

Univerzita Palackého v Olomouci
Filozofická fakulta
Katedra psychologie

OVĚŘENÍ KRITERIÁLNÍ VALIDITY
NOVÉ TRÉNINKOVÉ GO/NOGO
HRY STŘELNICE A NALEZENÍ
VZTAHU SE STANDARDNÍMI
TESTY U ZDRAVÉ DOSPĚLÉ
POPULACE

CRITERIAL VALIDITY VERIFICATION OF THE NEW
TRAINING GO/NOGO SHOOTING GAME AND ITS
CONTEXT WITH STANDARD TESTS IN A HEALTHY
ADULT POPULATION



Magisterská diplomová práce

Autor: Bc. Nikola Čiháková

Vedoucí práce: Mgr. et Mgr. Iveta Fajnerová, Ph.D.

Olomouc

2021

Tímto bych chtěla nejprve poděkovat Mgr. et Mgr. Ivetě Fajnerové, Ph.D. za důsledné vedení této práce a především za svěřenou důvěru ve zdárné vypracování studie a trpělivost, kterou se mnou po celou dobu měla. Největší díky patří mé rodině za nejen morální podporu během celého studia a bezednou trpělivost, ale především za to, že ve mě věřili ve chvílích, kdy jsem o sobě sama nejvíce pochybovala. Za pomoc se sháněním probandů k tomuto výzkumu, organizaci sběru dat a velkou psychickou podporu děkuji jmenovitě Mileně Čihákové, Kristýně Holečkové a Katce Taranzové. Tomášovi Žďarsovi děkuji za pomoc s technickými záležitostmi a s prací s daty. V neposlední řadě děkuji všem účastníkům výzkumu za jejich čas i úsilí. Bez nich by studie těžko vznikala.

Místopřísežně prohlašuji, že jsem magisterskou diplomovou práci na téma: „Ověření kritériální validity nové tréninkové Go/Nogo hry Střelnice a souvislosti se standardními testu u zdravé dospělé populace“ vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Olomouci dne 30.11.2021

Podpis

OBSAH

Číslo	Kapitola	Strana
OBSAH		4
ÚVOD		6
TEORETICKÁ ČÁST		8
1	Inhibiční kontrola	9
	1.1. Terminologie.....	9
	1.1.1 Kognitivní vs. behaviorální inhibice.....	9
	1.1.2 Dělení podle G.T. Nigga.....	10
	1.1.3 Pohled Barkleyho a Berlina.....	11
	1.2. Neuropsychologie inhibiční kontroly.....	11
	1.2.1 Potenciály vázané na událost (ERPs).....	12
	1.2.2 Přípravný motorický potenciál.....	12
	1.2.3 Zapojené neuronální oblasti.....	13
	1.3. Inhibice a impulzivita.....	14
	1.4. Testová paradigmata.....	15
	1.4.1 Go/Nogo paradigma.....	15
	1.4.2 Stop Signal paradigma.....	18
	1.4.3 Kontrola interference (Stroopův efekt).....	20
	1.5. Faktory na straně jedince.....	21
	1.5.1 Věk.....	21
	1.5.2 Lateralita.....	22
	1.5.3 Chronotyp.....	23
	1.5.4 Bilingvismus.....	24
	1.5.5 Další nalezené souvislosti.....	25
2	Psychopatologie a narušení inhibiční kontroly	26
	2.1. Psychiatrická a neurologická onemocnění.....	26
	2.1.1 ADHD.....	26
	2.1.2 Obsedantně kompulzivní porucha (OCD).....	28
	2.1.3 Tourettův syndrom.....	29
	2.1.4 Neurodegenerativní onemocnění.....	30
	2.1.5 Poruchy příjmu potravy.....	31
	2.1.6 Afektivní poruchy.....	33
	2.1.7 Závislosti.....	34
	2.1.8 Poruchy osobnosti.....	35
	2.1.9 Schizofrenie.....	36
	2.2. Využití úloh zaměřených na inhibiční kontrolu.....	37
	2.2.1 Dopravní psychologie.....	37

2.2.2	Vojenská psychologie	38
2.2.3	Sportovní psychologie	38
2.2.4	Trénink funkcí (pozitivní intervence)	39
PRAKTICKÁ ČÁST		42
3	Výzkumný problém a cíle	43
4	Výzkumné hypotézy	45
5	Metodologie výzkumu	49
5.1.	Výzkumný soubor	49
5.2.	Aplikovaná metodika	51
5.2.1	Go/NoGo test (PEBL)	51
5.2.2	Střelnice	52
5.2.3	Test setrvalé pozornosti (PCPT)	59
5.2.4	Test cesty (Trail Making Test).....	59
5.2.5	Barrattova škála impulzivity (BIS - 11)	60
5.2.6	Další zařazené dotazníky	60
5.3.	Průběh výzkumu	61
6	Etické hledisko.....	63
7	Práce s daty a výsledky	64
7.1.	Výsledky ověření platnosti statistických hypotéz.....	64
7.1.1	Analýza Go/Nogo hry Střelnice	65
7.1.2	Vztah výkonu v Go/Nogo úloze Střelnice a Go/Nogo testu PEBL .	70
7.1.3	Vztah výkonu ve hře Střelnice a dalších proměnných	72
8	DISKUZE	75
9	Souhrn	81
10	ZÁVĚR	84
LITERATURA.....		86
ABSTRAKT		97
PŘÍLOHY		102

Příloha 1: Informovaný souhlas

Příloha 2: Instrukce pro Střelnici

ÚVOD

Zkuste se ponořit zpátky v čase do situace, kdy jste chodili na základní školu. O přestávce se jako dítě nudíte a tak se rozhodnete z legrace vylekat svého spolužáka, který by měl každou chvíli vejít dveřmi do třídy. Čekáte schovaný za dveřmi plný očekávání, kdy Váš kamarád přijde, abyste na něj mohli „bafnout“. Slyšíte, že se směrem ke dveřím blíží kroky a tak se začnete připravovat a cítíte, jak ve Vás roste zvláštní napětí a očekávání. Osoba překračuje práh třídy, ale něco nesedí. V poslední milisekundě si uvědomíte, že do dveří nevchází Váš spolužák, ale třídní učitelka s rukama plnými pomůcek a sešitů. Je však pozdě. I když byste rádi, tak v tento moment už nejste schopni zastavit své původní záměry, vyskočíte zpoza dveří a vykřiknete „baf“ na svou třídní učitelku, které vše padá z rukou na zem. Přesně v tento moment u Vás došlo k selhání procesu zvaného inhibiční kontrola.

Základně jde o to, že Váš mozek již nebyl schopen zastavit prepotentní aktivitu, česky zvanou přípravný motorický potenciál, kterou spustil o několik stovek milisekund dříve, než u Vás vůbec byla zahájena akce. Schopnost inhibiční kontroly je individuální záležitostí, kdy mimo jiné záleží především na velmi rychle probíhajících procesech na neuro-chemické úrovni v centrální nervové soustavě. Téma inhibiční kontroly velmi úzce souvisí s rysem impulzivity a díky behaviorálním testům zaměřených na inhibiční reakce můžeme tento rys také měřit.

Tato práce je zaměřena na analýzu a ověření kriteriální validity nově vyvinuté Go/Nogo hry Střelnice, která by měla být využívána právě k remediaci a tréninku schopnosti inhibiční kontroly u deficitních jedinců (např. ADHD, OCD, organické poruchy atd.) ale využívat by ji mohla například i populace zdravě stárnoucích seniorů. Představovaná VR úloha vznikla za finanční podpory TAČR projektů ÉTA č. TL01000309 (Virtuální město - baterie her pro kognitivní trénink a nácvik každodenních činností v ekologicky validním virtuálním prostředí) a studie probíhala s podporou Evropských strukturálních a investičních fondů (OPVVV) projektu „PharmaBrain“ CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_025/0007444." Toto téma práce vzniklo pod záštitou Národního ústavu duševního zdraví a tímto děkuji Mgr. et Mgr. Ivetě Fajnerové Ph.D., že jsem se ho mohla ujmout právě já.

V rámci teoretické části práce se budeme věnovat nejprve detailnějšímu popisu inhibiční kontroly a jejím souvislostem. Poté se zaměříme na oblasti psychopatologie a narušení schopnosti inhibiční kontroly, jelikož Střelnice by v budoucnu měla sloužit právě k remediaci případně zabránění prohlubování deficitu. Empirická část bude zahrnovat analýzy hry Střelnice,

porovnání s Go/Nogo testem z neuropsychologické baterie PEBL a analýzu dalších souvislostí s dalšími testy a proměnnými.

TEORETICKÁ ČÁST

1 INHIBIČNÍ KONTROLA

Inhibiční kontrola je z pohledu poznávacích funkcí řazena mezi exekutivní funkce. Problematika terminologie inhibiční kontroly je však složitá. Existuje řada názorů na kontrolu inhibice jako takovou, a především na její složky a dělení. Obecně mezi odborníky nepanuje příliš shoda, tudíž se v úvodu nejprve pokusíme o určité vymezení problematiky pro účely této práce.

1.1. Terminologie

Inhibiční kontrolu definujeme jako **schopnost kontrolovat probíhající psychické procesy** a na základě toho také upravovat a **kontrolovat své jednání** a tím **se adaptovat na prostředí** či situaci, ve kterém se nacházíme (Diamond, 2013; Perri, 2020). V rámci této podkapitoly se nejprve zaměříme na různé pojetí a dělení složek inhibiční kontroly dle pohledu různých autorů.

1.1.1 Kognitivní vs. behaviorální inhibice

Asi nejčastěji se můžeme setkat s dělením inhibiční kontroly na inhibici kognitivní a inhibici behaviorální. Spojitost mezi těmito konstrukty je nejasná a závěry výzkumů jsou nejednotné.

V případě **kognitivní inhibice** se jedná o schopnost potlačení kognitivních procesů či obsahů, které by jinak narušily fungování pracovní paměti a pozornost. Kognitivní inhibice je považována za poměrně **problematický termín**. Například jen fakt, že kognitivní inhibice může být zcela nevědomá a nezáměrná, odkazuje na její složitost, co se týče vědeckého zkoumání (Nigg, 2000).

Někteří autoři dokonce z různých důvodů zpochybňují pojem kognitivní inhibice. Můžeme uvést např. MacLeoda (2007), který upozorňuje, že je potřeba se zaměřit především **na tzv. neurální inhibici**. Neztrácuje kognitivní inhibici jako teoretický pojem, se kterým se může nadále operovat, avšak co se týče reálného fungování je potřeba se podle něj zaměřovat a zkoumat především právě neurální inhibici.

Mischel, Shoda a Rodriguez (1989) zcela nevylučují existenci kognitivní inhibice, avšak tvrdí, že je pouze jakýmsi **facilitátorem behaviorální inhibice**. Svůj názor argumentují závěry svého výzkumu, kdy se dětem pomocí záměrného potlačování myšlenek (kognitivní inhibice) podařilo udržet si behaviorální kontrolu.

Olson (1989) souhlasí s dělením inhibice na **kognitivní a behaviorální složku**, avšak právě tu rozděluje dále na **schopnost odolat pokušení** a **tzv. motorickou inhibici**. V odborné literatuře se s pojmem motorická inhibice setkáváme poměrně často a můžeme si ji představit jako schopnost, díky které dokážeme zastavit původně zamýšlený či započatý pohyb a jednání. Jde o adaptivní a velmi důležitou funkci, protože umožňuje lidem včas zastavit potenciální aktivitu, které by nás v některých situacích mohla vystavovat nebezpečí. Jak uvádějí Dutra, Waller a Wessel (2018) jde o klíčovou schopnost k zajištění bezpečného chování zaměřeného na cíl i v rychle se měnícím prostředí.

1.1.2 Dělení podle G.T. Nigga

Nigg (2000) na základě svého bádání uvádí vlastní model dělení inhibiční kontroly. Autor se zabýval ADHD ('Attention Deficit Hyperactivity Disorder' neboli porucha pozornosti spojená s hyperaktivitou) a dětským vývojem právě v souvislosti s inhibiční kontrolou. V základě pracuje se 3 typy inhibičních procesů, a to s **výkonovou inhibicí**, **motivační inhibicí** a **automatickou inhibicí pozornosti**. Každou z těchto skupin dále dělí na několik podtypů.

Nejvíce nás zajímá inhibice výkonová, jelikož tu dále rozčlenil na další čtyři typy. Jde o **kontrolu interference** (představíme níže), **kognitivní inhibici**, **behaviorální inhibici** a **okulomotorickou inhibici**. Okulomotorickou inhibicí je myšlena schopnost odolat reflexivnímu pohybu očí směrem k podnětu, který zaujal naši pozornost. Obvykle se k měření používá tzv. Anti-saccade Task neboli Antisakádový úkol, při kterém je hlavním úkolem probanda provést pohyb očí opačným směrem, než je strana, kde se na monitoru objeví nový podnět (Nigg, 2000)

Pro komplexnost uveďme, že druhou základní složku (motivační inhibici) rozčlenil Nigg (2000) na motivační inhibici v reakci na trest a motivační inhibici v reakci na nové podněty. Termín automatická inhibice odpovědi zastřešuje 2 typy situací, kdy k ní dochází, a to naposledy zkoumaný objekt a zanedbaný objekt (dochází k automatické inhibici odpovědi, jelikož podnět nepovažujeme již za významný).

1.1.3 Pohled Barkleyho a Berlina

V rámci této práce pro nás bude stěžejní vzhledem k praktické části především pojetí dle Barkleyho a Berlina, který na prvního jmenovaného navázal. Barkley (1997, in Berlin 2003) nahlíží na inhibiční kontrolu jako na **proces**, který je založen na **3 základních fázích**. První dle autora nastává **inhibice prepotentní nebo dominantní odpovědi**, druhou fází je **zastavení probíhající odpovědi** a proces uzavírá **kontrola interference**. Je potřeba zmínit, že Barkley neztotožňoval přímo inhibiční kontrolu a exekutivní funkci, ale jeho názor je, že funkční inhibice zajišťuje funkční exekutivní funkce, a tím se fungující inhibice stává jakousi podmínkou nutnou k dosažení správného fungování exekutivy.

Na posloupnost jednotlivých fází však existují různé pohledy. Například Sebastian a kolektiv (2013) uvádějí **kontrolu interference** jako časnou fází procesu inhibiční kontroly. Kontrolu interference uvádějí v souvislosti se Stroopovým úkolem, Simonovým úkolem a Flanker testem. **Zadržení reakce** (ve smyslu motorické inhibice reakce), které je nutné a ukazuje se hlavně v Go/Nogo testech, považují za druhou tedy prostřední fází procesu inhibiční kontroly a **zrušení reakce** v rámci Stop signál testu za pozdní fází. Schacher a kolektiv (2007) se zabývali problematikou dětí s ADHD v souvislosti s inhibiční kontrolou, přičemž rozlišili a pomocí Stop signál testu zkoumali **2 složky motorické inhibiční odezvy**, a to zadržení reakce a zrušení reakce.

Berlin (2003) se na procesuální chápání inhibiční kontroly Barkleyho (1997, in Berlin, 2003) podíval **prostřednictvím vyšetřovacích metod**. Analogicky první fází (inhibice prepotentní nebo dominantní odpovědi) uvádí Berlin jako hlavní vyšetřovací metodu **Go/Nogo testy**. Schopnost zastavení již probíhající reakce je nejčastěji zjišťována pomocí **Stop Signal testu** a kontrolu interference spojuje se **Stroopovým testem**, kterým se zabýváme níže.

Vzhledem k zaměření této práce se tedy budeme odrážet právě z pojetí Barkleyho a Berlina, přičemž se zaměříme především na první fází inhibiční kontroly dle Barkleyho (1997, in Berlin, 2003), a to inhibici prepotentní či dominantní odpovědi. Jako výhodu tohoto přístupu považujeme mimo jiné eliminaci ostatní složité terminologie spojené s inhibiční kontrolou.

1.2. Neuropsychologie inhibiční kontroly

Nyní se na problematiku inhibiční kontroly zaměříme z neuropsychologického pohledu. Již v předchozím textu byl zmíněn termín prepotentní reakce či prepotentní odpověď, který si v této podkapitole představíme.

1.2.1 Potenciály vázané na událost (ERPs)

Je obecně známo, že činností mozkových neuronů vznikají jisté elektrické potenciály. Pro komplexní pochopení neuropsychologických aspektů inhibiční kontroly si nejprve ve stručnosti představíme **tzv. potenciály vázané na událost** (anglicky ‘event-related potentials’, ERPs). Zani (2013) popisuje ERPs jako malé změny elektrické aktivity mozkových neuronů, které **odrážejí aktivitu pojící se s kognitivními funkcemi** (plánování, očekávání podnětu, příprava na reakci a podobně). Tyto potenciály mají velmi nízkou amplitudu a pro jejich vyniknutí z náhodného šumu a následné rozeznání na záznamu EEG je potřeba zprůměrovat několik opakovaných záznamů (Zani, 2013).

1.2.2 Přípravný motorický potenciál

Mezi ERPs je pro nás v této práci asi nejdůležitější **tzv. přípravný motorický potenciál** (v angličtině a dále jen ‘**readiness potencial**’, RP). Tento typ potenciálu je vázaný na pohyb a za jeho objevitele jsou považováni Kornhuber a Deecke (1965), kteří si na záznamu EEG všimli negativní výchylky s nízkou amplitudou, která se objevovala cca 1-1,5s před vykonáním spontánního pohybu a na základě toho, tyto RP považovali za projev aktivity mozku značící **přípravenost k vykonání volního (vůlí řízeného) pohybu**. Ze závěrů výzkumů Kornhubera a Deeckeho (1965) však vyplývalo, že se tento přípravný motorický potenciál objevuje na záznamu EEG pouze tehdy, je-li plánovaný pohyb spontánní.

Toto tvrzení později vyvrátil Libet, Wright a Gleason (1982), kteří RP označili za **prekurzor motorické aktivity**, ať se jedná o **pohyb spontánní či naplánovaný** (tzv. ‘pre-set move’). Na základě svých šetření došli mimo jiné k zajímavému závěru, že RP negativita se objevuje i v momentě, kdy nebyl původně zamýšlený pohyb v konečném důsledku proveden (byl tedy vetován). Z tohoto vyplynul jeden pro tuto práci velmi důležitý závěr, a to že hlavní příčinnou vzniku RP je **záměr jedince provést spontánní i plánovaný pohyb**, nikoliv reálné vykonání pohybu (Libet, Wright & Gleason, 1983).

Novodobější výzkumy začaly ukazovat na fakt, že RP nemusí být pojen striktně jen s pohybovým úkonem, ale že může odrážet jakýkoliv **kognitivní stav záměr či očekávání jedince**. (Alexander et al., 2016; Zani, 2013).

Problematika událostmi evokovaných potenciálů, a především pak readiness potenciálů je s tématem behaviorální inhibice neoddělitelně propojená. Pokud se budeme bavit o měření inhibiční kontroly za pomoci jakékoliv testové metody, je nutnou podmínkou vyvolání právě

přípravného motorického potenciálu. U behaviorální inhibice jde totiž právě především o potlačení tzv. prepotentní automatické odpovědi a nutnosti zastavit plánovanou reakci. Data získaná pomocí neuro zobrazovacích metod (fMRI) ukazují především na aktivní roli laterální orbitální prefrontální kůry a příslušných subkortikálních struktur (Casey et al., 1997; Nigg, 2000).

1.2.3 Zapojené neuronální oblasti

Výzkumy ukazují na 3 základní funkce zajišťující správné komplexní fungování exekutivy jedince. Jsou jimi schopnost inhibice, pracovní paměť a kognitivní flexibilita. Se schopností a správnou funkcí exekutivy a tedy i inhibiční kontroly je nejčastěji spojován **frontální lalok**, konkrétně jeho část tzv. **prefrontální kůra**. Právě zde dle výzkumů sídlí hlavní řídicí centrum exekutivních funkcí, při jehož správném fungování je jedinec schopen plánovat, uvažovat a systematicky řešit problémy (Diamond, 2013; Miyake et al., 2000). Prefrontální kůra je rozdělena na další 3 hlavní oblasti, a to **dorsolaterální**, **ventrolaterální** a **orbitofrontální**. K poruše funkce inhibice jako takové dochází nejčastěji při poranění, nálezu či jiné dysfunkci v orbitofrontální nebo ventrolaterální oblasti prefrontální kůry. Typickým příznakem dysfunkce v těchto oblastech může být například zvýšená impulzivita nebo potíže s tzv. shiftingem neboli schopností rozdělovat pozornost. Narušení dorsolaterální oblasti je více spojeno s poruchami pracovní paměti a psychomotického tempa (Kulišťák, 2011; Preiss et al., 2006).

Při narušení těchto částí dochází u jedinců s různorodými příznaky, pro které se používá zastřešující termín **frontální behaviorální syndrom** (podle narušené oblasti mozku frontálního laloku). Může se projevat v pestrém symptomech od emoční nestability, výrazné impulivity a iritability přes rigiditu ve vzorcích chování i emočním prožívání až po poruchy motivace, plánování či iniciace činnosti vůbec (Kulišťák, 2011; Nikolai, nedat.; Preiss et al., 2006).

Exekutivní funkce jsou velmi úzce spojené také s **parietálním lalokem**, který je spojován především s pozornostními funkcemi. **Frontoparietální síť neuronů** se podílí na kontrole exekutivních a pozornostních funkcí a snížená aktivace v těchto oblastech mozku je pozorována například i u amnestických forem mírné kognitivní poruchy (Kulišťák, 2011; Němcová Elfmarková, 2018; Preiss et al., 2006).

Dále se na správné funkci inhibiční kontroly podílí **mozeček**, který při správném fungování zajišťuje kontrolu volní motoriky mimo jiné skrze kontrolu svalového napětí včetně kontroly očních pohybů (připomeňme antisakádový úkol). Mozeček se k velké části podílí na motorickém učení, což zahrnuje například i správné načasování motorické odpovědi na určitý

stimul. V souvislosti s narušením funkcí inhibiční kontroly za zmínku stojí největší mozečkové jádro **nucleus dentatus**, do kterého ústí axony z tzv. Purkyňových buněk (buňky mající zásadní roli na správné fungování motoriky). Správné fungování tohoto mozečkového jádra mimo jiné zajišťuje správné fungování iniciace pohybu jako takového, a to od premotorické reakce (Němcová, nedat.; Kulišťák, 2011; Preiss et al., 2006).

1.3. Inhibice a impulzivita

Jak již bylo řečeno, hlavní funkcí inhibiční kontroly je zabránění nežádoucímu nebo předčasnému jednání. Pokud se u jedinců vyskytne z jakýchkoliv důvodů inhibiční deficit, můžeme u nich pozorovat potíže se získáním kontroly nad vlastním jednáním. Chování dotyčného se pak může zdát jako by volní složka ustupovala do pozadí a jednání se stávalo automatickým. Pro toto narušení behaviorální inhibice můžeme v literatuře nalézt hned několik názvů, avšak u každého z nich tvoří základ slovo **impulzivita** (Hess, Menezes & de Almeida, 2018; Linhartová a Kašpárek, 2017; Nigg, 2000;)

Problematikou behaviorální inhibice se zabývali Linhartová a Kašpárek (2007), kteří uvádějí narušení schopnosti behaviorální inhibice **jako příčinu potíží s včasným přerušением nežádoucího předčasného jednání**. Lidé s deficitem behaviorální inhibiční kontroly mají sníženou schopnost kontrolovat své chování a zmiňovaní autoři proto používají pojem **motorická impulzivita**. Abychom se vyvarovali nepřesnému definování termínu, je nejprve potřeba zmínit, že i motorická impulzivita má 2 podtypy v závislosti na fázi procesu inhibiční kontroly (vzpomeňme si na Barkleyho pojetí).

Nejprve zmíníme **tzv. čekající impulzivitu**. Pro pochopení termínu nám může pomoci její ekvivalentní anglický název dle Hamiltona a kolektivu (2015), a to *‘refraining from action’* (tedy v doslovném překladu „*zdržet se jednání*“). Nyní není složité odvodit, že čekající impulzivita se pojí zejména s první fází inhibice dle Barkleyho (1997, in Berlin, 2003), tedy s potížemi se zastavením prepotentní či dominantní reakce. Jedinec s narušením této schopnosti bude mít tendence reagovat neuváženě a předčasně. Jak již bylo zmíněno výše, první fáze inhibiční kontroly, a tedy i čekající impulzivita bývá zjišťována **testy Go/Nogo** (v podkapitole 1.4).

Druhým avizovaným podtypem motorické impulzivity je **tzv. zastavovací impulzivita**. Opět nám může napovědět pojmenování Hamiltona a kol. (2015), kteří používají termín

‘*stopping an ongoing action*‘ (v překladu „zastavení probíhajícího jednání“). Tento typ motorické impulzivita je spojen s druhou fází inhibiční kontroly podle Barkleyho (1997, in Berlin, 2003), tedy zastavení probíhající odpovědi. Zastavovací impulzivita je nejčastěji měřena **testy Stop Signal** (v podkapitole 1.4). Vzájemný vztah čekající a zastavovací impulzivita je předmětem výzkumů.

V následující podkapitole se budeme věnovat jednotlivým paradigmatům, jejichž problematika je v rámci studia inhibiční kontroly často probírána a zkoumána.

1.4. Testová paradigmata

Nyní se podíváme na tři základní paradigmata, jejichž pochopení a rozlišení je pro další části této práce stěžejní. Vzhledem k tématu praktické části se nejpodrobněji budeme věnovat paradigmatu Go/Nogo, poté se zaměříme na Stop Signal paradigma a v závěru podkapitoly na kontrolu interference.

1.4.1 Go/Nogo paradigma

Go/Nogo paradigma a tedy **Go/Nogo testy** jsou založeny na principu reagování či nereagování jedince na konkrétní podněty. Součástí jsou v základu **2 typy stimulů**. Jsou jimi **Go stimuly**, po jejichž prezentaci je vyžadována probandova reakce (např. stisknutí tlačítka, klávesy, pedálu a podobně) a **Nogo stimuly**, u kterých má jedinec odpověď potlačit, nereagovat a vyčkat na prezentaci dalšího podnětu (Linhartová & Kašpárek, 2017).

PARAMETRY

Vzhledem k poměrně vysoké rozmanitosti testů založených na paradigmatu Go/Nogo nelze stanovit jednotný popis. Testy se vzájemně liší v mnoha ohledech, a to od vzhledu konkrétních stimulů až po rozdílnosti v klíčových parametrech.

Velmi častým typem stimulů u Go/Nogo testů byly od počátku měření písmena (např. Dutra, Waller a Wessel, 2018). Výzkumy však ukazují, že tento typ podnětů může být problematický pro osoby s poruchou učení, především s dyslexií, kde je negativně zasažen proces rozpoznání konkrétního písmene (Sela, Izzetoglu, Izzetoglu & Onaral, 2012). Postupně se začala pestrost stimulů Go/Nogo testů rozrůstat od písmen přes čísla, různé obrazce a symboly různých barev (například šipky, geometrické tvary a podobně) až po obrázkové stimuly (Robertson, Manly, Andrade, Baddeley, & Yiend, 1997; Hess, Menezes & de Almeida, 2018; Gao, Jia, Zhao a Zhang, 2019).

Velmi podstatnými parametry Go/Nogo testů jsou **celkový poměr Go a Nogo stimulů** a **časový interval mezi prezentací jednotlivých stimulů**. Před samotnou konstrukcí či použitím testů je potřeba si definovat na jakou kognitivní funkci se primárně zaměřujeme. Jak uvádí Nieuwenhuis a kol. (2003) je potřeba mít na paměti, že poměrem jednotlivých stimulů si určujeme funkci, která bude dominantně zatížena. Touto funkcí je ta, která je primárně propojena s typem stimulu, který je prezentován méně často. V praxi to znamená následovně. Pokud chceme testem měřit především úroveň inhibice, měli bychom při jeho konstrukci vzít v potaz fakt, že by měl obsahovat jednoznačně vyšší počet Go podnětů než podnětů NoGo. Tímto způsobem lze do určité míry zjišťovat úroveň impulzivity, konkrétně již zmiňované čekající impulzivity. Pokud bychom test zkonstruovali opačně, tudíž bychom do něj zahrnuli znatelně vyšší počet Nogo podnětů vůči podnětům Go, výsledky našeho měření by ukazovali spíše na úroveň soustředěné pozornosti. K této problematice se vrátíme níže v této podkapitole v rámci chyb typu commissions a omissions v Go/Nogo testech (Nieuwenhuis et al., 2003; Wessel, 2017).

Podle Wessela (2017) je nejdůležitější součástí při navrhování a konstrukci Go/Nogo testů zaměřených na měření behaviorální inhibice zajistit, aby během testování byla opravdu **vyvolávána prepotentní motorická aktivita**. V rámci své studie se pokusil o kvantifikaci některých parametrů tak, aby spolehlivě vyvolávaly prepotentní motorickou aktivitu. Vyvolání prepotentní reakce je dle autora závislé především na stanovení 2 parametrů, které odhalily neurologické výzkumy zaměřené na mozkové koreláty inhibiční kontroly. Jedná o celkový poměr prezentovaných Go/Nogo stimulů a o časovou prodlevu (interval), který uplyne mezi prezentací 2 za sebou jdoucích stimulů.

Wessel (2017) upozorňuje, že až 20 % Go/Nogo testů používá mezi jednotlivými stimuly prodlevu delší než 4 s. Toto považuje za problematické, jelikož takto dlouhé intervaly mezi prezentacemi podnětů nemusejí vyvolávat prepotentní motorickou aktivitu a nemusejí tedy měřit inhibiční kontrolu a stávají se tak nevalidními. Prostřednictvím EEG měření a následné analýzy readiness potenciálů (RP) mohl Wessel porovnávat několik variant Go/Nogo testů s různým nastavením poměrů Go a Nogo stimulů a časovým intervalem mezi nimi.

Wessel (2017) sestavil celkem 4 verze Go/Nogo testu, přičemž nejsignifikantnější a nejčasnější readiness potentials našel u tzv. „rychlé verze se vzácnějším výskytem Nogo podnětů“. Pokud bychom chtěli kvantifikovat, jednalo se o verzi s intervalovým časem 1500 ms a s pravděpodobností výskytu Nogo stimulu 0.2. Signifikantní aktivita RP byla nalezena také u verze s časem mezi stimuly 1500 ms a pravděpodobností Nogo podnětu 0.5, avšak zde

byl RP oproti první zmiňované verzi opožděn. Jinými slovy Wessel zjistil, že pokud v testu významně snížíme počet Nogo podnětů a zrychlíme tempo prezentace podnětů, dochází ke zvětšení amplitudy vlny značící prepotentní reakci. Naproti tomu u verze s pravděpodobností výskytu Nogo stimulu 0.5 a stimulovalým intervalem 4000 ms a stejně tak u verze s pravděpodobností výskytu Nogo podnětu 0.2 a časovým intervalem 4000 ms nebyla signifikantní aktivita RP zaznamenána.

V rámci měření inhibiční kontroly se tedy ukázalo jako strategické volit **Nogo podněty jako méně frekventované** (80 % Go stimulů vs. 20 % NoGo stimulů). Proband tento rozdíl ve frekventovanosti stimulů zaznamená a bude posuzovat za výhodné zahájit reakci Go při každém prezentovaném podnětu, čímž zahajuje prepotentní tendenci k odpovědi (RP). Kromě toho se jako důležitá ukázala také druhá podmínka, a to **rychlé tempo prezentace** jednotlivých stimulů (Menon, Adleman, White, Glover & Reiss, 2001; Wesell, 2017).

