namísto kolečka se objeví jiný obrázek, proband reaguje stisknutím tlačítka, toto je podnět „go“. Jestliže kolečko zmizí a namísto kolečka se neobjeví nic, tak proband nereaguje, toto je podnět „no go“. Na všechny „go“ podněty musí také reagovat co nejrychleji. (1) (2) (14) (15)



Obrázek 7 Ukázka testu rozpoznávací reakční doby



Obrázek 8 Ukázka testu rozpoznávací reakční doby



Obrázek 9 Ukázka testu rozpoznávací reakční doby

2.2.3 Výběrová reakční doba

Výběrová reakční doba spočívá ve schopnostech měřeného zaznamenat více podnětů a mít na všechny podněty odlišné odezvy. Tento druh reakční doby je nejpomalejší, protože proband musí zaznamenat podnět, rozhodnout se, zda na podnět reagovat, jak na podnět reagovat a nakonec fyzicky reagovat. Měří se např. tak, že probandovi je prezentována tabulka, kde se objevují křížky, na které musí co nejrychleji reagovat jinými klávesami. (1) (2) (14)



Obrázek 10 Ukázka testu výběrové reakční doby



Obrázek 11 Ukázka testu výběrové reakční doby

2.3 Reakční doba v průběhu ontogeneze

Reakční doba se mění v průběhu celého života, v určitých částech života se zkracuje, v jiných se prodlužuje. Reakční doba může být v jakémkoliv věku ovlivněna různými faktory jako únava, stres, meteorologické podmínky a různé nemoci. Ontogenetické rozdíly reakční doby budou ve výsledném měření stále evidentní, i kdyby na probanda působily vnější faktory. (16)

2.3.1 Reakční doba během dětství

Reakční doba v dětství se mění nejrychleji ze všech období života. Reakční doba se mění a zlepšuje podobně jako jiné kognitivní funkce během růstu. Protože reakční doba je úzce spojena se stavem centrální nervové soustavy, tak rychlost reakční doby je úzce spojena s jejím stavem. Centrální nervová soustava dítěte není plně vyvinuta, což je způsobeno tím, že nervová soustava dětí není plně myelinizována. Myelinizace je proces vývoje a distribuce myelinu v myelinových pochvách na axonu. Dochází k zvyšování tukových a bílkovinných podílů v bílé hmotě mozku a zároveň nově vzniklý myelin nahrazuje vodu v mozkové tkáni dítěte. Proces myelinizace začíná již kolem pátého měsíce po oplození a může končit až kolem 30. roku života, viz obrázek 12 v příloze. Nejrychlejší rozvoj nervové tkáně se děje kolem 1. až 2. roku života. Myelin zrychluje přenos nervového vzruchu, čím tlustší je myelin, tím rychleji se vzruch šíří, proto je reakční doba dětí pomalejší než u dospělého člověka. (17) (18)

Další faktor, ovlivňující reakční dobu u dětí, je schopnost se soustředit. Schopnost soustředění souvisí s kognitivním vývojem a vyvíjí se s věkem. Především v předškolním a mladším školním věku děti nejsou schopny se soustředit a rychle reagovat na podněty. Sérií mnoha experimentů, které prováděl především profesor Robert Kail (2007) bylo zjištěno, že do předškolního věku se reakční doba mírně zkracuje, poté kolem školního věku se prudce zkracuje. U jednoho dítěte je vidět změna v reakční době během půlroku. Poté se

v pubescenci a adolescenci znovu mírně zkracuje, z důvodu myelinizace, která stále v malé míře probíhá. (16) (19) (20)

2.3.2 Reakční doba během dospělosti

Reakční doba se do konce adolescence mírně zkracuje a kolem 25. roku života se ustaluje a do přibližně 45 let života se výrazně nemění. Skupina probandů ve věku kolem 25 let je nejvýkonnější skupina nejen co se týče reakční doby, tak celkově kognitivního vývoje. Tato věková skupina již nemá problémy s pozorností a centrální nervová soustava této kategorie je u většiny plně myelinizována. (4) (21)

V této věkové kategorii adolescentů a dospělých se provádí většina testování a vytváří se průměrné reakční doby na různé smyslové podněty. S citlivostí smyslových receptorů a se zvyšováním intenzity podnětu se reakční doba zkracuje viz tabulka 1. (4)

Tabulka 1 Průměrné reakční doby u nejvýkonnější skupiny na různé podněty (4)

Receptor	Reakční doba [ms]
Hmat	90–120
Sluch	120–180
Zrak	150–220
Čich	310–390
Bolest	130–890

2.3.3 Reakční doba během stáří

Jedním z příznaků stárnutí je atrofie orgánů a tkání, což se projevuje zmenšením normálně vyvinutého orgánu úbytkem buněk. Do určité míry je tento proces fyziologický, ale může být i patologický v případě, kdy dochází k atrofii významně rychleji než při běžném procesu stárnutí. Nejvíce ohrožená stárnutím je centrální nervová soustava. Specializovaná tkáň mozku je v důsledku patologických změn nahrazena pojivovou tkání, toto nahrazení nastává i během fyziologické atrofie, ale ve výrazně menší míře. Tyto změny jsou vysoce individuální a u každého jsou rozdílné a neprojevují se ve stejné míře. I přes změny v morfologii mozku osobnost a kognitivní funkce jedince zůstávají stejné až do nejpokročilejšího stáří. Z důvodu změn v morfologii mozku ale dochází ke změnám v centrální nervové soustavě, jako je právě zpomalení reakční doby. (22) (23)

Všechny studie reakční doby ukazují zpomalení reakční doby u starší věkové skupiny. Všechny studie v minulosti ale využívaly experimenty, kde je potřeba psát, křížkovat nebo jinak používat motorickou rychlost, což mohlo zkreslovat výsledky. V roce 2017 v Melbourne v Austrálii byla provedena studie, která měřila rozdíl mezi reakční dobou v testu, při kterém bylo potřeba využívat motorickou rychlost, např. tím, že výsledek probandi zapsali na papír a při testu, u kterého motorickou rychlost využívat nemuseli. Bylo potřeba reagovat na podněty, které proband vidí, ale nezapisoval své reakce. Tím pádem se eliminovalo

zpomalení a měřila se pouze rychlost reakce. V této studii bylo přibližně 100 účastníků věkových kategorií mezi 18 a 81 lety. Výsledek studie byl jednoznačný, kategorie starší 60 let měla v obou typech testu reakční dobu značně prodlouženou. Toto dokazuje, že centrální nervová soustava opravdu stárne. (21)

