

Univerzita Karlova

Filozofická fakulta

Katedra psychologie

Klinická psychologie

Disertační práce

Mgr. Zuzana Frydrychová

Trénink vizuální selektivní pozornosti u seniorů

Training of visual selective attention in older adults

Vedoucí práce: PhDr. Hana Georgi, Ph.D.

Praha, 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci napsala samostatně s využitím pouze uvedených a řádně citovaných pramenů a literatury a že práce nebyla využita v rámci jiného vysokoškolského studia či k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne 2.11.2021

Mgr. Zuzana Frydrychová v. r.

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, bez kterých by tato práce nikdy nevznikla. Můj největší dík patří PhDr. Haně Georgi, Ph.D., mé školitelce, za její bezmeznou podporu v průběhu celého studia, užitečné rady, vytrvalou vstřícnost, možnost stát se součástí jejího týmu a za poskytování příležitostí.

Velký dík patří i programátorovi, Bsc Artemu Ayrapetovi, jež vytvořil tréninkovou aplikaci Filter It. Děkuji Mgr. Jiřímu Lukavskému, Ph.D. za jeho podněty, konzultace a praktické rady. Assoc. Prof. Susanne Jaeggi, Ph.D. a Martinu Buschkuehlovi, Ph.D. děkuji za poskytnutí jejich tréninkové aplikace Clouds, za jejich čas a přínosné rady, které tomuto projektu věnovali. Dále bych ráda poděkovala Assoc. Prof. Erice Borelle za možnost absolvovat stáž na jejím pracovišti, za přínosné rozhovory a rady, které mi poskytla při tvorbě designu studie.

Rovněž děkuji za podporu Grantové agentury Univerzity Karlovy, která umožnila realizaci této studie (GA UK č. 899018).

Michalovi a mé rodině děkuji za jejich podporu, trpělivost, pochopení a zázemí. Bez toho by nebylo možné skloubit mé klinické i vědecké aktivity.

Abstrakt

Úvod: Vliv kognitivního tréninku na kognitivní výkon je v zájmu výzkumníků již dlouhá léta. Tréninky jsou nejčastěji zaměřeny na pozornost, pracovní paměť či exekutivní funkce, které jsou ovlivněné věkem. Cílem bývá nejenom ověřit, zda je možné zlepšit výkon v trénované úloze, ale i v jiných netrénovaných úlohách, u kterých se předpokládá propojení s trénovanou úlohou. S ohledem na stárnutí populace jsou tyto intervence čím dál častěji zaměřeny na starší populaci.

Cíl: Studie popisovaná v disertační práci se zaměřuje na zjištění efektů tréninku vizuální selektivní pozornosti a pracovní paměti prostřednictvím aplikace Filter It – naše verze kanonické verze Change Detection Task (CDT) pro mobilní zařízení – tablet.

Metoda: Zkoumaný soubor zahrnoval 62 starších osob ve věku 60-75 let, které byly dle blokované randomizace rozděleny do experimentální a aktivní kontrolní skupiny. Experimentální skupina trénovala prostřednictvím aplikace Filter It, aktivní kontrolní skupina absolvovala trénink pomocí aplikace Clouds. Cílem bylo změřit efektivitu 6týdenního vizuálního adaptivního tréninku CDT administrovaného na tabletu, a to ve smyslu specifického tréninkového efektu (Filter It – paradigma Barvy a Tvary) a efektu transferu na měřítka pracovní paměti (Řazení písmen a čísel, Visual Patterns Test) a exekutivní kontroly (Pražský Stroopův Test, Test cesty).

Výsledky: Starší jedinci byli schopni zlepšit svůj výkon v trénovaném i netrénovaném úkolu Filter It, přičemž toto zlepšení přetrvalo i dlouhodobě (tj. s odstupem 6 měsíců). Experimentální skupina dokázala zlepšit svůj výkon v měřítku inhibiční kontroly (PST-C), avšak evidence pro tento efekt byla pouze anekdotická a v čase nepřetrvala. Efekt transferu na pracovní paměť a exekutivní kontrolu nebyl prokázán, a to bezprostředně ani s časovým odstupem.

Závěr: Práce se svými výsledky řadí mezi studie dokládající schopnost zlepšení výkonu v trénovaných kognitivních úkolech ve starším věku.

Klíčová slova: stárnutí, pracovní paměť, selektivní vizuální pozornost, exekutivní funkce, Change Detection Task, kognitivní trénink.

Abstract

Introduction: The effect of cognitive training on cognitive performance has been of interest to researchers for many years. Training is most often targeted at attention, working memory, or executive functions that are affected by age. The goal is usually not only to test whether it is possible to improve performance on the trained task, but also on other untrained tasks that are assumed to be related to the trained task. Given the aging of the population, these interventions are increasingly targeting the older adults.

Aim: The study aims to examine the effects of training visual selective attention and working memory using Filter It – our version of the canonical Change Detection Task (CDT) for a mobile device, the tablet.

Method: The sample consisted of 62 older adults aged 60-75 years, who were divided into experimental and active control group through the block randomization. The experimental group trained using the Filter It application, and the active control group trained using the Clouds application. The aim was to examine the effectiveness of a 6-week individual visual adaptive CDT training administered on a tablet, in terms of specific training improvements (Filter It – Colors and Shapes paradigms) and transfer effect on measures of working memory (Letter Number Sequencing, Visual Patterns Test) and executive control (the Prague Stroop Test, the Trail Making Test).

Results: Older adults were able to improve their performance on both the trained and untrained Filter It tasks, and these improvements persisted over the long term (i.e., 6 months apart). The experimental group was able to improve their performance on a measure of inhibitory control (PST-C), but the evidence for the effect was anecdotal and did not persist over time. There was no evidence of a transfer effect on working memory and executive control, either immediately or in long-term.

Conclusion: The present study supports the evidence for the ability to improve performance on trained cognitive tasks in older age.

Key words: aging, working memory, selective visual attention, executive functions, Change Detection Task, cognitive training.

Obsah

Úvod	9
1 Pozornost a exekutivní funkce.....	11
1.1 Pozornost.....	11
1.1.1 Modely pozornosti.....	13
1.1.2 Posnerův model pozornostních sítí.....	14
1.1.3 Pozornost a pracovní paměť	14
1.1.4 Měření pozornosti.....	15
1.2 Exekutivní funkce	17
1.2.1 Inhibiční kontrola	21
1.2.2 Pracovní paměť jako součást exekutivních funkcí.....	22
1.2.3 Kognitivní flexibilita	23
1.2.4 Měření exekutivních funkcí	24
2 Pracovní paměť.....	25
2.1 Model pracovní paměti Baddeley-Hitch.....	27
2.2 Kapacita pracovní paměti	31
2.3 Měření kapacity pracovní paměti	33
3 Kognitivní funkce ve stáří.....	37
3.1 Neuroplasticita.....	41
4 Trénink kognitivních funkcí.....	42
4.1 Efekt transferu.....	45
4.2 Tradiční přístupy k tréninku pracovní paměti	46
4.2.1 Change detection task v tréninku	47
4.3 Využití moderních technologií při tréninku	48
5 Cíle práce a hypotézy	49
6 Design	52
7 Soubor	55
8 Metody.....	57
8.1 Specifický tréninkový efekt a Nearest transfer efekt	57
8.2 Near transfer efekt	58
8.3 Far transfer efekt	58

8.4	<i>Kontrolní úloha</i>	59
8.5	<i>Subjektivní zhodnocení kognice</i>	59
9	Tréninkové úkoly	62
9.1	<i>Experimentální skupina – Filter It</i>	62
9.2	<i>Aktivní kontrolní skupina – Clouds</i>	65
9.3	<i>Srovnání tréninkových aplikací</i>	66
10	Analýza dat	68
11	Výsledky	71
11.1	<i>Specifický efekt tréninku</i>	71
11.2	<i>Nearest transfer efekt</i>	71
11.3	<i>Near transfer efekt</i>	72
11.4	<i>Far transfer efekt</i>	72
11.5	<i>Kontrolní úloha</i>	73
11.6	<i>Korelace změn ve výkonu</i>	75
11.7	<i>Subjektivní zhodnocení kognice</i>	76
11.8	<i>Zpětná vazba</i>	77
12	Diskuse	79
12.1	<i>Specifický efekt tréninku</i>	79
12.2	<i>Nearest transfer efekt</i>	80
12.3	<i>Near transfer efekt</i>	81
12.4	<i>Far transfer efekt</i>	82
12.5	<i>Kontrolní úloha</i>	83
12.6	<i>Trvání efektu</i>	84
12.7	<i>Subjektivní zhodnocení kognice</i>	85
12.8	<i>Aktivní kontrolní skupina</i>	85
12.9	<i>Zpětná vazba a subjektivní přínos tréninku</i>	86
12.10	<i>Složení souboru</i>	87
12.11	<i>Analýza dat</i>	88
12.12	<i>Verze CDT</i>	88
12.13	<i>Limity</i>	89

12.14	<i>Navazující studie</i>	91
13	Závěr	92
14	Použitá literatura	93
15	Seznam zkratk	116
16	Přílohy	117

Úvod

Stárnutí kognice je komplexní proces ovlivněný nejen genetickými ale i environmentálními faktory, což podporuje myšlenku, že jeho průběh lze pozitivně ovlivnit např. prostřednictvím tréninku kognitivních funkcí (Dahlin et al., 2008; Karbach & Kray, 2009; Sandberg, 2014). Odpověď na to, do jaké míry je kognitivní trénink efektivní či prevencí poklesu kognitivních funkcí, není dosud jednoznačná (*A Consensus on the Brain Training Industry from the Scientific Community*, 2014; *Cognitive Training Data Response Letter*, 2014; Committee on Preventing Dementia and Cognitive Impairment et al., 2017; Shawn Green et al., 2019; Simons et al., 2016).

U studií zaměřených na kognitivní trénink je sledován efekt *near transferu*, tedy zlepšení výkonu v úkolech, jež nebyly přímou součástí tréninku, ale měří stejný konstrukt (tj. jsou podobné) jako trénovaná úloha. Dalším zkoumaným efektem tréninku bývá tzv. *far transfer*, což znamená zlepšení výkonu v úlohách měřících konstrukt odlišný od toho intervenovaného (Karbach & Verhaeghen, 2014; Shipstead et al., 2010).

Výzkumné studie v oblasti kognitivního tréninku prostřednictvím informačních a komunikačních technologií (softwarových řešení, mobilních aplikací) často cílí své intervence na pozornost a pracovní paměť (WM, z angl. *working memory*). Existují různé přístupy pro trénink a studium WM. Jedním z těchto přístupů je *Change Detection Task* (CDT; Vogel et al., 2005). V CDT je úkolem určit, zda jsou prezentované podněty stejné či odlišné v porovnání s předchozími. CDT je běžně využíváno pro testování WM, nicméně tato úloha už není tak často využívána pro trénink WM. Existuje řada variant CDT; jednou z nich je naše mobilní aplikace Filter It inspirovaná studií Li a kol. (2017). Studie využívající CDT prokazují, že je možné výkon v této úloze ovlivnit tréninkem (Buschkuehl et al., 2017; J. G. Gaspar et al., 2013; Kuo et al., 2014; C.-H. Li et al., 2017; Moriya, 2019), a to především u jedinců s horším počátečním výkonem (C.-H. Li et al., 2017). Zjištění výše zmíněných studií (Buschkuehl et al., 2017; J. G. Gaspar et al., 2013; C.-H. Li et al., 2017) potvrzují existenci efektu *near transferu*, a nikoli *far transferu*.

Většina výše zmiňovaných studií pracovala s mladšími dospělými a pokud je nám známo, tak pouze jedna studie užívající přístup CDT (J. G. Gaspar et al., 2013) se zaměřila na starší osoby. Bohužel ani tato studie neprokázala tzv. *far transfer* efekt u CDT tréninku. Soubor zahrnoval 40 starších osob ve věku 65 až 84 let ($M = 75,4 (\pm 4,3)$); tj. jak mladší seniory (tzv. *young-old*; 60-75 let), tak starší seniory (nad 75 let). Věk 75 let však bývá

považován za tzv. inflexní bod v poklesu kognitivních funkcí (Schaie & Willis, 2010) a zároveň plasticita mozku je odlišná u těchto dvou věkových skupin (S.-C. Li et al., 2008; Schmiedek et al., 2010; Singer et al., 2003). Navíc efekt transferu, zejména pak ten vzdálený (far transfer), je u starších seniorů oproti mladším spíše omezený (Borella et al., 2013, 2014; Buschkuehl et al., 2008; Zinke et al., 2012).

Cílem této práce je ověřit efektivitu tréninku CDT u starších osob. Plánování studie a zpracování výsledků se účastnili i kolegové PhDr. Hana Georgi, Ph.D. (t.č. Pražská vysoká škola psychosociální studií), Mgr. Jiří Lukavský, Ph.D. (t.č. Psychologický ústav Akademie věd ČR), Assoc. Prof. Susanne M. Jaeggi, Ph.D. (t.č. University of California, Irvine, USA) a Martin Buschkuehl, Ph.D. (t.č. MIND Research Institute, Irvine, USA). Pro účely této studie byla ve spolupráci s Bsc Artemem Ayrapetovem naprogramována aplikace Filter It, jejíž zdrojový kód je volně k dispozici. Zároveň kolegové Susanne M. Jaeggi a Martin Buschkuehl nám laskavě dali k dispozici aplikaci Clouds, která byla využita pro aktivní kontrolní skupinu. Pro realizaci studie byla získána podpora Grantové agentury Univerzity Karlovy GAUK č. 899018.

Výsledky studie byly prezentovány na lokálních a mezinárodních odborných konferencích, např.: konference Stárnutí 2018 a 2021 v Praze, International Congress of Psychology 2020+ v Praze. Byl publikován design studie (Frydrychova et al., 2018) a první výsledky studie se specifickým efektem tréninku (Frydrychova & Georgi, 2021), odborný článek s hlavními výsledky je aktuálně v přípravě (Frydrychova et al., b.r.).

Teoretická část disertační práce se věnuje popsání konstruktů pozornosti, pracovní paměti a exekutivních funkcí, které jsou relevantní pro tuto práci. Zároveň je popsána problematika poklesu kognitivních funkcí ve starším věku a neuroplasticita. V neposlední řadě se teoretická část věnuje tréninku kognitivních funkcí zaměřeného na pracovní paměť a exekutivní funkce u starších osob.