SLEDOVANÉ PROMĚNNÉ A JEJICH SOUVISLOSTI

Nyní se podíváme na nejdůležitější proměnné, které v rámci testování pomocí Go/Nogo testů sledujeme. Jsou jimi tzv. chyby typu commission, omission a reakční čas.

Chyby typu commission neboli **falešně pozitivní reakce** popisují situaci, kdy jedinec zareaguje na Nogo stimul. Jinými slovy jedná se o moment, kdy náš proband například stiskne tlačítko v momentě, kdy mu byl prezentován stimul, na který reagovat neměl. Jak jsme již nastínili dříve, chyby typu commission jsou spojovány s **potížemi v inhibiční kontrole**, jelikož dochází k momentu, kdy jedinec není schopný včas zabrzdit zahájenou prepotentní motorickou reakci (Smith, Mattick, Jamadar & Iredale, 2014). Dále je tento typ chyby provázán s úrovní **impulzivitu**. Studie dále dokládají **pozitivní korelace mezi počtem chyb commission a průměrnými reakčními časy**, což jinými slovy znamená, že u jedinců reagujících na stimuly v kratším časovém úseku, se vyskytuje významně vyšší počet commission chyb (Hamilton et al., 2015; Head & Helton, 2013).

Chyby typu omission neboli **chyby z opomenutí** nastávají tehdy, kdy proband chybně nezareaguje na prezentovaný Go stimul. Jinými slovy jde o situaci, kdy jedinec vynechá reakci a například nedojde ke stisknutí tlačítka ve chvíli, kdy mu byl prezentován stimul, na který měl zareagovat. Obecně bývají chyby z opomenutí spojovány s měřením **úrovně soustředěné pozornosti** (Smith et al., 2014). Např. Ballard (2001) používá v tomto smyslu **index tzv. pozornostních lapsů** a zároveň upozorňuje, že chyby omission mohou mít i jinou primární příčinu než selhání pozornosti probanda. Ballard (2001) navrhl hypotézu, že se v rámci

Go/Nogo testů s vyšším podílem Go stimulů může v základu jednat spíše o jisté potíže s udržení připravenosti odpovědi, a tudíž dochází k **jakémusi vyčerpání kognitivních zásob**.

Během 21. století začal být značně zkoumán vztah dvou výkonových funkcí, a to **inhibiční kontroly a pracovní paměti**. V návaznosti na nové výzkumy vznikala hypotéza, že jedinci s vyšší kapacitou pracovní paměti mají lepší kontrolu pozornosti vzhledem k udržení informací relevantních pro dosažení cíle a pokud jsou kladeny na pracovní paměť vysoké požadavky, výkonnost v aktuálním úkolu klesá včetně schopnosti inhibovat prepotentní reakci. Někdy se v rámci zkoumání inhibiční kontroly tedy můžeme setkat s termínem **working memory load** (Hirst, Fockert & Viding, 2004).

V roce 2001 zahrnuli Kane, Bleckley, Conway a Engle do svého výzkumného šetření dříve zmiňovaný antisakádový úkol (zopakujme, že hlavním úkolem probanda v tomto úkolu je provést pohyb očí opačným směrem, než je strana, kde se na monitoru objeví nový podnět). Výzkumníci zjistili, že jedinci s celkovou **vyšší kapacitou pracovní paměti** vykazovali současně **vyšší schopnost kontroly pozornosti a vyšší schopnost inhibiční kontroly**.

Boucher, Viparina a Collins (2020) pomocí Stop Signal testu zkoumali, jak požadavky na zatížení pracovní paměti a její kapacitu ovlivní schopnost inhibovat prepotentní reakci. Bylo zjištěno, že **vysoké zatížení pracovní paměti** (zpětné odečítání po dvou) oproti nižšímu zatížení pracovní paměti (počítání po jednotkách) **signifikantně ovlivnilo inhibiční odezvu** probandů, přičemž byl **prodloužen proces Stop** (čas k zastavení reakce). V procesu GO žádné významné rozdíly nalezeny nebyly, což může odkazovat na jistou nezávislost STOP a GO procesů, i za podmínek zatížení pracovní paměti. K podobným výsledkům došel v roce 2006 také Chen-Chao, který považuje kapacitu pracovní paměti jedince jako **silný prediktor procesu zpracování působícího distraktoru**.

1.4.2 Stop Signal paradigma

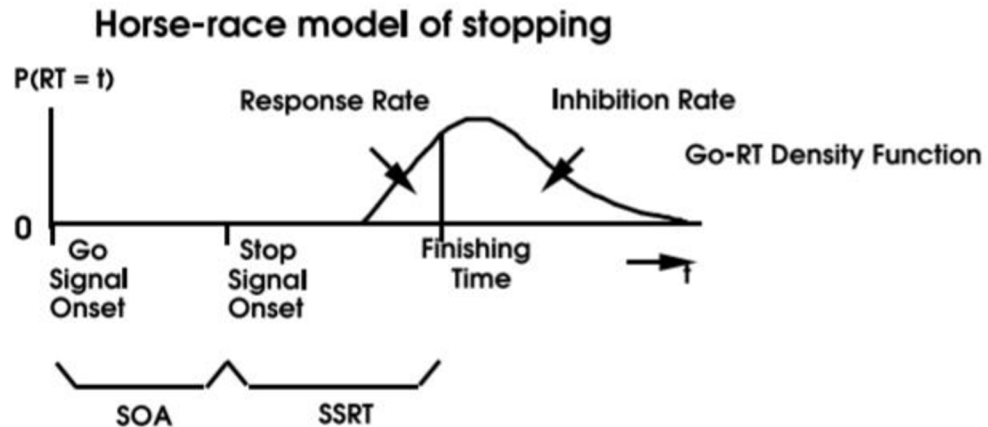
Stop Signal testy jsou bazálně založeny na podobném principu jako Go/Nogo testy. Dochází zde k prezentaci **Go stimulů** (například se může jednat o rozlišení mezi 2 vizuálními podněty), na které má jedinec určitým předem dohodnutým způsobem zareagovat. Základní rozdíl nastává v momentě, kdy po prezentaci Go stimulu dochází po krátké časové prodlevě k prezentaci **tzv. stop signálu**, kterým může být vizuální podnět, zvukový podnět a podobně. Tento signál dává jedinci **instrukci, že reagovat nemá**. V rámci Stop signál testů se mohou objevovat i **Nogo stimuly**, kdy jedinec nemá reagovat a musí vyčkat na další prezentovaný

stimul. V případě že byl tedy před stop signálem prezentován Go stimul, má proband zastavit započatou reakci a vyčkávat na následující stimul (Verbruggen, Logan, 2009). Pro ilustraci si můžeme představit, že nám jsou prezentována 2 písmena, a to písmeno „B“ jako Go stimul, na který má proband zareagovat stisknutím klávesy a písmeno „F“ jako NoGo stimul, kdy nemá reagovat nikterak a vyčkat na další podnět. V některých případech však i po prezentaci písmena B (tedy Go stimulu) zazní probandovi do sluchátek tón (Stop signál), který mu dává příkaz započatou reakci zastavit a čekat na další prezentaci stimulu.

Měření inhibiční kontroly pomocí Stop Signal testu je propojeno s **tzv. zastavovací impulzivitou** (u paradigmatu Go/Nogo testů jsme se zaměřovali na čekající impulzivitu) (např. Hamilton et al., 2015). Kromě stanovení samotné schopnosti zastavit spuštěnou automatickou motorickou odpověď můžeme na základně paradigmatu SST (‘Stop Signal Task‘ neboli Stop signal test) měřit také časový interval, který jedinec potřebuje k tomuto úplnému zbrzdění reakce.

Logan, Cowan a Davis (1984) navrhli srovnání celého procesu v SST s koňskými dostihy a nazvali ho jako ‘**Horse-race paradigm**‘ (paradigma koňských dostihů). Go stimul je podle jejich schématu kůň 1, který startuje na první výstřel pistole. Za určitý časový interval se rozběhne i druhý kůň, kterého pojmenovali Stop. Jak závod dopadne, záleží jednak na rychlosti probíhajících procesů (tedy rychlosti koně „Go“ i koně „Stop“) a také na časové prodlevě, která nastala mezi prvním a druhým startovním výstřelem. Explicitně však nemůžeme určit rychlost druhého koně („Stop“), proto je potřeba závod opakovat, aby se tato proměnná ukázala na základě odhadu z rychlosti prvního koně „Go“ (ve skutečnosti nejde o nic jiného než reakční čas) a celkového součtu vítězství koně „Stop“ nad koněm „Go“ (viz schéma 1).

Schéma 1: Horse-race paradigma (Band, van der Molen & Logan, 2003)



1.4.3 Kontrola interference (Stroopův efekt)

Za zmínku stojí také již jmenovaný Stroop (1935), který považuje termín inhibice za **synonymum interference**, kterou je obecně označováno potlačení reakce na stimul, který působí jako distraktor, a který by mohl zpomalovat či potlačovat primární reakci jedince. Také se může jednat o potlačení vnitřních stimulů, které by mohly rušit aktuální procesy probíhající v pracovní paměti. Tento jev byl pojmenovaný jako **Stroopův efekt** právě po J.D. Stroopovi, který se na studium interference zaměřoval. Stejně tak je po něm pojmenován nástroj, který se k měření kontroly interference využívá, a to **Stroopův test**. V rámci něj jsou **prezentovány 2 interferující (konfliktní) informace** a respondent má instrukci **zareagovat pouze na jednu** z nich. Ve Stroopově testu se jedná o inkongruenci významu slova a barvy, kterou je dané slovo napsáno, přičemž se má respondent zaměřit například pouze na barvu písma (MacLeod, 1991; MacLeod & MacDonald, 2000).

V principu jde tedy o **konfliktní situaci**, kdy výslednou reakci jedince určuje výsledek **soupeření dvou procesů**, a to pro člověka zautomatizovaný, přirozenější a nežádoucí proces čtení významu konkrétního slova a na druhé straně proces žádoucí, a to pojmenování konkrétní barvy, které vyžaduje zapojení většího volního úsilí (Cattell, 1886; MacLeod, 1991; MacLeod & MacDonald, 2000). V návaznosti na tyto zjištění bylo provedeno několik výzkumů, v rámci kterých bylo pracováno s mnoha variantami a interference byla zkoumána pomocí několika alternativ Stroopova testu. Například Klein (1964) zjistil, že interference se projevuje také u pojmů, které si lidé obecně **asociují s konkrétní barvou** (např. „moře“), ale objevuje se i naprosto **bezesmyslných výrazů** (např. „fdvv“), ačkoliv v menší míře.

Na měření interferenční kontroly jsou zaměřené i další typy testových metod. Jedná se například tzv. **Flanker task** neboli Flankerův úkol, jehož podstatou je, aby respondent stiskl tlačítko šipky v určitém předem domluveném směru, a to bez ohledu umístění a směru šipky, která se ukáže například na monitoru počítače. Umístění a směr zobrazovaného stimulu (šipky), tak může být shodné či neshodné se směrem klávesy, kterou proband mačká. Na podobném principu je založen tzv. **Simon task** neboli Simonův úkol, kdy má proband za úkol též reagovat stisknutím tlačítek dle předem domluveného klíče. Prezentované stimuly jsou s danou reakcí probanda buď ve shodě nebo v nesouladu (Van Velzen, Vriend, de Wit & van den Heuvel, 2014).

1.5. Faktory na straně jedince

V následující podkapitole se budeme věnovat důležitým proměnným, které mohou u jedince více či méně ovlivňovat úroveň inhibiční kontroly. Budeme se tedy věnovat základním faktorům, o kterých autoři výzkumů mluví jako o možných proměnných ovlivňující schopnost inhibice. Začneme s proměnnou věk a souvisejícími teoriemi, dále se pak zaměříme na lateralitu, chronotyp, bilingvismus a další faktory.

1.5.1 Věk

Přirozený pokles výkonnosti v testech inhibiční kontroly vlivem věku lze vysvětlit na podkladě neurologických změn. Dosavadní výzkumy poukazují zejména na efekt spojení s **prodloužením reakčního času** vlivem přibývajícího věku (Hasher & Zacks, 1988; Maillet, Yu, Hasher & Grady, 2020; May & Hasher, 1998). Výzkumy všeobecně spojují inhibici s neurálními sítěmi silně lateralizovanými v **pravé hemisféře** především v oblasti prefrontální kůry a parietální oblasti (např. Cabeza, 2002; Cabeza et al., 1997; Garavan, Ross & Stein, 1999). Cabeza (2002) v rámci svého zkoumání a analýz již proběhlých výzkumů, dospěl k závěrům, které jsou v souladu s **modelem HAROLD** ('Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults'), který předpokládá, že v pokročilém věku dochází k **redukci hemisférické asymetrie**. Podle výsledků zkoumání dochází u starších jedinců při probíhajících inhibičních úkolech k vyvolání aktivity jednak v pravé, ale i v levé prefrontální kůře. Stejných výsledků dosáhli Cabeza a kol. (1997), kteří zjistili, že ve srovnání s mladými dospělými vykazovala skupina starších **oboustranně vyrovnanější vzorec aktivity prefrontální kůry**. Výsledky tedy naznačují, že prefrontální aktivita během kognitivního výkonu má být méně lateralizovaná u

starších osob než u mladých dospělých. Kromě inhibiční kontroly ukazovaly výsledky na podobné fungování například u domén paměti, vnímání či vyhledávání.

Tato reorganizace neurokognitivních sítí a nervové změny vedoucí k méně lateralizované hemisférické aktivitě u starších jedinců může být vysvětlována jako určitý **kompensační proces**, prostřednictvím něhož má dosaženo co nejlepší výkonnosti (Cabeza, 2002; Cabeza et al., 1997). Z jiného úhlu pohledu se na problematiku podívali Zacks, Hasher a Li (2000), kteří připisují všeobecný kognitivní deficit související s věkem právě **poklesu inhibiční kontroly** způsobeného prodloužením reakčního času, což podle nich vede k narušení operací pracovní paměti a dále tedy kódování, vyhledávání epizodických informací a podobně.

1.5.2 Lateralita

Výzkumné soubory studií zpočátku poměrně dlouho tvořili jen skupiny „praváků“. Potíží je, že „leváci“ se od „praváků“ liší v mnoha aspektech lateralizovaného zpracování jako například v poznání vlastní těla (Morita, Asada & Naito, 2020) nebo jazykové a prostorové zpracování (data ukazují, že „praváci“ těžší více z levé hemisféry pro jazykové zpracování a z pravé hemisféry pro prostorové zpracování, než leváci) (O'Regan & Serrien, 2018). Do výzkumu Schrammenové a kolektivu (2020) byla zahrnuta skupina „praváků“ i skupina „leváků“. Všichni participanti podstoupili Go/Nogo úkol s pozitivními a negativními výrazy emocí jako stimuly, během něhož byl pořizován záznam ERP. Výsledky podporují **závislost inhibičních procesů na lateralizaci mozkových procesů**. Dle očekávání u „praváků“ se objevovala výraznější amplituda vlny N170 v rámci pravé hemisféry a lepší inhibiční výkony, pokud byly tváře promítány do pravé hemisféry, zatímco u „leváků“ naopak záznam ukázal výraznější vlnu N170 v oblasti levé hemisféry. Zajímavým zjištěním bylo, že diferenciální lateralizace prvotního zpracování obličeje v pravé hemisféře ovlivnila inhibiční výkon jedinců a to tak, že u „praváků“ docházelo k méně častým chybám typu ‘commissions’. U „leváků“ nebyl podobný efekt zaznamenán. Autoři uvádějí jako možné vysvětlení fakt, že „leváci“ často vykazují méně výraznou dominanci jedné ruky ve srovnání s praváky.

Wrightová, Hardie a Wilsonová (2009) ve svém výzkumu vyjádřili předpoklad, že „leváci“ budou vykazovat vyšší skóre v BIS škále (Carverův a Whiteův sebesuzovací dotazník BIS/BAS) než praváci a naopak „praváci“ budou vykazovat vyšší skóre ve škále BAS. Svůj předpoklad postavili na tvrzení, že BIS systém je spojen převážně s pravou hemisférou, která se týká behaviorální inhibice, zatímco levá hemisféra je spojena s aktivačním systémem BAS. Participanti kromě výše zmíněného dotazníku vyplňovali také Petersonův dotazník laterality.

Výsledky ukázaly **signifikantní vliv laterality a pohlaví** na výsledek ve škále BIS, přičemž „leváci“ a ženy obecně vykazovali významně vyšší skór. Tuto studii replikovali Beaton, Kaack a Corr (2015) a ve vztahu laterality a škály BIS docílili stejných výsledků.

1.5.3 Chronotyp

Během let zkoumání výkonových kognitivních funkcí dochází autoři k závěrům, že momentální výkon v úkolech vyžadujících inhibici odpovědi se mimo jiné váže na **individuální cirkadiální rytmus** daného jedince. Výkon je v těchto úkolech optimální, pokud se čas testování shoduje s časem, kdy je jedinec nejvíce výkonný v rámci svého cirkadiálního rytmu. Tento fenomén je známý jako **synchronní efekt** a ve svém šetření se na něj zaměřily například Mayová a Hasherová (1998). Dotyčné zjistily, že inhibice se v průběhu dne liší mezi mladými dospělými a osobami ve stáří, přičemž skupina mladších vykazovala nejlepší výkony ve večerních hodinách, zatímco skupina starších v hodinách ranních. V některých případech dokonce při testování v ranních hodinách docházelo k vymizení signifikantních rozdílů určených věkem. Důležitým bodem výzkumu bylo zjištění, že zatímco u skupiny starších se výkonnost po celý den postupně zhoršovala, u mladých docházelo k postupnému nárůstu. Autorky uvádí, že by se na neurální úrovni mohlo jednat o změny ve frontálním laloku, jelikož jednoduché a dobře naučené úkoly (např. pojmenování barev) zůstávají denní dobou a cirkadiálním rytmem jedince do značné míry neovlivněny (May & Hasher, 1998).

Na podobné téma se zaměřila Hahnová s kolektivem (2012), kdy zkoumali vliv cirkadiálních rytmů osob na výkonné funkce během dospívání. Součástí testové baterie byl Go/Nogo úkol a Iowský herní test. Autoři mimo **chronotypu** participantů (ranní typ X večerní typ) zahrnuli do výpočtů také proměnou „**množství spánku**“ jeden den před samotným měřením. Došli k závěrům, že pokud byli adolescenti testováni v upřednostňované denní době (ranní typy ráno X večerní typy večer), vedli si obecně lépe než jedinci, kteří vykazovali opačný chronotyp.

Někteří autoři zahrnuli do svých designů i proměnnou **spánková deprivace** případně **narušení cirkadiálního rytmu**. Jedním z nich byl McGowan s kolektivem (2020), kteří se pokusili zjistit, zda jsou chronotyp a každodenní cirkadiální narušení projevující se podobně jako pásmová nemoc (jetlag) spojeny podávaným neurokognitivním výkonem. Analýza výsledků Testu kontinuálního výkonu (‘Continuous Performance Task’, CPT) ukázala výrazně rychlejší a méně variabilnější reakční časy a výrazně více chyb typu ‘commission’ u jedinců vykazující vyšší cirkadiální narušení a projevy pásmové nemoci. Songová a kol. (2019) v

podobně zaměřeném výzkumu manipulovali i s proměnnou spánkové deprivace. Zjistili, že jedinci po 24hodinové spánkové deprivaci vykazují prodloužené reakční časy na Go stimuly, větší potíže s pozorností a uváděli vyšší subjektivní ospalost a horší náladu. Signifikantně se však v porovnání se stavem „bez spánkové deprivace“ nezměnila přesnost zásahů Go stimulů ani rychlost zastavení reakce u Nogo stimulů. Vzhledem k proměnné spánková deprivace probíhalo testování v 8 hodin ráno a bez ohledu na tuto proměnnou jedinci večerního typu vykazovali ve srovnání s ranními typy nižší rychlost zastavení reakce, vyšší subjektivní ospalost, vyčerpání a obtížnost samotného úkolu. Funkční magnetická rezonance navíc na nervové úrovni ukázala, že spánková deprivace vedla u ranních typů ke snížené aktivitě pravého dolního postranního frontálního závitu, zatímco u skupiny večerního typu se jeho aktivace zvýšila. Jedna z hypotéz vysvětlující tento nálezn říká, že se jedná o **kompenzační reakci mozku** na negativní vliv spánkové deprivace (Songová, et al., 2019).

Podobných neurálních zjištění dosáhla Songová a kol. (2018) již o rok dříve, kdy zkoumali **vliv chronotypu a denní doby** na inhibiči odpovědi během dne (8:00 – 11:00 hodin) i večera (19:00 – 23:00 hodin). Zjistili, že aktivita v mediálním frontálním závitu cingulární kůry a thalamu během dne významně poklesla u skupiny s chronotypem ranního typu. U skupiny participantů večerního typu zůstávala stejná, případně se zvýšila.

Provedené výzkumy tedy zatím naznačují důležitost zohledňovat cirkadiální rytmus osob a dobu testování, jelikož aktuální kortikální aktivace jedince pravděpodobně úzce souvisí s exekutivními funkcemi.

1.5.4 Bilingvismus

Výsledky výzkumů dále ukazují i na možný vliv **bilingvismu neboli dvojjazyčnosti** na určité kognitivní funkce. Salvatierová a Rosselliová (2010) zkoumaly, zda může mít bilingvismus (konkrétně v tomto výzkumu anglicky a španělsky mluvící výzkumný soubor) vliv na inhibiční kontrolu v Simonově úkolu. Studie zahrnovala 2 typy úkolu jednoduchý (2 barvy stimulů) a komplexní (4 barvy stimulů). Výsledky ukazují zvýhodnění bilingvistických participantů u jednoduché verze Simonova úkolu. Dle šetření se zdá, že bilingvismus zvyšuje schopnost selektivní pozornosti při malé zátěži pracovní paměti.

Jiné výstupy vykazují poněkud **rozporuplnější závěry**. Souhrn takovýchto studií provedly Bialystoková, Martinová a Viswanathanová (2005) a jejich výstupy ukazují, že bilingvističtí participanté si v testech zaměřených na inhibiční kontrolu vedli lépe především v dětství a dále ve střední a pozdní dospělosti. Naopak rozdíly mezi participanty nebyly

nalezeny v období mladé dospělosti, konkrétně v populaci vysokoškoláků ve srovnání s participanty s nižším stupněm vzdělání. Co se týče inhibiční kontroly, skupina vysokoškoláků vykazovala vůbec nejvyšší výkonnost a dvojjazyčnost neměla efekt na výkon.

1.5.5 Další nalezené souvislosti

Existuje široká škála dalších aspektů, které dle výstupů výzkumných šetření vykazují přímé či nepřímé vazby a souvislosti s inhibiční kontrolou a dalšími kognitivními funkcemi. Zajímavý a poměrně rozsáhlý výzkum provedli Anzman-Frasca, Francis a Birch (2015), kteří do své longitudinální studie zahrnuli 192 dívek, které byly součástí výzkumu od 7 do 15 let jejich věku. Při prvním měření (7 let) rodiče dívek vyplnili 13položkový dotazník zaměřený na **inhibiční kontrolu svých dětí** (Child Behavioral Questionnaire), jehož součástí jsou konkrétní příklady chování. Jako měřítko validity odpovědí byl použit výpočet Cronbachovy α . Před započítáním výzkumu rodiče také sdělovali vlastní **dosazené vzdělání a roční příjem rodiny**. Dále byly u dívek zjišťovány další údaje, a to vždy ve věku 7, 9, 11, 13 a 15 let. Údaje zahrnovaly **školní výsledky, inteligenční kvocient** (měřen ve 13 a 15 letech věku dívek) **tělesné vlastnosti** (hmotnost, procento tělesného tuku, obvod pasu) a **psychosociální aspekty**. V rámci měření psychosociálních aspektů byl použit dotazník depresivity a dotazník vlastní vnímané kompetentnosti. Výsledky tohoto poměrně obsáhlého modelu dlouhodobého šetření ukazují, že seberegulace může být silný prediktor dalšího adaptivního vývoje. Ukázalo se tedy, že dobrý výsledek inhibiční kontroly v dětství je spojen s dobrými kognitivními výsledky a psychosociální i tělesnou pohodou během vývoje. Tento výzkum potvrzuje důležitost zkoumání a rozvíjení inhibice a seberegulačních mechanismů již od dětství.

2 PSYCHOPATOLOGIE A NARUŠENÍ INHIBIČNÍ KONTROLY

Vzhledem k tomu, že je tato práce zaměřena na vývoj a validizaci Go/Nogo hry, která má být primárně určena k tréninku osob s psychiatrickou či neurologickou diagnózou zasahující schopnost inhibice, věnujeme následující text vybraným klinickým diagnózám, u kterých byla demonstrována narušená inhibiční kontrola.

2.1. Psychiatrická a neurologická onemocnění

Tuto podkapitolu rozčleníme především kvůli přehlednosti na několik menších úseků, kdy každý bude věnován určitému typu či spektru poruch a čtenář bude ve stručnosti seznámen s problematikou inhibiční kontroly u jednotlivých diagnóz.

2.1.1 ADHD

Syndrom ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder neboli porucha pozornosti spojená s hyperaktivitou) bývá spojován především s chybami typu ‘**commission**‘ (falešné poplachy), tedy s typem chyby, kdy jedinec spustí a provede reakci na stimul, kde reakce byla nežádoucí. Jak bylo řečeno v kapitole 1, jedná se o chyby, které jsou spojovány s **impulzivitou**. Druhý typ chyby ‘**omission**‘ (chyby z opomenutí) bývá naopak spojován s deficitem pozornosti jedince. Problematikou ADHD se v souvislosti s procesem inhibiční kontroly zabýval již jmenovaný Barkley (1997, in Berlin, 2003). Ten svůj pohled na problematiku inhibice založil právě na pozorování jedinců se syndromem ADHD a zastává názor, že **primárně deficit v inhibiční kontrole** u těchto osob je nepřímou příčinou narušení dalších kognitivních i motorických funkcí jako například verbální i neverbální krátkodobé paměti, seberegulace, motorické kontroly.

Inhibiční kontrole v souvislosti s ADHD se z kognitivního hlediska věnoval Sergeant (2005), který v rámci svého zkoumání zavedl termín **kognitivně-energetický model (CEM)** na základě, kterého došel k závěru, že k vysvětlení podstaty inhibičního deficitu u osob s ADHD je potřeba zaměřit se na dysfunkci tzv. energetických rezerv, ve kterých autor spatřuje možné dílčí vysvětlení inhibičního deficitu. Energetickými rezervami myslí úsilí (možnosti - „Mám na to úkol splnit? a motivace – Chci?“), nabuzení (čas zpracování stimulu – „Jak je

výrazný? Je nový, důležitý?“) a aktivaci (připravenost k fyziologické reakci – „Zmáčknou tlačítko?“).

Výzkumníci aplikují v rámci zkoumání spojitosti ADHD a schopnosti inhibovat reakci pestrá škála výzkumných designů, testů a přístupů. Například Roberts, Milich a Fillmore (2016) zkoumali výkony 88 dospělých jedinců s ADHD a porovnávali je s kontrolní skupinou bez této i jiné psychiatrické nebo neurologické diagnózy. Pro svá měření využili Go/Nogo test, avšak naprogramovali do něj i **tzv. pre-response cues** neboli signály, které mají poskytnout respondentovi prediktivní informaci o nadcházejícím podnětu. Jinými slovy, pokud se objevil před samotnou prezentací cílového Go/Nogo stimulu obdélník ve vertikální poloze, z 80 % se následně objevil Go stimul (zelený podnět) a z 20 % Nogo stimul (modrý podnět). Pokud se objevil obdélník v horizontální poloze, situace byla opačná (80% pravděpodobnost Nogo stimulu a 20% pravděpodobnost Go stimulu). Validní signály měly tedy usnadňovat správné provedení/neprovedení reakce na cílový podnět, zatímco nevalidní signály měly vyvolávat či odepírat prepotentní tendenci reagovat, která musela být v momentě objevení cílové stimulu zablokována či spuštěna. Výsledky ukázaly, že jedinci s ADHD vykazovali **více inhibičních selhání a reagovali pomaleji** než kontrolní skupina, avšak tyto rozdíly byly nalezeny pouze u případů s validním signálem, zatímco v případech, kdy byl prezentován neplatný indikátor, nebyl tento mezi skupinový rozdíl zaznamenán. Tyto výstupy naznačují, že dospělí se syndromem ADHD mohou být **méně schopni využívat prediktivní informace** z okolního prostředí, které by mohly sloužit k usnadnění kontroly inhibice a jednání.

Na děti s ADHD ve věku 7-16 let se ve svém výzkumu zaměřili také Schachar a kol. (2004), kteří porovnávali výsledky Stop signál testu mezi vzorkem 151 jedinců s ADHD s kontrolní skupinou dětí bez této diagnózy. Výsledky ukázaly, že experimentální skupina vykazovala celkové prodloužení reakce ve snaze čekat na stop signál. Zároveň se v porovnání s kontrolní skupinou neobjevilo u dětí s ADHD výrazné zpomalení reakčního času na Go podnět po neúspěšném pokusu zastavit reakci v přecházejících pokusech.

V posledních letech se autoři výzkumů zaměřují spíše na neurologické koreláty syndromu. Poměrně nová studie Fernandez-Ruize a kol. (2019) testovala **hypoaktivační hypotézu**, která předpokládá u jedinců s ADHD **prefrontální hypoaktivaci ve fronto-striatální síti** jako možnou neurologickou příčinu deficitu inhibiční kontroly u tohoto syndromu (Morein-Zamir et al., 2014). Skupině dětí s ADHD byl předložen Antisakádový úkol (viz kapitola 1) během něhož byly u participantů skrze fMRI pozorovány mozkové neurologické procesy a změny. Kromě toho že skupina s ADHD vykazovala oproti kontrolní

skupině delší reakční časy a více chyb v antisakádovém směru (tedy ve směru opačném, než se na monitory objevil nový podnět), fMRI u dětí s ADHD oproti kontrolní skupině ukázala v přípravné fázi významnou **hyperaktivaci dorsolaterální prefrontální mozkové kůry**, což může ukazovat právě na sníženou schopnost potlačování impulzů k jednání.

Willcutt a kolektiv (2005) provedli metanalýzu celkem 83 studií zaměřených na výzkum exekutivních funkcí u jedinců s ADHD. Analyzovali tak data celkového počtu 3 734 osob s ADHD a 2 969 osob ze zdravých kontrolních skupin. Účelem metanalýzy bylo ověření platnosti hypotézy, zda se dle výsledků studií u osob s ADHD skutečně vyskytuje centrální deficit v exekutivních funkcích. Autoři našli u skupin jedinců s ADHD významné zhoršení v úkolech zaměřených na exekutivní funkce, přičemž největší konzistence a nejsilnější efekt byl zaznamenán v úkolech zaměřených na inhibici odpovědi, vigilanci, pracovní paměť a plánování. V rámci zkoumání inhibice odpovědi se u skupin probandů s ADHD jednalo o výrazný deficit v reakční době na stop signál odrážející rychlost inhibičního procesu. Ke stejným závěrům v souvislosti s inhibiční kontrolou dospěli v rámci své metanalýzy i Lipszyc a Schachar (2010).