2.4 Onemocnění a poruchy ovlivňující reakční doba

Reakční doba úzce souvisí se stavem a vývinem centrální nervové soustavy. Existují tři typy onemocnění nervové soustavy. Neuroimunologické, u nichž má vliv na rozvoj nemoci imunitní systém. Tento typ onemocnění je například roztroušená skleróza. Druhý typ onemocnění jsou neurodegenerativní onemocnění, což jsou nemoci vyvolané poruchou v tvorbě bílkovin a dochází k postupné ztrátě funkce nervové soustavy a jejímu úbytku. Takové onemocnění je například Alzheimerova choroba. Tyto typy onemocnění mají vliv na reakční dobu, protože dochází k poničení tkáně centrální nervové soustavy. Poslední typ onemocnění nervové soustavy jsou takzvané neuromuskulární onemocnění, což jsou choroby, které postihují svaly a na ně napojené motoneurony a spojení mezi nimi. Do této skupiny patří například dětská obrna. Tyto typy onemocnění neovlivňují reakční dobu. Mohou ovlivnit výsledek testu reakční doby, ale ovlivňují rychlost motorické reakce na podnět, proto nejsou charakterizovány jako nemoci ovlivňující reakční dobu. (24)

Na reakční dobu také mohou mít vliv poruchy nervové soustavy jako ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder), ADD (Attention Deficit Disorder), nebo poruchy učení. Přestože u těchto poruch není přímo porušena nervová tkáň, je ovlivněna schopnost udržet pozornost. V této kapitole rozvedu tři hlavní skupiny nemocí, které se ve společnosti vyskytují a ovlivňují reakční dobu(25)

2.4.1 ADHD a ADD

ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder) je porucha pozornosti patřící mezi neurovývojové poruchy. Je způsobena narušeným fungováním oblastí mozku, které mají za úkol plánování, předvídání a udržení pozornosti. Tato porucha se začne projevovat již v dětském věku. Děti s touto poruchou mají velké problémy s udržením pozornosti, jsou impulzivní a mají problémy se sebeovládáním. ADHD se odlišuje od jiných poruch pozornosti tím, že nemocní jsou hyperaktivní a těžko zvladatelní. ADHD se projevuje nejvíce v dětském věku a většinou přetrvává po zbytek života, ale s přibývajícím věkem se zmírňuje hyperaktivita. ADHD je v 75 % předáváno dědičně, ale porucha může vzniknout působením teratogenů či problémovým porodem. (26) (27)

ADD (Attention Deficit Disorder) je porucha pozornosti podobná ADHD, ale nemocný nemá projevy hyperaktivity. Hlavní příznak ADD mimo problémů s pozorností je, že jedinci s ADD vypadají, jako kdyby žili v jiném světě. Bývají zasnění, nereagují na okolí a často zapomínají. (27) (28)

Jedinci postižení ADHD a ADD mají pomalejší reakční dobu než jejich zdraví vrstevníci. Je to z důvodu neschopnosti plně se soustředit. Stejně jako malé děti reagují pomaleji, protože

jejich pozornost není plně zaměřena na aktivitu, kterou vykonávají. V roce 2000 byla v USA provedena studie na Illinoiské univerzitě, kde provedli testy reakční doby na dětech podobného IQ a věku. Určitá skupina sledovaných dětí byla zdravá, jiná skupina měla neléčené ADHD a další skupina měla léčené ADHD. Dětem se na displeji ukazovala čísla a musely je pojmenovat. V jednom z experimentů byla první dvě čísla stejná a odpovědi všech dětí byly přibližně 200 ms. Třetí číslo bylo jiné a odpovědi dětí s neléčeným ADHD byly přibližně 700 ms. Zdravým a léčeným dětem s ADHD trvalo pojmenovat třetí číslo znovu přibližně 200 ms. Toto dokazuje, že reakční doba neléčeného člověka s ADHD je výrazně prodloužena oproti zdravému člověku. Z tohoto vyplývá, že problémům s pozorností lze výrazně zamezit pomocí léčiv. Tato léčiva ulehčí lidem s touto poruchou studium, ale i normální život. (25)

2.4.2 Specifické poruchy učení

Specifické poruchy učení jsou definovány jako neschopnost nebo snížená schopnost naučit se číst, psát a počítat pomocí běžných výukových metod. Mezi základní poruchy učení patří dyslexie, porucha čtení, dysgrafie, porucha grafického projevu, dysortografie, porucha pravopisu a dyskalkulie, porucha matematických schopností. Tyto poruchy jsou většinou vrozené, nebo získané. Vrozené jsou buď dědičné, způsobeny vlivem teratogenů, nebo komplikacemi v těhotenství a při porodu. Získané vznikají většinou během prvních let života úrazy hlavy nebo infekčními onemocněními. U těchto poruch nejsou ničím porušeny schopnosti intelektové, ale jsou porušeny spíše funkce kognitivní potřebné pro psaní, počítání, pozornost a paměť. Někteří jedinci mohou mít také porušeny funkce motorické koordinace a rytmicity. (29) (30)

Právě poruchy kognitivních funkcí ovlivňují reakční dobu. V roce 2015, byla v USA, v Pensylvánii, provedena studie profesorem Davidem Auxterem, ve které porovnával dvě skupiny dětí, ve věku 5 až 6 let. Jedna skupina neměla diagnostikovanou žádnou poruchu učení a druhá skupina stejného věku měla diagnostikované specifické poruchy učení. IQ všech probandů bylo v průměru normální a neměli žádné vady pohybového aparátu. Dětem byly prezentovány vizuální, sluchové a motorické podněty a jejich úkol byl na ně co nejrychleji reagovat. Studie byla měřena s co největší přesností. Aby se předešlo úpadku pozornosti, byli všichni probandí upozorněni zvukem „ready“ vteřinu před nástupem podnětu. Výsledkem studie bylo, že u probandů nebyl zásadní rozdíl ve vizuální nebo sluchové reakční době. Rozdíl byl ale v motorické reakční době. Děti bez poruchy učení měly značně zkrácené reakční doby v testech, kde bylo potřeba nějak motoricky na podnět reagovat. Rozdíl zde byl proto, že provedený test motorické reakční doby byl test, kdy proband musel stejnou rukou ťukat na kolečko, které se objevuje na jiném místě na displeji. Probandi s poruchou učení nebyli schopni rychle měnit pozornost z bodu na bod, výsledky naznačovaly neschopnost posunout vidění z jedné oblasti na druhou a automaticky tam vést ruku. Museli se nad aktivitou více zamyslet. Toto svědčí o určitém rozdílu ve fungování jejich centrální nervové soustavy oproti probandům bez poruch učení, kteří úkol zvládli bez problému. (31)

2.4.3 Neurodegenerativní onemocnění

Neurodegenerativní onemocnění jsou choroby, u kterých postupně zanikají některé populace nervových buněk. Neví se přesně důvod, proč tato onemocnění vznikají, ale předpokládá se, že jsou způsobena genetickým předpokladem pro vyvolání biochemické poruchy. Tato porucha vyvolá chybnou syntézu bílkovin, tuto bílkovinu poté buňka produkuje a má vliv na stav centrální nervové soustavy. Tato chyba bílkovin způsobuje morfologické změny v mozku a nevratné poškození neuronů, viz obrázek 13 v příloze. Toto se projevuje psychickými i neurologickými změnami. Psychické změny se projevují ztrátou paměti, rozumových schopností a celkovým úpadkem osobnosti. Neurologické změny souvisejí s poničením tkáně mozku, nemocný má problémy s koordinací, pohybem a někdy i řečí. Na tyto nemoci není žádný lék, který by chorobu vyléčil a zastavil, jsou pouze léky, které zpomalují zhoršování stavu nemocného. Nejčastější choroby tohoto typu jsou Alzheimerova choroba, fronto-temporální lobární degenerace, onemocnění s Lewyho tělísky a Parkinsonova nemoc. Protože tyto nemoci patologicky mění centrální nervovou soustavu, tak je automatické, že se bude i výrazně prodlužovat reakční doba oproti vrstevníkům nemocných. Je dokázáno, že zpomalování reakční doby je jeden z prvních symptomů nástupu Alzheimerovy choroby, to znamená, že sledováním reakční doby je možné zachytit neurodegenerativní nemoci v počátcích těchto nemocí. (32) (33) (34)