V praktické části práce jsou popsány cíle disertační práce, provedené analýzy a jejich výsledky. Diskuse se podrobně věnuje souvislostem mezi výsledky a relevantními staršími studiemi. V diskusi jsou rovněž popsány limity této studie a možnosti pro další navazující studie. V přílohách jsou uvedeny doplňující materiály spojené s realizací studie.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Pozornost a exekutivní funkce

1.1 Pozornost

Jednoznačné definování pozornosti je poměrně obtížné, a to zejména proto, že pozornost je v různé formě zapojena do každodenních činností a chování. James (1890) „Každý ví, co je to pozornost. Mysl se zmocňuje jednoho z několika simultánních běhů myšlenek či možných objektů v čisté a jasné podobě. Jejím základem je zaměření, koncentrace vědomí.“ Jinými slovy tou hlavní funkcí pozornosti je selektivně rozdělit kognitivní zdroje mezi podněty, myšlenky, odpovědi a vzpomínky, které jsou v danou chvíli nejvíce relevantní na úkor těch méně důležitých (Dosenbach & Petersen, 2009). Pozornost tak do velké míry ovlivňuje chování jedince.

Z terminologického i klinického úhlu pohledu je u pozornosti popisováno několik aspektů. Bdělost, jinak také vigilita, znamená připravenost pozornostního systému k akci. Pokud se jedná o dlouhodobější stav připravenosti, tak se jedná o udržení pozornosti neboli vigilanci. Kapacita pozornosti je stejně jako u pracovní paměti omezená a značí množství informací a podnětů, které je jedinec v danou chvíli schopen registrovat. Svou pozornost může jedinec zaměřit na jeden konkrétní cíl, což popisuje termín koncentrace pozornosti. Pomocí distribuce může jedinec rovněž svoji pozornost rozdělit a zabývat se tak současně více různými podněty/úkolů. To je možné díky přepínání pozornosti mezi jednotlivými podněty. V jiném případě si může jedinec vybrat jeden nebo více podnětů/myšlenek z mnoha dalších dle jejich relevantnosti a důležitosti v danou chvíli – děje se tak zaměřením na určité podněty, nebo inhibicí nedůležitých podnětů (Lezak et al., 2012). Tento proces se nazývá selektivita pozornosti, na tu se v minulosti zaměřil ve svém výzkumu například Cherry (1953) či Broadbent (1958) – podrobněji popsáno v kapitole 1.1.1.

Tabulka 1. Dělení pozornosti dle Oberauer (2019)

	Kontrolovaná		Automatická	
	Omezené zdroje pro kontrolu pozornosti		Bez omezení zdrojů	
	Věci/Události	Cíle/Akce	Věci/Události	Cíle/Akce
Percepční	Selektivní pozornost zaměřená na umístění, vizuální objekty, události, aspekty. <i>Omezená kapacita pro sledování více kanálů.</i>	Selektivní pozornost k probíhajícím akcím a monitorování jejich výstupů.	Upoutání pozornosti výraznými podněty, podněty, které se naučíme považovat za relevantní, či podněty v centru pozornosti v pracovní paměti.	Upoutání pozornosti chybou či neočekávanými potížemi.
Nepercepční	Pozornost k věcem v pracovní paměti. <i>Omezená kapacita pro udržení („uložiště“).</i>	Pozornost k plánovaným akcím: výběr nastavení, výběr z odpovědí. <i>Centrální kapacita pro zpracování.</i>	Nedobrovolné vybavení z dlouhodobé paměti; vtíravé myšlenky.	Nedobrovolné vyvolání nastavení asociovaného k přítomnému podnětu; nedobrovolná selekce odpovědi (např.: Stroopův test, Eriksenův flanker)

Pozn.: Popis, který se vztahuje k pozornosti jako selekce/prioritizace je napsán běžným fontem; popis, který se vztahuje k pozornosti jako zdroji, je napsán *kurzívou*.

Procesy pozornosti mohou být řízeny zdola nahoru (tzv. *bottom-up*) nebo shora dolů (tzv. *top-down*). V prvním případě se jedná o regulaci prostřednictvím senzorické stimulace, tedy pozornost je upoutána vnějším podnětem (např. výrazný zvukový podnět), naopak v druhém případě se pozornost řídí cílem jedince (např. vyhledávání známé tváře v davu) (Shiffrin & Schneider, 1977). V prvním případě se zaměření pozornosti na podněty nemusí řídit pouze jejich mírou salience (nápadnosti). Aktuálnější pohled na tento dichotomický model pozornosti popisuje, že výběr je ovlivněn i zkušenostmi z minulosti dle toho, na co se jedinec zaměřoval (Awh et al., 2012). Proto i pozornostní procesy řízené zdola nahoru jsou do určité míry ovlivněné tzv. *top-down* procesy.

Mozkové sítě zodpovědné za správné fungování pozornosti jsou přítomné již od raného věku a v dětském věku hrají zásadní roli při vývoji kontroly emocí a myšlenek (Posner et al., 2014). Správné fungování pozornostního systému je závislé na rozsáhlých mozkových sítích, kam se řadí mimo jiné i frontoparietální síť včetně prefrontálního

kortexu. Na regulaci pozornosti se však podílí i další kortikální a subkortikální oblasti či mozkový kmen (E. K. Miller & Buschman, 2013; Shipp, 2004).

1.1.1 Modely pozornosti

V oblasti kognitivní psychologie je koncept pozornosti zkoumán již od doby Williama Jamese, jednoho ze zakladatelů empirické psychologie v 19. století (1842-1910). Ten procesy pozornosti popsal ve svém seminárním díle *Principy psychologie*. Od této doby jsou do modelu pozornosti zahrnovány aspekty jako je aktivace, selekce a kontrola (James, 1890). Již na přelomu 19. a 20. století vědci jako Oswald Kulpe, Edward Titchner či William James popisovali povahu a důležitost pozornosti za využití tehdejší psychologické terminologie (self, vůle, vědomé vnímání a prožitky, a pozornost jako taková). Výzkum pozornosti byl v této době nejčastěji zaměřen na proměnu vnímání podnětů/předmětů, když je na ně zaměřena pozornost, na možnost vnímat zároveň více podnětů nebo také na rychlost reakcí na podnět. Hlavními metodami zkoumání byly převážně introspekce a do určité míry i experiment. Ve své práci tak vědci dokázali podrobně a jasně popsat subjektivní mentální život, nicméně scházela jednotná terminologie a koncepty. Později, když v Americe dominoval behaviorismus a teorie učení, výzkum pozornosti zaznamenal určitý pokles. Behavioristé nesouhlasili s metodami jako introspekce a navíc nepřijímali koncept selektivní pozornosti (Pashler, 1998).

Po druhé světové válce začalo systematické zkoumání pozornosti. Jednou z prvních a pravděpodobně nejznámějších moderních teorií pozornosti je Broadbentova teorie filtru (Broadbent, 1958), která bývá označována i jako model časné selekce. Tato teorie vychází z předpokladu, že podněty přicházející do senzorického systému jsou tříděny už na základě fyzických atributů (např.: umístění, hlasitost) na informace určené pro další zpracování a na ty nepotřebné, které nejsou dále zpracovávány (Pashler, 1998). Další takovou teorií časné selekce je Teorie oslabení od Anni Treismanové (1960). Ta na rozdíl od předchozího modelu předpokládá, že nedojde k úplnému zablokování podnětů, které jsou vyhodnoceny jako bezvýznamné, ale dojde pouze k jejich oslabení. Oslabení tak není dostačující a přes filtr projdou i obzvláště silné podněty. Dle této autorky má selektivní pozornost tři stupně. V prvním jsou paralelně u všech podnětů, které k nám přichází, analyzovány jejich fyzikální vlastnosti (např.: hlasitost). Podněty, které nemají vlastnosti cíle, neprocházejí do dalšího stupně a jsou oslabeny. V druhém stupni je zkoumáno uspořádání a kvalita podnětu a ty, co mají kvalitu cíle, jsou propuštěny do dalšího stupně, ostatní jsou opět oslabeny.

V posledním, třetím, stupni je pozornost zaměřena na finální podněty, které jsou následně vyhodnocovány.

Opakem teorií časné selekce jsou modely pozdní selekce, které předpokládají, že všechny příchozí podněty/informace jsou zpracovány. Proběhne tedy senzorická analýza a částečně i percepční a pojmová analýza podnětu. Pro reakci a další zpracování jsou využity pouze ty nejrelevantnější či nejdůležitější (Pashler, 1998).

1.1.2 Posnerův model pozornostních sítí

Posner a Petersen (Petersen & Posner, 2012; Posner & Petersen, 1990) se v jejich modelu pozornostních sítí zaměřili na tři nezávislé, ale úzce spolupracující podsystémy v rámci pozornosti, tj. bdělost, orientace a exekutivní kontrola.

Bdělost je významově nejblíže vigilanci či udržované pozornosti, je to nejzákladnější funkce pozornosti, která je základnou pro další funkce pozornosti. Bdělost značí schopnost udržení určité úrovně citlivosti i za aktuální nepřítomnosti podnětů. Změna v bdělosti bývá hodnocena za delší časové úseky (minuty až hodiny) prostým měřením reakčního času na vizuální podněty, které se objeví náhle a bez předchozího upozornění (Dosenbach & Petersen, 2009).

Orientace je popisována jako schopnost vybrat z daného množství informací a podnětů, které k jedinci v určitou chvíli přichází, ty relevantní. Pozornost tak může být selektivně zaměřena na určitou část prostoru, po určitý časový úsek nebo na různé aspekty (frekvence, hlasitost, barva, pohyb apod.) (Dosenbach & Petersen, 2009; Lezak et al., 2012).

Exekutivní kontrola selektivní pozornosti je třetí hlavní komponentou pozornostní sítě a zahrnuje rozdílné procesy, které se vztahují k udržení, monitoringu a přizpůsobení alokace pozornosti. Zároveň exekutivní složka pozornosti jedinci umožňuje mít do určité míry kontrolu nad zaměřením kognitivních zdrojů (Dosenbach & Petersen, 2009).

1.1.3 Pozornost a pracovní paměť

Panuje všeobecná shoda na tom, že pozornost a pracovní paměť jsou velmi úzce propojené (Gazzaley & Nobre, 2012; Kane et al., 2001; Oberauer, 2019). Definice pozornosti

i pracovní paměti jsou popsány v samostatných kapitolách (kapitola 1.1 (pozornost)

a kapitoly 2 a 2.1 (pracovní paměť)), proto jim zde nebude věnován další prostor. Nicméně pro vyjádření vztahu mezi pozorností a pracovní pamětí se nejčastěji využívá termín exekutivní pozornost. Tento termín vyjadřuje jak zaměření na cíl, tak i jednání včetně jeho výběru, plánování, inhibice ostatních rušivých a nerelevantních podnětů a přesunu pozornosti k jiné činnosti (Oberauer, 2019). Oberauer (2019) popisuje dvě definice pozornosti ve vztahu k pracovní paměti – pozornost jako zdroj a pozornost jako mechanismus pro selekci.

Pozornost jako zdroj operuje s předpokladem omezených kognitivních zdrojů, které mohou být využity pro pozornostní procesy. Tato definice předpokládá, že pozornost je pomyslné kontinuum, které může být rozděleno a alokováno pro různé procesy v závislosti na náročnosti. Rozdělení pozornostních zdrojů pro kognitivní procesy se odvíjí dle toho, co je potřebné pro výkon dané činnosti. Tento koncept, ve kterém se dává do vztahu pozornost jako zdroj a pracovní paměť (viz Tabulka 1), operuje s omezenou kapacitou pracovní paměti, což reflektuje omezené kognitivní zdroje (Oberauer, 2019). Ty mohou být rozděleny mezi kapacitu a zpracování informací (Just & Carpenter, 1992), pozornost pro percepci a paměť (Ester et al., 2014), nebo kontrolu pozornosti (Baddeley, 1996).

V odlišném pohledu na pozornost na ni není nahlíženo jako na zdroj, ale na mechanismus pro selekci a prioritizaci reprezentací. V tomto případě pozornost nevysvětluje omezenou kapacitu pracovní paměti. Naopak pracovní paměť lze považovat za příklad pozornosti, tj. pracovní paměť je pozornost k paměťovým reprezentacím (viz Tabulka 1). Pracovní paměť tak poskytuje možnost ze všech možných informací uložených v paměti vybrat ty konkrétní, které jsou v danou chvíli potřebné, a následně je i využít pro potřebné kognitivní operace (Oberauer, 2009). Nicméně na základě toho vyvstávají otázky, jakým způsobem jsou informace do pracovní paměti vybírány, nebo jakým způsobem jsou informace selektovány v rámci pracovní paměti, či v jakém vztahu je pracovní paměť ke kontrole pozornosti a akci (Oberauer, 2019).

1.1.4 Měření pozornosti

V rámci pozornostních funkcí lze měřit jednotlivé komponenty pozornosti, které byly popsány výše v kapitole 1.1. Pro jakýkoliv kognitivní výkon je důležitá vigilance i koncentrace, přičemž existují měřítka zaměřená specificky na tyto aspekty pozornosti.

Tyto testy měří schopnost jedince reagovat na určitý typ podnětů a zároveň ignorovat ty ostatní necílové v rámci prezentované řady podnětů (např.: čísla, slova, obrázky). V případě, že test trvá delší dobu (15-20 minut, ale i delší dobu), pak měří schopnost udržení pozornosti

(Lezak et al., 2012). Mezi testy na pomezí koncentrace a udržení pozornosti se řadí Test stálosti výkonu (Conners, 2000), ve kterém je úkolem reagovat stisknutím tlačítka na všechna písmena kromě X. Mimo jiné lze testovat i schopnost rozdělené pozornosti, což je na pomezí pozornosti a exekutivních funkcí. Do této oblasti lze zařadit Test cesty (Bezdicek et al., 2017; Reitan, 1958). V první části (A) je úkolem spojovat čísla ve vzestupném pořadí, přičemž jsou zapojeny následující funkce – zaměřená pozornost, vizuální skenování a kontrola, vizuo-motorická koordinace. Druhá část (B) obsahuje písmena a čísla, úkolem je střídavě spojovat čísla ve vzestupném pořadí a písmena v abecedním pořadí. V této části jsou kromě výše zmiňovaných funkcí u Testu cesty – část A zapojeny ještě aspekty jako rozdělená pozornost a kognitivní flexibilita. Vzhledem k tomu, že část B zapojuje do značné míry kognitivní flexibilitu, tak je považována především za měřítko exekutivních funkcí (viz níže – kapitola 1.2.4).

Pozornost, stejně jako krátkodobá či pracovní paměť, má omezenou kapacitu. Kapacita pozornosti je do určité míry závislá na rychlosti zpracování informací. Tedy množství informací, které pozornostní systém dokáže najednou zpracovat, závisí na tom, jak rychle dokáže jednotlivé podněty zpracovat (Lezak et al., 2012). Oba tyto aspekty pozornosti se dají měřit odděleně a níže budou popsány způsoby, kterými je lze testovat.