2.1.2 Obsedantně kompulzivní porucha (OCD)

Jak již bylo naznačeno u podkapitoly poruch příjmu potravy, obsedantně kompulzivní rysy jsou jedním z bodů, který ve vztahu k inhibiční kontrole není zcela jasně prozkoumán, a výsledky jsou nekonzistentní. V roce 2017 Sánchezová-Kuhnová s kolektivem provedli výzkum, kdy na základě mediánu chyb typu ‘commission‘ v Go/Nogo testu rozdělili skupinu 63 dospělých bez diagnózy do 2 skupin. Ukázalo se, že účastníci s **vysokým počtem chyb typu ‘commission‘** vykazovali v **dotazníku MOCI** (Maudsley Obsessional Compulsive Questionnaire) **vyšší skóre** v celkové škále a ve škále Checking (kontrola). V rámci Go/Nogo úkolu se ukázalo, že tato skupina osob zvolila vysoce rizikovou strategii reakce, a to rozhodnutí reagovat a udržet si Go odpověď i za cenu rizika reakce na Nogo stimul. Druhá skupina takového chování nevykazovala, a naopak volila konzervativnější strategii reagování.

Jiní autoři se zaměřovali již na obsedantně kompulzivní poruchu jako diagnostickou jednotku. Lei a kolektiv (2017) porovnávali ve svém šetření celkem 3 skupiny osob, a to skupinu jedinců s **OCD v komorbiditě s anankastickou poruchou osobnosti**, skupinu osob s OCD bez komorbiditě a zdravou kontrolní skupinu. Z výsledků vyplývá zjištění, že ačkoliv skupina s komorbidní anankastickou poruchou vykazovala vyšší skóre deprese a úzkosti a celkově závažnější OCD než skupina s OCD bez poruchy osobnosti, tak v inhibiční kontrole

nebyl mezi těmito dvěma skupinami nalezen žádný rozdíl. Obě klinické skupiny však **reagovaly pomaleji** na cílové podněty ve Stop signal testu, než skupina kontrolní.

Ghisi a kolektiv (2013) ve svém výzkumném šetření porovnávali skupinu 22 participantů s OCD a 22 participantů ve zdravé kontrolní skupině. Skupiny byly vyvážené na základě kritéria věku, pohlaví a vzdělání. Každý proband podstoupil počítačovou verzi Go/Nogo testu, kdy se na obrazovce objevovaly 2 typy podnětů, a to zelený kruh jako Go podnět a červený kruh jako Nogo podnět. Výsledky ukázaly na signifikantně více chyb typu ‘commission‘ u skupiny jedinců s OCD v porovnání se zdravou kontrolou. V reakčním čase a počtu chyb typu ‘omission‘ nebyly nalezeny významné rozdíly mezi skupinami.

Problematice osob s OCD ve vztahu k inhibici se v českých podmínkách věnovala v rámci své diplomové práce Francová (2017), která předpokládala existenci vztahu mezi závažností příznaků poruchy a narušením výkonu v testech behaviorální inhibice. Tento vztah se nepodařilo potvrdit, avšak výsledky ukázaly rozdíly v počtu opomenutých reakcí (chyb typu ‘omission‘) mezi osobami s různými symptomy OCD.

Metanalýzu celkem 88 studií zaměřených na hodnocení kognitivních funkcí u pacientů s OCD provedli Shin, Lee, Kim a Kwon (2014). Došli k závěru, že schopnost inhibice je jednou z narušených oblastí u osob s diagnózou OCD. Autoři však zdůrazňují, že mnohem výraznější bývá poškození jiných oblastí kognice, a to především vizuální prostorové paměti. Výzkumníci uvádějí, že deficit v exekutivních funkcích nebyl nikterak velký, ale upozorňují, že tento výsledek mohl být zapříčiněn mnoha faktory (např. vysokou rozmanitostí analyzovaných výzkumů, včetně použití různorodých testových paradigmat). Autoři také upozorňují na velmi nekonzistentní výsledky jednotlivých výzkumných šetření a výsledky ukazující na pouze mírné narušení schopnosti inhibice odpovědi pokládají u pacientů s OCD za pozoruhodné.

2.1.3 Tourettův syndrom

Deficientní inhibiční kontrola je jedním se stěžejních bodů výzkumů a pozorování i u jedinců s neuropsychiatrickou poruchou vyznačující se komplexními motorickými a fonetickými tiky, a to Tourettovým syndromem (TS). Morand – Beaulieu a kolektiv (2017) provedli metaanalýzu 61 studií porovávajících schopnost inhibiční kontroly u skupin pacientů s Tourettovým syndromem se zdravými kontrolními skupinami. Celkem pracovali s daty od 1 717 jedinců s TS a 1 399 jedinců ze zdravých kontrolních skupin. Předmětem všech těchto

studií bylo předložení neuropsychiatrického úkolu probandům vyžadujícího zapojení inhibice motorické či verbální odpovědi. Tyto studie zahrnovali různé úkoly napříč paradigmaty (Go/Nogo testy, Stop signál testy, Test kontinuálního výkonu, Test dokončení vět, Stroopův test, Flankerův test, Simonův test, ...). Dále pak hodnotili výskyt chyby typu 'commission' u Go/Nogo testů a Testu kontinuálního výkonu CPT (Continuous Performance Task). V Testu dokončení vět byla hodnotícím měřítkem také latence. Výsledky odhalily významný efekt nárůstu deficitu v inhibiční kontrole u skupin s TS ve srovnání ze zdravými kontrolními skupinami. Výzkumníci také došli k závěru, že je míra inhibičního deficitu pozitivně koreluje s mírou závažnosti tiků zaznamenanou na škále YGTSS (Yale Global Tic Severity Scale, Yalská globální škála závažnosti tiků). Další závěry metanalýzy poukazují u pacientů s TS na narušení především v testech zaměřených na verbální inhibici odpovědi (např. dokončování vět, Stroopův test), a to více než v testech vyžadujících více motorickou inhibici reakce. V rámci této metaanalýzy provedli autoři i analýzu výsledků studií, u kterých tvořili výzkumný soubor jedinci s komorbidní diagnózou ADHD. Bylo zjištěno, že pacienti s diagnózou TS a zároveň komorbidním výskytem ADHD inhibují odpověď významně hůře, než pacienti s TS bez komorbidit (Morand – Beaulieu et al., 2017).

2.1.4 Neurodegenerativní onemocnění

Je obecně známo, že u neurodegenerativních onemocnění často probíhá postupný proces narušení nejen kognitivního profilu, ale například i motoriky. Kognitivní profil u těchto onemocnění u každého jedince určuje široká škála proměnných (Rektorová, 2004; 2005). V této podkapitole se zaměříme především na 2 z těchto neurodegenerativních onemocnění, a to **fronto-temporální demenci** (dále jen FTD) a **Parkinsonovu nemoc**.

Revizi výzkumů inhibiční kontroly u pacientů s FTD provedli O'Callaghanová, Hodges a Hornberger (2013) a upozorňují na nekonzistentní výsledky. Ve svém článku upozorňují v souvislosti se 3 základní podtypy FTD, a to progresivní nonfluentní afázií (narušení artikulace řeči, zadržávání, porozumění zachováno), sémantickou demenci (zhoršené porozumění významu slov a globální ztráta pojmových znalostí) a behaviorální formu FTD (poruchy chování, desinhibice, apatie, emoční otupění, roztržitost, emoční a verbální projevy) na fakt, že z anatomického hlediska jsou klinické rozdíly u pacientů z velké části určeny především konkrétním rozsahem a lokalizací mozkové patologie u daného jedince. Dále upozorňují na fakt, že ve výzkumech bývají používány různorodé metody a testy, jmenují například častý Test

cesty nebo Londýnskou věž. Ačkoliv u jedinců s FTD dochází k rozsáhlému poškození ve frontální kůře, velmi často v testech vykazují v raných či středních stádiích onemocnění standardní výkony. Autoři vidí jako jedno z možných vysvětlení to, že používané testy na exekutivu, pracovní paměť či plánování můžou spíše než orbitální oblasti mozku, zapojovat oblasti dorsolaterální, které nemusí být v počátečních stádiích onemocnění více zasaženy. Naopak oblast orbitofrontální, která je klíčovou oblastí pro schopnost inhibice odpovědi, bývá zasažena v časných stádiích onemocnění FTD a je tedy nutné se na ni v rámci včasné efektivní diagnostiky zaměřit. Jedny z hlavních příznaků onemocnění jsou **známky desinhibice**, potíže s přizpůsobením svých akcí a reakcí změnám v prostředí, s potlačením impulzů či odložením okamžitého uspokojení. Tyto symptomy dále vedou k potížím s regulací sociálního a emočního chování. Autoři v závěru upozorňují na důležitost zaměřit se v rámci diagnostiky při podezření na onemocnění FTD co nejdříve na hodnocení právě **schopnosti inhibiční kontroly** (O'Callaghanová at al., 2013; Pidrman, 2007)

Další onemocnění, které bychom zde mohli jmenovat, by byla **Parkinsonova choroba**, u které dochází k významnému narušení exekutivních funkcí. Čapușan, Cosman a Rusu (2011) uvádějí narušení exekutivní funkcí jako jeden z dominantních příznaků Parkinsonovy nemoci, kdy je u pacientů zjevný výrazný deficit v regulaci na cíl zaměřeného chování. Dále se u jedinců s Parkinsonovou nemocí projevují deficity v soustředění, selektivní pozornosti, ale i v kontrole impulzů (např. projevy zlosti) (Bonnet & Hergueta, 2012). Výrazný deficit inhibiční kontroly u tohoto onemocnění ukazují i výsledky výzkumu Palermové a kolektivu (2016), kteří se během administrace Go/Nogo testu a za využití funkční magnetické rezonance (fMRI) zaměřili na přední cingulární mozkovou kůru, která se na inhibiční kontrole významně podílí. U pacientů s Parkinsonovou chorobou upozornili na chybějící aktivitu právě v přední cingulární mozkové kůře.

2.1.5 Poruchy příjmu potravy

V rámci studia vztahů mezi poruchami příjmu potravy (dále jen PPP) a inhibiční kontrolou vládnou mezi výzkumnými nálezy značně rozdílné názory a interpretace. Claesová a kol. (2006) vycházeli z postulátu, že PPP tvoří jakési spektrum, na jehož jednom pólu se nacházejí **obsedantně kompulzivní rysy** (dle předpokladu výzkumníků restriktivní mentální anorexie) a druhém pólu **rysy impulzivní** (dle předpokladu purgativní mentální anorexie a mentální bulimie). Autoři porovnávali 3 skupiny pacientek s PPP - restriktivní MA (n = 20), purgativní MA (n = 14), mentální bulimie (n = 22) a kontrolní skupinu (n=83). Ačkoliv

v rámci Eysenckovy škály impulzivity se mentální anorektičky restriktivního typu považovaly za významně méně impulzivní než všechny ostatní skupiny, tak v behaviorálním testu inhibiční kontroly nebyly mezi skupinami nalezené **žádné významné rozdíly**. Jako jedno z možných vysvětlení, uvádějí autoři hladovění, které by mohlo u restriktivních anorektiček způsobovat nižší výkon v behaviorálním testu inhibiční kontroly. Dalším vysvětlením může být dle autorky této práce malý rozsah výzkumného souboru a početní nevyváženost jednotlivých skupin. Nebyly nalezené ani žádné korelace mezi mírou impulzivity v sebesuzovací škále a výsledky v inhibičním testu. Výzkumníci v reakci na tato zjištění reagují hypotézou, že nesourodé výsledky mohou být potenciálně vysvětleny **obecně zkresleným vnímáním sebe sama**, které je pro poruchy tohoto spektra zásadní.

K jiným závěrům dospěli Butler a Montgomery (2005), jejichž výsledky ukazují na vysokou **složitost reálného vztahu mezi impulzivitou a poruchami příjmu potravy** (v jejich výzkumu konkrétně mentální anorexii). V jejich šetření dochází k rozporuplným výsledkům, kdy participantky s mentální anorexií vykazovaly v sebesuzovacím dotazníku impulzivity ve srovnání s kontrolní skupinou významně nižší skóre, zatímco v behaviorální testu CPT (Continuous Performance Task) se dopouštěly **významně více chyb typu ‘commission’** a vykazovaly **rychlejší reakční časy**, což naopak nasvědčuje vyšší impulzivitě, než uváděly v sebesuzovacím dotazníku.

Komplikovaný vztah mezi kontrolou inhibice a PPP může být vysvětlován i přes jiné rysy, než je impulzivita, a to například skrze **nesnášenlivost nejistoty a perfekcionismus** u osob s mentální anorexií (Batholdy, Campbell, Schmidt & O’Daly, 2016; Batholdy et al., 2017). Autory vedly k této hypotéze výsledky jejich šetření, kdy zjistili u mentálních anorektiček ve srovnání se skupinou žen se záchvatovitým přejídáním či mentální bulimií v inhibičních testech **zvýšenou proaktivní inhibici** (příprava či zahájení reakce). Zároveň ženy s mentální anorexií vykazovaly v Carvenově a Whiteově BIS/BAS **stupnici vyšší inhibici**, než ostatní skupiny včetně kontrolní (Batholdy et al., 2017).

Zajímavý a poslední pohled na problematiku, který zde uvedeme je od Wollenhauptové a kolektivu (2019). Výzkumný tým se také zaměřil na inhibiční kontrolu u žen s PPP, avšak v rámci testování sestavil úkol, jehož součástí byly pro poruchy relevantní podněty, to znamená jídlo. V jejich testu byly v první části šetření **obrázky jídla** nejprve Go stimul a neutrální obrázky Nogo stimul. Poté se podněty vyměnily. Výzkum se lišil také tím, že se v něm pracovalo s možným **vlivem hormonální sekrece**. Všem účastníkům v experimentální i kontrolní skupině byl proveden OGTT (orální test glukózové tolerance) a bylo zjištěno, že

leptinové reakce na OGTT mohou být spojeny s výkonností v Go/Nogo úkolu u podnětů spojených s jídlem (počet chyb ‘commission‘ v reakci na podněty – jídlo). Výsledky tedy naznačují souvislost mezi koncentrací leptinu a výkonností v inhibiční kontrole.

2.1.6 Afektivní poruchy

V souvislosti s poruchami nálad bývají ve spojitosti s inhibiční kontrolou často skloňovány termíny **bipolární porucha, mánie a deprese**. Murphy a kolektiv (1999) porovnávali pomocí testů inhibiční kontroly 3 skupiny participantů, a to jedinců s mánií, s depresí a kontrolní skupinu jedinců bez diagnózy. Vzhledem k tomu, že cílovou skupinou byli lidé s afektivními poruchami, autoři v rámci svého výzkumu do testů zařadili pozitivně a negativně nabitě podněty (v tomto případě se jednalo o slova). Ukázalo se, že jednotlivé skupiny vykazovaly pozornostní a **afektivní předpojatost pro emoční podněty odpovídající současné náladě**, tedy depresivní skupina k negativním podnětům a skupina manická k pozitivním podnětům. Další zjištění ukazují u jedinců s mánií narušenou pozornost a schopnost plánovat, zatímco u jedinců s depresí odkazují výsledky výzkumu na potíže s přesouváním pozornosti (Murphy et al.,1999).

Podobných výsledků dosáhli Goeleven, DeRaedte, Baerte a Koster (2006), jejichž výsledky bádání ukazují na sníženou schopnost inhibice negativních slov u jedinců s depresí. Joormanová s Gotlibem (2010) se též zabývali měřením schopnosti inhibice u osob s depresí a výsledky též nasvědčují potížím s ignorováním a odpoutáním se od negativního materiálu, který byl předem označen jako irelevantní pro konkrétní úkol.

Larson se s kolegy (2005) zaměřil na pacienty s bipolární poruchou, a to **skupinu** manických a skupinu **euthymických osob** (vyrovnaných, s „normální náladou“), jejichž kognitivní výkony porovnávali i s **kontrolní skupinou** bez diagnózy. Ke svému experimentu použili modifikaci Wisconsinského obecného testu (Wisconsin General Test Apparatus) určeného původně k ověřování schopnosti učit se u primátů. Dle autorů výzkumu byl tento typ úkolu použit proto, že je citlivější k měření kognitivních aspektů inhibiční kontroly, než motorických. Úkolem účastníka bylo potlačit reakci, po které dříve následovala odměna (pozitivní upevnění). Mince byla vždy dána pod jeden z objektů (zelený válec nebo červený osmistěn) a probandí měli za úkol říci, pod jakým z nich se mince nachází. Pokud byl pokus úspěšný, mohli si minci nechat. Při prvním pokusu byla mince dána pod oba objekty a v následujícím pokusu již pouze pod ten, který nebyl probandem vybrán v prvním pokusu. Následně byla po každé správné odpovědi mince přemístěna pod objekt, pod kterým

v předcházejícím pokusu nebyla. Dvanáct za sebou jedoucích správných pokusů probanda bylo autory považováno za již naučenou strategii. Následně došlo ke korekci a mince byla vždy položena pod stejný objekt jako v předcházejícím pokusu. Pokud participant objevil minci 10x za sebou správně, opět byla strategie považována za naučenou. Důležitou proměnnou byly pro autory **tzv. perseverativní (trvalé) chyby**. Pokud proband udělal 3 chyby v řadě za sebou, byla již druhá chyba považována za perseverativní a následně pak každá další. Tento typ chyby dle autorů ukazuje na rigidní styl odezvy a potíže s potlačením dříve odměněných reakcí. U obou klinických skupin se projevil **deficit v kontrolních inhibičních procesech**, přičemž u euthymických jedinců byla naměřena významná korelace výkonu v úkolu vyžadujícího inhibiční kontrolu se závažností příznaků deprese. Dále bylo zjištěno, že pacienti nacházející se v manické fázi si výrazně hůře vedli v úkolu zaměřeném na inhibiční kontrolu, než v úkolu měřícím míru vizuální pracovní paměti. Euthymičtí pacienti nevykazovali v úkolu zaměřeném na pracovní paměť zhoršený výkon. Výzkumníci na základě těchto výsledků usuzují, že schopnosti inhibiční kontroly může přetrvávat i během euthymické fáze onemocnění (Larson et al., 2005)

2.1.7 Závislosti

Inhibiční kontrola je tématem zkoumání též u osob s různými typy závislostí. Asi nejčastěji se jedná o výzkumy jedinců s abúzem alkoholu, ale výzkumníci se zaměřují například i na gambling či závislost na sportovním sázení a podobně. Výsledky výzkumného šetření Lawrence a kol. (2009) naznačují především **rozdíly v reakčních časech** (delší reakční časy na Go podněty i na stop signál) mezi skupinou osob závislých na alkoholu a kontrolní skupinou. Zároveň ve svých výsledcích popisují **menší zpomalení následující po neúspěšných pokusech v úkolu**, nedochází u nich tedy k úpravám chování po neúspěchu. Podobného výsledku dosáhli Monterosso a kol. (2005), když zkoumali inhibiční kontrolu u uživatelů stimulantů (metamfetamin). Doba reakce na Go stimuly a zpomalení po chybných úkonech dle výsledků korelují s chronicitou (závažností) závislosti u jednotlivých osob. V rámci toho samého šetření se ve Stop signál testu neobjevil významný rozdíl mezi problémovými hráči automatů (skupina gamblersů) a kontrolní skupinou (Lawrence et al., 2009)

Závěry výzkumů jsou však nejednotné. Czaplóvá s kolegy (2017) se také zaměřila na jedince se závislostí na alkoholu a do šetření zahrnula inhibiční test, kde se objevovaly stimuly spojené s alkoholem. Nenalezla žádný rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou, ačkoliv

novým poznatkem byl fakt, že si obě skupiny vedly hůře, pokud měly inhibovat stimul spojený s alkoholem ve srovnání se stimuly neutrálními.

Co se týče inhibiční kontroly u gamblingu, na toto téma se zaměřila Lorainsová se svým týmem (2014), přičemž z výsledků vyplývá, že oproti kontrolní skupině, vykazovala skupina závislých významně **více Go chyb ve Stop signal testu**. Kromě toho také experimentální skupina vykazovala na sebezposuzovací škále vyšší skóre impulzivity. Jiný důkaz, který by značil vyšší impulzivitu experimentální skupiny v této studii, nalezen nebyl.

2.1.8 Poruchy osobnosti

Dalším tématem je souvislost inhibičních procesů s poruchami osobnosti. V této části stručně zmíníme některé poruchy osobnosti a výstupy z proběhlých šetření zaměřených na kontrolu inhibice.

Vzhledem k tomu, že se většina autorů zahraničních výzkumů řídila manuálem DSM-IV, je potřeba rozlišovat mezi pojmy porucha osobnosti a psychopatie. Veronová, Spragueová a Sadehová (2012) se zaměřily na 2 skupiny jedinců, a to s diagnózou **psychopatie** a s diagnózou **antisociální porucha osobnosti** (disociální porucha osobnosti dle MKN-10), které srovnávaly i s kontrolní skupinou jedinců bez diagnózy. Cílem výzkumu bylo pochopení vztahů mezi emocemi a inhibiční kontrolou a zjištění případných neurofyziologických ukazatelů. Použitý **Go/Nogo úkol byl emocionálně-lingvistický**, tedy obsahoval emočně zbarvených 96 slov (klasické písmo jako Go stimul a kurzíva jako Nogo stimul, obsah slov nebyl pro Go/Nogo reakci důležitý). Konkrétně se jednalo o 32 emočně obecně negativních slov (např. jed, vzteklna), 32 emočně negativních slov souvisejících s pácháním trestných činů (např. vězení, spodina) a 32 emočně neutrálních slov (např. deštník, lampa). Go/Nogo test se skládal z 18 bloků (6 pro každou z 3 kategorií slov). V každém bloku bylo prezentováno 23 Go stimulů (slova psaná normálním písmem) a 9 Nogo podnětů (slova psaná kurzívou). Dle očekávání osoby s diagnózou psychopatie vykazovali **snížené nervové zpracování emocionálního kontextu slov**, bez ohledu na zadání úkolu. Jedinci s antisociální poruchou osobnosti naopak vykazovali **výrazné zpracování emočních slov**, které nebyli schopni inhibovat ani při jasném požadavku zapojení inhibiční kontroly. Výsledky výzkumných šetření dle predikcí tedy naznačují u diagnostikovaných psychopatů **snížené nervové zpracování emočních stimulů**, zatímco u osob s antisociální poruchou osobnosti jde o jakousi **impulzivně-antisociální reaktivitu**, která pravděpodobně velmi úzce souvisí s deficitem kognitivní kontroly v řídicích

nervových centrech (Vaidyanathan, Hall, Patrick, & Bernat, 2011, Verona, Sprague & Sadeh, 2012).

Vzhledem k diagnostickým kritériím by se dal předpokládat deficit inhibice například i u **hraniční poruchy osobnosti**. Tato porucha se vyznačuje obtížemi v emoční regulaci a impulzivitou, což se společně se sníženou schopností zpracovávat chyby odráží a má dopad na kognitivní výkonnost těchto jedinců (Flasbeck, Juckel & Brüne, 2020). Výsledky výzkumů jsou ovšem opět velmi nekonzistentní, některé výzkumy dokládají u jedinců s hraniční poruchou osobnosti **více chyb typu ‘commission‘**, což ukazuje na impulzivitu (Mortensen, 2010). Jiná šetření naopak ukazují na **větší počet chyb ‘omission‘**, tedy na potíže s pozorností (van Zutphen et al., 2020).

2.1.9 Schizofrenie

Mezi další onemocnění, která jsou ve vztahu s inhibiční kontrolou zkoumána, je **schizofrenie**. Plně prouzkoumat veškeré neurologické souvislosti se u této poruchy zatím nepodařilo, každopádně výzkumy zaměřené na inhibici naznačují určité změny na **amplitudách vlny P3 a N2** (např. Araki et al., 2016). V šetření Ettingera a kolektivu (2018) se u skupiny schizofreniků objevily jisté významné odlišnosti od skupiny, kterou tvořili příbuzní jedinců se schizofrenií a od skupiny kontrolní bez diagnózy. Konkrétně se jednalo o **vyšší chybovost** v antisakádovém úkolu (konkrétně v antisakádovém směru, kdy se měl proband podívat přesně opačným směrem, než se pohyboval podnět, zde konkrétně černý kruh na bílém pozadí), **prodlužující se reakční dobu** v Go/Nogo testu a významně **delší dobu odpovědi** ve Stroopově testu. V rámci antisakádového úkolu se výzkumníci zaměřovali konkrétně na proměnu míry chybovosti směru. Tato proměnná byla zaznamenávána pomocí metody tzv. eyetrackingu, kdy je pomocí kamery na brýlích sledován přesný pohyb očí probanda po monitoru. Autoři na základně statistických metod vyloučili vliv proměnné úroveň verbální inteligence. Mezi skupinou příbuzných pacientů a kontrolní skupinou nebyl ve schopnosti inhibiční kontroly nalezen žádný významný rozdíl. Autoři výzkumu však upozorňují na to, že skupina příbuzných prošla před zahájením testování důkladným psychiatrickým screeningem, což mohlo vést k vyloučení výskytu současné psychopatologie, který by jinak mohla určitým směrem ovlivnit schopnost inhibice.

Metaanalýzy zabývající se problematikou kognitivních funkcí u schizofrenie ukazují především na obecné prodloužení reakčního času u osob s touto diagnózou. Delší doba odezvy

se pak ukazuje především v rámci kontroly interference u Stroopova testu, kdy mají pacienti se schizofrenií největší potíže s vnímáním rozporu barvy a významu slov (Schaefer, Giangrande, Weinberger, & Dickinson, 2013; Westerhausen, Kompus, & Hugdahl, 2011).

2.2. Využití úloh zaměřených na inhibiční kontrolu

Jak může vyplývat z přechozí podkapitoly, testy inhibiční kontroly jsou nedílnou součástí neuropsychologických baterií používaných pro účely **psychodiagnostiky** či zjišťování míry narušení schopnosti inhibice reakce v oblasti **klinické kognitivní psychologie** u jednotlivých poruch. Kromě toho mají však testy zaměřené na inhibiční kontrolu mnohem širší využití. Díky četným výzkumům postupně pronikly do mnoha oblastí psychologie a jsou využívány k různorodým účelům.

2.2.1 Dopravní psychologie

Testy inhibiční kontroly mají své využití i v rámci oblasti dopravní psychologie, a to například ve výzkumech, které se pomocí testů a simulátorů v kontrolovaném laboratorním prostředí snaží předvídat jednání v reálném světě a situacích. Van Dyke a Fillmore (2014) zkoumali, zda řidiči, kteří opakovaně řídí pod vlivem alkoholu, vykazují deficity inhibiční kontroly, pokud mají reagovat na stimuly asociující alkohol a do jaké míry alkohol zhoršuje jízdní vlastnosti. Části participantů z kontrolní i experimentální skupiny byl podán alkohol (0,65 g/kg) a druhé části bylo podáno placebo. Následně byl administrován Go/Nogo test s podněty asociující alkohol, sebeposuzovací škála impulzivity a proběhla simulace jízdy v autě. Ačkoliv v sebeposuzovací škále, hlásila experimentální skupina (uživatelé alkoholu za volantem) statisticky vyšší míru impulzivity, nebyly pozorovány žádné významné rozdíly v inhibiční kontrole v porovnání s kontrolní skupinou. Jednoznačným a očekávaným výsledkem však bylo **zhoršení schopnosti inhibovat odpověď** u jedinců, kterým byl podán alkohol (vyšší poměr chyb commission). Dále skupiny, kterým byl podán alkohol, vykazovaly **rychlejší a prudší manévry v řízení** a zvýšenou odchylku vozidla v jízdním pruhu u simulované jízdy.

Feenstra, Ruiter a Kok (2011) zkoumali pomocí simulátoru reakční časy dospělých a adolescentních řidičů. V tomto případě se nejednalo o klasický Go/Nogo test, ale o jeho transformaci, kdy se vycházelo z podobných principů. Bylo zjištěno, že obě skupiny **reagovaly**

rychleji na rizikové situace než na bezpečné, avšak skupina adolescentů skutečně potřebovala **více času k rozhodnutí a provedení odpovědi** než skupina dospělých.

Pestrost výzkumů se zapojením testů inhibiční kontroly je v oblasti dopravní psychologie široká. Výsledky studií například naznačují, že i zdánlivě neemocionální stimuly jako jsou například **barvy semaforu**, mohou ovlivnit složité kognitivní operace jako je inhibiční kontrola, pokud máme pro tyto stimuly určitým způsobem vštípený kontext ze svého okolí. Výsledky ukazují, že **reakční čas na Go stimul byl kratší**, pokud byl stimul **asociován se zelenou barvou semaforu**, zatímco v případě **červeného semaforu se reakční čas prodlužoval** (Hochman, Henik & Kalanthroff, 2018).

2.2.2 Vojenská psychologie

V oblasti vojenské psychologie byla inhibiční kontrola zkoumána především v souvislosti s posttraumatickou stresovou poruchou (PTSD). Monnová, Zhangová a Gewirtzová (2018) se zaměřily na rodiny, v nichž byli otcové vysláni na vojenskou misi. Výsledky ukázaly, že se u otců vykazujících **nižší úroveň inhibiční kontroly**, objevila **vyšší míra symptomů PTSD a negativního rodičovského chování** (pokusy ovládat ostatní, dominance, odmítání či vysmívání se emočním projevům dítěte, ...), a to i u jedinců, kteří byli vystaveni relativně slabé traumatické události. Výzkum naznačuje inhibiční kontrolu jako potenciální moderátorský faktor ve vztahu k symptomům PTSD a rodičovskému chování. Vztah našli také Samuelsonová s kolektivem (2020), kterým se na vzorku 403 armádních vojáků podařilo nalézt souvislost mezi **úrovní dlouhodobé pozornosti a inhibiční kontroly** (měřeno před nasazením) a **závažností příznaků PTSD** (po návratu).

2.2.3 Sportovní psychologie

Kognitivní a exekutivní funkce se zkoumají i v rámci sportovní psychologie například pro účely **predikce sportovního výkonu**. Jak ukázalo několik dosavadních studií, sportovci obecně vykazují **lepší výsledky v testech inhibiční kontroly**, a to v doménách jako **detekce změny podmínek testu, rychlejší inhibice odpovědi** a podobně (Nakamoto & Mori, 2012; Chan et al., 2011). Bylo například zjištěno, že hráči amerického fotbalu, kteří dosahovali v Testu kontinuálního výkonu (CPT) rychlejší reakční časy, vykazovali při vlastní hře **lepší taktické výkony**, jelikož byli schopni flexibilně a rychle reagovat na podmínky prostředí (Albuquerque, Gonzaga, Greco & Costa, 2019). Wang s kolegy (2013) se zaměřili na porovnání

skupiny tenistů (sport vyžadující zapojení taktického myšlení), plavců a kontrolní skupiny nesportovců. Došli ke zjištění, že tenisté ve srovnání s oběma skupinami vykazovali **kratší reakční časy na stop signál**. Z výsledků šetření vyplývá, že sport kladoucí fyzické i kognitivní nároky může být jedním z potenciálních vodítek ke zlepšení schopnosti inhibice.