2.5 Rozdíly reakční doby mezi pohlavími

Kognitivní rozdíly mezi pohlavími je něco, co se studuje už několik desetiletí. Bylo už mnohokrát dokázáno, že mezi pohlavími je určitý kognitivní rozdíl, ale žádný inteligenční rozdíl. Ženy mají lepší výsledky v testech testující verbální schopnosti a paměť, zatímco muži mají lepší výsledky ve vizuálně prostorových testech a matematických úlohách. Rozdíly v reakční době mezi pohlavími je téma, na které bylo vytvořeno velké množství studií se všemi věkovými kategoriemi. (35)

Přestože je na toto téma veliké množství studií, tak není jasný výsledek. Není žádný výsledek, který by jednoznačně na tuto otázku odpovídal, jako při poměrování různých věkových kategorií. V roce 1980 byla vydána studie, která téma dobře pojala a vysvětlila. Studie byla zaměřena na dva typy testů, jeden byl zaměřený na rozhodování, druhý na reakci pohybem. Ženy měly jednoznačně lepší výsledky při rozhodování, zatímco muži měli jednoznačně lepší výsledky, pokud byl do testu zapojen pohyb. Přestože byly v jednotlivých testech rozdíly, celkový výsledek obou testů vyšel velmi podobně. Toto dokazuje, že určitý rozdíl mezi kognitivními funkcemi pohlaví je, ale tyto rozdíly se vyrovnávají, takže celkově rozdíl mezi pohlavími není. (35)

3 METODIKA

Mým cílem bylo zjistit, jak se mění reakční doba člověka v průběhu života. Pomocí vlastního měření jsem porovnávala, jestli moje výsledky odpovídají výsledkům odborně provedených experimentů a pokud by tomu neodpovídaly, proč tomu tak je. Mým experimentem jsem ověřovala své dvě hypotézy. První hypotézu, že sledované věkové skupiny se mezi sebou budou lišit reakční dobou a že probandi v dětském věku a v seniorském věku budou mít prodlouženou reakční dobu oproti mladým dospělým. Dále jsem svým experimentem ověřovala druhou hypotézu, že v rámci sledovaných skupin se vyskytují jedinci s neurologickými onemocněními a jejich reakční doba bude prodloužena oproti zdravým probandům. Výsledky jsem sbírala za pomoci laboratoře neuropsychologie Neurologické kliniky 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice pod vedením doc. Mgr. Tomáše Nikolaie, Ph.D. Za pomoci neurologické kliniky byl pro mě vytvořen počítačový program k provedení experimentu, který sérií čtyř úkolů testoval všechny typy reakční doby a zapisoval výsledky probanda do přehledné excelové tabulky.

3.1 Počítačový experiment

Po domluvě s panem docentem Tomášem Nikolaiem mi byl předán kontakt na pana Mgr. Josefa Manu, který mi pomohl s naprogramováním programu na měření reakční doby. Předtím, než se experiment naprogramoval, jsem v animačním programu Animaker vytvořila svou představu toho, jak bych chtěla, aby experiment vypadal. Poté byl program naprogramován v programu MATLAB, specificky v rozhraní Psychtoolbox-3. Toto rozhraní je vytvořeno pro neuropsychologické výzkumy. V tomto programu byl poté experiment spouštěn na počítači Microsoft Surface Pro.

Experiment se skládal ze čtyř úkolů měřících všechny typy reakční doby. Testy spočívaly v principu mizení a objevování obrázků, na které musel proband co nejrychleji reagovat. Každý úkol byl opakován třicetkrát a výsledky byly programem přepsány do excelové tabulky. Do tabulky byla zaznamenána reakční doba správné reakce v sekundách, reakční doba špatné reakce v sekundách, počet chyb, počet brzkých reakcí a zda proband reagoval na správný podnět ve správnou chvíli. Jestliže proband při plnění nějakých věcí, které byly zaznamenávány do tabulky neudělal, tak to program zaznamenal jako NaN, viz tabulka 2. Program zaznamenával dva druhy chyb, reakce dřív, které zaznamenával do prvního sloupce chyb a špatné vybrání reakce zaznamenával do druhého sloupce chybami, viz tabulka 2. Probandi dělali chyby spíše z nepozornosti nebo nepochopení zadání a neobjevovaly se pravidelně, takže jsem chybám nepřikládala váhu. U probandů s prodlouženou reakční dobou nebo neurologickými chorobami jsem nesledovala žádný trend opakujících se chyb.

Tabulka 2 Ukázka zaznamenání výsledků programem

Pořadí podnětu	Reakce dřív	Reakce dřív chyba	Reakční doba chyby	Reakční doba správné reakce	Pořadí podnětu
1	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3121945
2	NaN	NaN	NaN	NaN	0,285767
3	NaN	NaN	NaN	NaN	0,2701373
4	NaN	NaN	1	0,3087046	NaN
5	NaN	1	NaN	NaN	0,3798282
6	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3174147
7	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3575041
8	NaN	NaN	NaN	NaN	0,2867362
9	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3159003
10	NaN	NaN	NaN	NaN	0,2944148
11	NaN	NaN	NaN	NaN	0,2743729
12	NaN	NaN	1	0,3986117	NaN
13	NaN	NaN	NaN	NaN	0,4651832
14	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3380153
15	NaN	NaN	1	0,3949441	NaN
16	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3248562
17	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3691058
18	NaN	NaN	1	0,3347876	NaN
19	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3665328
20	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3250409
21	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3369569
22	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3721971
23	NaN	NaN	1	0,3179892	NaN
24	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3863713
25	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3299358
26	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3176907
27	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3144875
28	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3623208
29	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3110996

Pořadí podnětu	Reakce dřív	Reakce dřív chyba	Reakční doba chyby	Reakční doba správné reakce	Pořadí podmětu
30	NaN	NaN	NaN	NaN	0,3854409
–	–	5 špatně	–	0,33978245	

Úkol 1 měřil jednoduchou reakční dobu, což je čas od sensorického vstupu do motorické reakce. Experiment probíhal tak, že se v bílém čtverci po neurčitém časovém úseku objevovalo písmenko X a proband musel co nejdříve zmáčknout mezerník, viz obrázky 5 a 6. Rychlost zmáčknutí mezerníku byla zaznamenána programem a ve formě čísla zaznamenána do excelové tabulky.