Pro měření kapacity pozornosti se nejčastěji využívají takzvané „testy rozsahu“ neboli *span tasks*. V těchto testech se jedinci postupně prezentuje navyšující množství informací s cílem zopakovat to, co viděl/a nebo slyšel/a pro posouzení zachyceného množství informací. Přičemž množství správně zopakovaných informací se považuje za indikátor kapacity pozornosti (Lezak et al., 2012). Klasickým příkladem přístupu měření kapacity paměti jsou testy využívající princip *simple span task*. V těchto úlohách je prezentováno určité množství podnětů (např.: řada čísel, kostky či symboly) a úkolem jedince je zopakovat podněty v daném pořadí – popředu či pozpátku. Dle typu zadání je zatížena spíše kapacita pozornosti (popředu) nebo pracovní paměti (pozpátku). Pokud je řada podnětů zopakována správně, je prezentována delší řada podnětů (Lezak et al., 2012; Unsworth & Engle, 2007).

Mezi úlohy tohoto typu se řadí Opakování čísel z Wechslerovy škály inteligence pro dospělé – třetí revize (WAIS-III; Wechsler, 1997a) či Wechslerovy paměťové škály – třetí revize (WMS-III; Wechsler, 1997b). Test zahrnuje dva subtesty – popředu a pozpátku. Vzhledem k tomu, že oba zmiňované subtesty měří odlišné aspekty pozornostního procesu a pracovní paměti, tak Lezaková a kol. (2012) doporučují posuzovat oba subtesty samostatně, aby při interpretaci nedocházelo ke ztrátě klinicky významných informací. Tento test měří především efektivitu pozornosti, tedy osvobození se od distrakce, spíše než paměť jako takovou. Přítomné chyby jsou způsobeny především vlivem rozptýlení jinými podněty, zhoršenou spoluprací či nepozorností. Stejně tak úzkostná symptomatika a stres snižují výkon v tomto testu (Lezak et al., 2012). Druhý subtest, opakování čísel pozpátku, se řadí mezi měřítka pracovní paměti a je popsán v kapitole 2.3. Předchozí metoda testuje verbální či sluchovou zaměřenou pozornost. Mezi další metody tohoto typu, které však posuzují kapacitu pozornosti na neverbální úrovni, patří Corsiho kostky (jinak také *Corsi block*, *Corsi tapping task* či *Corsi block-tapping test*) (Corsi, 1973; Milner, 1971), Prostorový rozsah z WMS-III (Wechsler, 1997b) nebo *Symbol span* (Wechsler, 2009). Oba zmiňované testy měří rozsah vizuální zaměřené pozornosti, nicméně při změně zadání jako u testu opakování čísel se jedná o měřítko pracovní paměti (viz kapitola 2.3).

Většina kognitivních operací vyžaduje pro jejich vykonání určitou rychlost zpracování informací. Testy měřící rychlost reakcí či odpovědi na určitý podnět mohou sloužit jako přímé měřítko rychlosti zpracování informací. Zároveň do této oblasti lze řadit i testy jako Symboly – kódování z WAIS-III (Wechsler, 1997a) nebo *Symbol Digit Modalities Test* (A. Smith, 2007). Úkolem jedince je co nejrychleji doplňovat symboly k číslům dle předlohy, respektive čísla k symbolům v případě *Symbol Digit Modalities Test*. Výkon v těchto testech je do značné míry závislý na rychlosti zpracování informací, nicméně spolupodílí se na tom i vizuální kontrola, vizuo-motorická koordinace, motorická vytrvalost, rychlost reakcí či udržovaná pozornost. Z toho důvodu je nelze považovat za čistá měřítko rychlosti zpracování informací (Lezak et al., 2012).

1.2 Exekutivní funkce

Exekutivní funkce, jinak také nazývané jako exekutivní kontrola nebo kognitivní kontrola, označují mechanismy na úrovni kognitivních funkcí a mozku, o kterých

se předpokládá, že regulují dynamiku lidského poznávání a chování v neustále se měnícím prostředí (Diamond, 2013; Lezak et al., 2012). Umožňují tak člověku komplexní uvažování, řešení problémů, plánování a regulování prožívání (Lezak et al., 2012).

Přestože byl koncept exekutivních funkcí jako takový definován poprvé až v 70. letech 20. století, problematika kontroly mechanismů a chování byla diskutována již o více než století dříve. Bylo tomu tak díky případu pacienta Phinease Gage, který v roce 1848 utrpěl vážný úraz, při němž mu železná tyč poranila velkou část levého frontálního laloku (Harlow, 1999). Phineas tento úraz přežil, ale došlo k výrazné změně v jeho chování a osobnosti (Macmillan, 1996; Ratiu & Talos, 2004). Tento kuriózní případ tak přiměl odborníky zabývat se rolí frontálních laloků.

Později a patrně jako jeden z prvních definoval neurochirurg, profesor psychiatrie a psychologie Karl Pribram (1973) pojem exekutivní funkce při diskusí funkce prefrontálního kortexu. I přesto, že tomu tak bylo poměrně nedávno, v literatuře lze dohledat různé způsoby definování exekutivních funkcí (Jurado & Rosselli, 2007; Suchy, 2016). Nejednotnost v definování exekutivních funkcí je pravděpodobně způsobena množstvím různých procesů, které jsou pod ně řazené. Někteří autoři popisují exekutivní funkce jako jednu komponentu, jiní pod ně naopak řadí více komponent (Diamond, 2013; Jurado & Rosselli, 2007; Otero & Barker, 2014; Rabinovici et al., 2015). Stuss (1992) navrhl model exekutivních funkcí, který zahrnuje dovednosti umožňující jedinci vytvářet si cíle, udržovat je v aktivní paměti, monitorovat výkon a kontrolovat rušivé faktory tak, aby bylo stanoveného cíle dosaženo. Jiní autoři pak pod pojem exekutivní funkce řadí procesy, jako je soustředěná a udržovaná pozornost, generace a realizace plánů, monitorování a využívání zpětné vazby (Diamond, 2013; Jurado & Rosselli, 2007; Otero & Barker, 2014). V tabulce 2 je uveden přehled modelů exekutivních funkcí včetně jejich autorů a procesů, které jsou v daném modelu řazené pod pojem exekutivní funkce.

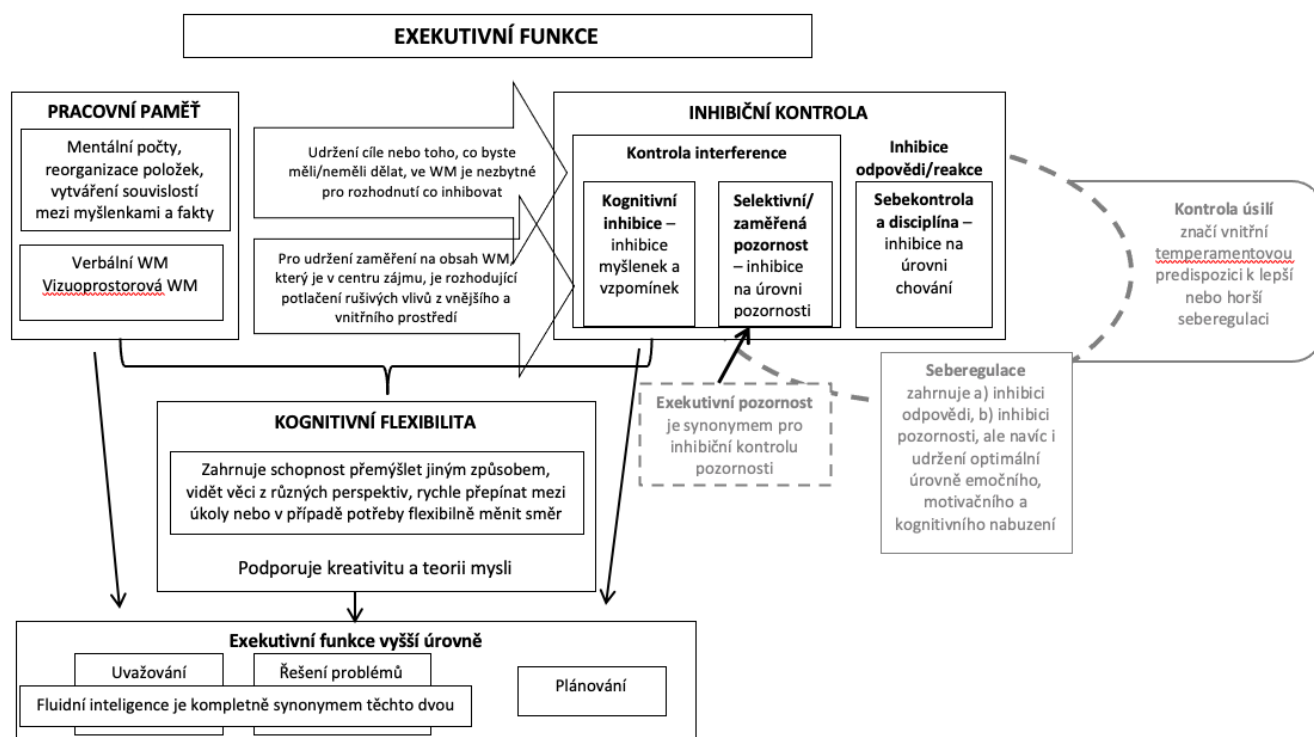
Tabulka 2. Koncepty a komponenty exekutivních funkcí dle Jurado a Rosselli (2007)

Autor	Koncept a/nebo komponenty exekutivních funkcí
Lezak (1983)	vůle, plánování, účelné jednání, efektivní výkon
Baddeley a Hitch (1974)	centrální exekutivní systém, fonologická smyčka, vizuoprostorový zápisník
Norman a Shallice (1986)	supervizní pozornostní systém
Lafleche a Albert (1995)	souběžná manipulace s informacemi: kognitivní flexibilita, tvorba pojmů, chování podle vodítek
Borkowsky a Burke (1996)	analýza úkolů, kontrola strategie, monitorování strategie
Anderson a kol. (2001)	pozornostní kontrola, kognitivní flexibilita, nastavení cílů
Delis a kol. (2001)	flexibilita myšlení, inhibice, řešení problémů, plánování, kontrola impulzů, vytváření pojmů, abstraktní myšlení, kreativita
Hobson a Leeds (2001)	plánování, iniciace, perseverace a změna jednání zaměřeného na cíl
Piguet a kol. (2002)	vytváření pojmů, uvažování, kognitivní flexibilita
Elliot (2003)	řešení nových problémů, modifikace jednání na základě nových informací, vytváření strategií, řazení složitých aktů jednání
Banich (2004)	cílevědomá a koordinovaná organizace chování, reflexe a analýza úspěšnosti použitých strategií.

Nicméně v současné době panuje obecná shoda, že existují tři základní složky exekutivních funkcí, které jsou vzájemně propojené a reflektují Stussův model (Anderson et al., 2002; Diamond, 2013; Lehto et al., 2003; Miyake et al., 2000).

1. Inhibice, jinak také nazýváno kontrola inhibice či inhibiční kontrola, včetně sebekontroly (tj. behaviorální inhibice). Do této oblasti se rovněž řadí kontrola interference, tj. selektivní pozornost a kognitivní inhibice.
2. Pracovní paměť, jejíž definice se překrývá s modelem Baddeleyho a Hitche (Baddeley, 2000, 2012).
3. Kognitivní flexibilita, kterou lze nazvat jako změnu mentálního/psychického nastavení, mentální flexibilitu. Ta je pak úzce propojená s kreativitou.

Na jejich základě pak vznikají tzv. exekutivní funkce vyššího řádu, jako je uvažování, řešení problémů a plánování. Výše popsane složky exekutivních funkcí a jejich návaznost na další exekutivní či kognitivní funkce je znázorněno v modelu (Obrázek 1). Exekutivní funkce jsou tak nezbytné pro duševní a fyzické zdraví, dosahování školních i životních úspěchů, ale i pro kognitivní, sociální a psychický vývoj (Diamond, 2013).



Obrázek 1. Model exekutivních funkcí dle Diamond (2013)

Vývoj exekutivních funkcí probíhá od dětství přes adolescenci paralelně s myelinizací a synaptogenezí ve frontálních lalocích (Anderson et al., 2001), k jejich poklesu pak dochází s narůstajícím věkem, což souvisí s poklesem funkce v prefrontálních lalocích (Buckner, 2004). Jednotlivé procesy exekutivních funkcí aktivují kortikální oblasti prefrontálních laloků (dorzolaterální, orbitofrontální a ventromediální) či předního cingula, ale i parietálních laloků. Mimo to jsou zapojeny i další struktury jako například bazální ganglia, thalamus či mozeček (Collette et al., 2005; Chow & Cummings, 2007; Otero & Barker, 2014; Rabinovici et al., 2015). Při poškození některé z těchto struktur vlivem neurologické, psychiatrické či jiné medicínské příčiny může dojít k exekutivnímu deficitu (Collette et al., 2005; Chow & Cummings, 2007).

Porucha exekutivních funkcí se tak může projevit ve špatném plánování a organizaci, obtížemi s generováním a implementací strategií při řešení problémů, sníženou flexibilitou, perseveracemi, neschopností opravovat chyby nebo využívat zpětnou vazbu. Může se taktéž projevovat rigidními a konkrétními (tzn. nikoli abstraktními) myšlenkovými procesy. Vzhledem k tomu, že exekutivní funkce ovlivňují i prožívání a chování jedince,

může se tak při jejich poruše objevovat snížená sebekontrola, impulzivita či bezohlednost. Funkčně se deficit exekutivních funkcí v běžném životě projevuje neefektivním plánováním a dezorganizací (Anderson et al., 2002; Rabinovici et al., 2015).

1.2.1 Inhibiční kontrola

Jednou ze základních složek exekutivních funkcí je inhibiční kontrola (z angl. *inhibitory control*). Tento pojem bývá překládán jako inhibiční kontrola či kontrola inhibice, pro účely této práce jsou tyto pojmy používány jako synonyma. Zajišťuje schopnost jedince ovládat svou pozornost, chování, myšlenky a/nebo emoce tak, aby překonal silné vnitřní predispozice či vnější pobídky a namísto toho dělal nebo se zaměřil na to, co je v danou chvíli potřebnější či vhodnější. Zjednodušeně je to schopnost potlačit podněty a behaviorální odezvy, které nejsou v souladu s aktuálním cílem (Diamond, 2013; Suchy, 2016; Tiego et al., 2018). Kontrola inhibice umožňuje vybrat si, jakým způsobem bude jedinec v určité situaci reagovat. To však neznamená, že by kontrola inhibice výběr či změnu chování usnadňovala. V opačném případě při absenci kontroly inhibice jedinec jedná pod vlivem impulzů, vnějších pobídek či starých návyků (myšlenkových i chování). To může v dané situaci vést k nevhodnému chování či rozhodnutí. Kontrolu inhibice lze rozdělit na tři separátní procesy – selektivní pozornost (*selective attention*), inhibice pozornosti (kontrola interference (*interference control*)) a sebekontrola (*self-control*) (Diamond, 2013).