2.2.4 Trénink funkcí (pozitivní intervence)

Meyerová s kolektivem (2020) provedli výzkum zaměřený na **efektivitu počítačového tréninku inhibiční kontroly** v souvislosti s příznaky **ADHD** u skupiny 40 dětí ve věku 8-11 let. Výzkumníci participanty rozdělili do dvou skupin po 20 (experimentální vs. kontrolní). Tréninkový proces trval čtyři týdny a zahrnoval celkem **20 sezení počítačového nácviku** inhibiční kontroly pomocí tří verzí her. Před započítím podali rodiče a učitelé dětí reporty vypovídající o vykazovaných symptomech ADHD u každého účastníka. Zároveň byl součástí šetření také záznam EEG a ERP (během Stop stimulu). Výzkumný tým zařadil jako tréninkové metody **3 vyvinuté počítačové hry**, které odpovídaly věkovému začlenění výzkumného souboru. Hry byly **zábavné, barevné a interakční**. První hrou byl Baseball, kdy bylo hlavním úkolem dítěte odpálit míč hozený nadhazovačem, pokud zůstane bílý (Go stimul) a reakci zastavit, pokud míč během nadhození zčervená (Stop stimul). Úkolem v druhé hře nazvané Ryby, bylo vést rybu jménem Swimmy prstem přes obrazovku směrem k truhle s potravou. Dítě mělo reakci přerušit v momentě, kdy si Swimmy všiml, že s potravou není něco v pořádku a změnil své zabarvení - čím vyšší byla úspěšnost dítěte v této hře, tím byla vyšší pravděpodobnost, že Swimmy po herním kole vyskočí nad vodu a dostane minci jako odměnu. Poslední hra nesla název Katapult, kdy měl účastník dotáhnout prstem na obrazovce kostku do tzv. odpalovací zóny a poté odstraněním prstu z obrazovky kostku katapultovat na stavící se věž. Stop stimulem zde byl padající krápník a zároveň změna barvy odpalovací zóny ze zelené na červenou. Odměnou za úspěšnost byl most, který umožnil avatarovi účastníka překonat lávu a posbírat zlaté mince. Každý **trénink trval 13-15 minut** a probíhal v týdenním pořadí: Baseball, Ryby, Katapult. Poslední čtvrtý týden si dítě mohlo vybrat, jakou tréninkovou hru si zopakuje. Post-test ukázal v rámci rodičovských reportů u experimentální skupiny **zlepšení symptomů nepozornosti**. Zároveň EEG ukázalo **výrazně sníženou post-tréninkovou sílu theta vln** u levých parietálních elektrod během stavu, kdy měl účastník zavřené oči, a to samé u pravých parietálních elektrod při otevřených očích. Post-tréninková analýza ERP ukázala **delší latenci vlny N200** u experimentální skupiny. Výsledky tohoto výzkumu naznačují, že

systematický trénink inhibiční kontroly může mít potenciálně **pozitivní vliv na některé příznaky ADHD**.

Na efektivitu virtuálního tréninkového programu se zaměřil také Peralbo-Uzquiano s kolegy (2020), kteří zkoumali jeho vliv na kognitivní flexibilitu, schopnost inhibice a základní matematické dovednosti u skupiny dětí ve věku 3-6 let. Vzhledem k tomu, že jedním z cílů studie bylo zjistit, zda se odlišuje **efektivita virtuálního tréninku a tréninku ve formě tužka-papír**, byly součástí studie 3 skupiny (PC, tužka-papír a kontrolní, která byla neošetřená). Jako tréninkovou virtuální metodu použili Eriksen flanker task, kdy se po obrazovce počítače pohybovaly ryby (modré, růžové), které měly uprostřed šipky (souhlasné či nesouhlasné se směrem, který udávala barva ryby). Druhá skupina dostala podobný úkol ve formát tužka-papír. Tréninková intervence trvala po dobu 7 týdnů (20 - 30minutová sezení 3x týdně). Výsledky dokázaly, že bez ohledu na formát, došlo u obou skupin ke **zlepšení pracovní paměti**. Dále statistiky ukázaly **vyšší skóre dosažené v hodnocení v inhibiční kontrole i kognitivní flexibilitě**, než před zahájením tréninkového programu a statisticky významné **zlepšení obecných matematických dovedností u obou skupin**.

Na jinou oblast se zaměřily Houbenová a Jansenová (2011), které ve svém šetření chtěly zjistit, zda trénink inhibiční kontroly může vést k menší náchylnosti k pokušení a konzumaci vysoce kalorických potravin. Skupinu participantů rozdělily do dvou skupin, z nichž každá absolvovala stejný Go/Nogo test s jednou modifikací specifickou pro každou skupinu. Pro jednu skupinu byly Nogo stimuly podněty asociující vysoce kalorické jídlo (chipsy, Nutella, ...), zatímco pro druhou skupinu byly tyto podněty Go stimuly. Důležité je zmínit, že před započítáním inhibičního tréninku došlo k vyvážení skupin tak, že v jejich spotřebě kalorických jídel nebyl významný rozdíl. U skupiny, která absolvovala trénink, kdy kalorické podněty reprezentovaly Nogo stimuly, došlo ke statisticky významnému **poklesu konzumace vysoce kalorických potravin** po absolvování inhibičního tréninku. Výzkum naznačuje, že dlouhodobější trénink inhibiční kontroly pomocí kontextových stimulů, může pomoci se **znovuzískáním kontroly nad konzumací určitých typů potravin**.

Z předešlého zjištění bychom mohli logicky vyvozovat, zda by trénink zaměřený na inhibiční kontrolu mohl potenciálně zlepšovat symptomy u některých poruch příjmu potravy. Na tuto problematiku se zaměřili Chamiová a kolektiv (2020), kteří zkoumali vliv kombinace tréninku inhibiční kontroly a tzv. „if-then planning“ („co když“ plánování) na symptomy jedinců s poruchou příjmu potravy. Vzorek tvořil 78 dospělých s diagnostikovanou bulimií či záchvatovitým přejídáním a po dobu 4 týdnů byl vystaven **tréninkovému programu**

zaměřenému na inhibiční kontrolu. Po jeho absolvování se výskyt a síla symptomů poruch u experimentálních skupin významně snížily, a to v době po intervenci (4 týdny) i následném testování (8 týdnů). Ve skupině, která podstoupila intervenci s jídelními stimuly (potravinová intervence – nízkokalorické potraviny jako Go podnět a vysoko-kalorické potraviny jako Nogo podnět) se objevila tendence k většímu **snížení frekvence symptomů** než u skupiny, která trénovala s neutrálními podněty (obecná intervence – obrázky jídla nahrazeny podněty z oblasti nástrojů či papírnictví). U obou skupin došlo zároveň i k **poklesu míry úzkosti a deprese.**

PRAKTICKÁ ČÁST

3 VÝZKUMNÝ PROBLÉM A CÍLE

K deficitu inhibiční kontroly dochází u mnoha psychiatrických či neurologických diagnóz a testy zaměřené na schopnost inhibovat odpověď se tedy staly jednou z hlavních částí neuropsychologických testových baterií. V rámci této práce se věnujeme nově vyvinuté tréninkové Go/Nogo úloze (budeme ji nazývat Střelnice), která bude využívána jako preventivní či remediační nástroj schopnosti inhibiční kontroly. Úloha by mohla být pro svou komplexnost a interaktivnost určena všem věkovým skupinám.

Úloha Střelnice byla vyvinuta výzkumným týmem pracoviště Aplikovaných neurověd a zobrazení mozku v **Národním ústavu duševního zdraví (NÚDZ)** a je součástí projektu „*Virtuální město – baterie her pro kognitivní trénink a nácvik každodenních činností v ekologicky validním virtuálním prostředí*“. V rámci tohoto projektu je hlavním cílem práce s osobami s deficitem kognitivních funkcí a snaha o **remediaci tohoto deficitu**. Kromě kontrolovaného prostředí poskytuje zapojení virtuální reality oproti běžným formám tužka-papír také vyšší **ekologickou validitu** a **komplexnost prostředí**. Hru Střelnice je možné využívat jak pro **desktopovou verzi**, tak pro **imerzní zobrazení ve virtuální realitě**. Vzhledem k tomu, že se jedná o nově zaváděnou tréninkovou baterii her, je důležité se nejprve zaměřit na **ověření kriteriální validity** jednotlivých úloh a případně na sběr norem pro tyto virtuální úlohy skrze různé věkové skupiny.

Výzkumný problém této práce můžeme tedy definovat jako **zkoumání souvislosti nové interaktivní Go/Nogo úlohy Střelnice zaměřené na inhibici reakce v obohaceném prostředí a standardních neuropsychologických testů**. Střelnice bude využívána pro trénink kognitivních funkcí deficientních jedinců, ale také například u zdravé stárnoucí populace jako nástroj prevence.

Na základě výzkumného problému definujeme **hlavní cíl práce**, a to „*ověření srovnatelnosti interaktivní Go/Nogo úlohy Střelnice s již existujícími standardními neuropsychologickými metodami u klinicky zdravé populace dospělých ve věku 18-45 let*“. Z hlavního cíle vyplynulo několik dalších **dílčích podcílů**, a to:

- Zjištění a analýza rozdílů ve výkonu v jednotlivými variantách v tréninkové úloze Střelnice.

- Zjištění souvislosti výkonu dosaženého v tréninkové úloze Střelnice a Go/Nogo testu ze standardizované neuropsychologické baterie PEBL (Mueller & Piper, 2014).
- Zjištění souvislosti a vlivu významných faktorů z použité baterie testů a dotazníků na výkon v tréninkové úloze Střelnice (Test setrvalé pozornosti, Test cesty, Barratova škála impulzivity) (Linhartová & Kašpárek, 2017; Mueller & Piper, 2014; Preiss, Preiss & Panamá, 1995).

4 VÝZKUMNÉ HYPOTÉZY

Na základě výzkumného cíle a dílčích podcílů bylo stanoveno několik výzkumných hypotéz. V této kapitole jej představíme a pro větší přehlednost a strukturovanost rozdělíme hypotézy do 3 okruhů, na základě toho, co jimi konkrétně testujeme. Pro jasnost termínů ještě jednou přikládáme legendu s vysvětlením jednotlivých 4 variant úlohy:

- S = prostředí souše bez pohybu
- V = prostředí vody bez pohybu
- P = prostředí vody s pohybem (vlněním)
- PV = okamžitá plná viditelnost podnětu (1000 ms) v prostředí souše

Analýza tréninkové Go/NoGo úlohy Střelnice

Prvním krokem bylo stanovení výzkumných hypotéz zaměřených na samotnou analýzu úlohy Střelnice. Následujícími hypotézami H1a – H3b budeme testovat, zda se **mezi jednotlivými variantami hry** vyskytují statisticky **významné rozdíly**. U H1a a H1b signifikantní rozdíly neočekáváme. Dochází u nich k porovnání dvou analogických variant prostředí (S vs. V). Hypotézami H2a a H2b otestujeme, zda ztížením varianty skrz zapojení pohybu (vlnění) vodního prostředí (tedy zapojením faktoru, který může rušit pozornost probanda a zvýšením komplexity prostředí), dojde k signifikantnímu zhoršení výkonů probandů, které předpokládáme, jak v proměnné celkového reakčního času, tak v celkové úspěšnosti. U H3a a H3b porovnááme 2 varianty, kdy dochází ke změně z postupného vynořování se podnětu na jeho okamžitou plnou viditelnost, avšak při zachování stejných časových podmínek pro reagování probandů. Předpokládáme však rozdílnost v reakčních časech (u úrovně PV předpokládáme rychlejší reakční časy), jelikož proband bude moci zareagovat na podnět okamžitě (bude 100% viditelný) a nebude vyčkávat na postupné vynořování se podnětu. Vzhledem k analogii prostředí a zachování dalších podmínek, včetně časového prostoru na reakci však nepřepokládáme rozdíl v proměnné celkové úspěšnosti. U hypotézy H4 předpokládáme negativní významnou korelaci mezi proměnnou celková úspěšnost a reakční čas.

H1a: Průměrný celkový reakční čas probandů se nebude mezi variantami „S“ a „V“ v úloze Střelnice statisticky významně lišit.

H1b: Průměrná celková úspěšnost probandů se nebude mezi variantami „S“ a „V“ v úloze Střelnice statisticky významně lišit.

H2a: Průměrný celkový reakční čas probandů bude v úloze Střelnice ve variantě „V“ statisticky významně nižší, než ve variantě „P“

H2b: Průměrná celková úspěšnost probandů bude v úloze Střelnice ve variantě „V“ statisticky významně vyšší, než ve variantě „P“

H3a: Průměrný celkový reakční čas probandů bude ve v úloze Střelnice ve variantě „PV“ statisticky významně nižší, než ve variantě „S“

H3b: Průměrná celková úspěšnost probandů se nebude mezi variantami „S“ a „PV“ v úloze Střelnice statisticky významně lišit

H4: Faktor reakční čas bude statisticky významně negativně korelovat s faktorem dosažené úspěšnosti v úloze Střelnice ve variantě S

Vztah výkonu v Go/Nogo úloze Střelnice a Go/Nogo testu PEBL

Hypotézy H5a a H5c jsou zaměřeny na otestování **souvislosti výkonu v úloze Střelnice** s výkonem v **Go/Nogo testu z neuropsychologické baterie PEBL**. Na základě této hypotézy budeme moci odkázat na **kriteriální souběžnou validitu Střelnice**, přičemž stanoveným validizačním kritériem bude výkon podaný v Go/Nogo testu neuropsychologické baterie PEBL.

H5a: Výkon v úloze Střelnice (varianta souš) bude v proměnné Go reakční čas statisticky významně pozitivně korelovat s výkonem ve standardním Go/Nogo testu neuropsychologické baterie PEBL

H5b: Výkon v úloze Střelnice (varianta souš) bude v proměnné dosažené Nogo úspěšnosti statisticky významně pozitivně korelovat s výkonem ve standardním Go/Nogo testu neuropsychologické baterie PEBL

H5c: Výkon v úloze Střelnice (varianta souš) bude v proměnné dosažené celkové úspěšnosti statisticky významně pozitivně korelovat s výkonem ve standardním Go/Nogo testu neuropsychologické baterie PEBL

Vztah výkonu v úloze Střelnice a dalších použitých testech

Hypotézami H6a-H76b budeme testovat vztah mezi skórem dosaženým v sebeposuzovací **Barrattově škále impulzivity** a proměnnými ze Střelnice. Konkrétně se jednalo o **proměnné reakční čas na Go podněty**, **Nogo úspěšnost** a **celková úspěšnost**. Barrattova škála impulzivity byla do baterie testů zařazena na základě výsledků výzkumných šetření, která dokládají souvislost inhibiční kontroly s rysem impulzivity (Hess, Menezes & de Almeida, 2018; Linhartová a Kašpárek, 2017).

H6a: Výkon v úloze Střelnice (varianta souš) bude v proměnné reakční čas na Go podněty statisticky významně pozitivně korelovat se celkovým skórem dosaženým v sebepozovací škále BIS.

H6b: Výkon v úloze Střelnice (varianta souš) bude v proměnné dosažené Nogo úspěšnosti statisticky významně negativně korelovat se celkovým skórem dosaženým v sebepozovací škále BIS.

H6c: Výkon v úloze Střelnice (varianta souš) bude v proměnné celkové úspěšnosti statisticky významně negativně korelovat se celkovým skórem dosaženým v sebepozovací škále BIS.

Hypotézy H7 a H8 se týkají predikce výkonu ve Střelnici na základě výsledků jiných zařazených standardních testů pozornosti a psychomotorického tempa a sebeposuzovacího testu zaměřeného na impulzivitě. Konkrétně se jedná o Test setrvalé pozornosti (PCPT), Test cesty (TMT) a Barrattovu škálu impulzivity (BIS). Cílem stanovených následujících hypotéz H7 a H8 je zjistit, zda a jak dva typické testy pozornosti, psychomotorického tempa ovlivňují výkonnost ve Střelnici. Dále jsme do modelu pro jeho komplexnost zahrnuli i **celkové skóre Barrattovy škály impulzivity** (BIS). Výsledky Testu setrvalé pozornosti (PCPT) ukazují na schopnost udržet selektivní pozornost, což je jedna z klíčových proměnných, která úzce souvisí s procesem inhibiční kontroly (např. Smith et al., 2014). Z tohoto testu zahrneme do regresní analýzy 2 faktory, **celkovou detektabilitu** (hodnota vyjadřující subjektivní diskriminační schopnost – schopnost rozlišit písmeno X od ostatních písmen), která zastřešuje Go a Nogo úspěšnost a **reakční čas** (ms). Test cesty ukazuje krom jiného na faktor psychomotorického tempa a zaměřené pozornosti. Z Testu cesty jsme se rozhodli do modelů zahrnout jako regresor

pouze výsledek části A, jelikož část B sleduje faktor distribuce pozornosti (Preiss, Preiss & Panamá, 1995), který by neměl mít přímý vztah k žádnému z výsledků Střelnice. Konkrétně se jedná o **faktor času (ms)**. Do obou modelou jsme se pro komplexnost zařadili faktor **věku** a faktor **pohlaví** probandů.

H7: Výkon ve standarních testech pozornosti a psychomotirckého tempa a sebesuzovacího dotazníku impulzivity (PCPT, TMT BIS) bude predikovat výkon v proměnné celková dosažená úspěšnost v úloze Střelnice (varianta souš)

H8: Výkon ve standarních testech pozornosti a psychomotirckého tempa a sebesuzovacího dotazníku impulzivity (PCPT, TMT BIS) bude predikovat výkon v proměnné reakční čas v úloze Střelnice (varianta souš)

5 METODOLOGIE VÝZKUMU

5.1. Výzkumný soubor

V rámci této podkapitoly popíšeme rozsah a charakteristiky výběrového souboru. Před samotným testováním byl všem probandům elektronicky zaslán k vyplnění dotazník na platformě Forms.nudz.cz. Účelem tohoto dotazníku bylo především na základě několika položek identifikovat probandy, kteří by byli pro účast ve výzkumu nevhodní.

Pro zařazení do výzkumu musel jedinec splňovat všechna následující kritéria:

- dosahují věku **18–45 let**;
- jsou **mentálně zdraví** a nemají ve své anamnéze tedy žádnou psychiatrickou či neurologickou diagnózu;
- **neužívají léky** ovlivňující kognitivní funkce;
- **netrpí závažnými očními vadami** (nevztahuje se na krátkozrakost a dalekozrakost za předpokladu použití brýlí či čoček);
- **mluví českým jazykem** (instrukce a obsah testových metod jsou zadávány v českém jazyce).

Vzhledem k tomu, že autorka práce byla kvůli zaslání online dotazníku se všemi zájemci o účast ve výzkumu v kontaktu ještě před samotným započítáním šetření, byli účastníci vždy tázáni předem, zda splňují všechna kritéria k zařazení do výzkumu (viz výše). Z tohoto důvodu jsme měli jistotu, že do výzkumu nezahrneme participanta, jehož data bychom museli při zpracování a vyhodnocování výsledků vyřazovat.

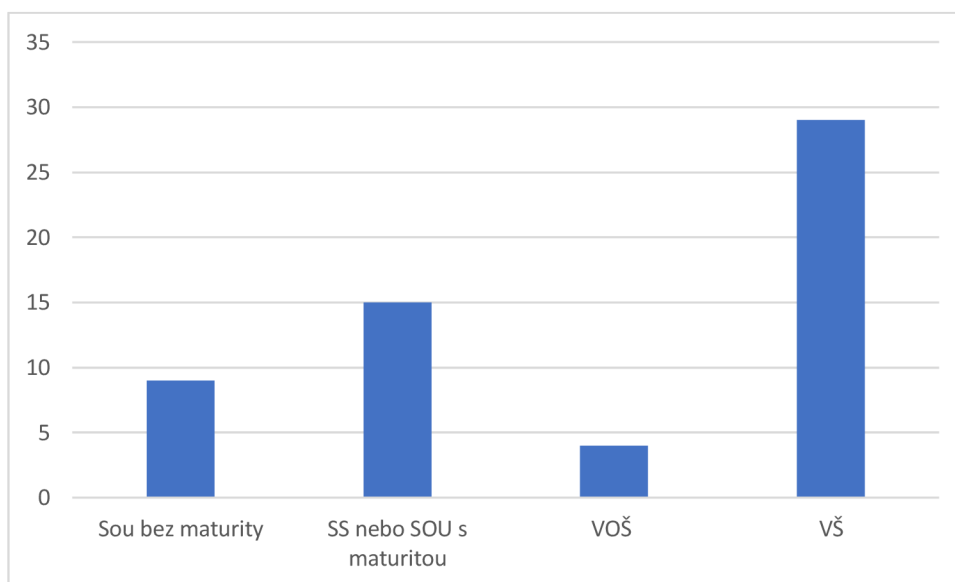
Celkem bylo do výzkumu zahrnuto **57 probandů** (21 mužů a 36 žen). Celkový **věkový průměr** všech účastníků šetření byl **30.47 let**. Nejmladšímu probandovi bylo **19** a nejstaršímu **45**. U účastníků bylo v rámci demografie zjišťováno také **dosažené vzdělání**, **celkový počet let studia** a **lateralizace**. Z celého výběrové souboru vykazovali pouze 2 respondenti levorukost a 1 respondent byl nevyhraněný. Z tohoto důvodu jsme se rozhodli faktor lateralizace do analýz nazahrnovat. Demografické údaje o pohlaví, věku a počtu let vzdělání nalezne čtenář níže v tabulce 1.

Tabulka 1: Demografické údaje participantů dle pohlaví, věku a vzdělání

Věk dle pohlaví					
Skupina	Počet	Průměr	Sm. odch.	Minimum	Maximum
Muži	21	29.71	6.00	22	45
Ženy	36	30.92	8.25	19	45
Celkem	57	30.47	7.47	19	45
Vzdělání					
	57	16.18	3.12	11	21

Z celkového počtu 57 probandů z nich **9** jako své nejvyšší dosažené vzdělání uvedlo SOU bez maturity, **15** SS případně SOU s maturitou, **4** probandi označili vyšší odborné vzdělání a **29** probandů uvedlo vzdělání vysokoškolské. Níže přikládáme sloupcový graf 1.

Graf 1: Rozložení proměnné dosažené vzdělání ve výběrovém souboru



Vzhledem k tomu, že dle informovaného souhlasu (příloha 1) mohl každý účastník testování kdykoliv během administrace přerušit a ukončit, tato situace několikrát nastala. Vždy se jednalo o časové důvody. Všech 57 probandů podstoupilo administraci Testu cesty. U jednoho probanda se nepodařilo dohledat data ze hry Střelnice (pravděpodobně nastala chyba v uložení). Go/Nogo test z PEBL nebyl administrován 2 probandům a test PCPT 14 probandům.

Jedinci byli vybíráni pomocí nepravděpodobnostních metod výběru, a to **příležitostným výběrem a metodou sněhové koule**. Sběr dat probíhal během září a října 2021 a vzhledem k tomu, že bylo nutné participanty testovat osobně a jednotlivě, testování probíhalo v bytě autorky práce a druhá část dat byla sbírána v Národní technické knihovně v Praze.

5.2. Aplikovaná metodika

Nyní se zaměříme na použitou testovou baterii a popíšeme jednotlivé metody. Vzhledem k tomu, že je práce zaměřena na ověření kriteriální validity nové Go/Nogo úlohy Střelnice, budeme se nejprve věnovat použitému standardnímu Go/Nogo testu z baterie PEBL a poté se podrobněji zaměříme právě Střelnici, kdy popíšeme úlohu jako takovou, zaměříme se na možnosti modifikace a v neposlední řadě na parametry a jejich nastavení pro účely této práce. Dále si popíšeme další použité metody, konkrétně Test setrvalé pozornosti, Test cesty a Barrattovu škálu impulzivity.

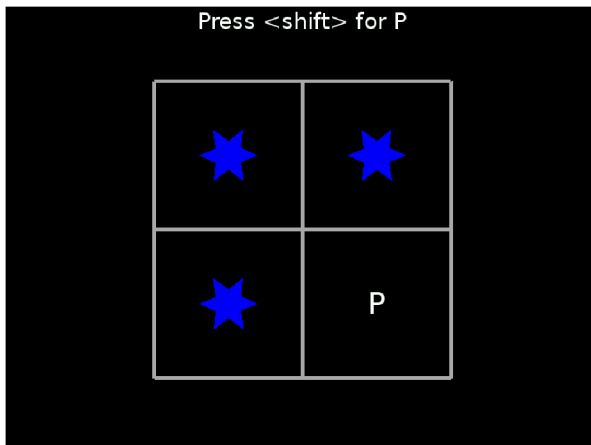
5.2.1 Go/NoGo test (PEBL)

Go/Nogo test z testové baterie **PEBL (Psychology Experiment Building Language)** je klasickým úkolem, jehož prostřednictvím můžeme měřit schopnost inhibiční kontroly jedince (potažmo tedy například impulzivní reagování). Test má podobu **4 polí**, jejichž obsahem je **modrá hvězda**. V průběhu testu se na všech 4 pozicích může objevovat **písmeno P nebo R**. Písmena se objevují v bílé barvě na černém pozadí. **V první části** testu je úkolem probanda zareagovat (tedy zmáčknout mezerník) v momentě, kdy se ve kterémkoliv poli objeví písmeno P. Naopak, pokud se objeví písmeno R, proband reagovat nemá a musí tedy prepotentní reakci včas inhibovat. **V druhé části** dochází ke změně v reakci na podněty - proband tedy má reagovat na písmeno R a inhibovat odpověď při objevení písmena P.

Samotnému testování předchází **úvodní instrukce**, která je probandovi přečtena nahlas a **zácvik** o 10 stimulech, kdy si má vyšetřovaná osoba vyzkoušet princip testu. V zácviku je po každém stimulu probandovi okamžitě poskytnuta **zpětná vazba**. Každá část testu pak obsahuje **160 stimulů**. V první části je poměr stimulů **80:20** (Go:Nogo) a v části **20:80** (Go:Nogo). V rámci nastavení testu se pracuje s **1500ms** stimulový intervalem. Samotná prezentace podnětu trvá **500 ms**.

V rámci testování můžeme sledovat několik proměnných. Ty, které nás budou nejvíce zajímat, a budeme s nimi následně pracovat, jsou proměnné **úspěšnost** a **reakční časy**.

Obr. 1: Ukázka prezentace Go podnětu v Go/Nogo testu z testové baterie PEBL
(Mueller & Piper, 2014)



5.2.2 Střelnice

Základem hry jsou samozřejmě **Go a Nogo stimuly**. Konkrétně se jedná o **obrázkové stimuly** (podrobnějšímu popisu se budeme věnovat níže). V nastavení hry je na výběr několik možností volby podnětů a úlohu si tak může výzkumník různě upravovat a modifikovat.

Je možné nastavit **2 základní možnosti prostředí úlohy**, a to „voda“ a „souš“, které lze též zkombinovat, což zvyšuje komplexitu herního prostředí. Jednou z možností obohacující virtuální prostředí je eventualita zvolit si v nastavení prostředí „**voda s pohybem**“, kdy se prostředí se na obrazovce (či analogicky ve VR prostředí) začne hýbat (vlnit). Nesporným benefitem Střelnice je její **komplexnost a obohacené prostředí**, což hře dává oproti běžným Go/Nogo testům přidanou hodnotu, a proto by mohla být vhodným nástrojem právě pro opakovaný trénink inhibiční kontroly. Kromě možnosti změn a kombinací jednotlivých stimulů, prostředí a dalších parametrů, jsou v průběhu hry slyšitelné i **zvukové podněty** pro větší uvěřitelnost a vtáhnutí probanda do prostředí. Během testování byl zvuk ztišen na minimum, aby pro účely této studie nepůsobil jako nežádoucí distraktor pozornosti. Jelikož je Střelnice součástí většího projektu Virtuální město, nachází se ve 3D prostředí a proband si tak i v desktopové verzi může pomocí kurzoru myši prohlédnout okolní prostředí, nikoliv však v průběhu hry a testování.

Obrázek 2: Ukázka prostředí souš ve Střelnici



Před samotným zahájením testování je probandovi přečtena následující **instrukce**:

Ve hře Střelnice bude vaším úkolem co nejrychleji reagovat na přicházející podněty. Podněty jsou 2 typů a musíte je od sebe rychle odlišit. Pokud se objeví divoké či nebezpečné zvíře (například vlk nebo žralok) zareagujte co nejrychleji zmáčknutím mezerníku. Pokud se objeví zvířátko přátelské (například pes nebo rybka), nereagujte a pouze vyčkejte na další podnět.

Před vámi jsou nyní 4 kola testování. Dávejte však pozor. Prostředí a podněty se budou v průběhu testování mezi jednotlivými koly měnit. Každému kolu bude předcházet krátký zácvik, během kterého si vyzkoušíte, na které podněty musíte reagovat (tedy stisknout mezerník) a na jaký podnět naopak nereagovat (tedy nestisknout nic a vyčkat na další podnět). Během zácviku uvidíte okamžitou zpětnou vazbu, zda Vaše reakce byla či nebyla správná. Po zácviku již tato informace poskytována nebude.

V průběhu testování vás vždy ještě před každým započatým zácvičným kolem slovně upozorním na konkrétní změnu, která nastane. Až budete připraven (a) můžete stisknout mezerník a pamatujte, že se započítává rychlost i správnost, reagujte tedy co nejrychleji a nepřesněji.

Po ukončení každé úrovně a tedy před započítáním úrovně následující je proband vždy slovně upozorněn na konkrétní změnu mezi úrovněmi a instruován ohledně podnětů. Kompletní znění instrukce pro všechny 4 testovací verze nalezne čtenář v příloze 2. Pro příklad zde uvádíme jednotlivé instrukce mezi 4 úrovněmi testovací verze 1 (viz níže):

Verze 1:

Nyní dávejte pozor, dojde ke změně prostředí ze souše na vodu. Nyní budete reagovat, pokud se objeví „žralok“. Pokud se objeví „rybka“ nereagujte. Snažte se reagovat co nejrychleji a nejpřesněji.

Nyní dávejte pozor. Prostředí vody se začne hýbat. Budete reagovat, pokud se objeví „žralok“. Pokud se objeví „rybka“ nereagujte. Snažte se reagovat co nejrychleji a nejpřesněji.

Nyní dávejte pozor. Dojde ke změně prostředí z vody na souš a podněty se budou objevovat v řadě rychleji. Budete reagovat, pokud se objeví „vlk“. Pokud se objeví „pes“ nereagujte. Snažte se reagovat co nejrychleji a nejpřesněji.

Proband na obrazovce dále vidí **terč**, kterým však není nutné na cíle před střelbou (tedy zmáčknutím tlačítka mezerníku) zamířit. Vždy před samotným začátkem dané úrovně dostane proband z obrazovky instrukci, že má pro zahájení vystřelit a poté se spustí **odpočet 3 sekund** do prezentace prvního stimulu. V nastavení je také možnost **zobrazení okamžité zpětné vazby** (správně/špatně) a nastavení viditelnosti tabulky s jednotlivými Go a Nogo stimuly a zaznamenáváním výsledků. Tato možnost je výhodná právě pro účely tréninku, kdy jedinec okamžitě vidí, zda jednal správně či chybně a může tak své následující reakce na základě poskytnuté zpětné vazby dále korigovat.

Podněty

Jak již bylo zmíněno výše, ve hře si administrátor může vybrat z nastavení několika stimulů. Konkrétně se jedná o **8 podnětů**, a to **4 pro prostředí souše** (pes, vlk, kočka, medvěd) a **4 pro prostředí vody** (rybka, kačenka, štika, žralok). Zároveň si u každého z těchto podnětů můžeme zvolit, zda se bude jednat o Go či Nogo stimul (instrukce však obecně udává, že Go stimulem jsou tzv. divoká zvířata – tedy například vlk). Dále je možné navolit si **počet jednotlivých podnětů**, které chceme do dané hry či úrovně zařadit. Například u prostředí vody můžeme zvolit 2 podněty (např. žraloka jako Go stimul X rybku jako Nogo stimul), ale také

můžeme mít podněty 4 (např. žraloka a štika jako Go stimuly X rybku a kačenku jako Nogo stimuly).