Druhý a čtvrtý úkol se zaměřoval na rozpoznávací reakční dobu. To je rychlost sensorického vstupu, rozpoznání, zda je potřeba na podnět reagovat a pokud ano, tak následné motorické reakce. Tento typ reakční doby jsem měla v experimentu dvakrát, protože vyžaduje přemýšlení nad reakcí, takže úkoly ideálně zobrazují změny v pozornosti probanda v průběhu experimentu. Teoreticky by u zdravého jedince měly výsledky na druhý a čtvrtý úkol být stejné, ale je možné, že probandovi během experimentu klesala pozornost, a to právě tyto dva úkoly ověřovaly.

Úkol 2 byl ve formě objevujících se křížků, kdy proband viděl čtyři bílé čtverce na obrazovce, ve všech čtyřech se objevovaly křížky. Proband se na úkol musel soustředit, protože reagoval mezerníkem pouze tehdy, když se objevil křížek v prvním čtverci vlevo, viz obrázky 10 a 11. Program zaznamenával rychlost správných odpovědí a vkládal je do excelové tabulky.

Úkol 4 měřil stejný typ reakční doby jako úkol 2, ale v jiném podání, aby proband neprováděl podruhé stejný úkol. Proband viděl čtyři kolečka, která postupně mizela a znovu se objevovala. Když kolečko zmizelo a objevil se křížek, tak to byl signál pro reakci neboli „go“. Když kolečko zmizelo a neobjevilo se místo něj nic, proband neměl reagovat neboli „no-go“, viz obrázky 7, 8 a 9. Reakční doba správných reakcí byla zaznamenána do excelové tabulky.

Úkol 3 měřil výběrovou reakční dobu. Tento úkol byl nejnáročnější a reakční doba by měla být značně prodloužena oproti úkolu 1. Úkol měřil čas od sensorického vstupu, rozhodnutí se, zda je potřeba reagovat, výběru správné reakce a motorické reakce. Proband opět viděl čtyři bílé čtverečky a tentokrát reagoval na každý objevující se křížek. Reagoval pomocí klávesnice. Klávesa C reagovala na první čtverec, klávesa V na druhý čtverec, klávesa N na třetí čtverec a klávesa M na čtvrtý čtverec. Proband musel vybírat, jakou klávesu stiskne po objevení křížku, viz obrázky 10 a 11. Program zaznamenával všechna stisknutí kláves.

3.2 Provedení experimentu

Protože mým cílem bylo zjistit, jak se mění reakční doba člověka v průběhu života, tak jsem experiment prováděla na třech kontrastních věkových skupinách. Jednou skupinou byly děti ve věku sedmi let, kterou jsem dále označila jako kategorii 1. Druhou skupinou byla skupina mladých dospělých ve věku 17 až 19 let, kterou jsem dále označila jako kategorie 2 nebo nejvýkonnější skupina. Třetí věkovou skupinou byli senioři ve věku starším 65 let, kterou jsem dále označila jako kategorii 3. Celkem jsem měřila 30 probandů, z každé kategorie 10. Z těchto 10 probandů jsem vždy měřila 5 žen a 5 mužů. Při sestavování experimentu jsem chtěla porovnat reakční dobu mezi pohlavími, ale po pročetí literatury a porovnání výsledků jsem zjistila, že mezi pohlavími měřitelný rozdíl není. Ze získaných dat nelze vypožorovat žádnou souvislost mezi pohlavím a reakční dobou.

Jako první skupinu jsem si zvolila děti ve věku sedmi let a to proto, že v této době dochází k vývinu centrální nervové soustavy a kognitivních schopností. V tomto věku si děti zvykají na školu a učí se soustředit, zároveň nervová soustava není plně myelinizována. Toto bylo reflektováno na jejich výsledcích. Výsledky by měly být prodloužené v porovnání s nejvýkonnější skupinou. Tuto skupinu jsem měřila na dvou různých místech. První polovinu jsem měřila v létě 2020 na příměstské táboře Svatojánci a druhou polovinu jsem měřila v červnu 2021 na základní škole Marjánka.

Druhou skupinou mého měření byli mladí dospělí ve věku 17 až 19 let. Tato skupina již spadá do nejvýkonnější skupiny. Výsledky této skupiny by měly spadat do průměrných výsledků reakční doby nejvýkonnější kategorie na zrakový podnět, tedy do 150–220 ms. Tuto skupinu jsem měřila na podzim 2020 na gymnázium Botičská. (4)

Třetí a poslední skupinou mého experimentu byli senioři ve věku starším 65 let. Tato skupina byla pro mne nejdůležitější, protože měla dokázat, že mé měření bylo správné. Má hypotéza byla, že reakční doba se prodlužuje se stářím, což se děje z důvodu atrofie centrální nervové soustavy. Prodloužená reakční doba by se měla projevit i u mých výsledků a pokud by se neprojevila, tak jsem v měření udělala nějakou chybu. U této kategorie lze pozorovat změny a zpomalení reakcí okem. Můj experiment měl potvrdit právě to, že reakční doba je znovu v tomto věku prodloužena. Tuto skupinu jsem měřila v létě a na podzim 2021, v domově pro seniory SeneCura ve Slivenci a za pomoci několika známých mých rodičů.

Experiment trval přibližně 15 minut, ale u každého probanda byl čas provedení experimentu trochu jiný.

4 VÝSLEDKY

Při bližším pohledu na výsledky jednotlivých úkolů je vidět, že výsledky souhlasí s teorií. Mé výsledky mohou ale být mírně ovlivněny prostředím, kde byly měřeny. Neměřila jsem v ideálním tichém prostředí, z důvodu zavření škol kvůli náročné epidemiologické situaci jsem potřebovala co nejrychleji získat co nejvíce výsledků, takže u některých probandů mohou být výsledky ovlivněny nepozorností. V kategorii 2 a 3 jsem měla probandy s různými neurologickými poruchami, takže celkové výsledky mohou být zkresleny.

Z naměřených výsledků jsem zjistila tyto informace.

4.1 Rozdíly ve věkových kategoriích

Hlavní cíl mé práce je zjistit, jak se mění reakční doba v průběhu života. Pomocí počítačového programu jsem naměřila tato data. Reakční doba, v tabulkách zapsána jako RD, je uvedena v sekundách.