Selektivní pozornost nebo jinak také inhibiční kontrola pozornosti (na úrovni percepce) umožňuje výběr toho, na co se zaměří pozornost, a naopak potlačí ostatní podněty, které nejsou v daný moment relevantní. Klasickým jevem souvisejícím se selektivní pozorností je tzv. problém koktejlové party, který E. Colin Cherry popsal ve 20. století (Cherry, 1953). Jde o schopnost člověka se v hlučné společnosti (např.: koncert, oslava) selektivně zaměřit a vnímat jeden hlas, odfiltrovat vše ostatní. Avšak v případě náhlého a významného podnětu (např.: výrazný pohyb, hlasitý zvuk či vyslovení našeho jména) se na tento podnět pozornost přesune bezděčně, tedy bez ohledu na to, zda to jedinec chce či nechce. Jak z povahy procesu vyplývá, tak je tento typ pozornosti nazýván exogenní, *bottom-up*, automatický, nebo také řízený podnětem. Opakem je potom selektivní pozornost, která je řízená rozhodnutím ignorovat určitý podnět nebo se dobrovolně na daný podnět zaměřit s ohledem na cíl či záměr. Tento proces

se nazývá endogenní, *top-down*, aktivní či cílená pozornost (Gazzaley et al., 2005; Gazzaley & Nobre, 2012; Posner & DiGirolamo, 1998; Theeuwes, 2010).

Inhibice pozornosti (kontrola interference) je dalším aspektem kontroly inhibice, která umožňuje potlačit podněty a jejich mentální reprezentace (Tiego et al., 2018). To zahrnuje potlačování nechtěných myšlenek či vzpomínek, včetně záměrného zapominání, potlačení proaktivní interference vlivem informací získaných dříve nebo retroaktivní interference vlivem pozdějších informací a podnětů. Inhibice pozornosti je obvykle v součinnosti s pracovní pamětí a logicky tak přímo souvisí i s kapacitou pracovní paměti (Diamond, 2013). Souvislosti mezi těmito dvěma systémy (inhibiční kontrola a pracovní paměť) jsou detailněji popsány níže (kapitola 1.2.2). V případě deficitu inhibice se u pacientů často objevují obtíže s ignorováním irelevantních podnětů, mohou být snadno rozptýleni, impulzivní či přílišně vázáni na podněty z vnějšího prostředí. V krajních případech může být přítomno utilizační chování, echolalie či echopraxie (Rabinovici et al., 2015).

Sebekontrola souvisí se sebedisciplínou, tedy vydržet u určitého úkolu/činnosti i za přítomnosti rušivých podnětů (distraktorů) a dokončit ho i přes pokušení vzdát to, věnovat se něčemu jinému a zajímavějšímu, nebo trávit čas příjemněji. To přímo souvisí s aspektem sebekontroly, odložení uspokojení, což znamená odolat okamžitému uspokojení za cenu většího uspokojení později (Diamond, 2013).

1.2.2 Pracovní paměť jako součást exekutivních funkcí

Tato část se bude věnovat pracovní paměti (z angl. *working memory*) v kontextu modelu exekutivních funkcí a její roli ve vztahu k inhibiční kontrole a kognitivní flexibilitě. Vzhledem k tomu, že se tato práce věnuje problematice tréninku pozornosti a pracovní paměti, je pracovní paměť podrobně popsána v samostatné kapitole 2. V modelu exekutivních funkcí je pracovní paměť v úzké spolupráci s kontrolou inhibice, tyto dvě složky se při aktivitě vzájemně podporují a pouze výjimečně (pokud vůbec) je potřeba jedna složka a druhá nikoliv.

Pracovní paměť je podporou pro kontrolu inhibice. Při různých činnostech musí mít člověk na paměti, jaký je jeho/její cíl, aby byl schopen určit, co je důležité a relevantní a co naopak není. Intenzivním zaměřením na cíl a informace, které jsou v danou chvíli relevantní, se tak zvyšuje pravděpodobnost, že tyto podněty budou řídit jednání, a naopak

se tím sníží pravděpodobnost chyby při kontrole inhibice (tj. omylem je provedena určitá činnost/aktivita, i když měla být inhibována). Například vizuální nápověda mladším dětem pomáhá si zapamatovat to, co jim bylo právě řečeno, díky tomu se zvyšuje jejich výkonnost v oblasti kontroly inhibice (Diamond, 2013).

Na druhou stranu kontrola inhibice podporuje pracovní paměť. Aby byl jedinec schopen dávat do souvislosti různé myšlenky, nápady a informace, je potřeba, aby se nesoustředil výlučně na jednu věc, ale kombinoval vše novým a kreativním způsobem. To zahrnuje i neopakování starých vzorců. Pro zaměření mysli na určitou činnost je zapotřebí inhibovat vnitřní a vnější distraktory pozornosti. Pokud inhibice selhává, objevují se tzv. odbíhavé myšlenky. V takových chvílích se může stát, že přestože čteme určitou pasáž v knize, tak si najednou uvědomíme, že nevíme, co bylo obsahem dané pasáže (Diamond, 2013). Kapacita pracovní paměti je omezená, kontrola inhibice tak pomáhá udržovat dostatek mentálního prostoru pro vykonávání určité činnosti (Hasher et al., 2007; Hasher & Zacks, 1988).

1.2.3 Kognitivní flexibilita

Poslední složkou modelu exekutivních funkcí je kognitivní flexibilita (z angl. *cognitive flexibility*), která vzniká interakcí předchozích dvou složek (kontrola inhibice a pracovní paměť) a její vývoj probíhá později (Dajani & Uddin, 2015; Davidson et al., 2006; Diamond, 2013).

Jedním z aspektů kognitivní flexibility je schopnost změnit úhel pohledu na danou věc ve smyslu prostorové změny, ale i interpersonální. Aby byl schopen jedinec změnit perspektivu, musí nejprve inhibovat svůj předchozí úhel pohledu a z pracovní paměti aktivovat jinou perspektivu. Z toho vyplývá, že kognitivní flexibilita pro své správné fungování potřebuje první dvě složky exekutivních funkcí – kontrolu inhibice pro ignorování předchozího relevantního cíle či zaměření pozornosti a pracovní paměť pro udržení současného cíle (Diamond, 2013; Rabinovici et al., 2015). Jiným aspektem kognitivní flexibility je změna způsobu uvažování. To si lze představit tak, že ve chvíli, kdy nefunguje jeden způsob řešení problému, je jedinec schopen flexibilně použít jiný způsob řešení, který předtím nezvažoval. Kognitivní flexibilita proto vyžaduje pružnost ve způsobu uvažování, stanovování priorit a schopnosti uznat chybu. Tento koncept se do značné míry překrývá s kreativitou, změnou mentálního nastavení a přepínání mezi

činnostmi (Dajani & Uddin, 2015; Diamond, 2013). Pacienti s deficitem změny mentálního nastavení mohou mít obtíže s multitaskingem a mohou působit rigidně, což se klinicky může projevovat perseveracemi v myšlení či chování (Rabinovici et al., 2015).

1.2.4 Měření exekutivních funkcí

Schopnost kontroly inhibice může být testována i přímo u lůžka, a to například tak, že pacient má reagovat na určitý podnět, na jiný podnět naopak reagovat nemá, což je součástí Škály frontálního chování (Dubois et al., 2000). Další takovou metodou, která testuje kontrolu inhibice, je jedna z částí Stroopova testu nebo také Pražského Stroopova testu (Bezdicek et al., 2015; Krivá, 2013; Troyer et al., 2006). V této části je úkolem potlačit automatickou reakci – číst slova (názvy barev) a namísto toho jmenovat barvu, kterou je slovo vytištěné.

Kognitivní flexibilita se v praxi nejčastěji měří testy fluence, která může být verbální (fonemická či sémantická/kategorická fluence), nebo neverbální (figurální fluence) (Johanidesová et al., 2014; Nikolai et al., 2015). Ve verbální fluenci je úkolem za určitý čas říci co nejvíce slov, které náleží do dané kategorie (sémantická fluence), nebo začínají na konkrétní písmeno (fonemická fluence) (Nikolai et al., 2015). Při neverbální fluenci je úkolem za daný čas vytvořit co nejvíce různých vzorů dle zadaných pravidel (například spojit dva nebo více bodů) (Johanidesová et al., 2014). Dalším způsobem, jak lze testovat kognitivní flexibilitu, je Test cesty (Bezdicek et al., 2017; Reitan, 1958), část B, ve kterém je úkolem střídavě spojovat čísla dle pořadí od nejmenšího a písmena dle abecedního pořadí. Jiným testem je Wisconsinský test třídění karet (Miles et al., 2021), ve kterém je úkolem třídit karty dle měnících se pravidel a na základě zpětné vazby od examinátora.

Testy měřící pracovní paměť jsou uvedeny níže (kapitola 2.3).

2 Pracovní paměť

Stejně jako pozornost, tak ani pracovní paměť není v oblasti kognitivní psychologie novým konceptem. Postupná cesta k jeho vytvoření trvala přibližně 100 let, tedy od doby kdy William James poprvé publikoval svou knihu *Principy psychologie* (1890). Termíny pro tento koncept se v průběhu dvacátého století měnily a variovaly od primární paměti přes krátkodobou paměť až po aktuálně užívaný termín pracovní paměť.

Základy pro současný pohled na pracovní paměť položil William James na konci 19. století, kdy se jako první pokusil o rozdělení paměti. James (1890) pojmenoval dvě formy paměti – primární a sekundární. Základem tohoto dělení byla míra, do jaké jsou informace přístupné našemu vědomí. Primární paměť pak sloužila jako počáteční stádium, v němž jsou informace uloženy a jsou stále k dispozici naší pozornosti, introspekci a vědomému zpracování. Informace v primární paměti nejsou vybavovány z minulosti, protože se z našeho vědomí nikdy úplně nevytrátily, jsou v něm stále přítomné. Důležitou charakteristikou primární paměti je její omezená kapacita, oproti tomu sekundární paměť má kapacitu neomezenou.

Termín „pracovní paměť“ byl pravděpodobně poprvé použit už Millerem, Galanterem a Pribramem (1960). Nicméně George A. Miller je známý spíše pro svou publikaci *„The Magical Number Seven, Plus or Minus Two“* (1956), která shrnuje poznatky o omezené kapacitě okamžité paměti. Jak už samotný název naznačuje, tak Miller předpokládá, že jsou lidé schopni podržet v krátkodobém úložišti přibližně sedm aktivních informací či položek. Tento fakt s sebou přináší značné omezení pro různé mentální operace. Miller však zároveň podotknul, že termín „položka“ je do velké míry flexibilní a ono magické číslo 7 ± 2 lze považovat za spíše rétorický obrat. Efektivitu pracovní paměti je možné do určité míry zvýšit shlukováním informací do celků, tzv. *chunks*. Otázkou však zůstává, co určuje, kolik položek/informací může být shluknuto dohromady? Miller navrhl, že tzv. *chunking* může být řízen především smyslností, a proto je možné, že jsou jedinci schopni lépe podržet verbální informace v krátkodobém úložišti v porovnání s jiným typem. Způsob sdružování informací do celků, tedy *chunking*, je i dnes považován za velký přínos kognitivní psychologii.

Oproti tomu ono „magické číslo“ je doposud předmětem debat mnoha výzkumníků. Novější publikace (Cowan, 2001) poukazuje na fakt, že velikost magického čísla je menší (3 ± 1), než původně navrhoval Miller. Revize velikosti původního magického čísla byla

provedena na základě recenze studií, z jejichž závěrů plyne, že v případě, že není jedinci umožněno aplikovat nějaké strategie (např. *chunking* či opakování), pak je kapacita pracovní paměti menší než 7.

V přibližně stejné době jako Miller, tedy na počátku druhé poloviny 20. století, Donald E. Broadbent (1958) představil koncept filtrování informací (*Filter model of attention*) jako součást své teorie selektivní pozornosti. Pracovní paměť představuje jako místo, kde jsou po velmi krátkou dobu uloženy veškeré informace, které k nám přicházejí prostřednictvím našich smyslů. Tyto informace jsou následně filtrovány a na základě vlastností jsou dále zpracovávány pouze vybrané. Ty, které nebyly vybrány, pak setrvávají v onom krátkodobém úložišti a v případě, že se s nimi nadále nepracuje, zmizí. Navrhovaný filtr má zabránit přeplnění kapacity pracovní paměti a pomáhat jedinci vyrovnat se s počtem informací, které k němu vstupují prostřednictvím jeho smyslů.

Dalším důležitým krokem bylo představení modelu paměti Richardem C. Atkinsonem a Richardem M. Shiffrinem (1968). Model dále rozpracoval myšlenku odlišného ukládání informací do krátkodobé a dlouhodobé paměti a byl rozšířen o třetí formu paměti – senzorickou. Předpokládá se, že veškeré informace se k nám dostávají prostřednictvím senzorického registru, v němž jsou uloženy po velmi krátký časový úsek a následně ztraceny. Krátkodobá paměť je považována za jedincovu pracovní paměť, přijímá informace ze senzorického registru a z dlouhodobé paměti. V krátkodobé paměti jsou tyto informace opět podrženy pouze po určitou dobu (cca 30 sekund) a poté jsou ztraceny. Nicméně existují kontrolní procesy, které mohou jejich ztrátě zabránit (např. opakování) a uložit požadované informace do dlouhodobé paměti. Krátkodobá paměť tedy slouží jako vstupní brána, přes kterou se informace dostávají do dlouhodobé paměti, jež je považována za relativně permanentní úložiště informací. Tento předpoklad, jak se později prokázalo, byl mylný.

Model Atkinsona a Schiffrina nedostatečně objasňoval proces učení, jelikož pouhé podržení informací v krátkodobé paměti nezaručuje, že bude informace naučena. Mnohem důležitější je onen proces zpracování dané informace, ke kterému v průběhu učení dojde (Craik & Lockhart, 1972). Jako problematický se tento model jevil i v případě objasňování klinických případů a vlivu kognitivní poruchy na ukládání informací. Pacienti, u kterých bylo zřejmé značné narušení krátkodobé paměti, nevykazovali téměř žádné poruchy dlouhodobé paměti (což by dle jejich modelu nemělo být teoreticky možné, jelikož informace musí nejprve projít krátkodobou paměti, aby mohly být úspěšně uloženy

v dlouhodobé paměti) (Shallice & Warrington, 1970). Dalším příkladem může být klinický případ H. M., u kterého bylo zřejmé narušení procesu učení a zapamatování nového materiálu (verbálního i vizuálního) i přesto, že krátkodobá paměť u tohoto pacienta byla zachována (Milner, 1966).