Parametry a jejich nastavení

V nastavení je možné **navolit a měnit parametry hry**. Tato možnost je výhodná kromě jiného z důvodu přizpůsobení náročnosti hry k tréninkovým účelům na základě možností testovaného či skupiny testovaných. Ve hře pro nás bylo pro účely této práce důležité nastavení především následující parametrů:

- *numberOfTargets* – celkový počet Go a Nogo podnětů, které se v průběhu konkrétní úrovně objeví
- *enemyVsFriendRatio* – celkový konečný poměr, ve kterém objevují Go a Nogo podněty v průběhu konkrétní úrovně testu
- *targetSlotsIndexes* – nastavení pozic, na kterých chceme, aby se podněty objevovaly (celkem možnost 6 pozic – nahoře vpravo, nahoře uprostřed, nahoře vlevo a totéž dole) – pro účely této práce využíváme pouze 4 (lokaci nahoře a dole uprostřed nevyužíváme)
- *stageSet* – nastavení prostředí souše, vody, případně jejich kombinace
- *stopWaveMovement* – nastavení, zda se má prostředí hýbat nebo být statické
- *enemiesIndexes* – nastavení konkrétních Nogo podnětů (např. vlk, žralok)
- *friendsIndexes* – nastavení konkrétních Go podnětů (např. pes, rybka)
- *betweenRoundsTime* – časová mezera mezi prezentací 2 podnětů
- *moveUpTime* – nastavení časového intervalu, kdy se bude podnět „vynořovat“ (včetně možnosti 0, což vede k náhlému objevení celého podnětu)
- *waitUpTime* – nastavení časového intervalu, kdy bude podnět po celou tuto dobu celý viditelný
- *moveDownTime* – nastavení časového intervalu, kdy se bude podnět „zanořovat“ během kterého již nelze na podnět zareagovat – vystřelit (včetně možnosti nastavení 0s, což vede k náhlému zmizení celého podnětu)
- *showFeedback* – možnost nastavení viditelnosti okamžité zpětné vazby po každém pokusu probanda (pro účely této práce použito u zácvičných kol)
- *showStatistics* – nastavení, zda jsou či nejsou během hře viditelné počty úspěšných/neúspěšných pokusů

V nastavení hry Střelnice jsou další parametry, které pro účely této práce nezohledňujeme, a to:

- *successRate* – nastavení minimálního procenta úspěšnosti, aby byl možný postup do další úrovně hry (pro účely této práce bylo nastavení vždy 0 %)
- *stopSignalProbability* – pravděpodobnost objevení Stop signálu (v rámci této práce pravděpodobnost 0 %)
- *stopSignalAppearInterval* – časový interval objevení Stop signálu po prezentaci stimulu

Jelikož se v této práci zaměřujeme na ověření kriteriální souběžné validity Střelnice, byly parametry pro náš výzkum nastaveny tak, aby byla co nejvíce analogická k nastaveným parametrům Go/Nogo testu z baterie PEBL.

Nyní odkážeme čtenáře na schémata 2-5 níže pod tímto odstavcem Pro účely tohoto výzkumného šetření jsme do testování každého probanda zařadili celkem **4 úrovně**, kterým vždy předcházela **krátký zácvik**.

Součástí vůbec prvního **zácviku** před spuštěním první úrovně hry bylo vždy **10 podnětů** korespondujících s daným prostředím („souš“ či „voda“). Pro prostředí typu „souš“ byl jako **Go podnět** použit obrázek **vlka** a jako **Nogo podnět** obrázek **psa**. U prostředí typu „voda“ se pak jednalo o **žraloka** jako **Go stimul** a **rybku** jako **Nogo stimul**. Následující zácviky, které vždy předcházely dané úrovni, obsahovaly již po 6 podnětech pro urychlení testování a také proto, že si proband již osvojil princip hry, tudíž byl tento počet dostačující. Poměr Go:Nogo stimulů byl u zácviků stanoven na **50:50**. Během zácvičných kol se probandovi vždy ukazovala **okamžitá zpětná vazba** a další náповědou bylo **zbarvení podnětů**, a to červené zbarvení Nogo podnětů a žluté zbarvení Go podnětů, které nezmizely, dokud na ně proband nezareagoval stisknutím mezerníku.

Po zácviku následovala **první úroveň hry**, a to vždy buď „souš“ nebo „voda“ se **2 podněty** (1 Go podnět a 1 Nogo podnět) objevujících se na **4 pozicích**, a to vlevo nahoře, vpravo nahoře, vlevo dole a vpravo dole (analogicky k 4 pozicím ve standardním Go/Nogo testu). Na reakci měl proband vždy celkem **1000 ms**. Tento interval byl stanoven a zachován pro všechny další úrovně, a to především z 2 důvodů. Jak již bylo uvedeno v teoretické části, nejrepresentativnější výsledky v testech inhibiční kontroly jsou udávány v momentě, kdy jsou stimuly prezentované v rychlém tempu a poměr Go stimulů výrazně převyšuje nad poměrem

Nogo stimulů (poměr 80:20) (Wessel, 2017). Druhou příčinou nastavení těchto parametrů je potřeba dosáhnout, co nejvyšší shody s parametry nastavenými u standardního Go/Nogo testu z baterie PEBL.

Jak již bylo zmíněno výše, každý respondent prošel testováním 4 verzí. Tyto úrovně jsme pracovně pojmenovali následovně:

- „souš“ (S)
- „voda“ (V)
- „pohyb“ (P)
- „plná viditelnost“ (PV)

Úrovněmi „souš“ a „voda“ se myslí nastavení jednotlivých statických prostředí s danými typy podnětů. Pod úrovní „pohyb“ se skrývá prostředí vody, tentokrát však byla úroveň ztížena podmínkou **zapojení pohybu prostředí**. Prostředí se tedy v průběhu testování nyní vlnilo, což vede k vyšší **komplexitě interaktivního prostředí**, a tedy k ještě **vyšším nárokům na kognitivní funkce** probandů. Úrovní pracovně nazvané jako „plná viditelnost“ se budeme podrobněji věnovat níže, nyní však uvedme, že se jedná o úroveň s prostředím souše.

Všechny tyto úrovně měly přes svou odlišnost několik společných parametrů. Součástí každé úrovně bylo celkem **100 podnětů** a vždy se jednalo o **poměr 80:20** (Go:Nogo). Podněty se vždy objevovaly pouze na již zmíněných **4 pozicích** a proband měl vždy celkem **1000 ms** na reakci.

První rozdíl, který zde popíšeme, je v **nastavení jednotlivých podnětů**. U úrovně „souš“ a úrovně „plná viditelnost“ se objevoval jako Nogo podnět pes a jako Go podnět vlk. U úrovně „voda“ a „pohyb“ byla jako Nogo podnět nastavena ryбка a jako Go podnět žralok.

Značnou pozornost nyní věnujeme nastavení a konkrétním rozdílům v nastavení časových parametrů u jednotlivých úrovní. U úrovní s pracovním názvem „souš“, „voda“ a „pohyb“ byl celkový čas na reakci (tedy již zmiňovaných 1000 ms) rozdělen mezi 2 parametry, a to **moveUpTime**, během kterého se podnět postupně vynořuje a **waitUpTime**, kdy je podnět celý 100% viditelný. Parametr moveUpTime byl nastaven na **500 ms**, přičemž proband mohl na reagovat až při alespoň **10% viditelnosti** daného podnětu (kvůli vyloučení strategie spoléhání se na objevení Go podnětu, aniž by proband měl šanci podnět včas rozlišit). **WaitUpTime** jsme nastavili taktéž na **500 ms**, abychom se co nejvíce přiblížili času možného

na reakci v Go/Nogo testu z baterie PEBL. Celkově měl tedy proband **1000 ms** na reagování a tento čas byl ještě doplněn o **500 ms** nastavených u parametru **betweenRoundsTime** (pro připomenutí časová prodleva mezi jednotlivými podněty), během kterého se případná reakce probanda sice zaznamenávala, ale již nebyla započítávána do výsledného skóre.

U úrovně pracovně nazvané jako „**plná viditelnost**“ došlo ke změně nastavení jednotlivých parametrů, i když skutečná doba možné reakce na podnět zůstala stejná, tedy **1000 ms**. Změna, která zde nastala, se týkala parametru **moveUpTime**, který byl nastaven na **0 ms** a parametru **waitUpTime**, který byl naopak navýšen na právě celých **1000 ms**. Proband byl u této úrovně tedy ochuzen možnost rozeznat podnět během jeho vypořovací fáze, ale musel zareagovat na okamžité objevení celého podnětu. Parametr **betweenRoundsTime** byl za stejných podmínek zachován na **500 ms**.

Bylo potřeba, aby probandi podstupovali testování jednotlivých úrovní **v různém prostředí** kvůli **vyloučení efektu tréninku** v analýze dat. Jednotlivé verze byly opět střídány po každém jednom probandovi (tedy v pořadí verze 1, 2, 3, 4 a opět verze 1,2,3,4) Pro větší přehlednost a jasnost odkazujeme čtenáře na následující schémata 2-5. K ukázce testovací verze pořadí 1, kterou znázorňuje schéma 2, připojujeme shrnující informace o nastavení jednotlivých parametrů.

Schéma 2: Testovací verze pořadí 1

Souš (S)	Voda (V)	Pohyb (P)	Plná viditelnost (PV)
<ul style="list-style-type: none"> • 100 podnětů • pes (Go) vs. vlk (Nogo) • moveUptime: 500 ms • waitUptime: 500 ms • downUptime: 0 ms • betweenRoundstime: 500 ms 	<ul style="list-style-type: none"> • 100 podnětů • rybka (Go) vs. žralok (Nogo) • moveUptime: 500 ms • waitUptime: 500 ms • downUptime: 0 ms • betweenRoundstime: 500 ms 	<ul style="list-style-type: none"> • 100 podnětů • rybka (Go) vs. žralok (Nogo) • moveUptime: 500 ms • waitUptime: 500 ms • downUptime: 0 ms • betweenRoundstime: 500 ms 	<ul style="list-style-type: none"> • 100 podnětů • pes(Go) vs. vlk (Nogo) • moveUptime: 0 ms • waitUptime: 1000 ms • downUptime: 0 ms • betweenRoundstime: 500 ms

Schéma 3: Testovací verze 2



Schéma 4: Testovací verze 3



Schéma 5: Testovací verze 4



5.2.3 Test setrvalé pozornosti (PCPT)

Test setrvalé pozornosti (Continuous Performance Task, PCPT) je také součástí testové baterie PEBL a byl použit pro ověření **schopnosti probandů udržet pozornost**. Jedná se o věrnou implementaci původního CPT, jehož autorem je Conners (Conners, Epstein, Angold & Klaric, 2003). Jde o 14minutovou elektronickou verzi testu a účastník výzkumu má za úkol v co nejkratším čase **reagovat na objevení písmene**. Reakcí je zmáčknutí tlačítka mezerníku. Proband má takto reagovat na zobrazení všech podnětů (tedy všech písmen abecedy) **kromě písmene „X“** (Conners, Epstein, Angold & Klaric, 2003; Epstein, Johnson, Varia, & Conners, 2001; Mueller & Piper, 2014). V původní testu setrvalé pozornosti z roku 1956 bylo probandovým úkolem naopak stisknutí klávesy, jen pokud se objevilo písmeno „X“ (Rosvolda, 1956). PCPT je test, který nám poskytne řadu proměnných, přičemž ty, které nás budou v rámci této práce nejvíce zajímat, jsou proměnné **úspěšnost**, **reakční čas** a **detektabilita** neboli subjektivní rozlišovací schopnost probanda (Conners, Epstein, Angold & Klaric, 2003).

5.2.4 Test cesty (Trail Making Test)

Test cesty (Trail Making Test, TMT) je jedna z nejpoužívanějších metod neuropsychologických baterií. Jedná se o **screeningový test**, jenž je součástí Halsteadovy – Reitanovy baterie testů a na nejobecnější rovině nám měří **rychlost a efektivitu zpracování**

informací. Test je velmi oblíbený pro rychlou a nenáročnou administraci a vyhodnocení. TMT umožňuje administraci formou tužka-papír, přičemž administrátor měří **čas**, který respondentovi zabere ke splnění úkolu. V momentě, kdy vyšetřovaná osoba udělá chybu, je ze strany administrátora důležité na tuto skutečnost okamžitě upozornit a probanda vrátit, jelikož se neustále načítá čas (Motýl, 2015; Preiss, Preiss & Panamá, 1995).

Administraci zahajujeme **zácvikem**, kdy je probandovi vysvětlen princip testu a následně si proband úkol zkusí. Test cesty se skládá z 2 částí, a to části A a B. **V části A** je úkolem vyšetřované osoby ve správném pořadí propojit čísla. Tato část nám mimo jiné podá informaci o zaměřené pozornosti, psychomotorickém tempu a vizuomotorické koordinaci. **V části B** se vyskytují kromě čísel i písmena, tudíž klade již zvýšené nároky na kognitivní flexibilitu a je tudíž zaměřena krom již jmenovaných funkcí na schopnost distribuce pozornosti (Motýl, 2015; Preiss, Preiss & Panamá, 1995).

5.2.5 Barrattova škála impulzivity (BIS - 11)

Barrattova škála impulzivity (v originálním názvu Barratt Impulsiveness Scale – 11, BIS – 11) je sebeposuzovací škála obsahující 30 položek (tvrzení) zaměřených na **způsoby chování a přemýšlení probanda**. Formát odpovědí je nastaven jako 4stupňová Likertova škála, na které má testovaná osob uvést, s jakou častostí se u ní konkrétní vzorec chování či myšlení objevuje (Linhartová et al., 2017; Patton, Standford & Barratt, 1995).

Na základě faktorové analýzy byly položky zredukovány do 3 faktorů či subškál, a to **pozornostní impulzivitě** (*Attentional Impulsiveness*), **motorickou impulzivitě** (*Motor Impulsiveness*) a **obtíže s plánováním** (*Non-planning Impulsiveness*). Tyto 3 dimenze tvoří globální faktor impulzivity. Barrattova škála impulzivity je často využívaným nástrojem k měření impulzivity v souvislosti s inhibiční kontrolou (Linhartová et al., 2017; Patton, Standford & Barratt, 1995). Překlad škály do českého jazyka provedli Linhartová a kolektiv (2017). Tato škála byla společně s demografickým dotazníkem a dotazníkem laterality posílána účastníkům v elektronické.

5.2.6 Další zařazené dotazníky

Další součástí testové baterie byl vytvořený **demografický dotazník** a Edinburghský dotazník laterality. Oba dotazníky vyplňovali probandi v online formě. Demografický dotazník zahrnoval otázky na základní údaje jako je **věk, pohlaví, nejvyšší dosažené vzdělání** a celkový **počet let studia**. Dále nás zajímal **vystudovaný obor** a **oblast zaměstnání**. Vzhledem k tomu,

že k zařazení jedince do výzkumu bylo nutné, aby byl dotyčný duševně zdraví, byla jedna z položek otázka právě na **psychiatrickou či neurologickou diagnózu**. Pokud respondent odpověděl pozitivně, musel být z testování vyřazen. To samé platilo, pokud osoba užívá léky, které mohou mít vliv na kognitivní funkce. Vzhledem k provedení a interaktivnosti Střelnice byla dalším vylučovacím kritériem položka dotazující se na **barvoslepost**. Konkrétní otázka byla položena i na přítomnost některé ze **specifických poruch učení**. Vzhledem k tomu, že se jedná o poměrně rozšířené spektrum poruch a v rámci testové baterie byly použity 2 testy obsahující písmena, mohlo by na základě SPU dojít k určitému zkreslení dat již ve fázi rozpoznávání písmen (Sela, Izzetoglu, Izzetoglu & Onaral, 2012).

Dotazník lateralizace (Edinburgh Handedness Inventory) je krátký a nenáročný dotazník zaměřený na **odhalení dominantní ruky**. Skládá se z celkem 10 položek, kdy má respondent u každé z nich označit, jakou rukou aktivitu vykonává (např. psaní). Označení „++“ u jedné ruky značí používání dané ruky bez výjimky. Pokud proband používá k dané činnosti ruce střídavě, zaznačí jeden znak „+“ ke kolonce „levá ruka“ a druhý znak „+“ ke kolonce „pravá ruka“.

5.3. Průběh výzkumu

Účastníci výzkumu byli předem vyzváni, aby si na samotné testování v případě krátkozrakosti či dalekozrakosti vzali brýle nebo kontaktní čočky. Dále byly upozorněni, aby se před testováním vyhnuly konzumaci alkoholických nápojů.

Vzhledem k probíhající pandemii bylo žádoucí zkrátit čas testování na minimum, proto byly některé použité metody převedeny do elektronické podoby a maximálně 24 hodin před samotným setkáním s probandem mu byly zaslány v **online prostředí**, kde je účastník vyplnil a odeslal. Jednalo se o prostředí forms zpravované Národním ústavem duševního zdraví. Metody, které byly převedeny do tohoto online prostředí, byly následující: **demografický dotazník**, **dotazník laterality** a **Barrattova škály impulzivity**. Kromě minimalizace osobního kontaktu administrátorky s probandy usnadnilo převedení metod do elektronické verze následné zpracování a práci s daty.

Samotné osobní testování probíhalo u administrátorky doma na Praze 9. Participantům byl nejprve **popsán průběh testování** a sdělen **přibližný čas trvání**. V této fázi se mohli na cokoliv k šetření či projektu zeptat a dotaz byl administrátorkou zodpovězen. Každému

účastníkovi byl poté k podpisu poskytnut **informovaný souhlas** (příloha 1) a po jeho podepsání bylo zahájeno samotné testování. Nejprve byl probandům k administraci předložen **Test cesty**. Po přečtení instrukce a zvládnutí zácviku jsme přešli nejprve k verzi A a poté k verzi B, během kterých administrátorka zaznamenávala na stopkách **přesný čas**. Pokud se účastník dopustil **chyby**, byla tato skutečnost zaznamenána na příslušný záznamový arch.

Následně byla probandům administrována **první Go/Nogo úloha**. Vzhledem k tomu, že bylo zapotřebí, aby někteří účastníci podstoupili jako první úlohu **Střelnici** a někteří standardní **Go/Nogo test z baterie PEBL** (kvůli vyloučení vlivu nežádoucích proměnných jako například únavy a podobně), **pořadí úloh se střídalo na základě pořadí daného respondenta**. Jinými slovy prvnímu respondentovi byla administrována nejprve Střelnice a jako druhý Go/Nogo test z PEBL. Druhý respondent podstoupil administraci Go/Nogo úlohy z PEBL jako první a Střelnici jako druhou. Tímto jednoduchým logaritmem se pořadí testů střídalo po celou dobu sběru dat. Po přečtení dané **instrukce** byla probandovi na zařízení spuštěna **zácvičná úloha**, po které následovalo již **ostré testování**. Probandi byli administrátorkou předem instruováni, aby celou dobu trvání úlohy ponechali svou **ruku na mezerníku** a aby po celou dobu používali k mačkání **pouze jednu ruku**. Po probandech bylo vyžadováno použití dominantní ruky dle dotazníku lateralizace. V případě nevyhraněné laterality si ruky mohl proband zvolit, což bylo zaznamenáno do formuláře k testování. Probandi byli instruováni, aby v průběhu celého testování u všech metod mačkali mezerník vždy tou stejnou rukou. Kromě losování, jaká Go/Nogo úloha bude administrována první, bylo nutné střídat také jednotlivé úrovně u Střelnice. Tyto úrovně byly prostřídány po každém probandovi. Pro připomenutí popisu a principu testování Střelnice odkazujeme čtenáře případně na podkapitulu 5.2.2. Posledním administrovaným testem byl 14minutový **Test setrvalé pozornosti (PCPT)**. Tento test byl zařazen jako poslední, jelikož hlavním cílem práce je srovnání Střelnice se standardizovaným Go/Nogo testem a bylo tedy potřeba obě Go/Nogo úlohy zařadit vedle sebe, aby se v jejich výsledcích projevovalo co možná nejméně nežádoucích proměnných, jako je například únava.

Po ukončení Testu setrvalé pozornosti bylo probandovi **poděkováno** za účast ve výzkumu a byl předán **kontakt** pro případ doplňujících dotazů a upřesnění ohledně výzkumu. Osobní administrace všech 3 úloh a Testu cestu trvala v průměru **60 minut**.

6 ETICKÉ HLEDISKO

Všem participantům byl před započítím testování poskytnut k podpisu **informovaný souhlas** (příloha 1), v němž našli veškeré informace o účelu testování a smyslu celého projektu pod záštitou NUDZ. Každý účastník výzkumu se mohl dále doptat na jakoukoliv další **informaci ohledně smyslu či průběhu testování** a tento dotaz byl administrátorem zodpovězen. Vzhledem k charakteru výzkumného šetření, nebyl důvod účastníky, jakkoliv klamat či poskytovat nepřesné informace.

Po celou dobu průběhu výzkumu byl zachován **princip anonymity a dobrovolnosti**. Účastníci vstupovali do výzkumu na základě **vlastního zájmu** a mohli od něj také **kdykoliv v průběhu odstoupit**. Během celého výzkumného šetření bylo s jednotlivými participanty **jednáno s respektem** a taktéž byla zajištěna **ochrana získaných údajů** ve všech fázích práce s daty.

Vzhledem k tomu, že design výzkumu si vyžadoval osobní sběr dat, bylo potřeba s ohledem na právě probíhající **pandemickou situaci** dodržovat určitá **preventivní opatření**. V místnosti byli vždy **pouze 2 osoby**, tedy administrátorka a participant. Po každém testování bylo testovací zařízení pečlivě **vydezinfikováno**. Každý participant byl také předem instruován, že testování proběhne se zakrytím dýchacích cest, tedy za použití **respirátoru třídy FFP2** a že je žádoucí donést si **vlastní propisku** k podepsání informovaného souhlasu a administraci Testu cesty. Po celou dobu bylo dbáno na **dodrženíh pravidla tzv. 3R** (respirátor, ruce, rozestupy).

7 PRÁCE S DATY A VÝSLEDKY

Demografická data a data z Barratovy škály impulzivity a Edinburghského dotazníku laterality získaná od probandů skrze Forms.nudz.cz byla exportována do programu Microsoft Excel. Podobně data z testů administrovaných osobně (Střelnice, Go/Nogo PEBL, PCPT) byla IT pracovníkem Národního ústavu duševního zdraví převedena do programu Microsoft Excel. Následně byly data v tomto programu upravována a komplementována a následně ke statisticko-matematickým analýzám exportována doprostřed programu STATISTICA 13.

Prvotní analýza směřovala k ověření normality rozdělení hlavních sledovaných faktorů, což pro nás byla proměnná „úspěšnost“ a proměnná „reakční čas“ v úloze Střelnice. Normalita byla ověřována pomocí Shapiro-Wilkova testu, přičemž ani jedna z proměnných nevykazovala normální rozdělení pravděpodobnosti. U faktoru „úspěšnost“ jsme se setkali s výrazným efektem stropu ($W=0,854$, $p<0,05$). Normální rozdělení pravděpodobnosti nevykazovala ani proměnná „reakční čas“ ($W=0,933$, $p<0,05$). K následujícím analýzám jsme tedy využily testů neparametrické statistiky.

Používaných testem v rámci této práce byl Mannův-Whitneyův U test (H1a-H3b), tedy test pro analýzu rozdílu proměnných mezi 2 nezávislými skupinami. Mannův-Whitneyův U test byl použit pro účely analýzy rozdílů dat mezi jednotlivými verzemi hry Střelnice.

Dále byl použit Spearmanův korelační koeficient pro zjištění korelací mezi daty získaných ve hře Střelnice a standardizovaném Go/Nogo testu z baterie PEBL (H4-H6c). V rámci výpočtů jsme v této práci použily i vícenásobnou regresní analýzu, a to k odhalení významných faktorů podílejících se na důležitých sledovaných proměnných hry Střelnice (H7, H8).

7.1. Výsledky ověření platnosti statistických hypotéz

V této kapitole se budeme věnovat konkrétním stanoveným statistickým hypotézám a testování jejich platnosti. Jak již bylo uvedeno dříve, pro větší přehlednost jsme rozdělili výzkumné hypotézy do 4 okruhů. Všechny hypotézy byly testovány na hladině významnosti $\alpha=0,05$.

7.1.1 Analýza Go/Nogo hry Střelnice

Před prezentací výsledků testování hypotéz tohoto okruhu nejprve připomeňme, že každému probandovi byly administrovány celkem 4 verze hry, a to:

- S = prostředí souše bez pohybu
- V = prostředí vody bez pohybu
- P = prostředí vody s pohybem (vlněním)
- PV = okamžitá plná viditelnost podnětu (1000 ms) v prostředí souše

V následujících hypotézách H1a a H3b jsme se zaměřili na porovnání výsledků mezi verzí Střelnice v prostředí souše, vody bez pohybu, vody s pohybem a souše s prezentací okamžité plné viditelnosti podnětu. K otestování hypotéz jsme využili data z celého výběrového souboru a konkrétně proměnné **reakční čas (RT)** uvádění v milisekundách a **úspěšnost** probandů v dané verzi uváděnou v procentech. K otestování hypotéz H1a – H3b jsme použili **Mannův-Whitneyův U test**, tedy neparametrický test pro 2 nezávislé výběry, přičemž jsme u tohoto testu uplatili **korekci na spojitost i shodu v pořadí**. Souhrnou tabulku s prezentací výsledků Mannova-Whitneyova U-testu včetně popisných statistik nalezne čtenář níže (Tabulka 2). Stejně tak níže pro názornost přikládáme 2 krabicové grafy sledovaných proměnných (Graf 2 a Graf 3).

Nejprve jsme se zaměřili na otestování hypotézy o rozdílu ve výkonech mezi verzemi prostředí souše (S) a vody (V).

H1a: Průměrný celkový reakční čas probandů se nebude mezi variantami „S“ a „V“ v úloze Střelnice statisticky významně lišit.

Po provedení Mannova-Whitneyova testu byla hodnota testové statistiky Z 1,632 při oboustranné p -hodnotě $>0,05$. **Nulovou hypotézu H1a tedy přijímáme.**

H1b: Průměrná celková úspěšnost probandů se nebude mezi variantami „S“ a „V“ v úloze Střelnice statisticky významně lišit.

Po provedení Mannova-Whitneyova testu byla hodnota testové statistiky Z 5,163 při oboustranné p -hodnotě $<0,001$. Analýza ukázala, že probandí byli signifikantně průměrně úspěšnější ve verzi S, než ve verzi V. Míra účinku AUC ukázala hodnotu 0,78. **Nulovou hypotézu H1b nepřijímáme.**

Detailnější analýzy ukázaly, že se mezi jednotlivými verzemi probandů signifikantně lišili v Go úspěšnosti ($Z=5,15$, $p\text{-hodnota}<0,001$) i Nogo úspěšnosti ($Z=2,70$, $p\text{-hodnota}<0,01$). V obou případech se jednalo o vyšší úspěšnost dosahovanou ve verzi souše.

Následujícími hypotézami jsme ověřovali, zda se liší výkony respondentů mezi verzemi voda bez pohybu (V) a voda s pohybem (P).

H2a: Průměrný celkový reakční čas probandů bude v úloze Střelnice ve variantě „V“ statisticky významně nižší, než ve variantě „P“

Po provedení statistického testu měla testová statistika Z hodnotu 1,71 při $p\text{-hodnotě} > 0,05$. Rozdíly tedy nebyly statisticky významné. **Alternativní hypotézu H2a zamítáme.**

H2b: Průměrná celková úspěšnost probandů bude v úloze Střelnice ve variantě „V“ statisticky významně vyšší, než ve variantě „P“

Pomocí Mannova-Whitneyova U testu nebyl nalezen statisticky významný rozdíl. Testová statistika Z vykazovala hodnotu 0,74 při $p\text{-hodnotě} > 0,05$. **Alternativní hypotézu H2b tedy zamítáme.**

Do analýz jsme zařadili také porovnání výkonu mezi verzemi souše (S) a souše s okamžitou plnou viditelností podnětu (PV).

H3a: Průměrný celkový reakční čas probandů bude ve v úloze Střelnice ve variantě „PV“ statisticky významně nižší, než ve variantě „S“

Testová statistika Z Mannova-Whitneyova U testu ukázala s hodnotou $Z=8,99$ a při jednostranné $p\text{-hodnotě} < 0,001$ na signifikantní rozdíl v reakčních časech probandů mezi dvěma verzemi. Probandi v průměru vykazovali rychlejší reakční na podněty u verze PV, než u verze S. Míra účinku AUC je 0,99. **Alternativní hypotézu H3a přijímáme.**

H3b: Průměrná celková úspěšnost probandů se nebude mezi variantami „S“ a „PV“ v úloze Střelnice statisticky významně lišit

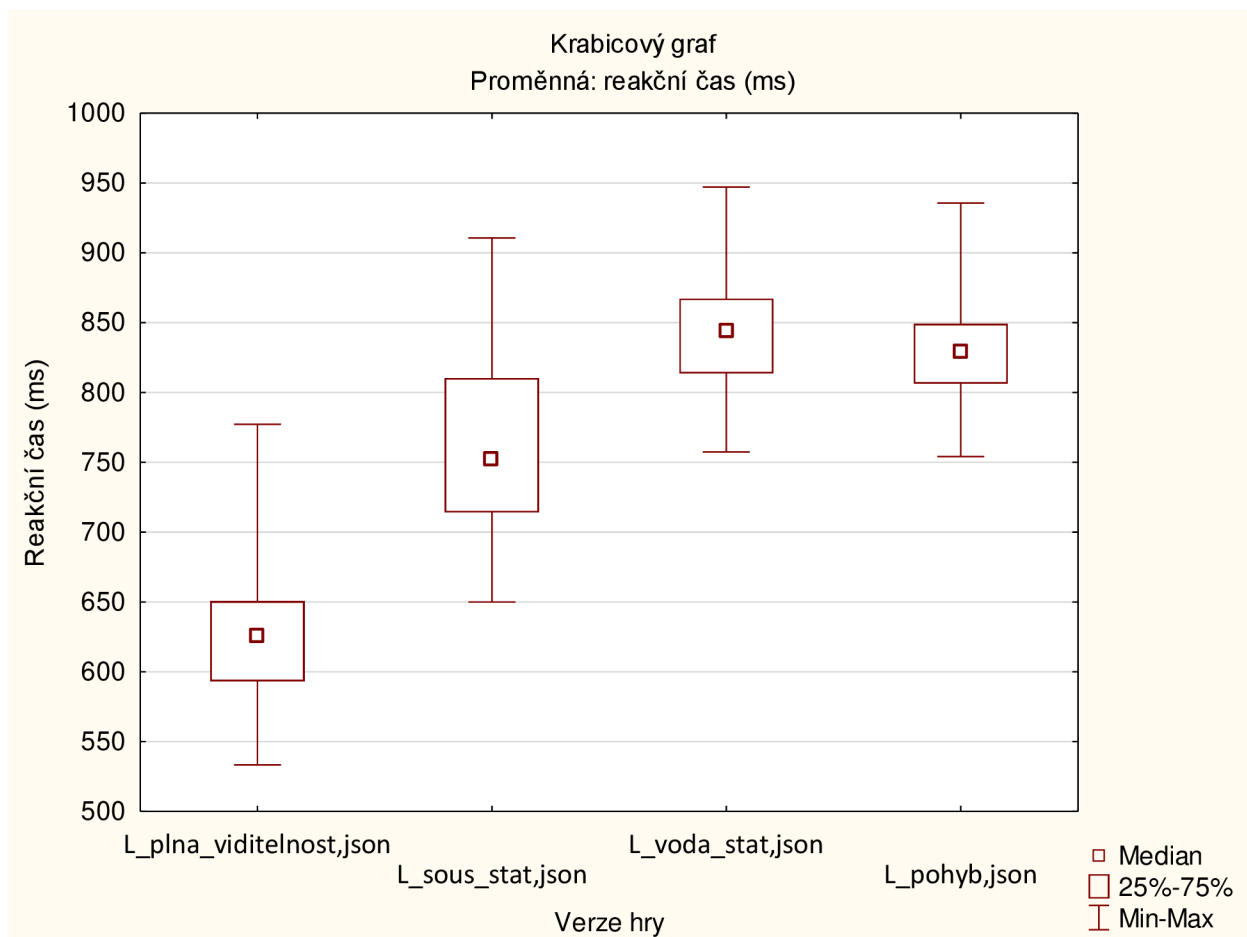
Testová statistika Z ukázala hodnotu 2,91 při oboustranné $p\text{-hodnotě} < 0,05$. Nalezený rozdíl v proměnné byl tedy statisticky signifikantní, přičemž účastníci výzkumu dosahovali průměrně vyšší úspěšnosti ve verzi PV ve srovnání s verzí S. Míra účinku AUC byla vypočtena jako hodnota 0,66. **Nulovou hypotézu H3b nepřijímáme.**

Dodatečná statistická analýza ukázala na statisticky singifikantní rozdíl v dosažené úspěšnosti na Go podněty (v průměru s vyšší úspěšnosti u verze s plnou viditelností). Mann-Whitneyův U test ukázal hodnotu $Z=-5,96$ při p -hodnotě $< 0,001$. V rámci Nogo úspěšnosti se rozdíl neukázal jako stasticky signifikantní ($Z=1,51$, při p -hodnotě $0,136$).