Tabulka 3 Výsledky kategorie 1 na jednotlivé úkoly

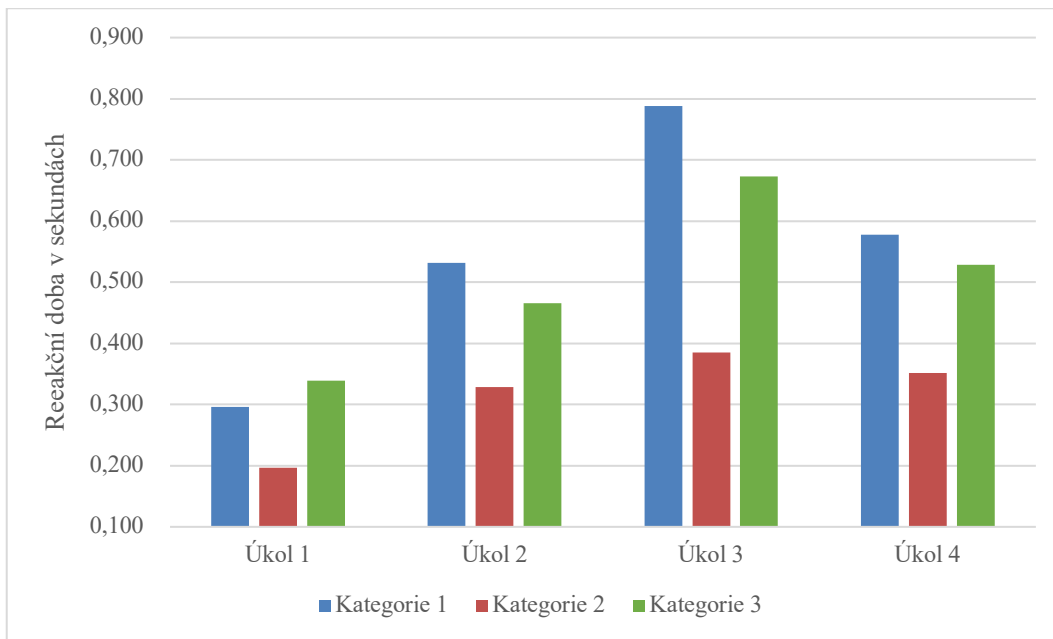
Proband	RD úkolu 1 [s]	RD úkolu 2 [s]	RD úkolu 3 [s]	RD úkolu 4 [s]
1	0,364	0,494	0,801	0,741
2	0,299	0,525	0,776	0,539
3	0,197	0,390	0,724	0,488
4	0,246	0,510	0,765	0,513
5	0,218	0,524	0,733	0,543
6	0,303	0,677	0,964	0,744
7	0,398	0,669	0,828	0,578
8	0,404	0,580	0,720	0,611
9	0,157	0,412	0,745	0,450
10	0,368	0,534	0,829	0,569
Průměr	0,296	0,531	0,788	0,578

Tabulka 4 Výsledky kategorie 2 na jednotlivé úkoly

Proband	RD úkolu 1 [s]	RD úkolu 2 [s]	RD úkolu 3 [s]	RD úkolu 4 [s]
1	0,199	0,327	0,450	0,389
2	0,224	0,361	0,343	0,361
3	0,176	0,336	0,340	0,336
4	0,238	0,368	0,462	0,378
5	0,203	0,393	0,480	0,412
6	0,233	0,303	0,330	0,312
7	0,157	0,318	0,373	0,325
8	0,211	0,321	0,341	0,374
9	0,124	0,271	0,357	0,294
10	0,205	0,288	0,374	0,335
Průměr	0,197	0,329	0,385	0,352

Tabulka 5 Výsledky kategorie 3 na jednotlivé úkoly

Proband	RD úkolu 1 [s]	RD úkolu 2 [s]	RD úkolu 3 [s]	RD úkolu 4 [s]
1	0,571	0,603	0,780	0,681
2	0,230	0,496	0,795	0,727
3	0,264	0,394	0,628	0,425
4	0,265	0,440	0,502	0,488
5	0,677	0,593	0,637	0,584
6	0,178	0,364	0,585	0,423
7	0,261	0,432	0,774	0,551
8	0,249	0,433	0,511	0,432
9	0,336	0,427	0,743	0,479
10	0,359	0,477	0,775	0,500
Průměr	0,339	0,466	0,673	0,529



Graf 1 Porovnání průměrných výsledků obou kategorií

Z výsledků lze vidět, že reakční doba kategorie 1 a 3 – malých dětí a seniorů, je výrazně prodloužena oproti kategorii 2 – nejvýkonnější skupině.

Všechny kategorie mají nejkratší reakční dobu u úkolu 1 a to proto, že je to pouze čas od zaznamenání podnětu do reakce na něj. Úkol 2 a 4 mají výsledky podobné, ale k úpadku pozornosti během experimentu docházelo u všech kategorií nezávisle na věku. Největší úpadek pozornosti nastal u seniorů. Úkol 3 byl pro všechny kategorie nejnáročnější, reakční doba byla prodloužena oproti jiným úkolům.

S náročností úkolu se zvyšuje rozdíl reakční doby mezi kategoriemi. Když porovnávám kategorii 2 a průměrný výkon kategorií 1 a 3, tak se rozdíl reakční doby značně prodlužuje s náročností úkolu. U úkolu 1 je rozdíl mezi průměrnými výsledky kategorií přibližně 0,1 s, u úkolu 2 a 4 je rozdíl přibližně 0,2 s. Největší rozdíl je u úkolu 3, kde je rozdíl 0,4 s. S náročností úkolu se rozdíl zvyšuje, protože děti nejsou schopné se na úkol plně soustředit a nervový vzruch cestuje pomaleji. U seniorů se reakční doba zvyšuje z důvodu atrofie centrální nervové soustavy, kdy dochází k tomu, že je vzruch pomaleji zpracován v mozku. U obou pomalejších kategorií je rozdíl v rychlosti přenosu signálu, což je vidět ve všech úkolech. Při porovnání kategorie 1 a 3 vidíme, že rozdíly jsou minimální. Kategorie 3 má mírně zkrácenou reakční dobu z důvodu, že atrofie centrální nervové soustavy je individuální a u některých nemusí probíhat skoro vůbec, kdežto myelinizace probíhá u všech dětí.

Takže z výsledků vidíme, že reakční doba je v průběhu dětství prodloužena, s dospíváním se zkracuje a poté se ve stáří znovu prodlužuje.

4.2 Rozdíly v měřeních s neurologickými onemocněními

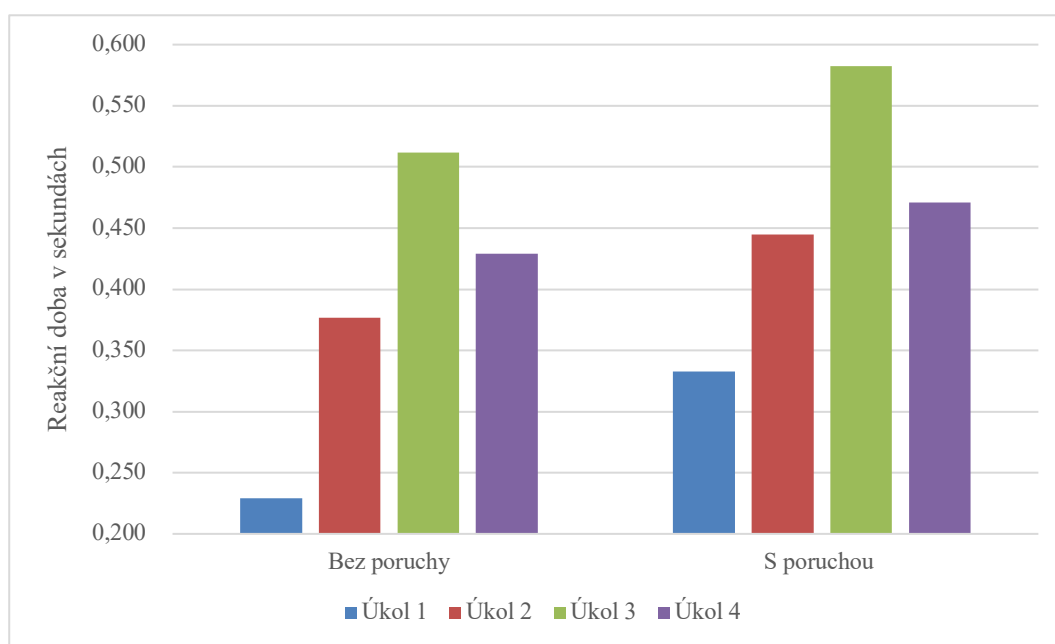
V měření jsem měla několik respondentů, kteří měli neurologickou poruchu. V kategorii 1 nebyl žádný respondent s neurologickou poruchou, v kategorii 2 a 3 jich bylo několik.