2.1 Model pracovní paměti Baddeley-Hitch

Jak již bylo výše zmíněno, tak Baddeley a Hitch (1974) nejsou původními autory pojmu pracovní paměť, nicméně tento termín přejali a dále rozpracovali. K tomuto kroku přistoupili především proto, že chtěli zdůraznit odlišnost komplexního konceptu pracovní paměti od, do té doby, užívaných rigidních modelů krátkodobé paměti (např. trojsložkový model Atkinsona a Schiffrina), které shledávali jako značně problematické a v plné míře neobjasňovaly důležitou roli pracovní paměti v kognitivních procesech.

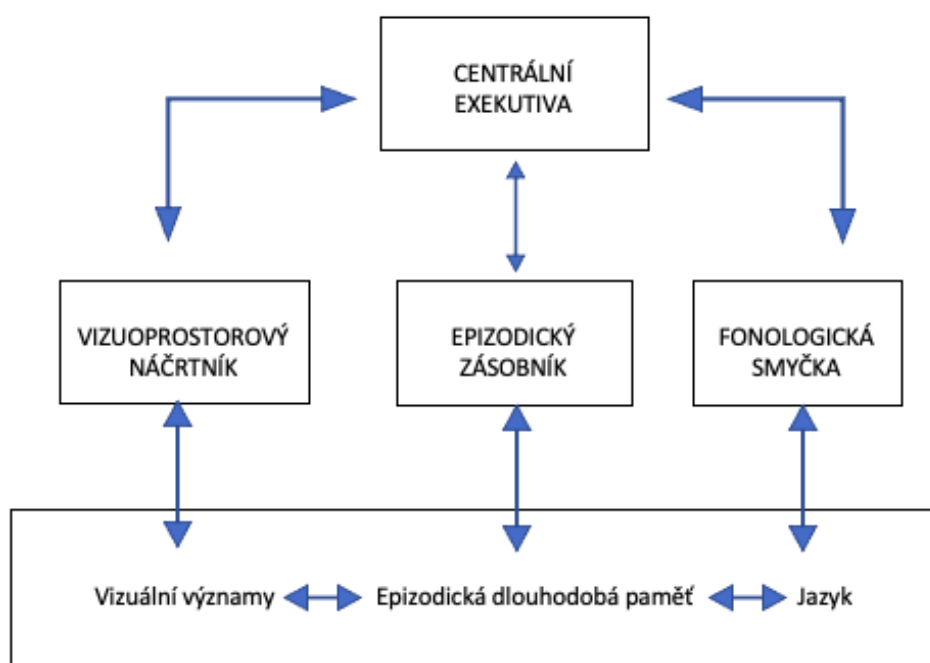
Nově představený model pracovní paměti (Baddeley & Hitch, 1974) sestával ze tří systémů – jednoho supervidujícího systému, který kontroluje zpracování informací ve dvou podřízených systémech, jenž mají funkci krátkodobého úložiště informací (Obrázek 2). Od trojsložkového modelu Atkinsona a Schiffrina se odlišuje ve třech podstatných charakteristikách. Zaprvé, v konceptu pracovní paměti dle Baddeleyho a Hitche se na pracovní paměť nenahlíží pouze jako na dočasné úložiště umožňující vstup informací do dlouhodobé paměti. Dle autorů pracovní paměť umožňuje komplexní kognitivní aktivity vyžadující mimo jiné integraci informací, jejich koordinaci a manipulaci. Tato vlastnost vyžaduje nejenom podržení těchto informací v pracovní paměti, ale i vytvoření kapacity pro jejich aktivní zpracování. Další odlišností je zahrnutí již výše zmiňovaného kontrolního systému – centrální exekutiva (*central executive*), který řídí uložení a odstranění informací z krátkodobého úložiště. Kontrolní činnost tohoto supervizora vytváří efektivní prostor pro mentální procesy. Poslední odlišností je rozdělení krátkodobého úložiště na dvě části – fonologická smyčka (*phonological loop*) pro verbální informace a vizuoprostorový náčrtník (*visuospatial sketch pad*), což bylo později změněno na vizuprostorový zápisník (*scratch pad*) pro zdůraznění, že tato část pracovní paměti nezpracovává pouze obrazový materiál, ale informace mající vizuoprostorovou podobu (např. tvary slov či písmen) (Baddeley, 1986; Logie, 1995).

Tato krátkodobá úložiště jsou na sobě vzájemně nezávislá, což umožňuje pracovní paměti větší flexibilitu. V případě, že je jedno úložiště zaneprázdněno zpracováváním

informací určitého typu (např. verbálních), pak druhé může stále informace (v tomto případě vizuoprostorové) přijímat. Navíc díky supervizi centrálního exekutivního systému lze mezi oběma úložišti efektivně přepínat a ukládání koordinovat (Baddeley, 2003; Sandberg, 2014). Původní model sestávající ze tří komponent nahlížel na pracovní paměť jako na oddělenou od dlouhodobé paměti, a to zejména na základě domněnky, že pacienti mající poruchy krátkodobé verbální paměti nemají problémy s dlouhodobou pamětí (Baddeley & Hitch, 1974). To se později ukázalo jako mylný předpoklad díky novějším poznatkům, že tito pacienti mají specifické problémy, například s rozšířením slovní zásoby při učení nového jazyka (Baddeley et al., 1988). Je tak velmi pravděpodobné, že stejný jev je přítomen i u vizuoprostorového náčrtníku, přestože tato oblast není tak podrobně prozkoumána jako fonologická smyčka (Baddeley, 2000). Na základě výše popsanych poznatků byl tedy tzv. tripartitní model pracovní paměti rozšířen o čtvrtou komponentu – epizodický zásobník (*episodic buffer*), čímž vznikla současná verze multi-komponentového modelu pracovní paměti (*multi-component model of working memory*) – Obrázek 2 (Baddeley, 2000). Rozšíření modelu pracovní paměti tedy nepřineslo pouze odpověď na povahu vztahu mezi pracovní a dlouhodobou pamětí. Jeho hlavním přínosem bylo propojení dvou hlavních výzkumných proudů při zkoumání pracovní paměti. Do té doby u Baddeleyho a kolegů převažoval spíše *bottom-up* přístup. Zaobírali se porozuměním periferních systémů pracovní paměti. Oproti tomu severo-američtí kolegové zastávali *top-down* přístup ke zkoumání pracovní paměti a jejich výzkumný zájem se ubíral spíše k analýze exekutivních a pozornostních aspektů pracovní paměti (Baddeley, 2012).

Nově přidaný zásobník má za úkol ukládat informace různé podoby a pocházející z různých zdrojů do koherentních epizod, přičemž tyto epizody mohou být vědomě vybaveny. Slouží tak jako tzv. *interface/mezipaměť* mezi dvěma systémy pracovní paměti (vizuoprostorový náčrtník a fonologická smyčka), percepcí a dlouhodobou pamětí, přičemž jeho činnost je kontrolována centrální exekutivou. Zásobník je nezávislý na dlouhodobé paměti, nicméně je s ní do značné míry propojen, přičemž toto propojení je zprostředkováno centrální exekutivou. Součinnost epizodického zásobníku a centrální exekutivy umožňuje jedinci provádět tzv. mechanismus vázání (*binding*), pomocí něhož se utváří koherentní epizodické celky, které mohou být později vědomě vyvolány. Zastává tak významnou roli při učení a ukládání informací do dlouhodobé paměti (Baddeley, 2000). To vše je možné díky multidimenzionální povaze epizodického zásobníku, jehož kapacita se omezuje

na přibližně 4 *chunks*/položky (Cowan, 2001, 2010). Toto omezení je dáno simultánním přístupem k širokému množství informací různé povahy. Do určité míry je epizodický zásobník podobný Tulvingovu konceptu epizodické paměti (Tulving, 1989), na druhou stranu se od něj značně odlišuje. Zásobník, na rozdíl od Tulvingovy epizodické paměti, funguje pouze jako dočasný sklad informací a jeho funkce tak může být intaktní i u pacientů s poruchou dlouhodobé epizodické paměti (Baddeley, 2000). Již zmiňovaný mechanismus vázání je významnou funkcí epizodického zásobníku a výzkumníci tento mechanismus zkoumají v rámci dvou modalit – verbální (vazba slov do vět) a vizuální (vazba jednotlivých vizuálních vlastností objektů) (Baddeley, 2012).



Obrázek 2. Model pracovní paměti dle Baddeley (2000)

Fonologická smyčka je pravděpodobně tou nejvíce zkoumanou a nejlépe rozpracovanou komponentou modelu pracovní paměti (Baddeley, 2000). To je zapříčiněno především tím, že uchovává a zpracovává verbální a akustické informace. Většina mentálních operací, které v průběhu dne vykonáváme, je na jejich zpracování závislá. Jak už bylo naznačeno, tak smyčka sestává ze dvou částí. První je dočasný sklad, který ukládá potřebné informace po několik vteřin. Druhou částí je artikulační opakování, což je analogie k našemu vnitřnímu hlasu. Paměťové stopy tak mohou být obnoveny jejich opětovným vybavením či opakováním. Nicméně tato funkce má své omezení, protože

zmiňovaná artikulace se odehrává v reálném čase – s postupným nárůstem počtu položek k opakování je v určitém momentu první položka ztracena ještě před tím, než může být zopakována. Tento fakt, že jsou informace v rámci fonologické smyčky udržovány pomocí opakování, Baddeley prokázal na základě různých studií (např. efekt fonologické podobnosti, efekt slovní délky či efekt artikulačního potlačení). Výzkumníci zkoumající fonologickou smyčku nejčastěji užívají úlohy s okamžitým sériovým vybavením určitého podnětového materiálu (např. čísla, písmena či vzájemně nesouvisejících slov) (Baddeley, 2003).

Vizuoprostorový náčrtník je považován za ekvivalent k fonologické smyčce, jeho úkolem je udržení vizuálních informací v pracovní paměti tak, aby se s nimi dalo manipulovat v prostoru. Jeho kapacita se typicky omezuje na tři až čtyři objekty, což je příčinou jevu tzv. *change blindness* (objekty v rámci určité scény mění svou barvu, pohybují se či úplně zmizí, aniž by to jedinec zaznamenal) (Baddeley, 2003).

Logie (1995, 2011) rozlišil v rámci vizuoprostorového náčrtníku dvě nezávislé avšak propojené komponenty. První, tzv. zraková vyrovnávací paměť (*visual cache*), je pasivní a uchovává informace o objektech či scéně, jejich barvu, tvar, velikost, kontrast, vizuální texturu a lokalizaci objektů ve vztahu k dalším objektům s ohledem na statické pozadí. Druhá komponenta má funkci tzv. vnitřního zapisovatele (*inner scribe*) a zpracovává informace spojené s dráhou či sekvencí pohybů objektu z jednoho místa na druhé v rámci určité scény nebo jeho relativní polohu ve vztahu k pohybujícímu se pozorovateli. Jednoznačná definice druhé komponenty však z literatury není zřejmá. Někdy je tento termín používán při popisu relativní pozice a rozlohy objektů, nicméně v klinických studiích je tento termín používán spíše při popisu dynamických vlastností scény a reprezentací (Sala & Logie, 2002).

Další neshoda mezi výzkumníky panuje ohledně definice a dělení vizuoprostorového náčrtníku jako takového. V současnosti jsou k dispozici podklady prokazující nezávislost vizuální a prostorové pracovní paměti (Baddeley, 2012), což podporuje výše popsané dělení předložené Logiem (1995). Nicméně Baddeley (2012) dále podotýká, že existují i další zdroje informací, z nichž náčrtník čerpá (např. haptické – kinestetické či taktilní), což představuje nepříliš prozkoumanou oblast, a proto se lze domnívat, že v budoucnu bude třeba přikročit k podrobnějšímu dělení. Zároveň zůstává nejasný mechanismus vizuoprostorového opakování – je jeho povaha

analogická k fonologické smyčce, jak navrhnul Logie (1995), nebo je jeho podstatou pozornost a její obnova?

Centrální exekutiva je nejkompexnější komponentou pracovní paměti. Jejím úkolem není skladovat informace, ale řídit a kontrolovat činnost ostatních částí pracovní paměti. Dle Baddeleyho (1996) zajišťuje centrální exekutiva především exekutivní funkce, přičemž specifikoval následující čtyři funkce: zaměření pozornosti (*focus of attention*), rozdělení pozornosti (*dividing attention*), přepínání pozornosti (*switching*) a aktivace položek v rámci dlouhodobé paměti (*activation of long-term memory*). První funkce, zaměření pozornosti, je patrná zejména při výkonu komplexních úloh, jako příklad lze uvést šachy (Robbins et al., 1996). Druhou funkci lze zkoumat zejména prostřednictvím úkolů vyžadujících rozdělení pozornosti mezi dvě různé činnosti či cíle. Pro tyto účely se nejčastěji využívá tzv. *dual task*, tedy úlohy vyžadující zpracování informací ve dvou různých modalitách (např. verbální a vizuoprostorové). Studie porovnávající výkon mladších a starších dospělých s osobami trpícími Alzheimerovou nemocí (AN) zjistila, že osoby s AN si v tomto typu úloh vedou hůře v porovnání se zdravými kontrolami, a to i přesto, že náročnost byla individuálně adaptována (Logie et al., 2004). Pokles výkonu s věkem byl patrný jak při výkonu jednotlivých úkolů odděleně, tak při výkonu obou úloh zároveň. V druhém případě byl pokles s věkem markantnější (Riby et al., 2004).

2.2 Kapacita pracovní paměti

Kapacita pracovní paměti (*working memory capacity*) je termín užívaný pro vyjádření individuálních rozdílů v pracovní paměti. Kapacita pracovní paměti vyjadřuje maximální počet položek, tedy množství informací, které je jedinec schopen udržet aktivních při zpracování při současném ignorování irelevantních informací. Jak už bylo výše popsáno, kapacita pracovní paměti je omezená, přičemž tento fakt má velmi pravděpodobně jak své biologické, tak ekonomické opodstatnění. Jako první s touto myšlenkou přišel Miller (1956), který na základě výzkumu navrhl velikost kapacity pracovní paměti na 7 ± 2 položek, Cowan (2001) později tento odhad upravil na přibližně 4 položky.