Tabulka 2: Popisné statistiky a výsledky Mannova-Whitneyova U testu mezi verzemi hry Střelnice

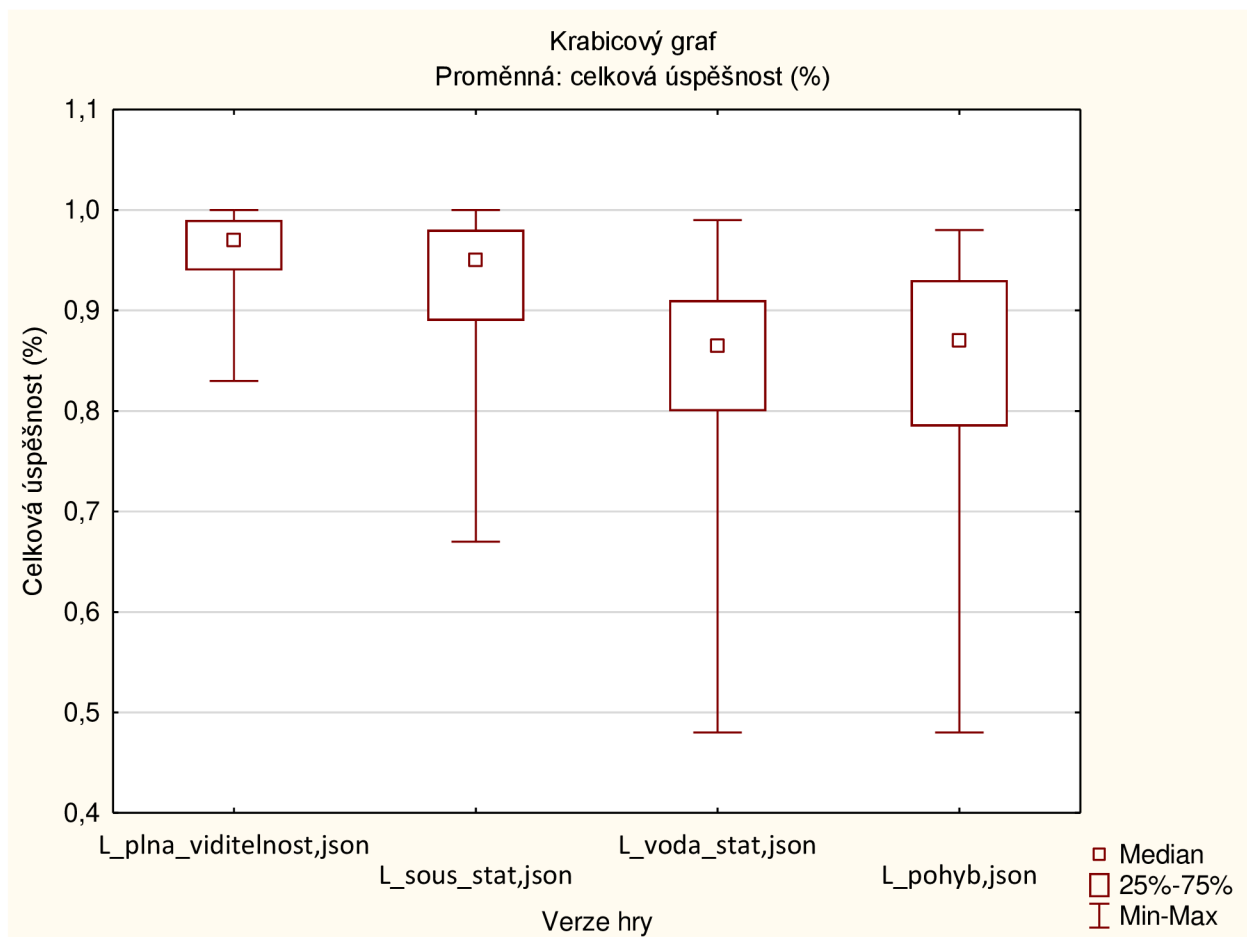
Verze	N	Průměr (SD)	Medián	Min-Max	Z	p-hodnota
Souš vs. Voda – RT (ms)						
Souš	56	813,45 (63,73)	810,44	686,11- 937,90	1,63	0,10
Voda	56	830,79 (70,10)	846,51	630,00- 948,76		
Souš vs. Voda – úspěšnost (%)						
Souš	56	0,92 (0,07)	0,95	0,67-1,00		
Voda	56	0,84 (0,10)	0,86	0,48-0,99	5,16	.001***
Voda vs. Pohyb – RT						
Voda	56	830,79 (70,11)	846,51	630,00- 948,76		
Pohyb	56	805,65 (79,02)	814,25	637,99- 923,874	1,71	0,09
Voda vs. Pohyb – úspěšnost						
Voda	56	0,84 (0,10)	0,86	0,480-0,99	0,74	0,46
Pohyb	56	0,85 (0,09)	0,87	0,48-0,98		
Souš vs. Plná viditelnost – RT						
Souš	56	813,45 (63,73)	810,44	686,11- 937,90	8,99	.001***
Plná viditelnost	56	608,48 (51,41)	600,31	508,84- 734,24		
Souš vs. Plná viditelnost – úspěšnost						
Souš	56	0,93 (0,07)	0,95	0,67-1,00	2,91	.05*
Plná viditelnost	56	0,96 (0,03)	0,97	0,83-1,00		

Graf 2: Krabicový graf proměnné reakční čas mezi všemi verzemi hry Střelnice



Vysvětlivky: L_plna_viditelnost,json = verze souše s okamžitou plnou viditelností podnětu (PV), L_sous_stat,json = verze souš (S), L_voda_stat,json = verze vody bez pohybu (V), L_pohyb = verze vody s pohybem (P)

Graf 3: Krabicový graf proměnné úspěšnost mezi všemi verzemi hry Střelnice



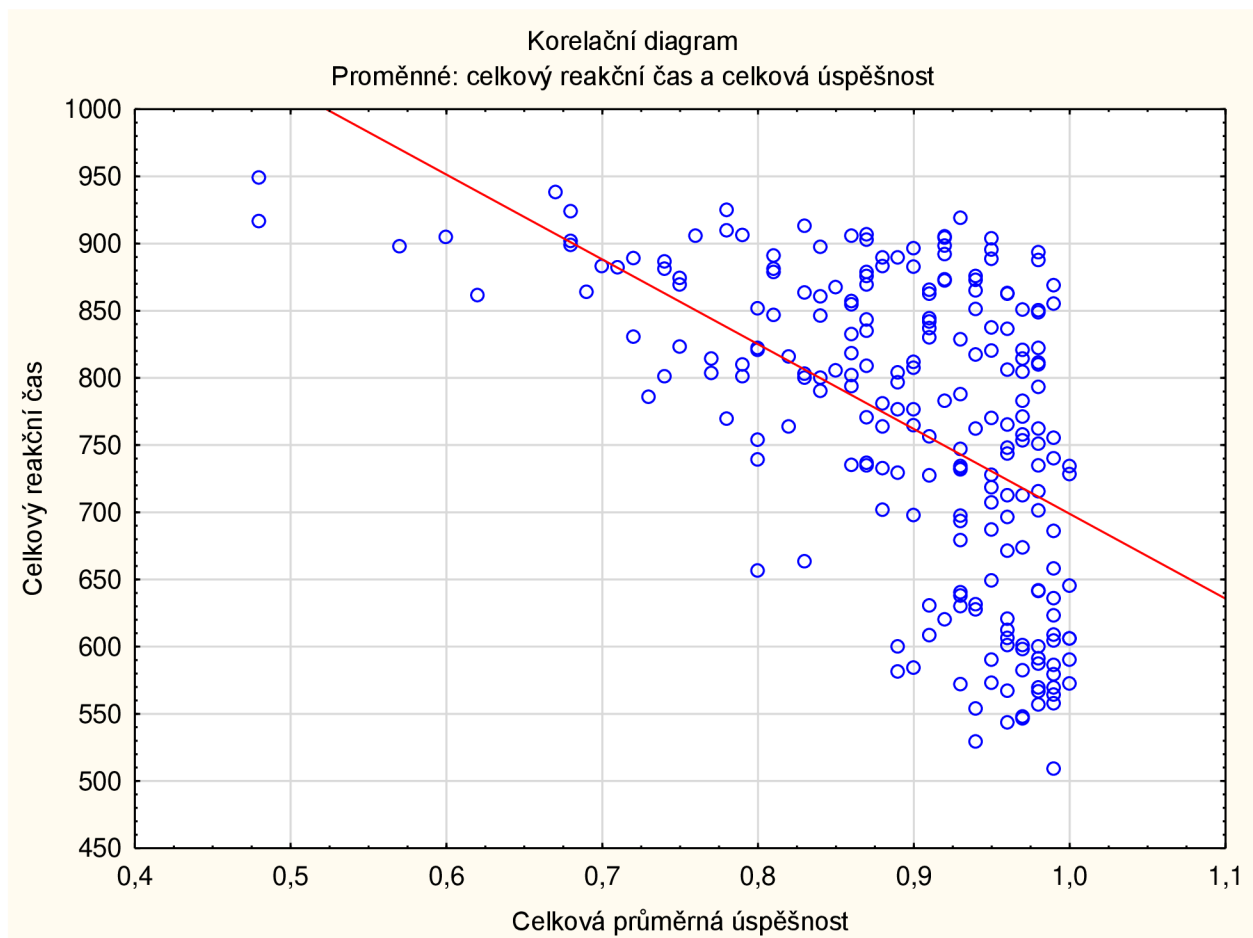
Vysvětlivky: L_plna_viditelnost,json = verze souše s okamžitou plnou viditelností podnětu (PV), L_sous_stat,json = verze souš (S), L_voda_stat,json = verze vody bez pohybu (V), L_pohyb = verze vody s pohybem (P)

Kromě analýzy jednotlivých verzí hry Střelnice jsme zformulovali jednostrannou hypotézu o souvislosti, a to konkrétně mezi faktorem reakční čas a faktorem dosažená úspěšnost, přičemž jsme očekávali signifikantní negativní vztah. Hypotéza byla testována na datech v rámci **verze „souš“**, jelikož hra Střelnice byla primárně programována na tuto verzi jako základní (Voda, Pohyb a Plná viditelnost jsou pouze doplňkovými verzemi, které mohou být pak pro případný trénink kognitivních funkcí také k dispozici a určitým zpestřením. Jelikož se pro účely tréninku bude využívat primárně verze Souše, budeme se této verzi věnovat nejen u hypotézy H4, ale i v dalších analýzách. K otestování hypotézy H4 byl použit Spearmanův korelační koeficient.

H4: Faktor reakční čas bude statisticky významně negativně korelovat s faktorem dosažené úspěšnosti v úloze Střelnice ve variantě S

Hodnota Spearmanova korelačního koeficientu byla $R = -0,61$ při p -hodnotě $< 0,001$. Nalezený byl tedy silný negativní vztah na velmi vysoce signifikantní hladině statistické významnosti. **Jednostrannou alternativní H4 přijímáme.** Níže přikládáme korelační diagram.

Graf 4: Korelační diagram mezi proměnnými celkový reakční čas a celková úspěšnost u Střelnice ve variantě souš



7.1.2 Vztah výkonu v Go/Nogo úloze Střelnice a Go/Nogo testu PEBL

V rámci této podkapitoly představíme a otestujeme hypotézy o souvislosti H4a a H4b. Vzhledem ke koncipaci Go/Nogo testu baterie PEBL a následně i hry Střelnice budeme v následujících analýzách posuzovat vztah faktorů reakční čas probandů na Go podněty a dosažené úspěšnosti pouze mezi daty ze Střelnice a z první úrovně Go/Nogo testu z baterie PEBL (tedy nikoliv z úrovně druhé). Parametry Střelnice byly nastavovány k co největší

analogii parametrů právě první úrovně Go/Nogo testu z baterie PEBL (viz kapitola 5.2.2), který je zaměřený více na měření faktoru impulzivity spíše než pozornosti. K otestování následujících hypotéz jsme využili Spearmanův korelační koeficient. Připomínáme, že nyní se budeme věnovat porovnání výsledků Go/Nogo testu z baterie PEBL a výsledků z verze Souš ve hře Střelnice. Jak již bylo výše řečeno, pro další účely využití této hry bude používána primárně tato verze. Mimo to probandům vyhovovala více, než verze Voda, kde pro ně bylo vzhledem k modrému pozadí a šedým podnětům těžké jednotlivé podněty rozeznávat. Ve verzi Souš byly podněty více kontrastní.

H5a: Výkon v úloze Střelnice (varianta souš) bude v proměnné Go reakční čas statisticky významně pozitivně korelovat s výkonem ve standardním Go/Nogo testu neuropsychologické baterie PEBL

Po otestování této jednostranné hypotézy ukázal Spearmanův korelační koeficient hodnotu $R=0,40$ při jednostranné p-hodnotě $<0,01$. Mezi sledovanými faktory byl tedy nalezen středně silný pozitivní vztah na vysoce signifikantní hladině statistické významnosti. **Alternativní hypotézu H5a přijímáme.**

H5b: Výkon v úloze Střelnice (varianta souš) bude v proměnné dosažené Nogo úspěšnosti statisticky významně pozitivně korelovat s výkonem ve standardním Go/Nogo testu neuropsychologické baterie PEBL

K otestování této jednostranné hypotézy jsme opět využili Spearmanův korelační koeficient. Jeho hodnota byla $R=0,31$ při jednostranné p-hodnotě $<0,05$. Mezi proměnnými byl tedy odhalen středně silný pozitivní vztah na signifikantní hladině statistické významnosti. **Alternativní hypotézu H5b přijímáme.** Níže může čtenář vidět souhrnnou tabulku 3, kde můžeme vidět data přehledně.

H5c: Výkon v úloze Střelnice (varianta souš) bude v proměnné dosažené celkové úspěšnosti statisticky významně pozitivně korelovat s výkonem ve standardním Go/Nogo testu neuropsychologické baterie PEBL

Spearmanův korelační koeficient ukázal u této jednostranné hypotézy hodnotu $0,04$ při p-hodnotě $0,78$. **Alternativní hypotézu H5c zamítáme.**

Tabulka 3: Korelační koeficienty proměnných ve hře Střelnice (verze souš) a Go/Nogo testu z PEBL

Proměnné	n	Spearmanovo R	t(n-2)	p-hodnota
sRT & pRT (ms)	55	0,40	3,18	<0,01**
sÚsp1. & pÚsp1. (%)	55	0,31	2,34	<0,05*
sÚsp2. & pÚsp2. (%)	55	0,04	0,28	0,78

Vysvětlivky: sRT = reakční čas na Go podněty ve Střelnici, pRT = reakční čas na Go podněty v Go/Nogo v PEBL, sÚsp1. = Nogo úspěšnost ve Střelnici, pÚsp1. = Nogo úspěšnost v Go/Nogo v PEBL, sÚsp2. = celková úspěšnost ve Střelnici, pÚsp2. = celková úspěšnost v Go/Nogo v PEBL

7.1.3 Vztah výkonu ve hře Střelnice a dalších proměnných

Následujícími hypotézami H6a-H6b jsme testovali vztah mezi sebezpozovací Barratovou škálou impulzivitu a proměnnými reakčního času na Go podněty, Nogo úspěšnosti a celkové úspěšnosti ve Hře Střelnice. Připomínáme, že v rámci dat ze hry Střelnice analyzujeme pouze verzi Souš.

H6a: Výkon v úloze Střelnice (varianta souš) bude v proměnné reakční čas na Go podněty statisticky významně pozitivně korelovat se celkovým skórem dosaženým v sebezpozovací škále BIS.

H6b: Výkon v úloze Střelnice (varianta souš) bude v proměnné dosažené Nogo úspěšnosti statisticky významně negativně korelovat se celkovým skórem dosaženým v sebezpozovací škále BIS.

H6c: Výkon v úloze Střelnice (varianta souš) bude v proměnné celkové úspěšnosti statisticky významně negativně korelovat se celkovým skórem dosaženým v sebezpozovací škále BIS.

Ani jedna z hypotéz H6a – H6c nebyla Spearmanovým korelačním koeficientem potvrzena. Nalezené souvislosti byly velmi slabé a statisticky nevýznamné. Detailnější vícefaktorové analýzy tedy nebudeme využívat. Nižší přehlídáme přehledovou tabulu 4. **Alternativní hypotézy H6a – H6c zamítáme.**

Tabulka 4: Korelační koeficienty proměnných ve hře Střelnice (verze souš) a škálou BIS

Proměnné	n	Spearmanovo R	t(n-2)	p-hodnota
sRT (ms) & BIStotal	56	-0,13	-0,97	0,33
sÚsp1. (%) & BIStotal	56	-0,13	-0,96	0,34
sÚsp2. & BIStotal	56	0,05	0,42	0,68

Vysvětlivky: sRT = reakční čas na Go podněty ve Střelnici, BIStotal = celkové skóre na škále BIS, sÚsp1. = Nogo úspěšnost ve Střelnici, sÚsp2. = celková úspěšnost ve Střelnici

Následujícími hypotézami H7 a H8 jsme se snažili zjistit vliv vybraných proměnných na výkony ve hře Střelnice (konkrétně na celkovou úspěšnost a reakční čas). K výpočtům byla využita vícenásobná logistická regrese.

H7: Výkon ve standardních testech pozornosti a psychomotorického tempa a sebeposuzovacího dotazníku impulzivity (PCPT, TMT BIS) bude predikovat výkon v proměnné celková dosažená úspěšnost v úloze Střelnice (varianta souš)

Výsledky vícenásobné lineární regrese ukazují, že stanoveným modelem jsme schopni vysvětlit 28 % závislé proměnné, tedy celkové úspěšnosti dosažené ve hře Střelnice. Přesné statistické hodnoty jsou $R^2 = 0,28$; $F = 2,32$ při p-hodnotě 0,053. Dle uvedené p-hodnoty může čtenář odvodit, že celkový model bohužel těsně nenabývá statistické významnosti.

Jako dva statisticky významné prediktory byly identifikovány proměnná věk ($F = 4,74$; p-hodnota $< 0,05$) a proměnná reakční čas v testu PCPT ($F = 4,83$, p-hodnota $< 0,05$). Ostatní regresory se neukázaly být v rámci tohoto modelu statisticky významné. Vzhledem k tomu, že jsme celkovým modelem nedosáhly statistické významnosti, **hypotézu H7 zamítáme**. Přesné výsledky čtenář může vidět níže v tabulce 5.

Tabulka 5: Model vícenásobné regresní analýzy k predikci celkové úspěšnost ve hře Střelnice (verze souš)

Model	Koeficient	Stand. chyba	Stand. Koeficient β
Konstanta	0,957		
Pohlaví	0,047	0,145	0,293
Věk	0,003	0,149	0,325*
TMT A (čas)	-0,001	0,162	-0,112
PCPT reakční čas	-0,001	0,170	0,375*
PCPT detektabilita	0,021	0,154	0,237
BIS celkové	0,001	0,147	0,155

Vysvětlivky: *=statistická signifikance

H8: Výkon ve standardních testech pozornosti a psychomotorického tempa a sebezpozování dotazníku impulzivitu (PCPT, TMT BIS) bude predikovat výkon v proměnné reakční čas v úloze Střelnice (varianta souš)

Tato hypotéza byla opět testována za použití vícenásobné regresní analýzy. Tentokrát jsme dle výsledků schopni našim modelem vysvětlit 37 % variability proměnné reakční čas ve hře Střelnice. Tentokrát se model ukázal jako vysoce statisticky signifikantní: $R^2 = 0,37$, $F = 3,53$ při p -hodnotě $< 0,01$.

Jako statisticky významný regresor se ukázala proměnná reakční čas v testu PCPT ($F = 5,20$, p -hodnota $< 0,05$). Vzhledem k tomu, že náš model byl statisticky vysoce signifikantní, **hypotézu H8 přijímáme**. Tabulka 6 níže ukazuje přehledově výsledky vícenásobné regrese.

Tabulka 6: Model vícenásobné regresní analýzy k predikci reakčního času ve hře Střelnice (verze souš)

Model	Koeficient	Stand. chyba	Stand. Koeficient β
Konstanta	589,836		
Pohlaví	-29,738	0,136	-0,232
Věk	-0,242	0,140	-0,030
TMT A (čas)	1,906	0,151	0,291
PCPT reakční čas	0,544	0,160	0,364*
PCPT detektabilita	4,789	0,143	0,066
BIS celkové	-0,048	0,138	-0,012

Vysvětlivky: *=statistická signifikance

8 DISKUZE

Ústředním tématem diplomové práce je schopnost inhibiční kontroly. Výzkumy dokazují, že narušení této schopnosti doprovází široké spektrum psychiatrických či neurologických poruch od OCD (např. Sánchesová-Kuhnová et al., 2017) přes poruchy afektivní (např. Goeleven et al., 2006), poruchy příjmu potravy (Claesová et al., 2013), závislosti (např. Lawrence et al., 2009) až po neurodegenerativní onemocnění jako jsou například demence (např. O'Callaghanová et al., 2013). Ačkoliv rozsah deficitu inhibiční kontroly a možnosti remediace jsou u různých poruch i jednotlivých pacientů velmi individuální, některé výzkumy zaměřené právě na téma tréninku či remediace schopnosti inhibiční kontroly ukazují pozitivní vlivy těchto programů (Meyerová et al., 2020). Vzhledem k rozsáhlosti studie si dovolueme diskuzi pro větší přehlednost rozdělit do 2 částí, a to shrnutí studie a nálezů, limitace práce a možné podněty pro budoucí výzkum.

Shrnutí studie a nálezů

Tato práce vznikla právě pro účely budoucího využití nové tréninkové Go/Nogo úlohy Střelnice k remedičním a tréninkovým programům, ať již jako metoda pro deficitní jedince nebo pro využití v rámci populace zdravě stárnoucích seniorů. Střelnice je jen jednou součástí projektu Virtuální město, který obsahuje baterii různě zaměřených úloh pro nácvik činností a dovedností jedinců v co možná nejvíce ekologicky validním prostředí.

Hlavním cílem této práce bylo přinést důkazy o kriteriální validitě Go/Nogo hry Střelnice, a to za pomoci porovnání výsledků s již existujícím Go/Nogo testem neuropsychologické baterie PEBL, podle jehož parametrů byly nastavovány parametry Střelnice tak, aby se obě metody co možná nejvíce vzájemně v těchto měřítkách podobaly.

Střelnice byla původně programována pro jednu základní verzi prostředí, a to „souše“. Ačkoliv je tato verze i námi dále považována za základní a výchozí, rozhodli jsme se v rámci této studie zapojit a následně analýzami porovnat několik jejích variant, a to varianty prostředí „voda“, „voda s pohybem“ a „souš s okamžitou plnou viditelností podnětu“. Důvodem několika verzí Střelnice je možnost zpestření tréninkového programu a i případné vytipování případných nedostatků či možností zlepšení jednotlivých verzí na základě jejich porovnání.

V první řadě analýzy jednotlivých variant úlohy Střelnice nepotvrdily naši hypotézu o tom, že při zachování všech parametrů se nebudou výkony mezi základním prostředím „souše“ a prostředím „vody“ vzájemně lišit. K analýze byl použit Mannův-Whitneyův U test. Výkony se v těchto verzích vzájemně signifikantně lišily v obou analyzovaných proměnných, a to v proměnné celkové úspěšnosti ($Z=5,16$, $p\text{-hodnota}<0,001$) i reakčního času ($Z=1,63$, $p\text{-hodnota}<0,05$). V obou případech vykazovali probandi signifikantně lepší výsledky u verze „souš“, tedy vyšší celkovou úspěšnost, ale i rychlejší reakční časy. Tento poznatek bychom mohli vysvětlit z pozorování a poznámek probandů během administrace, kdy probandi u verze „vody“ zmiňovali, že se jim vzhledem k větší informitě prostředí (modré pozadí a šedé Go/Nogo podněty) hůře rozeznávali podněty, než ve variantě souše, kde byl zachován mnohem větší kontrast zeleného prostředí a šedých podnětů. Podrobnější analýza ukázala, že probandi dosahovali ve verzi souše významně vyšší Go úspěšnosti ($Z=5,15$, $p\text{-hodnota}<0,001$) i Nogo úspěšnosti ($Z=2,70$, $p\text{-hodnota}<0,01$).

Dále jsme Mannovým-Whitneyovým U testem neobjevili mezi prostředím vody bez pohybu a vody s pohybem v proměnné celkové úspěšnosti ani reakčního času signifikantní rozdíl ve výkonech. Naší otázkou je, zda bychom stejný výstup našli v momentě, kdybych Střelnici administrovali v prostředí virtuální reality. Probandi totiž u administrace prostředí voda s pohybem často poukazovali, že pohyb prostředí v desktopové variantě vnímali jako velmi jemný a příliš jim neodváděl pozornost a rozdílnost mezi prostředím voda s pohybem a voda bez pohybu pro ně nebyla příliš výrazná. Zmiňujeme však, že ve verzi voda s pohybem (průměr=805,65) vykazovali probandi průměrný nižší celkový reakční čas, než ve verzi voda bez pohybu (průměr=830,79), ikdyž rozdíl nebyl zaznamenán jako signifikantní ($Z=1,71$, $p\text{-hodnota}=0,09$). Tento efekt mohl být nakonec přeci jen způsobený tím, že pohyb prostředí nutil probandy k vyšší míře soustředěnosti, ikdyž byl vnímán jen jako velmi nevýrazný.

Statistickou analýzou rozdílů mezi variantami souš a souš s okamžitou plnou viditelností podnětu jsme dle očekávání za použití Mannova-Whitneova U testu odhalili vysoce signifikantní rozdíl v proměnné celkového reakčního času, přičemž rychlejší rekační časy vykazovali probandi u verze s okamžitou plnou viditelností podnětu ($Z=8,99$, $p\text{-hodnota} < 0,001$). Hypotéza byla zformulována na základě předpokladu, že pokud se podnět objeví okamžitě se 100% viditelností (nebude se postupně vynořovat z prostředí), budou na něj probandi automaticky reagovat rychleji a nebudou mít tendence „čekat“ na vynoření podnětu do části, než ho budou moci s jistotou rozeznat. Mannův Whitneyův U-test ukázal statisticky signifikantní rozdíl také u proměnné celkové úspěšnosti, přičemž vyšší úspěšnosti dosahovali

probandi u verze s okamžitou plnou viditelností podnětu ($Z=2,91$, p -hodnota $<0,05$). Detailnější analýzy ukázaly, že celkově vyšší signifikantní úspěšnost se projevila na základě úspěšnosti v reakcích na Go podněty ($Z= -5,96$, při p -hodnotě $< 0,001$), tedy probandi vykazovali ve verzi s okamžitou plnou viditelností podnětu v průměru méně chyb z opomenutí či opožděných reakcí. Možným argumentem může být, že ačkoliv byl celkový čas na reakci na podněty u obou variant stejný, je možné, že změna v okamžitou plnou 100% viditelnost podnětu při jeho prezentaci zapříčinila, že se probandi udrželi po celou dobu administrace této varianty na bdělejší úrovni, více se tak soustředili na prezentované podněty a méně kolísala jejich pozornost.

Posledním zjištěním v rámci analýz výsledků hry Střelnice v rámci této studie byl nalezený vztah mezi 2 hlavními sledovanými proměnnými. Pomocí Spearmanova korelačního koeficientu se povedlo potvrdit hypotézu o velmi vysoce signifikantním negativním vztahu mezi proměnnou úspěšnosti a reakčního času ($R= -0,61$ při p -hodnotě $<0,001$). Tato analýza stejně jako všechny následující byly provedeny již jen na datech získaných ze základní varianty nastavení, tedy souše. Podobné výsledky ukazují i jiné dosavadní výzkumy aplikované na zdravé populaci (Head & Helton, 2013; Van Dyke & Fillmore; 2014), ale i výzkumy zaměřující se na probandy s patologiemi (např. závislosti, poruchy osobnosti) (Hamilton et al., 2015; Lawrence a kol., 2009; Mortensen, 2010).

Druhou analyzovanou oblastí bylo nalazení souvislostí výkonu dosaženého ve Střelnici a výkonu dosaženého v Go/Nogo testu z neuropsychologické baterie PEBL. Tato část statisticko-matematických analýz nám měla ukázat na kriteriální validitu Střelnice – tedy zda Střelnici skutečně můžeme považovat za tréninkovou metodu založenou na podobných principech jako Go/Nogo testy a zda se jí zaměřujeme na procesy inhibiční kontroly. Vzhledem k tomu, že parametry úlohy Střelnice byly cíleně nastaveny tak, aby se jednalo o Go/Nogo test zaměřený na zjišťování schopnosti inhibiční kontroly skrze vyvolání prepotentní motorické aktivity u jedince (Wessel, 2017), nezahrnovali jsme primárně do těchto analýz již celkové výkony, ale zajímali nás více proměnné reakční čas na Go podněty a Nogo úspěšnost (tedy úspěšnost, kdy byla odpověď na Nogo podnět úspěšně inhibována). Za použití Spearmanova korelačního koeficientu jsme potvrdili statisticky vysoce signifikantní středně silnou pozitivní korelaci proměnné reakčního času na Go podněty u úlohy Střelnice a Go/Nogo testu z baterie PEBL ($R=0,40$, p -hodnota $<0,01$). Dále jsme našli signifikantní středně silný pozitivní vztah u proměnné Nogo úspěšnosti ($R=0,31$, p -hodnota $<0,05$). Tato zjištění jsou stěžejní pro tuto studii, neboť jsou jakýmsi dokladem toho, že tréninková hra Střelnice funguje na obdobném

principu jako Go/Nogo test z neuropsychologické baterie PEBL. Když přihlídneme k faktu, že povaha Go a Nogo podnětů mezi Střelnicí (obrázkové podněty) a Go/Nogo testem z baterie PEBL (písmena) a stejně tak komplexita byla poměrně rozdílná, považujeme prokázané korelace na signifikantních úrovních pro využití tréninkové úlohy Střelnice jako dostatečně silné. Pokud jsme zkorelovali proměnnou celkovou úspěšnost, tak se nám nepodařilo potvrdit signifikantní vztah ($R=0,04$, $p\text{-hodnota}=0,78$). Tento fakt nás však v rámci výsledných analýz tolik netrápí, jelikož nám šlo především o korelaci Nogo úspěšnosti, tedy úspěšnosti primárně související s vyvoláním prepotentní motorické aktivity (Nieuwenhuis et al., 2003; Wessel, 2017).