Tabulka 6 Rozdíly v reakční době testovaných s neurologickou poruchou v kategorii 2

Proband	RD úkolu 1 [s]	RD úkolu 2 [s]	RD úkolu 3 [s]	RD úkolu 4 [s]
Bez poruchy	0,191	0,316	0,364	0,341
S poruchou	0,220	0,381	0,471	0,395

Tabulka 7 Rozdíly v reakční době testovaných s neurologickou poruchou v kategorii 3

Proband	RD úkolu 1 [s]	RD úkolu 2 [s]	RD úkolu 3 [s]	RD úkolu 4 [s]
Bez poruchy	0,267	0,437	0,659	0,517
S poruchou	0,446	0,509	0,694	0,547



Graf 2 Porovnání reakčních dob všech probandů z kategorie s neurologickými poruchami

Jak lze vyčíst z výsledků, probandi s neurologickými poruchami mají prodlouženou reakční dobu. V rámci probandů se mi vyskytla velká škála poruch a všechny se podílely na ovlivnění reakční doby. U mladších probandů se vyskytovaly spíše poruchy pozornosti a učení, konkrétně ADD a dysortografie. U starších neurodegenerativní poruchy, konkrétně Alzheimerova choroba a Parkinsonova nemoc. Tyto poruchy se všechny podílejí na tom, že nervový vzruch se pomaleji dostane do svalů. Z výsledků vidíme, že nezáleží na věkové kategorii, reakční doba probandů s neurologickými onemocněními je prodloužena oproti zdravým vrstevníkům. Tyto výsledky nejsou ale úplně relevantní ukazatel jak nemoci nervové soustavy ovlivňují reakční dobu, protože každý proband s neurologickou nemocí měl nemoc různě rozvinutou, což mohlo reakční dobu ovlivňovat velmi rozdílně. Aby šlo objektivně měřit vliv neurologických nemocí na reakční dobu, bylo by potřeba, aby probandi měli všichni stejnou a stejně rozvinutou neurologickou nemoc.

5 DISKUSE

Při porovnání výsledků mé práce s již existujícími studii je vidět, že mé měření bylo provedeno správně, protože se obě moje hypotézy potvrdily. Hypotézy, že věková skupina mladých dospělých bude mít nejkratší reakční dobu a že probandi s neurologickými onemocněními budou mít prodlouženou reakční dobu, jsem ustanovila po přečtení odborné literatury a pochopení tématu, takže kdyby se mé hypotézy nepotvrdily, tak jsem provedla měření špatně.

Při porovnání mých výsledků dětí a mladých dospělých s prací profesora Roberta Kaila jsou výsledky podobné. Neměla jsem příležitost porovnávat děti ve věku předškolním a v mladém školním věku, toto testoval profesor Kail, ale jeho a moje výsledky jsou porovnatelné. Profesor Kail zjistil, že reakční doba v předškolním věku se mírně zkracuje a poté dochází k prudkému zkracování reakční doby během školního věku. Toto dokazuje i moje měření, kdy porovnávám děti ve věku 7 let a mladé dospělé ve věku kolem 18 let. U těchto dvou věkových kategoriích dochází k výraznému posunu reakční doby. Když porovnám své výsledky seniorů a výsledky australské studie, je vidět, že se shodují. Studie testovala, zda reakční doba je ovlivněna motorickou rychlostí a pokud ano, zda dochází ke změně motorické rychlosti nebo reakční doby. Výsledek této studie byl, že reakční doba není ovlivněna motorickou rychlostí, a že ke změně ve seniorském věku opravdu dochází. Toto zjistilo i moje měření, kdy při srovnání výsledků probandů v kategorii mladých dospělých a seniorů dochází ke značnému prodloužení. (19) (21)

Při porovnání mých výsledků probandů s neurologickými chorobami s probandy zdravými, jsou mé výsledky opět totožné s výsledky odborně provedených studií. V mém měření jsem měla zahrnuté celé spektrum neurologických chorob, ale u mladších probandů se vyskytovaly poruchy pozornosti. Mé výsledky ukazovaly prodloužení reakční doby u probandů s těmito chorobami, a to stejné vykazovaly výsledky externích studií. Americká studie provedená v roce 2000 na Illinoiské univerzitě dokazuje to stejné. Tato studie porovnávala reakční dobu probandů s neléčeným ADHD, léčeným ADHD a zdravých probandů. U zdravých probandů a neléčených probandů byl značný rozdíl v reakční době. (25)

Přestože se mé výsledky shodují s výsledky předem provedených studií, můj výzkum má své limity. Tyto limity jsou především v množství respondentů. Kdybych měření provedla na mnohem větší skupině respondentů, tak by mé výsledky byly přesnější. Také bych mohla měřit větší škálu věkových kategorií a přesněji zjistit, jakém věku dochází k zásadním změnám v reakční době. Toto bohužel z důvodu epidemiologické situace nešlo zařídit. Další limity mého výzkumu je způsob provedení výzkumu. Protože jsem měření v terénu prováděla sama, neměla jsem designovaný prostor na měření probandů. Toto vedlo k tomu, že probandi mohli být nepozorní, protože jejich okolí bylo příliš rušivé.

6 ZÁVĚR

Při porovnání výsledků s použitou literaturou je vidět, že reakční doba se mění v průběhu života. Toto potvrzují jak cizí odborné studie, tak má měření. Výsledky ukazují, že reakční doba dětí je prodloužena oproti nejvýkonnější skupině. Toto dokazuje, že centrální nervová soustava během růstu prochází vývojem a s tím se zkracuje reakční doba. Také to poukazuje na kognitivní vývoj dítěte. Výsledky skupiny seniorů jsou také prodlouženy oproti nejvýkonnější skupině, z důvodu atrofie centrální nervové soustavy a tím pomalejšího přenosu a zpracování nervového vzruchu. Studium reakční doby je důležité, protože díky němu lze zjistit mnoho o stavu a změnách v centrální nervové soustavě. Změny reakční doby mohou predikovat různé neurologické choroby. Toto bylo vidět u probandů s již rozvinutými neurologickými poruchami, jejich výsledky byly výrazně prodlouženy oproti probandům zdravým.