V současnosti je obecně akceptováno, že kapacita pracovní paměti je závislá na povaze prováděné úlohy (Brady & Alvarez, 2015; Cowan, 2010; Taylor et al., 2017), avšak konkrétní počet položek je stále nejasný. U úkolů jednoduchých se lze přiklonit

k první variantě (7 ± 2), ale u těch komplexních se kapacita omezuje na 3-5 položek (resp. chunků) (Cowan, 2010). Současnější studie (Brady & Alvarez, 2015; Taylor et al., 2017) dokládají omezení na 3-4 položky u jednoduchých podnětů (např. barva, písmeno či slovo) a dokonce na pouhé 1-2 položky u více komplexních (např. abstraktní polygony).

Engle (2002) na základě provedených studií považuje kapacitu pracovní paměti za odlišnou od krátkodobé paměti, důležitou součást fluidní inteligence, která umožňuje jedinci řídit svou pozornost. Dle Engla (2002) nelze na kapacitu pracovní paměti nahlížet čistě jako na krátkodobý sklad informací, ale spíše jako na schopnost jedince řídit svou pozornost za účelem udržení určitých informací aktivních či potlačení informací, které pro nás nejsou v daný moment relevantní. Tento fakt podporuje i aktuální studie (Luria et al., 2016), která zdůrazňuje, že ne maximální kapacita pracovní paměti, ale schopnost řídit svou pozornost je hlavním faktorem určujícím individuální rozdíly v pracovní paměti. Nutno podotknout, že kapacita pracovní paměti a schopnost řídit svou pozornost jsou vzájemně provázané. Větší kapacita pracovní paměti je spíše dána jedincovou schopností lépe ovládat svou pozornost než disponováním většího paměťového úložiště. To zároveň vyžaduje i značnou schopnost ignorovat irelevantní informace (tj. distraktory). V opačném případě, tedy u osob s menší kapacitou pracovní paměti, je patrné, že udržují aktivní i irelevantní informace, které tak zabírají prostor těm cílovým (J. M. Gaspar et al., 2016; Kane et al., 2001; McNab et al., 2015; Vogel et al., 2005).

Aktuální studie (Wiemers & Redick, 2018) zkoumající mladé dospělé přinesla podklady ohledně intraindividuální povahy vztahu mezi kapacitou pracovní paměti a proaktivním řízením pozornosti. Jedinci s menší kapacitou pracovní paměti nebyli schopni důsledně řídit svou pozornost jako ti s větší kapacitou, avšak při časově omezených úkolech byl zřejmý nárůst proaktivního řízení jejich pozornosti. Oproti tomu jedinci disponující větší kapacitou pracovní paměti byli konzistentní v proaktivním řízení své pozornosti. Jejich výsledky tak podporují dřívější zjištění týkající se negativního vlivu odbíhavých myšlenek (*mind wandering*) a snížené schopnosti jít si za svým cílem (*goal-maintenance*) na řízení pozornosti (Braver, 2012; Engle & Kane, 2004).

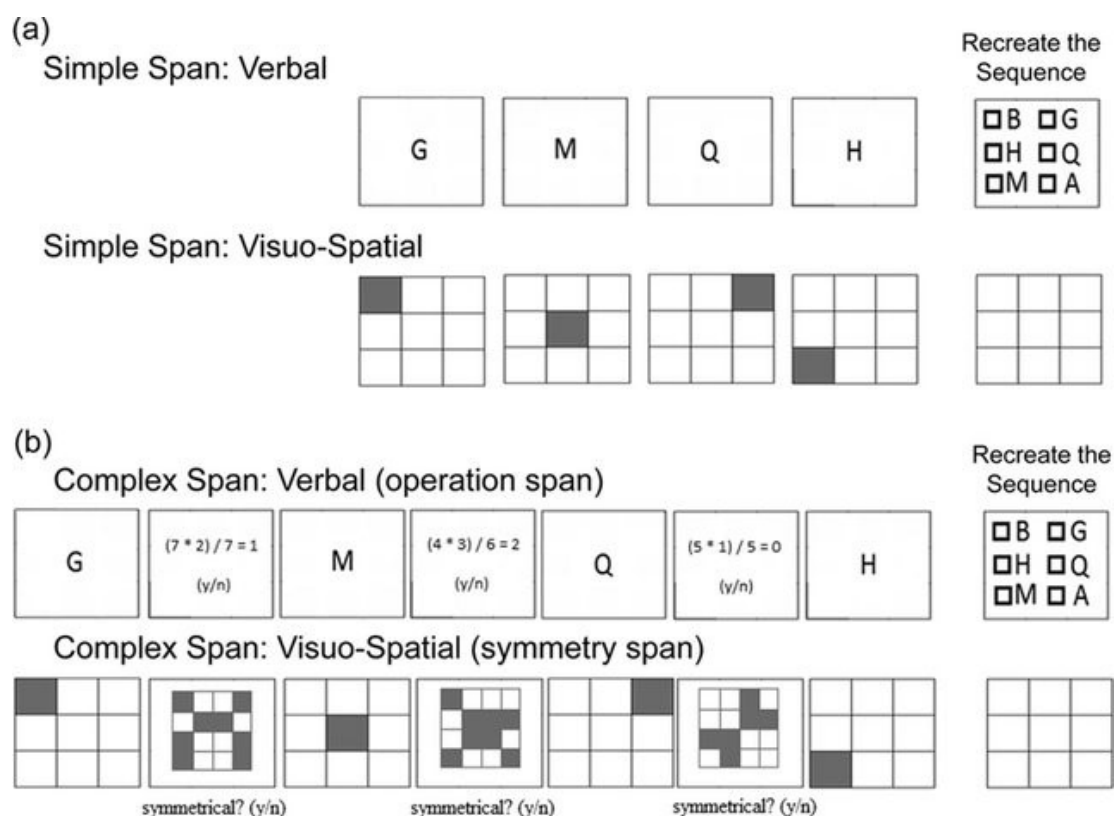
Kapacita pracovní paměti a schopnost řídit svou pozornost jsou významnou součástí fluidní inteligence a mají značný vliv i na kvalitu výkonu v úlohách mířících na jiné kognitivní funkce (Engle, 2002; Fukuda et al., 2010; Kyllonen & Christal, 1990), což mimo jiné potvrzují i studie využívající elektrofyziologické metody jako například

EEG (Unsworth et al., 2015). Z jiné studie (Fukuda et al., 2010) je zase patrné, že fluidní inteligence je determinována spíše počtem položek (tj. kvantita), které je jedinec schopen udržet v krátkodobém skladu, než schopností rozlišit nepatrné změny mezi jednotlivými položkami (tj. kvalita).

2.3 Měření kapacity pracovní paměti

Existují různé přístupy k měření kapacity pracovní paměti, obecně je možné identifikovat čtyři hlavní kategorie, pod něž lze zařadit jednotlivé úkoly – tzv. *simple span tasks*, tzv. *complex span tasks*, tzv. *n-back tasks* a tzv. *change detection paradigm*. Zmiňované přístupy se hojně využívají nejen při testování pracovní paměti, ale i v oblasti tréninku pracovní paměti.

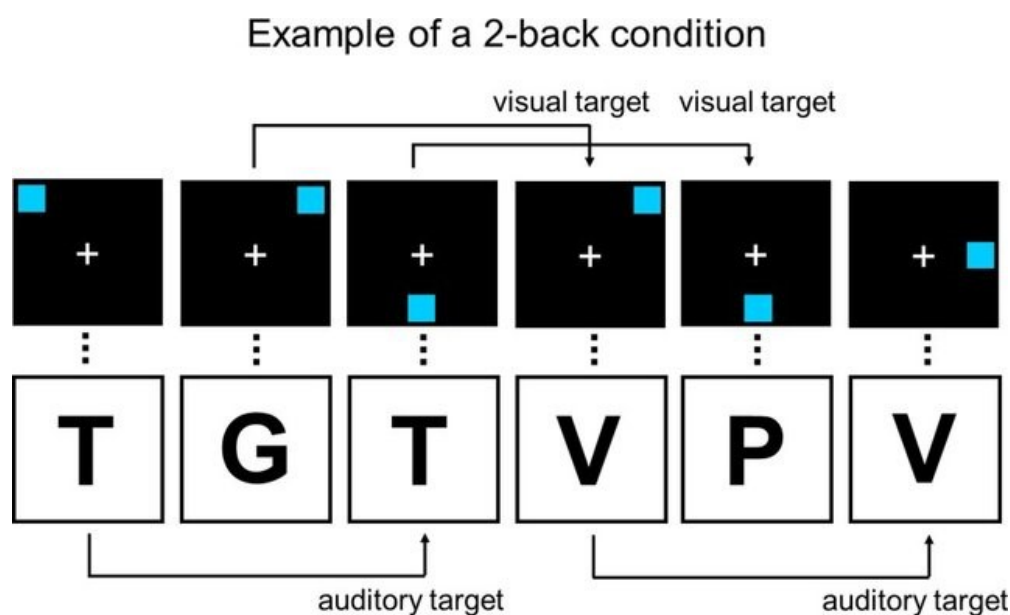
Úlohy typu *simple span* jsou tím nejjednodušším způsobem, jakým lze zjistit kapacitu pracovní paměti. V úlohách tohoto typu si má participant vybavit řadu podnětů v konkrétním pořadí (např. čísla či barvy). V případě, že si řadu podnětů úspěšně vybaví, je mu prezentována delší řada. *Simple span* mohou mít dvě podoby, v prvním případě si má participant vybavit řadu podnětů ve stejném pořadí, v jakém mu byly prezentovány. V tomto případě se měří prostý rozsah, tedy velikost krátkodobého skladu, tak jak ho prezentoval Baddeley ve svém modelu pracovní paměti. Druhou možností je, že si má řadu podnětů vybavit v opačném pořadí, než v jakém mu byly prezentovány. Tento typ *simple span* pak zatěžuje nejenom krátkodobý sklad, ale i centrální exekutivu (Könen et al., 2016). Typickým příkladem *simple span* v oblasti testování je Opakování čísel (subtest z WAIS-III a WMS-III).



Obrázek 3. Příklad simple span tasks a complex span tasks dle (Shipstead et al., 2012)

Druhým přístupem k měření kapacity pracovní paměti jsou tzv. *complex span* (viz Obrázek 3 (část b)), které kombinují výše zmiňovaný *simple span* (tj. vybavení si řady podnětů v daném pořadí – viz Obrázek 3 (část a)) se současným prováděním další úlohy zaměřené zejména na zpracování informací (např. řešení matematických úloh). Tím zatěžují oba aspekty pracovní paměti – kapacitu krátkodobého skladu, ale i komponenty zpracovávající informace (Kane et al., 2004; Könen et al., 2016; Redick & Lindsey, 2013). Úloh typu *complex span* existuje nepřehledné množství a míří na verbální či vizuoprostorovou složku pracovní paměti. Jako příklady lze uvést následující verbální úkoly: *counting span* (Case et al., 1982), *operation span* (Turner & Engle, 1989). Typickým příkladem vizuoprostorových úloh jsou *rotation span* (Shah & Miyake, 1996) či *symmetry span* (Kane et al., 2004). Studie konzistentně potvrzují vztah mezi výkonem v *complex span* úlohami a vyššími kognitivními funkcemi, *updating* či *binding* (Unsworth & Engle, 2007; Wilhelm et al., 2013).

Dalším přístupem jsou tzv. *n-back*, poprvé představené Kirchnerem (1958). Popularita tohoto paradigma vzrostla především s počátkem neurovědního výzkumu v oblasti kognitivní psychologie. To je dáno zejména tím, že povaha administrace *n-back* je vhodná zejména pro zhodnocení procesů pracovní paměti prostřednictvím neurozobrazovacích metod. V *n-back* je úkolem určit, zda je daná položka shodná s tou prezentovanou před *n* kroky. V průběhu úlohy se počet *n* kroků mění s cílem prověřit výkon (tedy kapacitu pracovní paměti) a s ním spojené fyziologické koreláty (Redick & Lindsey, 2013).

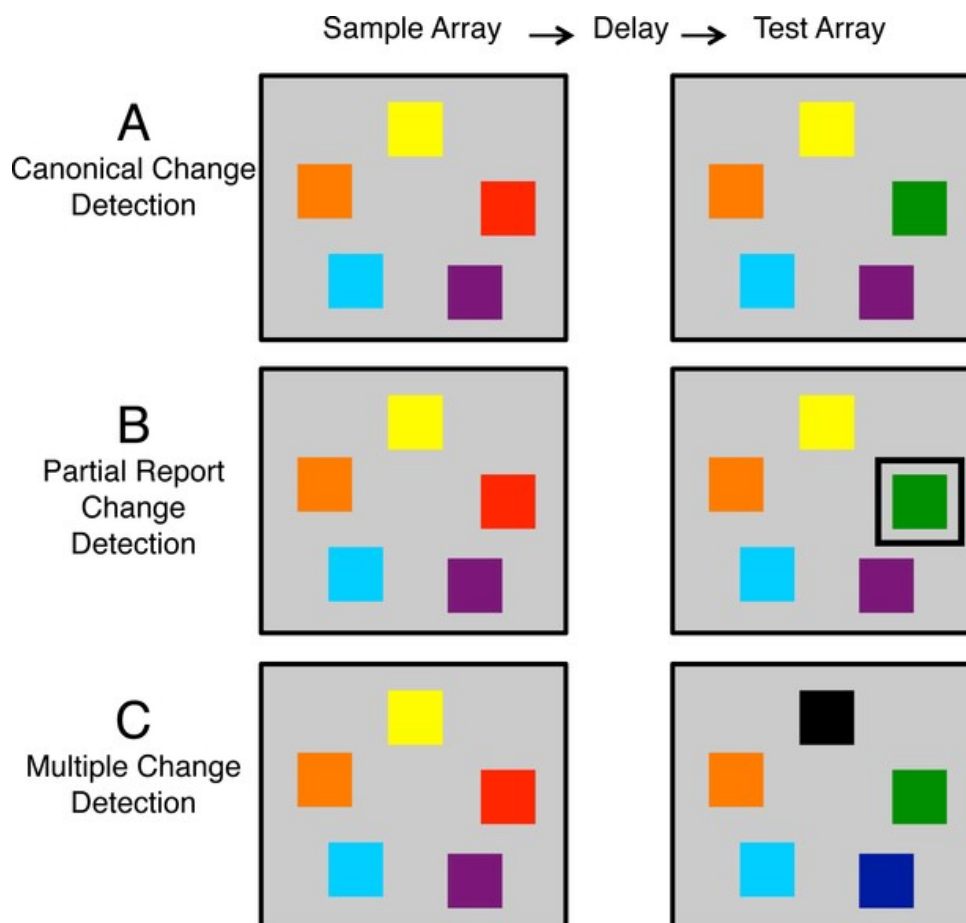


Obrázek 4. Příklad dual *n-back* (úroveň 2) dle (Salminen et al., 2012)

Položky mohou být prezentovány vizuálně či auditorně, zároveň mohou mít verbální (číslo, písmeno), vizuální (obrázek) nebo vizuoprostorovou podobu (např. umístění objektu/bodu v mřížce). Nejčastěji se používají obrazce či tvary, které nejsou jednoduše pojmenovatelné. *N-back* jsou nejčastěji prezentovány ve vizuální podobě (*single n-back*), avšak existují i verze *n-back* kombinující auditorní a vizuální prezentaci podnětů (Obrázek 4), v tomto případě se hovoří o tzv. *dual n-back* (Jaeggi et al., 2008; Stepankova et al., 2014).