Dále jsme předpokládali nalezení signifikantního vztahu výkonu ve Střelnici a skórem dosaženým v Barratově škále impulzivity (BIS) (Hess, Menezes & de Almeida, 2018). Na základě našich dat a analýz se nám však nepodařilo nalézt žádné signifikantní korelace, a to s ani jednou z analyzovaných proměnných - Go reakční čas ($R= -0,13$, $p\text{-hodnota}=0,33$), Nogo úspěšnost ($R= -0,13$, $p\text{-hodnota}=0,34$), celková úspěšnost ($R=0,05$, $p\text{-hodnota}=0,68$). Podobně rozporuplné výsledky byly prezentovány i v jiných výzkumech mimo jiné i u klinických populací (Butler & Montgomery, 2005, Claesová, 2006; Van Dyke & Fillmore, 2014). Jak uvádí Linhartová a Kašpárek (2017), oproti behaviorálním testům mohou sebeposuzovací škály podléhat mnohem více zkreslení vzniklém na základě subjektivního vnímání a reflexe vlastního jednání. Další problematickou oblastí dle autorů je, že oproti behaviorálním testům jsou sebeposuzovací dotazníky impulzivity zaměřené na mnohem širší kontext každodenního života a oproti behaviorálním testům jsou naopak méně zasaženy situačními proměnnými v době administrace.

Poslední dvě hypotézy byly sestaveny na základě poznatků sepsaných v rámci teoretické části, že výkony v testech inhibiční kontroly mohou být do značné míry predikované proměnnými jako schopnost dlouhodobě udržet pozornost, rychlost psychomotorického tempa, rozeznávací schopnosti, samozřejmě úroveň impulzivity a mimo jiné i například věk (Albuquerque et al. 2019; Butler & Montgomery, 2005; Morand-Beaulieu, 2017). Do obou modelů vícenásobné regresní analýzy jsme proto zahrnuli 2 faktory z testu CPT, a to reakční čas a detektabilitu (subjektivní diskriminační schopnost a hodnota, která zastřešuje Go a Nogo úspěšnost). Dále jsme zahrnuli proměnnou čas v testu TMT ve verzi A (verzi B jsme nezahrnovali, jelikož v té se zaměřujeme již na proměnnou distribuce pozornosti, která pro tento výzkum není stěžejní) a pro komplexnost modelu i celkový skór z BIS (Barratovy škály impulzivity), věk a pohlaví. U modelu vysvětlujícího dosaženou celkovou úspěšnost v úloze

Střelnice se ukázaly jako statisticky signifikantní 2 prediktory, a to reakční čas v PCPT ($F = 4,83$, p -hodnota $< 0,05$) a faktor věku ($F=4,74$, p -hodnota $<0,05$). Všeobecný pokles výkonu v inhibiční kontrole v návaznosti dalších kognitivních funkcích v závislosti na věku deklarovali např. Zacks a kolektiv (2000). Naopak faktor, který by měl určovat úroveň psychomotorického tempa, tedy čas z TMT A, se neukázal jako signifikantní prediktor. Ačkoliv se v rámci prediktorů ukázaly reakční čas v PCPT a věk jako signifikantní, u celkového modelu se statistickou signifikanci pomocí vícenásobné regresní analýzy nepodařilo prokázat ($R^2 = 0,28$; $F = 2,32$, p -hodnota= $0,053$) Do druhého modelu, kterým jsme se pokusili vysvětlit proměnnou reakčního času ve Střelnici, byly zahrnuty stejné prediktory jako u modelu předcházejícího. Tentokrát se náš model celkově ukázal jako statisticky signifikantní ($R^2 = 0,37$; $F = 3,53$, p -hodnota $<0,01$). Hlubší analýza vlivu jednotlivých prediktorů však prokázala signifikantní vliv pouze u proměnné reakčního času v PCPT ($F = 5,20$, p -hodnota $< 0,05$). Naopak věk se neukázal jako signifikantní prediktor, což je v rozporu s některými proběhlými studiemi (Hasher & Zacks, 1988; Maillet, Yu, Hasher & Grady, 2020; May & Hasher, 1998). Tento fakt bychom mohli vysvětlit tím, že věkový rozsah výběrového souboru nebyl dostatečně velký natolik, aby se vliv věku na reakčním čase projevil (maximální možný věk probanda byl 45 let). Oba vysvětlované faktory (celková úspěšnost a reakční čas) se tedy jeví jako nezávislé na psychomotorickém tempu zjišťovaném pomocí TMT a úrovni detekability měřené pomocí PCPT.

Limitace a podněty pro budoucí výzkum

V rámci této práce bychom představili i možné limitace výzkumného šetření. Ačkoliv úloha Střelnice byla původně navržena pro imerzní zobrazení, v rámci tohoto výzkumu byla použita v desktopové variantě. Hlavním důvodem byla jednoduchá přenositelnost zařízení a méně komplikované zapojení a spuštění úlohy. Vzhledem k tomu, že bylo nutné, aby administrace probíhala osobně, nebylo vzhledem k současně probíhající pandemii možné vždy administrovat testy ve výzkumném či zdravotnickém zařízení, což je i Národní ústav duševního zdraví. Sběr dat pomocí desktopové varianty byl přijatelnější i pro autorku práce, jelikož si mohla harmonogram testování probandů organizovat a určovat sama bez ohledu na obsazenost zařízení či místností. Naším námětem pro další výzkum je možnost srovnání získaných dat v desktopové variantě a s variantou ve virtuální realitě. Testování v imerzním zobrazení by přispělo k vyšší ekologické validitě úlohy a většímu „vtáhnutí“ probanda do komplexního obohaceného prostředí. Zároveň by mohly více vyniknout určité aspekty úlohy (např. pohyb vody v jedné z variant úlohy).

V rámci administrace neprobíhal sběr veškerých dat osobně, ale jak bylo řečeno v praktické části práce, demografický dotazník, dotazník laterality a především sebezposuzovací škála impulzivity (BIS) byly probandům zasílány k vyplnění minimálně 24 hodin před osobní administrací zbývajících testů. Nebyly tak zajištěny 100% standardizované podmínky sběru dat a v rámci vyplnění sebezposuzovacího dotazníku zaměřeného na impulzivitu mohly sehrát určitou roli situační faktory (spěch, hluk, nálada, ...).

Jako další limit zmiňujeme nutnost využití neparametrické statistiky, jelikož většina proměnných nevykazovala normální rozdělení pravděpodobnosti. I přes tento fakt jsme se však rozhodli využít vícefaktorovou regresní analýzu, jejíž výsledky tedy mohly být typem rozdělení pravděpodobnosti proměnných ovlivněny (především u proměnné úspěšnosti, kde bylo evidentní zešíknění). Je možné, že by se normálnímu rozdělení pravděpodobnosti dalo přiblížit, pokud by byla data sebrána na větším souboru osob.

Ačkoliv jsme parametry úlohy Střelnice nastavovali tak, aby byly co nejvíce analogické k parametrům Go/Nogo testu z baterie PEBL, možným nedostatkem může být porovnávání 2 na první pohled odlišných Go/Nogo úloh. U Střelnice totiž pracujeme s obrázkovými stimuly a u Go/Nogo test z baterie PEBL s písmeny jako stimuly. Některé výzkumy ukazují, že písmena mohou být hendikepujícím faktorem pro osoby s poruchou učení (např. s dyslexií), jelikož těmto lidem pak může trvat delší dobu, než dané písmeno rozeznají (Sela et al., 2012). Snažili jsme se proto tomuto jevu předejít a v demografickém dotazníku a následně i před samotnou osobní administrací se autorka probandů vždy ptala na případnou diagnostikovanou poruchu učení nebo jinou psychiatrickou či neurologickou diagnózu.

9 SOUHRN

V této práci jsme se zaměřovali především na konstrukt inhibiční kontroly jako exekutivní funkce, jejíž deficit často bývá jedním z provázejících negativních následků u mnoho psychiatrických a neurologických diagnóz. Tato práce vznikla pro účel ověření kriteriální validity nové tréninkové úlohy Střelnice, která byla vyvinuta primárně pro účely tréninku a remediace deficitu inhibiční kontroly a je založena na principech Go/Nogo testů.

Teoretickou část jsme rozdělili do 2 hlavních kapitol, přičemž v první z nich se věnujeme inhibiční kontrole jako takové a v druhé velké kapitole se poté zaměřujeme psychopatologii inhibiční kontroly a jejímu narušení. Vzhledem ke komplexnosti problematiky je každá z těchto 2 kapitol dále rozdělena na menší podkapitoly.

V rámci první velké kapitoly se nejprve věnujeme inhibiční kontrole jako teoretickému konstrukt a pokoušíme se o její vymezení. Rešerše literatury k tomuto tématu byla poněkud náročná, neboť oblast inhibiční kontroly je velmi obsáhlá a existuje zde více úhlů pohledu od různých autorů. Následně bylo potřeba věnovat se neuropsychologickým aspektům inhibiční kontroly, neboť jsou jedním ze základních bodů, kterým je potřeba porozumět pro komplexní pochopení problematiky. Jak již bylo řečeno, na téma inhibiční kontroly existuje mnoho názorů, tudíž dalším krokem v teoretické části bylo vymezení několika nejčastěji používaných a uznávaných paradigmat a vysvětlení jejich principů a terminologie. Pro uvedení čtenáře do problematiky bylo dále potřeba vymezit a definovat také základní faktory na straně jedince, které mohou schopnost inhibiční kontroly v určitém směru ovlivňovat a doložit tyto vlivy proběhlými výzkumy.

V druhé velké kapitole teoretické části se pak věnujeme již oblasti narušení schopnosti inhibiční kontroly a souvisejícím psychopatologiím. Tato kapitola byla zařazena z důvodu, že úloha Střelnice je určena pro remediaci deficitu inhibiční kontroly právě u jedinců, kteří mají tuto schopnost v důsledku diagnózy narušenou. V první části kapitoly se věnujeme jednotlivým psychiatrickým a neurologickým diagnózám, kde se snažíme na základě proběhlých výzkumných šetření a dat nastínit čtenáři představu o deficitu inhibiční kontroly u prezentovaných spektrech poruch a diagnóz. Nedílnou součástí je podkapitola o využití testů inhibiční kontroly, přičemž bychom rádi zmínili především podkapitolu 2.2.4, kde se věnujeme oblasti tréninku schopnosti inhibiční kontroly na základě úloh, které byly sestaveny na základě testových paradigmat.

V rámci praktické části této práce jsme si nejprve definovali výzkumný problém, následně výzkumné cíle a na základě rešerše literatury a poznatků z teoretické části práce jsme sestavili hypotézy. Dohromady jsme v rámci této práce definovali 4 cíle (1 hlavní a 3 dílčí) a 15 hypotéz. V kapitole nazvané jako Metodologie výzkumu jsme se nejprve zaměřili na popis výběrového souboru a prezentaci důležitých proměnných jako je počet probandů, pohlaví, věkové rozložení či vzdělání. Dále jsme se zaměřili na popis a prezentaci použité metodiky. Celkovou testovou baterii tvořily kromě úlohy Střelnice celkem 3 výkonové testy, a to PCPT (Mueller & Piper, 2014) Go/Nogo test z neuropsychologické baterie PEBL (Mueller & Piper, 2014), a Test cesty (Preiss, Preiss & Panamá, 1995). Dále byla součástí Barrattova sebeuposuzovací škála impulzivity (Linhartová et al., 2017; Patton, Stanford & Barratt, 1995), demografický dotazník a Edinburský dotazník laterality. Po celou dobu výzkumu byly dodržovány etické principy, přičemž se odkazujeme na kapitolu Etické hledisko.

Před samotným zahájením testování hypotéz na základě statisticko-matematických analýz, bylo potřeba ověřit, zda měřené proměnné vykazují normální rozdělení pravděpodobnosti či nikoliv. Vzhledem k tomu, že Shapiro-Wilkův test normalitu neprokázal, rozhodli jsme se k analýzám použít neparametrické statistické metody.

Mannův-Whitneův U test nám ukázal, že ve Střelnici probandi dosahovali signifikantně vyšší celkové úspěšnosti ve variantě souš (dále jen S), než ve variantě voda (dále jen V). Signifikantní rozdíl byl za pomoci podrobnější analýzy zaznamenán jak u Nogo úspěšnosti, tak u Go úspěšnosti. Dále se oproti očekávání nepotvrdil rozdíl v proměnné celkové úspěšnosti ani reakčním čase mezi variantou V a variantou voda s pohybem (dále jen P). Naopak v obou proměnných jsme odhalili signifikantní rozdíl mezi variantou S a variantou souše s okamžitou plnou viditelností podnětu (dále jen PV), přičemž ve variantě PV vykazovali probandi rychlejší reakční časy, ale i vyšší celkovou úspěšnost. Podrobnější analýza ukázala, že rozdíl se signifikantně projevil u proměnné Go úspěšnosti. Dále se za využití Spearmannova korelačního koeficientu podařilo najít signifikantní silnou negativní korelaci mezi celkovou úspěšností a reakčním časem. Tato analýza stejně jako všechny následující byly provedeny již jen na datech získaných z varianty S jako základního nastavení.

Pro splnění hlavního cíle této práce byly stěžejní analýzy vztahů proměnných úspěšnosti a reakčního času dosaženého v úloze Střelnice a v Go/Nogo testu z neuropsychologické baterie PEBL. Pomocí Spearmannova korelačního koeficientu byl dále objeven signifikantní středně silný pozitivní vztah v proměnné reakční čas na Go podněty a stejně tak byl nalezen signifikantní středně silný pozitivní vztah v proměnné Nogo úspěšnosti. Signifikantní souvislost

proměnné celkové úspěšnosti se nám pomocí Spearmannova korelačního koeficientu nepodařilo dokázat. Stejně tak se neobjevil žádný významný vztah v provedených korelačních analýzách mezi výkonem ve Střelnice a celkovým skórem v Barrattově sebeposuzovací škále impulzivity.

K otestování posledních 2 hypotéz jsme využili vícenásobnou regresní analýzu. Do obou modelů jsme zahrnuli faktory: reakční čas PCPT, detektabilita PCPT, čas TMT A, celkový skór BIS, věk a pohlaví. Nejprve jsme se pokoušeli danými prediktory vysvětlit variabilitu proměnné celkové úspěšnosti dosažené v úloze Střelnice. Model se neukázal jako statisticky signifikantní, ale analýza ukázala na 2 významné prediktory, a to reakční čas PCPT a věk. Druhou hypotézou jsme testovali vliv prediktorů na proměnnou reakční čas v úloze Střelnice. Tentokrát se model ukázal jako statisticky signifikantní, přičemž významným faktorem byl tentokrát pouze reakční čas PCPT.

10 ZÁVĚR

V rámci této studie, která je primárně zaměřena na zjištění kriteriální validity nové tréninkové Go/Nogo úlohy Střelnice a jejích souvislostí s jinými neuropsychologickými a standardními testy, se nám podařilo nalézt několik významných zjištění.

Prvním důležitým zjištěním v rámci analýz nové Go/Nogo úlohy Střelnice bylo, že existují rozdíly ve výkonu mezi jednotlivými variantami. Konkrétně se ukázalo, ve srovnání varianty souše a vody, dosahují probandi vyšší celkové úspěšnosti ve variantě souše. Dále ve srovnání variant souše a souše s okamžitou plnou viditelností podnětu dosahují probandi vyšší celkové úspěšnosti a nižšího reakčního času u varianty souše s plnou viditelností podnětu. V rámci analýz výsledků v úloze Střelnice jsme také našli silný signifikantní negativní vztah celkové úspěšnosti a reakčního času. Tato analýza stejně jako všechny následující byly provedeny již jen na datech získaných z varianty souš jako základního nastavení.

Stěžejní je pro tuto práci potvrzení hypotézy o pozitivní souvislosti mezi výkonem podaným ve Střelnici a Go/Nogo testu z neuropsychologické baterie PEBL. Středně silná signifikantní korelace se ukázala jak v u proměnné reakčního času na Go podněty, tak u proměnné Nogo úspěšnosti.

Za využití vícenásobné regresní analýzy jsme odhalili reakční čas PCPT a věk jako 2 signifikantní prediktory proměnné celkové úspěšnosti v úloze Střelnice. Celkový model se však jako signifikantní neukázal. Naopak stejný model, kterým jsme se pokusili predikovat proměnnou reakční čas v úloze Střelnice se po provedení vícenásobné regresní analýzy ukázal jako statisticky významný. V rámci tohoto modelu se jako signifikantní prediktor ukázal reakční čas PCPT .

LITERATURA

- Albuquerque, M.R., Gonzaga, A. dos S., Greco, P.J., & da Costa, I.T. (2019). Association between inhibitory control and tactical performance under-15 soccer players. *Journal of Sport Psychology*, 28, 63-70. Retrieved from: <http://www.nucleofutebol.ufv.br/wp-content/uploads/210-Association-between-inhibitory-control-and-tactical-performance-of-under-15-soccer-playes.pdf>
- Alexander, P., Schlegel, A., Sinnott-Armstrong, W., Roskies, A. L., Wheatley, T., & Tse, P. U. (2016). Readiness potentials driven by non-motoric processes. *Consciousness and Cognition*, 39, 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.11.011>
- Anzman-Frasca, S., Francis, L. A., & Birch, L. L. (2015). Inhibitory control is associated with psychosocial, cognitive, and weight outcomes in a longitudinal sample of girls. *Translational Issues in Psychological Science*, 1, 203–216. doi:10.1037/tps0000028
- Araki, T., Kirihara, K., Koshiyama, D., Nagai, T., Tada, M., Fukuda, M., & Kasai, K. (2016). Intact neural activity during a Go/No-go task is associated with high global functioning in schizophrenia. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 70, 278–285. doi:10.1111/pcn.12389
- Ballard, J. C. (2001). Assessing Attention: Comparison of Response-Inhibition and Traditional Continuous Performance Tests. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology (Neuropsychology, Development and Cognition: Section A)*, 23, 331–350. doi: 10.1076/jcen.23.3.331.1188
- Bartholdy, S., Campbell, I. C., Schmidt, U., & O’Daly, O. G. (2016). Proactive inhibition: An element of inhibitory control in eating disorders. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 71, 1–6. doi:10.1016/j.neubiorev.2016.08.022
- Bartholdy, S., Rennalls, S. J., Jacques, C., Danby, H., Campbell, I. C., Schmidt, U., & O’Daly, O. G. (2017). Proactive and reactive inhibitory control in eating disorders. *Psychiatry Research*, 255, 432–440. doi:10.1016/j.psychres.2017.06.073
- Beaton, A. A., Kaack, I. H., & Corr, P. J. (2015). Handedness and behavioural inhibition system/behavioural activation system (BIS/BAS) scores: A replication and extension of Wright, Hardie, and Wilson (2009). *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 20, 585–603. doi:10.1080/1357650x.2015.1016530
- Beaton, A. A., Kaack, I. H., & Corr, P. J. (2015). Handedness and behavioural inhibition system/behavioural activation system (BIS/BAS) scores: A replication and extension of Wright, Hardie, and Wilson (2009). *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 20, 585–603. doi:10.1080/1357650x.2015.1016530
- Bialystok, E., Martin, M. M., & Viswanathan, M. (2005). Bilingualism across the lifespan: The rise and fall of inhibitory control. *International Journal of Bilingualism*, 9, 103–119. doi:10.1177/13670069050090010701

- Bonnet, A., & Hergueta, T. (2012). Parkinsonova choroba: rady pro nemocné a jejich blízké. Praha: Portál.
- Boucher, L., Viparina, B., & Collins W.M. (2020). Working Memory Load Selectively Influences Resonse Inhibition in a Stop Signal Task. *Psychological Reports*, 0, 1-14. doi: 10.1177/0033294120928271
- Butler, G. K. L., & Montgomery, A. M. J. (2005). Subjective self-control and behavioural impulsivity coexist in anorexia nervosa. *Eating Behaviors*, 6, 221–227. doi:10.1016/j.eatbeh.2004.11.002
- Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults: The HAROLD model. *Psychology and Aging*, 17, 85–100. doi:10.1037/0882-7974.17.1.85
- Cabeza, R., Grady, C. L., Nyberg, L., McIntosh, A. R., Tulving, E., Kapur, S., et al. (1997). Age-related differences in neural activity during memory encoding and retrieval: A positron emission tomography study. *Journal of Neuroscience*, 17, 391–400. doi:10.1523/jneurosci.17-01-00391.1997
- Căpușan, C., Cosman, D., & Rusu, I. (2011). The deficit of executive functions in early stages of Parkinson's disease. *Human & Veterinary Medicine*, 3, 171-177. Retrieved from: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail?vid=4&sid=97e66d24-e9e9-4c07-b0d5-c63cbf92a339%40sessionmgr4005&hid=4103&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtMtbGl2ZQ%3d%3d#db=a9h&AN=70547849>
- Casey, B. J., Trainor, R. J., Orendi, J. L., Schubert, A. B., Nystrom, L. E., Giedd, J. N., ... Rapoport, J. L. (1997). A Developmental Functional MRI Study of Prefrontal Activation during Performance of a Go-No-Go Task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 835–847. doi:10.1162/jocn.1997.9.6.835
- Cattell, J. M. (1886). The time it takes to see and name objects. *Mind*, os-XI(41), 63–65. doi:10.1093/mind/os-xi.41.63
- Claes, L., Nederkoorn, C., Vandereycken, W., Guerrieri, R., & Vertommen, H. (2006). Impulsiveness and lack of inhibitory control in eating disorders. *Eating Behaviors*, 7, 196–203. doi:10.1016/j.eatbeh.2006.05.001
- Czapla, M., Baeuchl, C., Simon, J. J., Richter, B., Kluge, M., Friederich, H.-C., ... Loeber, S. (2017). Do alcohol-dependent patients show different neural activation during response inhibition than healthy controls in an alcohol-related fMRI go/no-go-task? *Psychopharmacology*, 234, 1001–1015. doi:10.1007/s00213-017-4541-9
- Diamond, A. (2013). Axecutive Functions. Retrieved from: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64, (p. 135–168). doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750.
- Dutra, I. C., Waller, D. A., & Wessel, J. R. (2018). Perceptual Surprise Improves Action Stopping by Nonselectively Suppressing Motor Activity via a Neural

- Mechanism for Motor Inhibition. *The Journal of Neuroscience*, 38, 1482–1492. doi:10.1523/jneurosci.3091-17.2017
- Ettinger, U., Aichert, D. S., Wöstmann, N., Dehning, S., Riedel, M., & Kumari, V. (2018). Response inhibition and interference control: Effects of schizophrenia, genetic risk, and schizotypy. *Journal of Neuropsychology*, 12, 484–510. doi:10.1111/jnp.12126
- Feenstra, H., Ruiters, R. A. C., & Kok, G. (2011). Go Fast! Reaction Time Differences between Adults and Adolescents in Evaluating Risky Traffic Situations. *Journal of Health Psychology*, 17, 343–349. doi:10.1177/1359105311417190
- Fernandez-Ruiz, J., Hakvoort Schwerdtfeger, R. M., Alahyane, N., Brien, D. C., Coe, B. C., & Munoz, D. P. (2019). Dorsolateral prefrontal cortex hyperactivity during inhibitory control in children with ADHD in the antisaccade task. *Brain Imaging and Behavior*, 14, 2450–2463. doi:10.1007/s11682-019-00196-3
- Flasbeck, V., Juckel, G., & Brüne, M. (2020). Evidence for altered neural processing in patients with borderline personality disorder: A review of event-related potential studies. *Journal of Psychophysiology*. Advance online publication. doi: 10.1027/0269-8803/a000271
- Francová, A. (2017). Inhibiční kontrola u obsedantně-kompulzivní poruchy [Diplomová práce, Karlova Univerzita]. Retrieved from: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/182381/>
- Gao, Q., Jia, G., Zhao, J., & Zhang, D. (2019). Inhibitory Control in Excessive Social Networking Users: Evidence From an Event-Related Potential-Based Go-Nogo Task. *Frontiers in Psychology*, 10. doi:10.3389/fpsyg.2019.01810
- Garavan, H., Ross, T. J., & Stein, E. A. (1999). Right hemispheric dominance of inhibitory control: An event-related functional MRI study. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96, 8301–8306. doi:10.1073/pnas.96.14.8301
- Ghisi, M., Bottesi, G., Sica, C., Sanavio, E., & Freeston, M. H. (2013). Is Performance on the Go/Nogo Task Related to Not Just Right Experiences in Patients with Obsessive Compulsive Disorder? *Cognitive Therapy and Research*, 37, 1121–1131. doi:10.1007/s10608-013-9560-1
- Goeleven, E., De Raedt, R., Baert, S., & Koster, E. H. W. (2006). Deficient inhibition of emotional information in depression. *Journal of Affective Disorders*, 93, 149–157. doi: 10.1016/j.jad.2006.03.007
- Hahn, C., Cowell, J. M., Wiprzycka, U. J., Goldstein, D., Ralph, M., Hasher, L., & Zelazo, P. D. (2012). Circadian rhythms in executive function during the transition to adolescence: the effect of synchrony between chronotype and time of day. *Developmental Science*, 15, 408–416. doi:10.1111/j.1467-7687.2012.01137.x
- Hamilton, K. R., Littlefield, A. K., Anastasio, N. C., Cunningham, K. A., Fink, L. H. L., Wing, V. C., ... Potenza, M. N. (2015). Rapid-response impulsivity: Definitions,

- measurement issues, and clinical implications. *Personality Disorders: Theory, Research, and Treatment*, 6, 168-171. doi: 10.1037/per0000100
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, 22, pp. 193–225. San Diego, CA: Academic Press.
- Head, J., & Helton, W. S. (2013). Perceptual decoupling or motor decoupling? *Consciousness and Cognition*, 22, 913–919. doi: 10.1016/j.concog.2013.06.003
- Hess, A. R. B., Menezes, C. B., & de Almeida, R. M. M. (2017). Inhibitory Control and Impulsivity Levels in Women Crack Users. *Substance Use & Misuse*, 53, 972–979. doi:10.1080/10826084.2017.1387568
- Hochman, S., Henik, A., & Kalanthroff, E. (2018). Stopping at a red light: Recruitment of inhibitory control by environmental cues. *PLOS ONE*, 13, e0196199. doi:10.1371/journal.pone.0196199
- Houben, K., & Jansen, A. (2011). Training inhibitory control. A recipe for resisting sweet temptations. *Appetite*, 56, 345–349. doi:10.1016/j.appet.2010.12.017
- Chami, R., Cardi, V., Lawrence, N., MacDonald, P., Rowlands, K., Hodsoll, J., & Treasure, J. (2020). Targeting binge eating in bulimia nervosa and binge eating disorder using inhibitory control training and implementation intentions: a feasibility trial. *Psychological Medicine*, 1–10. doi:10.1017/s0033291720002494
- Chan, J. S. Y., Wong, A. C. N., Liu, Y., Yu, J., & Yan, J. H. (2011). Fencing expertise and physical fitness enhance action inhibition. *Psychology of Sport and Exercise*, 12, 509–514. doi:10.1016/j.psychsport.2011.04.006
- Chen-Chao, T. (2006) Cognitive processing during web search: The role of working memory load in selective attention and inhibitory control. In: *Dissertation Abstracts International Section A: Humanities and Social Sciences*, 7 (6-A), 1964. Retrieved from: <https://search.proquest.com/openview/96917637bc0fb3bf2a5c0392bbd5eb20/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Joormann, J., & Gotlib, I. H. (2010). Emotion regulation in depression: Relation to cognitive inhibition. *Cognition & Emotion*, 24, 281–298. doi:10.1080/02699930903407948
- Kane, M. J., Bleckley, M. K., Conway, A. R. A., & Engle, R. W. (2001). A controlled-attention view of working-memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 169–183. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.2.169>
- Klein, G. S. (1964). Semantic power measured through the interference of words with color-naming. *The American Journal of Psychology*, 77, 576–88. doi: 10.2307/1420768
- Kornhuber, H. H., & Deecke, L. (1965). Hirnpotentialänderungen bei Willkürbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen: Bereitschaftspotential

und reafferente Potentiale. *Pflügers Archiv*, 284, 1–17.
<https://doi.org/10.1007/BF00412364>

Kulišťák, P. (2011). *Neuropsychologie*. Praha: Portál.