Svou práci považuji za úspěšnou, potvrdily se mi všechny mé hypotézy a splnila jsem všechny své cíle. Výsledky, které jsem nasbírala, souhlasí s teorií a dokazují, že v nervové soustavě změny v průběhu života probíhají. Myslím si, že kdybych s měřením pokračovala a testovala větší skupinu probandů, tak bych získala výsledky přesnější, a ještě více se shodující s předešlými odbornými studiemi.

7 POUŽITÁ LITERATURA

1. Mental chronometry. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021, 1. 5. 2021 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Mental_chronometry
2. HAKENOVÁ, Pavlína. *Měření reakční doby na zvukový podnět u hráčů Goalballu*. 2012. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Kinetologie. Vedoucí práce Hendl, Jan.
3. Reakční doba. *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020, 23. 3. 2020 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Reak%C4%8Dn%C3%AD_doba
4. Reakční čas. *EBOZP* [online]. Praha: EBOZP, 2014, 3.6. 2014 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php/Reak%C4%8Dn%C3%AD_%C4%8Das
5. BÁČA, Václav, Tomáš HERMA, Josef FONTANA, David KACHLÍK, Daniel KALIBA, Jakub MILETÍN a Jan ŠMÍDA. *Thalamus a senzorická kůra. Úvod do centrální nervové soustavy* [online]. 3. lékařská fakulta v Praze: WordPress, 2012, 2012 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: http://www.cnsonline.cz/?page_id=1456
6. DYLEVSKÝ, Ivan a Petr JEŽEK. *Průběh pyramidové dráhy. Palestra* [online]. Praha: Palestra, 2004 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: <https://vos.palestra.cz/skripta/anatomie/15a6a2.htm>
7. BÁČA, Václav, Tomáš HERMA, Josef FONTANA, David KACHLÍK, Daniel KALIBA, Jakub MILETÍN a Jan ŠMÍDA. *Mozková kůra. Úvod do centrální nervové soustavy* [online]. 3. lékařská fakulta v Praze: WordPress, 2012, 2012 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: <http://www.cns.bluefile.cz/?p=139>
8. Mozková kůra. *WikiSkripta* [online]. 1. lékařská fakulta v Praze: Creative commons, 2021, 23. 5. 2021 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Mozkov%C3%A1_k%C5%AFra
9. ŠTEFÁNEK, Jirí a . *Motoneuron. Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK* [online]. 1. lékařská fakulta v Praze: Stefajir.cz, 2011, 23. 5. 2021 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/?q=motoneuron>
10. Motorický systém. *WikiSkripta* [online]. 1. lékařská fakulta v Praze: Creative commons, 2020, 22. 3. 2020 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Motorick%C3%BD_syst%C3%A9m
11. MEDALOVÁ, Kristína a. *Neuron a jeho stavba. Menthem* [online]. Fribourg: Menthem, 2015, 11. 5. 2015 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: <https://www.menthem.cz/blog/neuron/>
12. WAWRECZKOVÁ, Denisa. *Fyziologie přenosu nervového vzruchu, jeho poruchy a patogenze křečí* [online]. In: . Brno: Veterinární fakulta Brno, 2021, 2021, s. 47 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: https://www.vfu.cz/files/fyziologie-prenosu-nervoveho-vzruchu_tp.pdf
13. JELÍNEK, Jan, Vladimír ZICHÁČEK. *Biologie pro gymnázia*. 11. vydání. Olomouc: Studio nakladatelství Olomouc, 2014. ISBN 978-80-7182-338-4.

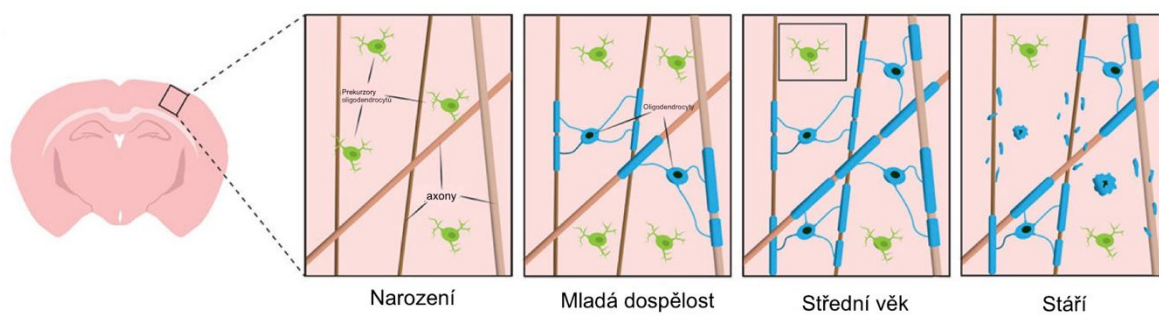
14. Biography F.C. Donders: F.C. Donders, the father of mental chronometry. *Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour* [online]. Donders Institute: Donders Institute, 2021 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: <https://www.ru.nl/donders/about-us/biography-donders/>
15. Go/no go. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021, 8. 5. 2021 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Go/no_go
16. BUCSUHÁZY, Kateřina. *Analýza reakční doby dětí*. Brno, 2016. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Vladimír Panáček, Ph.D.
17. KYNČL, Martin, Ivan KOLÁŘ, Karolina BOMAN a Jiří NEUWIRTH. *Proces myelinizace mozku v mr obraze u dětí – vyšetřovací postupy, normální nálezy a interpretace nálezů v denní praxi*. Klinika zobrazovacích metod 2. LF UK a FNŠP v Motole: Česká radiologie, 2007, 2007, 5. ISSN 1210-7883.
18. Myelin. *Wikipedia: otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021, 24. 2. 2020 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Myelin>
19. Kail RV, Ferrer E. Processing speed in childhood and adolescence: longitudinal models for examining developmental change. *Child Dev.* 2007, Purdue university, DOI: 10.1111/j.1467-8624.2007.01088.x. PMID: 17988319.
20. Jak posilovat a zlepšovat pozornost u dětí. *Kidtown.cz* [online]. Praha: Kidtown.cz, 2019, 1. 8. 2019 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: <https://www.kidtown.cz/blog/jak-posilovat-a-zlepsovati-pozornost-u-deti/>
21. Ebaid, D., Crewther, S. G., MacCalman, K., Brown, A., & Crewther, D. P. (2017). Cognitive Processing Speed across the Lifespan: Beyond the Influence of Motor Speed. *Frontiers in aging neuroscience*, [cit. 2021-5-31], Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00062>
22. Atrofie. *WikiSkripta* [online]. Praha: Creative commons, 2018, 10. 11. 2018 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Atrofie>
23. VEPŘEKOVÁ, Blanka. Vliv stárnutí na kognitivní funkce a možnosti hodnocení v terénní praxi. *ProLékaře.cz*. Brno: proLékaře.cz, 2012, 2012(3), 6. ISSN 92(3): 139-144.
24. Neurologická onemocnění. *Mojemedicina.cz* [online]. Roche: mojemedicina.cz, 2020, 31. 7. 2020 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: <https://www.mojemedicina.cz/pruvodce-pacienta/diagnozy/neurologicka-onemocneni.html>
25. University Of Illinois At Urbana-Champaign. (2000, August 21). Ritalin Helps Children With Adhd Maintain Normal Reaction Time. *ScienceDaily*. [cit. 2021-5-31], Dostupné z: www.sciencedaily.com/releases/2000/08/000811065324.htm
26. ADHD. *Wikipedia: otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021, 28. 4. 2021 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/ADHD>
27. Co je ADHD. *Nepozorni.cz* [online]. Praha: Nepozorni.cz, 2020, 30. 9. 2021 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: <http://www.nepozornidospeli.cz/index.php/2013-11-13-18-17-04/co-je-adhd-add>