Posledním prezentovaným paradigmatickým pro měření kapacity pracovní paměti je tzv. *change detection task* (CDT) neboli detekce změny (i v češtině se užívá anglický termín) (Luck & Vogel, 1997; Phillips, 1974; Vogel et al., 2005; Xu et al., 2018).

CDT jsou úlohy hodnotící individuální rozdíly v kapacitě vizuální pracovní paměti, nikoliv verbální. V typické úloze využívající toto paradigma je prezentováno pole s jednoduchými vizuálními podněty (např. barevné čtverce) v obvyklém časovém rozmezí 100-500 ms, tyto podněty mají být podrženy v paměti po krátký časový úsek (cca 1-2 s), následně je prezentována „testová“ obrazovka a úkolem je určit, zda jsou podněty stejné či odlišné (Obrázek 5) (Feuerstahler et al., 2019; Xu et al., 2018).



Obrázek 5. Příklady Change Detection Task dle Feuerstahler a kol. (2019)

Svou povahou tato úloha zatěžuje více krátkodobý sklad v porovnání s komponentou zpracovávající informace. I tak je CDT řazeno mezi měřítka pracovní paměti

(Buschkuehl et al., 2017). Nicméně dle typu zadání (identifikace změny jednoho (Obrázek 5 – část A) nebo více podnětů (Obrázek 5 – část B) či identifikace změny označeného podnětu (Obrázek 5 – část C)) úloha zatěžuje i vizuální selektivní pozornost či exekutivní kontrolu (Feuerstahler et al., 2019). Paradigma CDT bývá využíváno

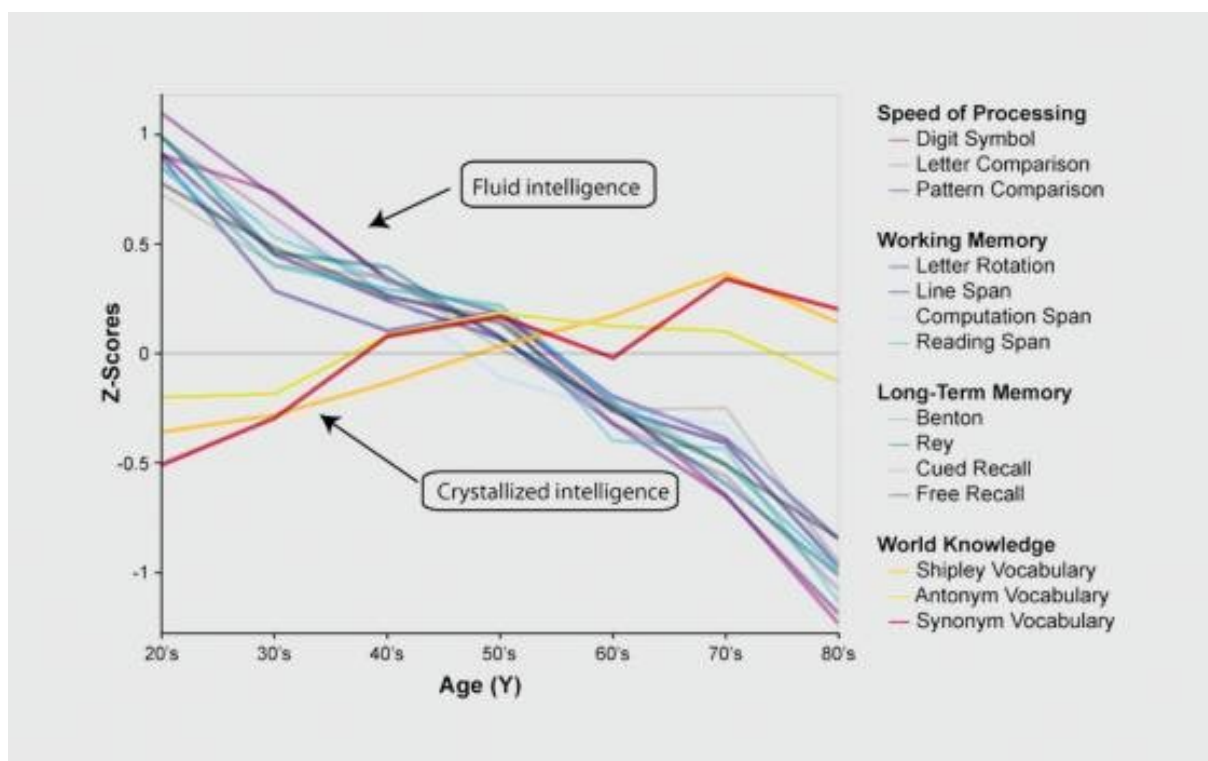
především pro jeho jednoduchost a časovou úspornost umožňující testování i u klinické populace. Zároveň pro krátké trvání jednotlivých pokusů ho lze využívat i v rámci neurovědního výzkumu, což přináší další důležité poznatky týkající se kapacity pracovní paměti a potenciálních mechanismů, které jsou příčinou těchto individuálních rozdílů (Luria et al., 2016). Dalším benefitem tohoto paradigma je možnost jeho využití i v rámci výzkumu zaměřeného na animální modely (např. holuby či primáty) (Buschman et al., 2011; Gibson et al., 2011). To poskytuje jedinečnou příležitost pro komparaci behaviorálních i neurálních korelátů pojících se s výkonem v této úloze mezi jednotlivými druhy (Elmore et al., 2012; Reinhart et al., 2012). Další výhodou je prokázaná stabilita a vnitřní reliabilita CDT jako měřítka kapacity pracovní paměti i při opakovaném měření (Xu et al., 2018).

3 Kognitivní funkce ve stáří

V průběhu života jedince dochází k postupnému poklesu kognitivních funkcí, tento jev je nedílnou součástí jak přirozeného, tak i patologického stárnutí nejčastěji v podobě Alzheimerovy nemoci (AN). Na jednom pólu kognitivního stárnutí je syndrom demence, kdy je narušení kognitivních funkcí natolik výrazné, že jedinec není schopen samostatného běžného fungování. Na druhém pólu jsou lidé, u nichž dosahují výkony kognitivních funkcí vynikající úrovně až do vysokého věku. Definování takového odolného kognitivního stárnutí bývá různé. Jedním z konceptů je tzv. *superaging*. Za *superagera* je označován jedinec ve věku 80 a více let, jehož výkony v testech epizodické paměti jsou v normě pro populaci šedesátiletých a výkony v ostatních kognitivních doménách nejsou podprůměrné pro jeho/její věkové pásmo (Georgi & Frydrychová, 2020).

Ne všechny kognitivní funkce jsou stárnutím ovlivněny ve stejné míře. Existuje více přístupů dělení kognitivních funkcí na ty ovlivněné věkem (tj. dochází k jejich poklesu) a ty věkem nedotčené (tj. ve starším věku nedochází k jejich poklesu). Tradičně jsou kognitivní funkce děleny na krystalické a fluidní schopnosti (Obrázek 6). První zmiňované schopnosti jsou založeny na všeobecných znalostech a zkušenostech získaných v průběhu života a nejsou stárnutím tolik zasaženy. Fluidní schopnosti se pojí především se zpracováním informací a jsou stárnutím značně ovlivněny (Salthouse, 2010; Sandberg, 2014). Tento přístup má svá omezení, jelikož i ty schopnosti, které nelze jednoznačně řadit mezi ty fluidní (např. epizodická paměť či rychlost zpracování

informací), jsou věkem do velké míry ovlivněny (Salthouse, 2010). Mezi kognitivní funkce, u nichž dochází s věkem k nejmarkantnějšímu poklesu, lze zařadit epizodickou paměť, rychlost zpracování informací, kapacitu pracovní paměti, inhibici či exekutivní funkce (viz Obrázek 6) (Nyberg et al., 2012; Park & Bischof, 2013; Sandberg, 2014).



Obrázek 6. Průřezová data – pokles kognitivních funkcí s věkem (Park & Bischof, 2013)

U jednotlivce nelze jednoznačně určit počátek úpadku kognitivních funkcí, pokud se nepojí např. s traumatickým poškozením mozku úrazem apod., ani předpovědět přesně jeho trajektorii. Z literatury je zřejmé, že studie užívající různého designu se liší ve svých závěrech. Většina průřezových studií porovnávající data získaná od různých věkových kohort v určitém krátkém časovém období předkládá, že k poklesu dochází lineárně v průběhu dospělosti, přičemž počátek úpadku začíná již po 20. roce života jedince (S.-C. Li et al., 2004; Salthouse, 2010). Naproti tomu longitudinální studie (Rönnlund et al., 2005; Schaie, 2005) sledující stejnou kohortu po dlouhé období, až desítky let, dochází k odlišným závěrům a naznačují, že kognitivní funkce začínají upadat až okolo 60. roku života. Jedním z důvodů, proč studie dochází k odlišným závěrům jsou

metodologické aspekty studií. Longitudinální design může být ovlivněn úbytkem účastníků, historií či přítomností tzv. *practice effect*. Zároveň průřezové studie mohou dobře sloužit k popisu přítomných rozdílů mezi různými věkovými skupinami, nicméně pro předpověď změn u jednotlivce vlivem věku je vhodnější longitudinální designe (Salthouse, 2010; Schaie, 2004).

Existují různé přístupy k tomu, jak vysvětlit pokles kognitivních funkcí ve starším věku. Některé teorie předpokládají existenci obecného mechanismu, který zapříčiňuje všeobecný pokles kognitivních funkcí. Jiné teorie jsou naopak zaměřeny více specificky a snaží se tak objasnit pokles konkrétních kognitivních funkcí (Sandberg, 2014). V následující části budou představeny vybrané přístupy k poklesu kognitivních funkcí ve stáří, které jsou relevantní vzhledem k tématu práce.

Pravděpodobně první a tou nejvlivnější teorií pokoušející se objasnit pokles kognitivních funkcí s věkem, zejména pracovní paměti a fluidních schopností, byla tzv. processing speed hypotéza předložená Timothy Salthousem (1996). Každý jedinec má individuální rychlost zpracování informací reflektující odlišný časový interval, ve kterém je schopen provést více různých operací. Tato teorie předpokládá, že s rostoucím věkem se rychlost, s níž je člověk schopen zpracovat informace snižuje (tj. omezený čas). Starší osoby pak nejsou schopny zpracovat stejné množství informací (tj. simultaneita procesů) v daném časovém úseku jako osoby mladší, což v důsledku vede k poklesu kognitivních funkcí. Starší lidé mají tendenci zpracovávat a reagovat na podněty pomaleji ve srovnání s mladšími. Tento jev je zřejmý v různých neuropsychologických testech (např.: Symboly – kódování z WAIS-III, Test cesty, Stroopův test či Pražský stroopův test) a je patrný zejména u úkolů s omezeným časem pro jejich výkon nebo u exekutivně náročných úloh (např.: Test cesty – část B, Pražský stroopův test – subtest Barvy).

Předkládaná hypotéza je podpořena výsledky průřezových studií (např.: Borella et al., 2008; S.-C. Li et al., 2004; Park & Bischof, 2013; Salthouse, 1996, 2010, 2019), jejichž závěrem je negativní asociace věku a výkonu v úlohách mířících na pracovní paměť při kontrole rychlosti zpracování informací. Na druhou stranu je třeba podotknout,

že závěry studií s longitudinálním designem (např.: Rönnlund et al., 2005; Salthouse, 2009; Schaie, 2005) poukazují na menší vliv rychlosti zpracování informací na výkon v kognitivních testech. Zároveň je důležité přihlížet k faktu, že starší osoby mohou upřednostnit přesnost odpovědi před rychlostí reakce, zatímco mladší se snaží spíše

o rovnováhu mezi přesností a reakčním časem (Starns & Ratcliff, 2010). Přestože pokles rychlosti zpracování informací s věkem hraje určitou roli i při výkonu v úlohách zaměřených na jiné kognitivní funkce, je třeba brát v potaz i další individuální rozdíly a nelze příčinu poklesu kognitivních funkcí zjednodušovat pouze na rychlost zpracování informací.

Významným aspektem, který zde může hrát roli je i komplexita vykonávané úlohy, při jejím nárůstu se poměr průměrné rychlosti odpovědi mezi staršími a mladšími dospělými navyšuje z cca 2:1 na 4:1 (Oberauer, 2005; Verhaeghen, 2017). Jiná studie (Dobbs & Rule, 1989) prokázala, že starší osoby v porovnání s mladšími neměly horší výkon v tzv. *simple span* úlohách, avšak vliv věku byl zřejmý v tzv. *complex span* úlohách (blíže jsou tyto úlohy popsány v kapitolách 1.1.4 a 2.3), u nichž je výkon ve větší míře závislý na exekutivních funkcích (Sandberg, 2014; Verhaeghen, 2017). Jak je blíže popsáno v kapitole 1.2, exekutivní funkce pomáhají generovat strategie a zaměření na určitý cíl. Pro jejich výkon je mimo jiné důležitá oblast prefrontálních laloků. Ve vyšším věku dochází k funkčním a strukturálním změnám v této oblasti, tedy i k poklesu výkonu exekutivních funkcí (Diamond, 2013; Miyake et al., 2000; Suchy, 2016). Na základě těchto poznatků byla předložena hypotéza (tzv. frontální/exekutivní hypotéza kognitivního stárnutí) předpokládající, že právě snížená efektivita exekutivních funkcí ve starším věku je klíčovým aspektem kognitivního poklesu (Raz et al., 1998; Sandberg, 2014; West, 1996).