Larson, E. R., Shear, P. K., Krikorian, R., Welge, J., & Strakowski, S. M. (2005). Working memory and inhibitory control among manic and euthymic patients with bipolar disorder. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11, 163–172. doi:10.1017/s1355617705050228

Lavie, N., Hirst, A., de Fockert, J. W., & Viding, E. (2004). Load Theory of Selective Attention and Cognitive Control. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 339–354. doi: 10.1037/0096-3445.133.3.339

Lawrence, A. J., Luty, J., Bogdan, N. A., Sahakian, B. J., & Clark, L. (2009). Impulsivity and response inhibition in alcohol dependence and problem gambling. *Psychopharmacology*, 207, 163–172. doi:10.1007/s00213-009-1645-x

Lee Salvatierra, J., & Rosselli, M. (2010). The effect of bilingualism and age on inhibitory control. *International Journal of Bilingualism*, 15, 26–37. doi:10.1177/1367006910371021

Lei, H., Fan, J., Zhou, Ch., Dong J., & Zhu, X. (2017). Response Inhibition Function of Obsessive-Compulsive Patients with Obsessive-Compulsive Personality Disorder, *J. Psychiatry Brain Sci.*, 2. doi: 10.20900/jpbs.20170011

Libet, B., Wright, E. W., & Gleason, C. A. (1982). Readiness-potentials preceding unrestricted „spontaneous“ vs. pre-planned voluntary acts. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 54, 322–335. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(82\)90181-x](https://doi.org/10.1016/0013-4694(82)90181-x)

Libet, B., Wright, E. W., & Gleason, C. A. (1983). Preparation- or intention-to-act, in relation to pre-event potentials recorded at the vertex. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 56, 367–372. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(83\)90262-6](https://doi.org/10.1016/0013-4694(83)90262-6)

Linhartová P., & Kašpárek, T. (2017). Současné modely, testy a metodologické aspekty měření impulzivitu v psychologii a psychiatrii. *Československá psychologie*. 59 (1), 29-42. Retrieved from:
https://www.researchgate.net/publication/320957211_Current_models_tests_and_methodological_aspects_of_impulsivity_measuring_in_psychology_and_psychiatry

Lipszyc, J., & Schachar, R. (2010). Inhibitory control and psychopathology: A meta-analysis of studies using the stop signal task. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16, 1064–1076. doi:10.1017/s1355617710000895

Logan, G. D., Cowan, W. B., & Davis, K. A. (1984). On the ability to inhibit simple and choice reaction time responses: A model and a method. *Journal Of Experimental Psychology: Human Perception And Performance*, 10, 276–291. doi. 10.1037/0096-1523.10.2.276

- Lorains, F. K., Stout, J. C., Bradshaw, J. L., Dowling, N. A., & Enticott, P. G. (2014). Self-reported impulsivity and inhibitory control in problem gamblers. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 36, 144–157. doi:10.1080/13803395.2013.873773
- MacLeod, & MacDonald. (2000). Interdimensional interference in the Stroop effect: uncovering the cognitive and neural anatomy of attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 383–391. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01530-8
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological Bulletin*, 109, 163–203. doi: 10.1037//0033-2909.109.2.163
- MacLeod, C. M. (2007). The concept of inhibition in cognition. *Inhibition in Cognition.*, 3–23. doi:10.1037/11587-001
- Maillet D., Yu L., Hasher, L., & Grady Ch. L. (2020). Age-related differences in the impact of mind-wandering and visual distraction on performance in a go/no-go task. *Psychology and aging*, 35, 627-638. doi: 10.1037/pag0000409
- May, C. P., & Hasher, L. (1998). Synchrony effects in inhibitory control over thought and action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 363–379. doi:10.1037/0096-1523.24.2.363
- McGowan, N. M., Uzoni, A., Faltraco, F., Thome, J., & Coogan, A. N. (2020). The impact of social jetlag and chronotype on attention, inhibition and decision making in healthy adults. *Journal of Sleep Research*, 29. doi: 10.1111/jsr.12974
- Menon, V., Adleman, N. E., White, C. D., Glover, G. H., & Reiss, A. L. (2001). Error-related brain activation during a Go/NoGo response inhibition task. *Human Brain Mapping*, 12, 131–143. doi:10.1002/1097-0193(200103)12:3<131::aid-hbm1010>3.0.co;2-c
- Meyer, K.N., Santillana, R., Miller B., Clapp, W., Way, M., Bridgman-Goines, K, & Shediran, M.A. (2020). Computer-based inhibitory control training in children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD): Evidence for behavioral and neural impact. *Plos One*, 15, e0241352. doi: 10.1371/journal.pone.0241352
- Mischel, W., Shoda, Y., & Rodriguez, M. (1989). Delay of gratification in children. *Science*, 244, 933–938. doi:10.1126/science.2658056
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49–100. doi:10.1006/cogp.1999.0734.
- Monn, A.R., Zhang, N., & Gerwirtz (2018). Deficits in Inhibitory Control May Place Service Members at Risk for Posttraumatic Stress Disorder and Negative Parenting Behavior Following Deployment-Related Trauma, *Journal of Traumatic Stress*, 31, 866-875. doi: 10.1002/jts.22351

- Monterosso, J. R., Aron, A. R., Cordova, X., Xu, J., & London, E. D. (2005). Deficits in response inhibition associated with chronic methamphetamine abuse. *Drug and Alcohol Dependence*, 79, 273–277. doi:10.1016/j.drugalcdep.2005.02.002
- Morand-Beaulieu, S., Grot, S., Lavoie, J., Leclerc, J. B., Luck, D., & Lavoie, M. E. (2017). The puzzling question of inhibitory control in Tourette syndrome: A meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 80, 240–262. doi:10.1016/j.neubiorev.2017.05.006
- Morein-Zamir, S., Dodds, C., van Harteveld, T. J., Schwarzkopf, W., Sahakian, B., Müller, U., & Robbins, T. (2014). Hypoactivation in right inferior frontal cortex is specifically associated with motor response inhibition in adult ADHD. *Human Brain Mapping*, 35, 5141–5152. doi: 10.1002/hbm.22539
- Morein-Zamir, S., Dodds, C., van Harteveld, T. J., Schwarzkopf, W., Sahakian, B., Müller, U., & Robbins, T. (2014). Hypoactivation in right inferior frontal cortex is specifically associated with motor response inhibition in adult ADHD. *Human Brain Mapping*, 35, 5141–5152. doi:10.1002/hbm.22539
- Morita, T., Asada, M., & Naito, E. (2020). Right-hemispheric Dominance in Self-body Recognition is Altered in Left-handed Individuals. *Neuroscience*, 425, 68–89. doi:10.1016/j.neuroscience.2019.10.056
- Morita, T., Asada, M., & Naito, E. (2020). Right-hemispheric Dominance in Self-body Recognition is Altered in Left-handed Individuals. *Neuroscience*, 425, 68–89. doi:10.1016/j.neuroscience.2019.10.056
- Mortensen, J. A., Rasmussen, I. A., & Håberg, A. (2010). Trait impulsivity in female patients with borderline personality disorder and matched controls. *Acta Neuropsychiatrica*, 22, 139–149. doi: 10.1111/j.1601-5215.2010.00468.x
- Mueller, S. T., & Piper, B. J. (2014). The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL Test Battery. *Journal of Neuroscience Methods*, 222, 250–259. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2013.10.024>
- Murphy, F. C., Sahakian, B. J., Rubinsztein, J. S., Michael, A., Rogers, R. D., Robbins, T. W., & Paykel, E. S. (1999). Emotional bias and inhibitory control processes in mania and depression. *Psychological Medicine*, 29, 1307–1321. doi:10.1017/s0033291799001233
- Nakamoto, H., & Mori, S. (2012). Experts in fast-ball sports reduce anticipation timing cost by developing inhibitory control. *Brain and Cognition*, 80, 23–32. doi:10.1016/j.bandc.2012.04.004
- Němcová Elfmarková, N. (2018). *Studium kognitivních a řečových funkcí u neurodegenerativních onemocnění mozku pomocí funkční magnetické rezonance* [dizertační práce]. Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, 1. neurologická klinika. Dostupné na: https://is.muni.cz/th/ulu2y/Disertacni_prace.pdf
- Němcová, V. (nedat.). *Mozeček* [powerpointová prezentace]. Anatomický ústav 1. lékařská fakulta UK. Dostupné na: <https://anat.lf1.cuni.cz/souhrny/lekls0901a.pdf>

- Nieuwenhuis, S., Yeung, N., van den Wildenberg, W., & Ridderinkhof, K. R. (2003). Electrophysiological correlates of anterior cingulate function in a go/no-go task: Effects of response conflict and trial type frequency. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3, 17–26. doi:10.3758/cabn.3.1.17
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, 126, 220–246. doi:10.1037/0033-2909.126.2.220
- Nikolai, T. (nedat.). *Exekutivní funkce a jejich vyšetření u neurodegenerativních onemocnění, od screeningu ke kompletním bateriím* [powerpointová prezentace]. Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze. Dostupné na: https://www.czech-neuro.cz/content/uploads/2019/01/2018_nikolai.pdf
- O’Callaghan, C., Hodges, J. R., & Hornberger, M. (2013). Inhibitory Dysfunction in Frontotemporal Dementia. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 27, 102–108. doi:10.1097/wad.0b013e318265bbc9
- O’Regan, L., & Serrien, D. J. (2018). Individual Differences and Hemispheric Asymmetries for Language and Spatial Attention. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, 12:380 doi:10.3389/fnhum.2018.00380
- Olson, S. L. (1989). Assessment of Impulsivity in Preschoolers: Cross-Measure Convergences, Longitudinal Stability, and Relevance to Social Competence. *Journal of Clinical Child Psychology*, 18, 176–183. https://doi.org/10.1207/s15374424jccp1802_9
- Palermo, S., Morese, R., Zibetti, M., Dematteis, F., Sirgiovanni, S., Stanziano, M., ... Lopiano, L. (2017). Impulse control disorder and response-inhibition alterations in Parkinson’s disease. A rare case of totally absent functionality of the medial-prefrontal cortex and review of literature. *Journal of Advanced Research*, 8,, 713–716. doi:10.1016/j.jare.2017.09.004
- Patton, J. H., Stanford, M. S., & Barratt, E. S. (1995). Factor structure of the barratt impulsiveness scale. *Journal of Clinical Psychology*, 51, 768–774. doi:10.1002/1097-4679(199511)51:6<768::aid-jclp2270510607>3.0.co;2-1
- Peralbo-Uzquiano, M., Fernández-Abella, R., Durán-Bouza, M., Brenlla-Blanco, J.-C., & Cotos-Yáñez, J.-M. (2020). Evaluation of the effects of a virtual intervention programme on cognitive flexibility, inhibitory control and basic math skills in childhood education. *Computers & Education*, 159, 104006. doi:10.1016/j.compedu.2020.104006
- Perri, R. L. (2020). Is there a proactive and a reactive mechanism of inhibition? Towards an executive account of the attentional inhibitory control model. *Behavioural Brain Research*, 377, 112243. doi:10.1016/j.bbr.2019.112243

- Pidrman, V. (2007). Demence – 1. část: diagnostika a diferenciální diagnostika. *Medicína pro praxi*, 2, 83-88. Retrieved from: <https://solen.cz/pdfs/med/2007/02/10.pdf>
- Preiss, M. a kol. (2006). *Neuropsychologie v neurologii*. Praha: Grada.
- Rektorová I. (2004). Kognitivní a behaviorální poruchy u demence při Parkinsonově nemoci a u demence s Lewyho tělísky. *Neurol pro praxi*; 1: 15–21. Retrieved from: https://www.neurologiepropraxi.cz/artkey/neu-200401-0006_kognitivni_a_behavioralni_poruchy_u_demence_pri_parkinsonove_nemoci_a_u_demence_s_lewyho_telisky.php
- Rektorová, I. (2005). Parkinsonova nemoc, antiparkinsonika a kognitivní funkce. *Remedia*, 6. Retrieved from: <http://www.remédia.cz/Clanky/Prehledy-nazory-diskuse/Parkinsonova-nemoc-antiparkinsonika-a-kognitivni-funkce/6-F-bp.magarticle.aspx>
- Roberts, W., Milich, R., & Fillmore, M. T. (201). The Effects of Preresponse Cues on Inhibitory Control and Response Time in Adults With ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 20, 317–324. doi:10.1177/1087054713495737
- Roberts, W., Milich, R., & Fillmore, M. T. (2016). The Effects of Preresponse Cues on Inhibitory Control and Response Time in Adults With ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 20, 317–324. doi:10.1177/1087054713495737
- Robertson, I. H., Manly, T., Andrade, J., Baddeley, B. T., & Yiend, J. (1997). „Oops;” Performance correlates of everyday attentional failures in traumatic brain injured and normal subjects. *Neuropsychologia*, 35, 747–758. doi: 10.1016/S0028-3932(97)00015-8
- Samuelson, K.W., Newman, J., Amara, D.A., Qian, M., Li, M., Schultebrucks, K., ...Marmar, Ch. R. (2020). Predeployment neurocognitive functioning predicts postdeployment posttraumatic stress in Army Personnel, *Neuropsychology*, 34, 276-287. doi: 10.1037/neu0000603
- Sánchez-Kuhn, A., León, J. J., Gôngora, K., Pérez-Fernández, C., Sánchez-Santed, F., Moreno, M., & Flores, P. (2017). Go/No-Go task performance predicts differences in compulsivity but not in impulsivity personality traits. *Psychiatry Research*, 257, 270–275. doi:10.1016/j.psychres.2017.07.064
- Sela, I., Izzetoglu, M., Izzetoglu, K., & Onaral, B. (2012). A Working Memory Deficit among Dyslexic Readers with No Phonological Impairment as Measured Using the N-Back Task: An fNIR Study. *PLoS ONE*, 7, e46527. doi: 10.1371/journal.pone.0046527
- Sergeant, J. A. (2005). Modeling Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Critical Appraisal of the Cognitive-Energetic Model. *Biological Psychiatry*, 57, 1248-1255. doi: 10.1016/j.biopsych.2004.09.010
- Sergeant, J. A. (2005). Modeling Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Critical Appraisal of the Cognitive-Energetic Model. *Biological Psychiatry*, 57, 1248–1255. doi:10.1016/j.biopsych.2004.09.010

- Shin, N. Y., Lee, T. Y., Kim, E., & Kwon, J. S. (2014). Cognitive functioning in obsessive-compulsive disorder: a meta-analysis. *Psychological Medicine*, 44, 1121–1130. doi: 10.1017/S0033291713001803
- Schaefer, J., Giangrande, E., Weinberger, D. R., & Dickinson, D. (2013). The global cognitive impairment in schizophrenia: Consistent over decades and around the world. *Schizophrenia Research*, 150, 42–50. doi: 10.1016/j.schres.2013.07.009
- Schachar, R. J., Crosbie, J., Barr, C. L., Ornstein, T. J., Kennedy, J., Malone, M., ... Pathare, T. (2005). Inhibition of Motor Responses in Siblings Concordant and Discordant for Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *American Journal of Psychiatry*, 162, 1076–1082. doi: 10.1176/appi.ajp.162.6.1076
- Schachar, R. J., Chen, S., Logan, G. D., Ornstein, T. J., Crosbie, J., Ickowicz, A., & Pakulak, A. (2004). Evidence for an error monitoring deficit in attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 32, 285–93. doi: 10.1177/1087054713495737
- Schrammen, E., Grimshaw, G. M., Berlijn, A. M., Ocklenburg, S., & Peterburs, J. (2020). Response inhibition to emotional faces is modulated by functional hemispheric asymmetries linked to handedness. *Brain and Cognition*, 145, 105629. doi: 10.1016/j.bandc.2020.105629
- Smith, J. L., Mattick, R. P., Jamadar, S. D., & Iredale, J. M. (2014). Deficits in behavioural inhibition in substance abuse and addiction: A meta-analysis. *Drug and Alcohol Dependence*, 145, 1–33. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2014.08.009
- Song, J., Feng, P., Wu, X., Li, B., Su, Y., Liu, Y., & Zheng, Y. (2019). Individual Differences in the Neural Basis of Response Inhibition After Sleep Deprivation Are Mediated by Chronotype. *Frontiers in Neurology*, 10. doi:10.3389/fneur.2019.00514
- Song, J., Feng, P., Zhao, X., Xu, W., Xiao L., Zhou, J., & Zheng, Y. (2018). Chronotype regulates the neural basis of response inhibition during the daytime. *Chronobiologyinternational*, 35, 208-218. doi: 10.1080/07420528.2017.1392550
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643–662. doi: 10.1037/h0054651
- Vaidyanathan, U., Hall, J. R., Bernat, E. M., & Patrick, C. J. (2011). Clarifying the role of defensive reactivity deficits in psychopathy and antisocial personality using startle reflex methodology. *Journal of Abnormal Psychology*, 120, 253–258. doi:10.1037/a0021224
- Van Dyke, N., & Fillmore, M. T. (2014). Acute effects of alcohol on inhibitory control and simulated driving in DUI offenders. *Journal of Safety Research*, 49, 5.e1–11. doi:10.1016/j.jsr.2014.02.004
- Van Zutphen, L., Siep, N., Jacob, G. A., Domes, G., Sprenger, A., Willenborg, B., ... Arntz, A. (2020). Impulse control under emotion processing: an fMRI investigation in borderline personality disorder compared to non-patients and cluster-C personality disorder patients. *Brain Imaging and Behavior*. 14, 2107-2121. doi:10.1007/s11682-019-00161-0

- Verbruggen, F., & Logan, G. D. (2009). Models of response inhibition in the stopsignal and stop-change paradigms. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33, 647–61. doi: 10.1016/j.neubiorev.2008.08.014
- Verona, E., Sprague, J., & Sadeh, N. (2012). Inhibitory control and negative emotional processing in psychopathy and antisocial personality disorder. *Journal of Abnormal Psychology*, 121, 498–510. doi:10.1037/a0025308
- Wang, C.-H., Chang, C.-C., Liang, Y.-M., Shih, C.-M., Chiu, W.-S., Tseng, P., ... Juan, C.-H. (2013). Open vs. Closed Skill Sports and the Modulation of Inhibitory Control. *PLoS ONE*, 8(2), e55773. doi:10.1371/journal.pone.0055773
- Wessel, J. R. (2017). Prepotent motor activity and inhibitory control demands in different variants of the go/no-go paradigm. *Psychophysiology*, 55, e12871. doi:10.1111/psyp.12871
- Westerhausen, R., Kompus, K., & Hugdahl, K. (2011). Impaired cognitive inhibition in schizophrenia: A meta-analysis of the Stroop interference effect. *Schizophrenia Research*, 133, 172–181. doi: 0.1016/j.schres.2011.08.025
- Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., & Pennington, B. F. (2005). Validity of the executive function theory of attentiondeficit/hyperactivity disorder: A meta-analytic review. [meta-analysis Research Support, N.I.H., extramural Research Support, U.S. Gov't, P.H.S. review]. *Biological Psychiatry*, 57, 1336–1346. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.02.006>
- Wollenhaupt, C., Wilke, L., Erim, Y., Rauh, M., Steins-Loeber, S., & Paslakis, G. (2019). The association of leptin secretion with cognitive performance in patients with eating disorders. *Psychiatry Research*. 276, 269-277. doi:10.1016/j.psychres.2019.05.001
- Wright, L., Hardie, S. M., & Wilson, K. (2009). Handedness and behavioural inhibition: Left-handed females show most inhibition as measured by BIS/BAS self-report. *Personality and Individual Differences*, 46, 20–24. doi:10.1016/j.paid.2008.08.019
- Wright, L., Hardie, S. M., & Wilson, K. (2009). Handedness and behavioural inhibition: Left-handed females show most inhibition as measured by BIS/BAS self-report. *Personality and Individual Differences*, 46, 20–24. doi:10.1016/j.paid.2008.08.019
- Zacks, R. T., Hasher, L., & Li, K. Z. H. (2000). Human memory. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *Handbook of aging and cognition* (2nd ed., pp. 293–357). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Zani, A. (2013). Evoked and event-related potentials. In A. L. C. Runehov & L. Oviedo (Eds.), *Encyclopedia of sciences and religions* (p. 787–792). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8265-8_402.

ABSTRAKT

ABSTRAKT V ČESKÉM JAZYCE

Název: Ověření kritériální validity nové tréninkové Go/Nogo hry Střelnice a nalezení vztahu se standardními testy u zdravé dospělé populace

Autor práce: Nikola Čiháková

Vedoucí práce: Mgr. et Mgr. Iveta Fajnerová, Ph.D.

Počet stran a znaků: 84; 156 724

Počet příloh: 2

Počet titulů použité literatury: 126

Abstrakt diplomové práce:

Inhibiční kontrolu řadíme mezi exekutivní funkce, jejíž deficit se objevuje u pestré škály poruch. Přirozený pokles také nastává s procesem zdravého stárnutí. Testovaná úloha Střelnice byla vyvinuta pro účely kognitivního tréninku a remediace narušené inhibiční kontroly.

Hlavním cílem této práce bylo ověřit, zda Střelnice skutečně měří schopnost inhibiční kontroly, tedy zjistit kritériální validitu. Ke splnění tohoto cíle bylo zvoleno vnější kritérium v podobě standardního Go/Nogo testu z neuropsychologické baterie PEBL (Psychology Experiment Building Language). Dalšími cíli byla analýza rozdílů mezi 4 navrženými variantami úlohy Střelnice a dále zjištění vlivu míry impulzivity v Barrattově sebesuzovací škále impulzivity (BIS) a výkonu ve standardních pozornostních testech - Testu setrvalé pozornosti (PCPT) a Testu cestu (TMT) na výkon dosažený v úloze Střelnice.

Výsledky studie potvrdili kritériální validitu úlohy Střelnice, tedy očekávaný pozitivní vztah mezi výkonem podaným v této úloze s výkonem v Go/Nogo testu z PEBL, a to jak v proměnné reakčního času na Go podněty, tak v proměnné Nogo úspěšnosti. Srovnání jednotlivých variant Střelnice poukázalo na efekt nastavitelných parametrů. V základní variantě úlohy v podobě „souše“ participanti dosahovali vyššího výkonu v celkové úspěšnosti ve srovnání s variantou „vody“. Plná viditelnost podnětů vedla naopak ve srovnání se standardním postupným objevováním podnětů ke kratším reakčním časům. Byl také potvrzen negativní vztah mezi proměnnou celkové úspěšnosti a reakčním časem v úloze Střelnice. Pomocí regresní analýzy se také podařilo potvrdit vliv faktoru reakčního času v testu PCPT a věku na celkovou úspěšnost v úloze Střelnice. Celkový model však nebyl statisticky signifikantní. Naopak jako signifikantní

se potvrdil model vysvětlující 37 % variability celkového reakčního času ve Střelnici, kdy se jako statisticky signifikantní faktor ukázal být reakční čas v testu PCPT.

Klíčová slova: inhibiční kontrola, Go/Nogo úloha, trénink kognitivních funkcí, remediace kognitivního deficitu

ABSTRAKT V ANGLICKÉM JAZYCE

Title: Criterial validity verification of the new training Go/Nogo Shooting Range task and its context with standard tests in a healthy adults population

Author: Nikola Čiháková

Supervisor: Mgr. et Mgr. Iveta Fajnerová, Ph.D.

Number of pages and characters: 84; 156 724

Count of appendices: 2

Number of references: 126

Abstract of thesis:

Inhibitory control is one of the executive functions and it's deficiency occurs in a wide range of disorders and natural decline also occurs in healthy aging. The tested Shooting Range task was developed for cognitive training and remediation of inhibitory control deficits.

The main aim of this thesis was to confirm whether the Shooting Range task measures the ability of inhibitory control and determine the criterial validity. The performance measured in a standard Go/Nogo task from the neuropsychological battery PEBL (Psychology Experiment Building Language) was chosen as an external criterion. Additional aims were to analyze the differences between the 4 created variants of the Shooting Range task and also to determine the effect of impulsivity evaluated in the Barratt's Impulsivity Scale (BIS) and the performance measured using standard attention tests – PEBL Continuous Performance Task (PCPT) and Trail Making Test (TMT) on the Shooting Range task performance.

The result of the study confirmed the criterial validity of the Shooting range task, showing the positive correlation between the task performance and the performance measured in the PEBL Go/Nogo test, both in the reaction time to Go stimuli and Nogo success rate. Comparison of the Shooting range task variants showed potential effects of the adjustable parameters. The basic task variant "land" showed in comparison with the "water" variant higher scores in the overall success rate. Moreover, full visibility of the stimuli led to shorter reaction time in contrast to gradual emerging of stimuli. Furthermore, a negative correlation was confirmed between the reaction time and the overall success rate variable. Regression analysis confirmed the influence of the reaction time in the PCPT and age on the overall success rate in the Shooting Range task. However, the global model was not statistically significant. On the contrary, the same model explained 37 % of the variability of the reaction time variable in the Shooting Range task, showing a significant effect of the reaction time factor measured in the PCPT test.

Key words: inhibitory control, Go/Nogo task, cognitive function training, cognitive deficit remediation

PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Informovaný souhlas

Studie: Virtuální město

INFORMACE A INFORMOVANÝ SOUHLAS PRO ÚČASTNÍKY STUDIE

Informace o probíhající studii



Název studie: *Virtuální město - baterie her pro kognitivní trénink a nácvik každodenních činností v ekologicky validním virtuálním prostředí*

Výzkumný tým: Národní ústav duševního zdraví (NÚDZ)

Mgr. Mgr. Iveta Fajnerová PhD., PhDr. RNDr. Tereza Nekovářová Ph.D., Mgr. Adéla Plechatá, Bc. Václav Sahula, Mgr. et Mgr. Dan Fayette, Jana Adámková, doc. Aleš Bartoš, PhD., Mgr. Lukáš Hejtmánek, Mgr. Ivana Oravcová, Mgr. Jiří Motýl, Mgr. Katarína Kisefáková

Před tím, než se rozhodnete, zda se zúčastníte následujícího výzkumu, přečtěte si prosím následující informace.

Proč studii děláme?

Deficit v oblasti poznávacích funkcí (paměť, pozornost, plánování apod.) je považován za významný faktor ovlivňující každodenní fungování člověka. O jeho přítomnosti v symptomatice mnoha neuropsychiatrických a neurodegenerativních onemocnění není již v dnešní době pochyb. Nefarmakologické intervence v této oblasti jsou ve většině případů prováděny pomocí tzv. metod tužka-papír či jednoduchých počítačových programů. Tyto nástroje, ačkoliv do jisté míry efektivní, postrádají ekologickou validitu a transfer takto nabytých schopností do reálného života je často zpochybňován. Virtuální realita (VR) umožňuje simulaci reálného prostředí a naprostou kontrolu nad prezentovanými stimuly. VR tudíž představuje potenciální alternativu ke klasickým neuropsychologickým diagnostickým i remediačním nástrojům. Záměrem této studie je standardizování a sběr norem pro virtuální úlohy se zaměřením na kognitivní funkce, které jsou vyvíjeny v rámci projektu Virtuální město. Navazující remediační část studie se dále věnuje možnosti využití virtuálních úloh v rámci kognitivního tréninku.

Jak bude studie probíhat?

Studie je rozdělena do dvou částí: A) jednorázové vyšetření kognitivních (poznávacích) funkcí pomocí úlohy ve virtuální realitě a B) opakované setkání k tréninku poznávacích funkcí ve virtuální realitě. Účast v první části Vás nezavazuje ke splnění části navazující.

A. Jednorázové setkání se skládá z vyšetření sadou několika psychologických testů zaměřených na kognitivní funkce (zejména paměť a pozornost) (pokud jste tyto testy absolvoval/a v rámci jiné studie nebo klinického programu organizovaného NÚDZ, již je absolvovat nemusíte) a testování paměťových nebo pozornostních funkcí pomocí úlohy ve virtuální realitě. Úlohy Vám budou prezentovány pomocí speciálních brýlí HTC Vive, které jsou běžně komerčně dostupné a budou použity v souladu s Návodem k použití. Před započítím testování Vám bude vysvětlen princip

Studie: Virtuální město

první virtuální úlohy a budete si moci vyzkoušet pohyb ve virtuálním prostředí. Celková délka sezení nepřekročí 90 minut.

- B. V případě Vašeho zájmu, můžete být zařazen/a do navazujícího remediačního programu, ve kterém v 10-14 60-minutových setkáních (1-2x týdně) absolvujete opakovaný trénink poznávacích funkcí ve virtuální realitě. Pod dohledem terapeuta budete opakovaně hrát několik virtuálních úloh zaměřených na paměťové a pozornostní schopnosti. V prvním sezení Vám bude vysvětleno, jak virtuální úlohy ovládat a také jejich princip. V průběhu samotného tréninku v následujících sezeních se pak bude náročnost úkolů postupně zvyšovat. Náročnost úloh bude na začátku každého sezení přizpůsobena Vašemu výkonu v předešlém sezení. Před započítím tréninkového programu a po jeho dokončení absolvujete krátké vyšetření kognitivních schopností (paměti a pozornosti) pomocí standardizovaných metod a úloh ve virtuální realitě.

Bezpečnost, důvěrnost údajů a Vaše práva

V případě, že se studie účastníte, budou veškeré Vámi poskytnuté údaje považovány za důvěrné. Data získaná během studie (také výsledky psychologického vyšetření) budou užita výhradně pro výzkumné účely. V celé studii budete vystupovat pouze pod kódem a jeho spojení s Vaší osobou budou znát pouze vybraní členové výzkumného týmu (viz jmenování členové výše) a Etická komise NÚDZ. Pokud budete mít zájem se dozvědět o Vašich výsledcích podrobnější informace, rádi Vám další informace sdělíme (část výsledků Vám bude prezentována v průběhu vyšetření).. Budou-li výsledky studie publikovány v odborném tisku, bude tak učiněno způsobem, aby nebylo možné určit žádné informace o konkrétním účastníku studie.

Pokud se chcete studii zúčastnit

Do studie **nemůžete** být zařazen/a, pokud trpíte (nebo jste v minulosti prodělal/a) závažným neurologickým (např. epilepsie) či psychiatrickým onemocněním, prodělal/a jste v poslední době vážnější úraz hlavy nebo operaci mozku.

Dobrovolná účast ve studii a podmínky k odstoupení

Vaše účast v této studii je zcela dobrovolná. Můžete odmítnout účast nebo můžete účast kdykoliv přerušit bez udání důvodu. V takovém případě budou získaná data smazána a nebudou dále analyzována. Výzkumná studie byla schválena etickou komisí NÚDZ.

Příloha č. 2: Celkové znění instrukce ke Střelnici

Ve hře Střelnice bude vaším úkolem co nejrychleji reagovat na přicházející podněty. Podněty jsou 2 typů a musíte je od sebe rychle odlišit. Pokud se objeví divoké či nebezpečné zvíře (například vlk nebo žralok) zareagujte co nejrychleji zmáčknutím mezerníku. Pokud se objeví zvířátko přátelské (například pes nebo rybka), nereagujte a pouze vyčkejte na další podnět.

Před vámi jsou nyní 4 kola testování. Dávejte však pozor. Prostředí a podněty se budou v průběhu tetování mezi jednotlivými koly měnit. Každému kolu bude předcházet krátký zácvik, během kterého si vyzkoušíte, na které podněty musíte reagovat (tedy stisknout mezerník) a na jaký podnět naopak nereagovat (tedy nestisknout nic a vyčkat na další podnět). Během zácviku uvidíte okamžitou zpětnou vazbu, zda Vaše reakce byla či nebyla správná. Po zácviku již tato informace poskytována nebude.

V průběhu testování vás vždy ještě před každým započatým zácvičným kolem slovně upozorním na konkrétní změnu, která nastane. Až budete připraven (a) můžete stisknout mezerník a pamatujte, že se započítává rychlost i správnost, reagujte tedy co nejrychleji a nepřesněji.

Verze 1:

Nyní dávejte pozor, dojde ke změně prostředí ze souše na vodu. Nyní budete reagovat, pokud se objeví „žralok“. Pokud se objeví „rybka“ nereagujte. Snažte se reagovat co nejrychleji a nepřesněji.

Nyní dávejte pozor. Prostředí vody se začne hýbat. Budete reagovat, pokud se objeví „žralok“. Pokud se objeví „rybka“ nereagujte. Snažte se reagovat co nejrychleji a nepřesněji.

Nyní dávejte pozor. Dojde ke změně prostředí z vody na souš a podněty se budou objevovat v řadě rychleji. Budete reagovat, pokud se objeví „vlk“. Pokud se objeví „pes“ nereagujte. Snažte se reagovat co nejrychleji a nepřesněji.

Verze 2:

Nyní dávejte pozor, dojde ke změně prostředí z vody na souš. Nyní budete reagovat, pokud se objeví „vlk“. Pokud se objeví „pes“ nereagujte. Snažte se reagovat co nejrychleji a nepřesněji.

Nyní dávejte pozor. Prostředí i podněty zůstávají stejné. Podněty se však budou objevovat v řadě rychleji. Budete reagovat, pokud se objeví „vlk“. Pokud se objeví „pes“ nereagujte. Snažte se reagovat co nejrychleji a nepřesněji.

Nyní dávejte pozor. Prostředí se změní ze souše na vodu, která bude se hýbat. Nyní budete reagovat, pokud se objeví „žralok“. Pokud se objeví „rybka“ nereagujte. Snažte se reagovat co nejrychleji a nepřesněji.

Verze 3:

Nyní dávejte pozor. Prostředí i podněty zůstávají stejné. Podněty se však budou objevovat v řadě rychleji. Budete reagovat, pokud se objeví „vlk“. Pokud se objeví „pes“ nereagujte. Snažte se reagovat co nejrychleji a nej přesněji.

Nyní dávejte pozor, dojde ke změně prostředí ze souše na vodu. Nyní budete reagovat, pokud se objeví „žralok“. Pokud se objeví „rybka“ nereagujte. Snažte se reagovat co nejrychleji a nej přesněji.

Nyní dávejte pozor. Prostředí vody se začne hýbat. Budete reagovat, pokud se objeví „žralok“. Pokud se objeví „rybka“ nereagujte. Snažte se reagovat co nejrychleji a nej přesněji.

Verze 4:

Nyní dávejte pozor. Prostředí vody se začne hýbat. Nyní budete reagovat, pokud se objeví „žralok“. Pokud se objeví „rybka“ nereagujte. Snažte se reagovat co nejrychleji a nej přesněji.

Nyní dávejte pozor, dojde ke změně prostředí z vody na souš. Nyní budete reagovat, pokud se objeví „vlk“. Pokud se objeví „pes“ nereagujte. Snažte se reagovat co nejrychleji a nej přesněji.

Nyní dávejte pozor. Prostředí i podněty zůstávají stejné. Podněty se však budou objevovat v řadě rychleji. Budete reagovat, pokud se objeví „vlk“. Pokud se objeví „pes“ nereagujte. Snažte se reagovat co nejrychleji a nej přesněji.