28. ADD. *Wikipedia: otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021, 3. 5. 2021 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/ADD>
29. SAUEROVÁ, Marie. Specifické (vývojové) poruchy učení. *Pedagogicko-psychologická poradna, Nový Jičín, příspěvková organizace* [online]. Kopřivnice: Amenit webdesign, 2021, 2021 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: <https://www.pppnj.cz/pro-rodice-a-klienty/specificke-vyvojove-poruchy-uceni/>
30. JUCOVIČOVÁ, Drahomíra. *Specifické poruchy chování a učení*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2014. ISBN 978-80-7290-657-4.
31. AUXTER, David. Reaction Time of Children With Learning Disabilities. *Academic Therapy*. Slippery Rock State College, Slippery Rock, Pennsylvania, 1970, 1970(6), 4. ISSN 407-457-2963.
32. HORÁČEK, Jiří a Lucie MOTLOVÁ. Neurodegenerativní onemocnění. *Vesmír* [online]. Praha: Vesmír, 1999, 5. 6. 1999, 1999(6), 2 [cit. 2021-5-31]. ISSN 1214-4029. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/1999/cislo-6/neurodegenerativni-onemocneni.html>
33. ANDRIUTA, Daniela, Momar DIOUF, Martine ROUSSEL a Oliver GODEFROY. *Kager*. Ameins: Kager, 2019, 2019(4), 8. ISSN 1420-8008. Is Reaction Time Slowing an Early Sign of Alzheimer's Disease? A Meta-Analysis. *Kager*. Ameins: Kager, 2019, 2019(4), 8. ISSN 1420-8008.
34. ČECHOVÁ, Linda, Aleš BARTOŠ, David DOLEŽIL, Daniela ŘÍPOVÁ, Alzheimerova nemoc a mírná kognitivní porucha: diagnostika a léčba. *Neurologie pro praxi*. Praha: Neurologie pro praxi, 2011, 2011(6), 8. ISSN 175-180.
35. Dykiert, Dominika & Der, Geoff & Starr, John & Deary, Ian. (2012). Sex Differences in Reaction Time Mean and Intraindividual Variability Across the Life Span. *Developmental psychology*. [cit. 2021-5-31], DOI: 48. 1262-76. 10.1037/a0027550.
36. Williamson, Jill M, and David A Lyons. "Myelin Dynamics Throughout Life: An Ever-Changing Landscape?." *Frontiers in cellular neuroscience* vol. 12 424. 19 Nov. 2018, [cit. 2021-5-31], DOI:10.3389/fncel.2018.00424
37. Alzheimer's Disease and Dementia Today. *Brainfacts.org* [online]. Washington D.C.: Society for Neuroscience, 14. 2. 2012 [cit. 2021-5-31]. Dostupné z: <https://www.brainfacts.org/-/media/Brainfacts2/Archives/Article-Images/Alzheimers-Brain.jpg>

8 SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK

Obrázek 1 Zpracování hmatového a chuťového podnětu (1).....	8
Obrázek 2 Zpracování zrakového a sluchového podnětu (5).....	8
Obrázek 3 Umístění korových center v mozku (7).....	9
Obrázek 4 Stavba neuronu (11)	10
Obrázek 5 Ukázka testu jednoduché reakční doby (není-li uvedeno jinak foto autor).....	11
Obrázek 6 Ukázka testu jednoduché reakční doby	11
Obrázek 7 Ukázka testu rozpoznávací reakční doby	11
Obrázek 8 Ukázka testu rozpoznávací reakční doby	11
Obrázek 9 Ukázka testu rozpoznávací reakční doby	11
Obrázek 10 Ukázka testu výběrové reakční doby.....	12
Obrázek 11 Ukázka testu výběrové reakční doby.....	12
Obrázek 12 Proces myelinizace během života (36).....	31
Obrázek 13 Porovnání zdravého mozku a mozku člověka s pokročilou Alzheimerovou chorobou (37).....	31
Graf 1 Porovnání průměrných výsledků obou kategorií.....	23
Graf 2 Porovnání reakčních dob všech probandů z kategorie s neurologickými poruchami	24
Tabulka 1 Průměrné reakční doby u nejvýkonnější skupiny na různé podněty (4).....	13
Tabulka 2 Ukázka zaznamenání výsledků programem.....	18
Tabulka 3 Výsledky kategorie 1 na jednotlivé úkoly	21
Tabulka 4 Výsledky kategorie 2 na jednotlivé úkoly	22
Tabulka 5 Výsledky kategorie 3 na jednotlivé úkoly	22
Tabulka 6 Rozdíly v reakční době testovaných s neurologickou poruchou v kategorii 2 ...	24
Tabulka 7 Rozdíly v reakční době testovaných s neurologickou poruchou v kategorii 3 ...	24

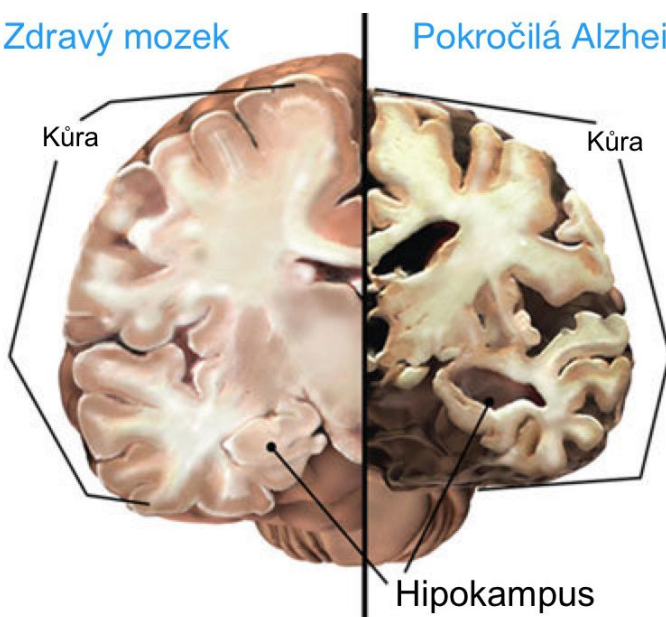
9 PŘÍLOH 1: OBRÁZKY



Obrázek 12 Proces myelinizace během života (36)

Zdravý mozek

Pokročilá Alzheimerova choroba



Obrázek 13 Porovnání zdravého mozku a mozku člověka s pokročilou Alzheimerovou chorobou (37)