Poslední prezentovanou teorií, která je více specificky zaměřena na jeden konkrétní aspekt exekutivních funkcí, je tzv. inhibitory-deficit hypotéza (Hasher & Zacks, 1988). Hypotéza předpokládá, že pokles kognitivních funkcí s věkem je zapříčiněn především zhoršenou inhibicí, resp. schopností ignorovat irelevantní informace (tj. nepouštět je do pracovní paměti). Na rozdíl od první prezentované hypotézy zaměřené na rychlost zpracování informací se liší tím, že kapacita pracovní paměti není jejím ústředním bodem, svou pozornost upírá spíše na exekutivní procesy, které se pojí se zpracováním informací (Hasher et al., 2007). Starší lidé nemají sníženou schopnost podržet informace v pracovní paměti, ale příliš mnoho irelevantních informací vstupuje do jejich pracovní paměti, což narušuje schopnost podržet a zpracovat relevantní informace. V důsledku je pak zřejmý zhoršený výkon u starších jedinců (Hasher & Zacks, 1988). Na druhou stranu nelze na tento jev pohlížet pouze z té negativní stránky, neschopnost ignorovat irelevantní informace může být i benefitem, avšak pouze v případě, kdy se zpětně prokáže, že dané informace byly užitečné a důležité.

Tomuto poslednímu přístupu se vytýká právě jeho příliš úzké zaměření, tedy fakt, že se soustředí pouze na jeden konkrétní aspekt zpracovávání informací (Sandberg, 2014). Na druhou stranu je třeba se soustředit nejen na obecnější koncepty (např.: pracovní paměť, exekutivní funkce), ale i na ty, které jsou více specifické (např.: kontrola inhibice) a tvoří základ zmiňovaným obecným.

3.1 Neuroplasticita

Vyšší věk býval vždy spojován s poklesem kognitivního výkonu a není tomu tak dávno, co se předpokládalo, že mozek dospělého člověka je relativně fixní orgán, který se příliš nemění. A to přesto, že již zmiňovaný William James v *Principech psychologie* uvedl, že mozek je schopen neustálých funkčních změn (1890), a že letos uplynulo již 115 let od udělení Nobelovy ceny dvěma vědcům za fyziologii a lékařství, Camillu Golgi a Santiagu Ramon y Cajal, za objevy související s nervovou soustavou. Objevitel struktury centrální nervové soustavy, španělský lékař a vědec Santiago Ramon y Cajal položil koncem 19. století základ moderních neurověd i svými teoriemi o tom, že kapacitu mozku je možné zvětšit jeho aktivitou (mozkovým cvičením), která způsobí nárůst spojů mezi nervovými buňkami. Ve stejné době italský psychiatr Eugenio Tanzi vyslovil domněnku, že by cílené učení se něčemu anebo procvičování, opakovaná aktivita určité neuronální dráhy mohly vést k hypertrofii, posílení existujících drah (Mateos-Aparicio & Rodríguez-Moreno, 2019). Navíc aktuálnější výzkumy ukazují, že mozek se neustále mění, upravuje a reorganizuje, aby se mohl adaptovat na vnější podmínky. Tento proces se nazývá neuroplasticita (Demarin et al., 2014; Konorski, 1948; Park & Bischof, 2013). Ta je v největší míře přítomná v dětském věku, ale do určité míry je jí mozek schopen i ve starším věku (Mundkur, 2005).

V případě, že dlouhodobě praktikujeme jednu konkrétní aktivitu (např.: série pohybů), vznikají nové nervové dráhy, náš výkon se zlepšuje a pro vykonání tohoto pohybu nemusí vynaložit tolik úsilí jako na začátku. Naopak v případě, že nějakou činnost přestaneme vykonávat, mozek tyto nervové dráhy přesměruje na jinou činnost (Demarin et al., 2014). To vystihuje tzv. „use it or lose it“, neboli „používej to, nebo to ztrat“, které použila Marian Diamond při popisu neuroplasticity (Kentner et al., 2019).

Pravděpodobně nejprůkaznější data o neuroplasticitě pochází ze studií s pacienty se získaným poškozením mozku (např.: traumatické poranění mozku, cévní mozková

příhoda), u kterých došlo k permanentnímu poškození určitých částí mozku. Vlivem poškození tak došlo k významnému poklesu v kognitivních funkcích, nicméně vlivem intenzivní a dlouhodobé terapie došlo ke značnému zlepšení. Změna se tedy děje primárně na základě zkušenosti a požadavků vnějšího prostředí. Na základě toho se mozek dokáže plasticky přizpůsobit, a to tak, že funkce poškozených částí přeberou jiné části mozku. To tak prokazuje neuvěřitelnou možnost mozku se reorganizovat (Murphy & Corbett, 2009; Park & Bischof, 2013).

Klasickým příkladem neuroplasticity je studie provedená na londýnských taxikářiích (Maguire et al., 2000). Taxikáři v porovnání s kontrolní skupinou, která nezahrnovala řidiče taxi, měli signifikantně objemnější posteriorní části hipokampu (část zodpovědná za ukládání prostorových reprezentací vnějšího prostředí a související tak se schopností navigace). Navíc s narůstající dobou, po kterou řidiči pracovali jako taxikáři, narůstal objem této části hipokampu.

Park a kol. (2007) se domnívají, že kognitivní výkon lze změnit pouze za předpokladu, že vnější prostředí dlouhodobě klade nároky na hlavní kognitivní procesy jako je rychlost zpracování informací, pracovní paměť, epizodická paměť a úsudek. Nicméně otázkou zůstává, jak je v mozku dosaženo změny. Prvním a nejsnáze měřitelným důkazem neuroplasticity je nárůst počtu neuronů, tedy zvětšení objemu mozkových struktur, které jsou zapojovány během tréninku (např.: Boyke et al., 2008). Druhou možností je změna v neuronové aktivitě v podobě aktivování nových oblastí, snížení nebo zvýšení nervové aktivity ve strukturách zapojovaných při tréninku. Nicméně porovnání změny neuronových spojů před začátkem tréninku a po jeho skončení nemusí nutně reflektovat změnu ve funkci a organizaci mozku. Změny v aktivaci odlišných struktur mohou značit spíše flexibilitu v důsledku změny strategie než projev neuroplasticity (Noack et al., 2009). Avšak existují studie prokazující změnu v neuronové aktivitě i na behaviorální úrovni vlivem tréninku (Carlson et al., 2009; Mozolic, 2010; Nyberg et al., 2003).

4 Trénink kognitivních funkcí

Tradiční kognitivní trénink u starších osob má podobu lektorovaných lekcí, které zahrnují sadu úkolů, u nichž se předpokládá, že cílí na konkrétní kognitivní funkce, jako je paměť (např.: mnemotechnické pomůcky), pozornost nebo exekutivní funkce

(např.: plánování). Tradice cvičení paměti je opravdu dlouhá, traduje se dle Cicera až do 477 př.n.l. k básníku Simonidu z Kosu. Výsledky takových studií přináší dlouhodobé a významné specifické zlepšení v trénovaných úlohách, nicméně transfer na jiné netrénované oblasti byl spíše minimální (Rebok et al., 2007; Verhaeghen et al., 1992). Navíc při zhodnocení efektivity tréninku zde hrají určitou roli nežádoucí proměnné, jako je vliv lektora či skupiny, nebo i fakt, že trénink není specificky zaměřený. Z toho důvodu je pak obtížné se přesněji vyjádřit, co je příčinou zjištěného efektu. Proto se v rámci výzkumu kognitivního tréninku, a i díky rozvoji moderních technologií přistoupilo k vývoji a zkoumání softwarů. Takové kognitivní tréninky pak nejčastěji cílí na pozornost, pracovní paměť či exekutivní funkce. Jejich předchůdce ovšem můžeme sledovat již od 19. století, např. Centenary Game patentované v roce 1875 Victorem Klobassou ve Washingtonu či Memory Builder – deskové hry patentované v roce 1885 k procvičování paměti jejím tvůrcem, spisovatelem Markem Twainem (procvičování sémantické paměti na historické údaje) či programu „Pelmanism“ zaměřenému před 100 lety ve Velké Británii na trénink pozornosti, soustředění, tvořivosti pomocí hry (*mind games*) (Makin, 2016; Rosenberg, 2016; Rosenberg & Grafton, 2013). Jejich zaměření je i dnes specifické (tedy na jednu konkrétní kognitivní doménu), nebo multidoménové (tj. na více kognitivních domén).

Doposud nejrozsáhlejší studií (Jobe et al., 2001), která se zabývala ověřením efektivity tréninkových programů, je bezesporu tzv. *the Advanced Cognitive Training for Independent and Vital Elderly* (ACTIVE), jež započala již v roce 1998. V této studii se zaměřili na tři různé kognitivní intervence (s trváním 10 hodin), které porovnávali s pasivní kontrolní skupinou. Studie obsahovala širokou škálu měření včetně neuropsychologického testování a měřítek každodenních aktivit (např. příprava jídla, řízení, užívání léků a manipulace s penězi). Významným přínosem studie ACTIVE bylo ověření přetrvávání efektu intervence (tzv. *maintenance*) po 2, 5 a 10 letech (Ball et al., 2002; Rebok et al., 2014; Willis et al., 2006).

Další významnou studií v oblasti kognitivního tréninku u starších osob byla IMPACT study (*Improvement in Memory with Plasticity-based Adaptive Cognitive Training*; G. E. Smith et al., 2009), což byla rozsáhlá randomizovaná a kontrolovaná studie zahrnující osoby nad 65 let se dvěma tréninkovými skupinami (experimentální a aktivní kontrolní skupina). Pro účely kognitivního tréninku byl využit program Brain Fitness. Tento tréninkový program byl vytvořen za účelem zlepšení zpracování sluchových

informací. Experimentální skupina absolvovala kognitivní trénink na počítači za využití Brain Fitness (šest různých cvičení), který byl zaměřený na zlepšení rychlosti a přesnosti zpracování sluchových informací. Oproti tomu trénink aktivní kontrolní skupiny zahrnoval zhlédnutí výukových videí z oblasti umění, historie a literatury. Na konci každé lekce účastníci z aktivní kontrolní skupiny vyplnili kvíz, který se vztahoval k obsahu daného výukového videa a zároveň byl určitým měřítkem pozornosti a procesu učení v průběhu tréninku. Hlavním přínosem této studie bylo zjištění, že rychlost zpracování informací je možné zlepšovat i ve starším věku, což má pozitivní dopad i na paměťový výkon.

V České republice byla v Psychiatrickém centru Praha v letech 2006-2010 realizována studie Trénink kognitivních funkcí u stárnoucí populace – efektivita a využití (grant MŠMT 2D06013), která zjišťovala efekt tzv. „trénování paměti“, které nabízí Česká společnost pro trénování paměti a mozkový jogging. Projektu se zúčastnilo 295 osob, které byly pseudorandomizovány do experimentální a kontrolní skupiny (*waiting list*). Experimentální skupina absolvovala kurz o 20 lekcích o trvání 45 minut v 9 blocích během 5 týdnů. Lekce byly realizovány Ing. Danou Steinovou vždy pro celou experimentální skupinu. V programu byly zařazeny i relevantní domácí úkoly k procvičování probíraných mnemotechnik a jiná kognitivní cvičení, jejichž plnění bylo namátkově kontrolováno. Objektivní zlepšení bylo pozorováno pouze v testu epizodické paměti – Reyově testu auditorně verbálního učení (RAVLT), které přetrvalo i s odstupem 6 měsíců (Stepankova et al., 2012). Absolvování kurzu vedlo ke krátkodobému významnému zlepšení subjektivního hodnocení kognitivních funkcí obecně (ale nikoli ve specifických paměťových schopnostech) z pohledu účastníků a částečně i z pohledu jejich blízkých (např. na stížnosti účastníků na paměť) a k snížení počtu stížností na kognitivní selhání (Preiss et al., 2010).

Prvním problematickým aspektem se jeví fakt, že u mnoha studií jsou teoretická východiska nedostatečně popsána, úplně chybí nebo jsou dokonce špatně definována. Důsledkem jsou nejednoznačné závěry a nemožnost určit aspekty pracovní paměti, na které trénink cílil. Pro možnost porovnání závěrů jednotlivých studií se jeví rovněž jako problematické odlišnosti v nastavení tréninkových podmínek. Jako příklad lze uvést nejednotnou intenzitu tréninku – odlišná délka trvání jednoho tréninku (*session*) – v rozmezí od 10 minut až po jednu hodinu, různá frekvence či celkový počet tréninků. Některé studie adaptovaly náročnost tréninku na základě jedincova výkonu (variabilní aspekty jsou různé), jiné nikoliv. V minulosti nebylo příliš běžné zahrnout aktivní kontrolní skupinu, studie

bud' nevyužívaly žádné kontrolní skupiny nebo zařadily pasivní kontrolní skupinu. Tento nedostatek neumožňoval spolehlivé závěry ohledně efektivity tréninkového programu kvůli absenci tzv. možného vlivu intervence či placebo efektu u kontrolní skupiny (Shawn Green et al., 2019; Simons et al., 2016).

Pro efektivní zhodnocení účinnosti jednotlivých tréninkových programů je třeba se vyhnout výše popsaným nedostatkům, které byly v minulosti poměrně časté. A proto Simons a kol. (2016) popisují tzv. „zlatý standard“ pro design studií ověřujících efektivitu tréninkových programů. Zdůrazňují, že pro ověřování efektivity jakékoliv intervence je ideální dvojité zaslepení studie (tj. účastník ani experimentátor neví, do které skupiny (experimentální či kontrolní) je účastník přiřazen). Tento přístup je využíván pro eliminaci vlivu očekávání na straně účastníka i experimentátora. Zároveň by v ideálním případě mělo být rozdělení účastníků do kontrolní a experimentální skupiny náhodné. To však může být problematické u souborů s menším počtem účastníků. Při úplně náhodném rozdělení by totiž mohlo dojít k vzniku nevyvážených skupin ve smyslu demografických proměnných (věk, pohlaví, úroveň vzdělání apod.), což by v důsledku mohlo komplikovat interpretaci výsledků. Z tohoto důvodu se u menších souborů doporučuje zvolit přístup, ve kterém jsou účastníci nabíráni dle určitého schéma (bloková randomizace). U experimentálních studií se klade důraz na vhodné zvolení kontrolní skupiny (např.: bezkontaktní kontrolní skupina či čekací listina, pasivní nebo aktivní kontrolní skupina), jež je srovnatelná s experimentální v mnoha aspektech a liší se pouze v aspektech, které jsou specifické pro experimentální skupinu a očekává se od nich, že budou příčinou zjišťovaného efektu.

4.1 Efekt transferu

Většina výzkumných studií v oblasti kognitivního tréninku předpokládá, že při opakovaném praktikování určitého úkolu dojde ke zlepšení výkonu nejen v té jedné konkrétní úloze. Onen pozitivní vliv bude patrný i při výkonu v jiných nepraktikovaných úlohách, tento jev se nazývá efekt transferu (*transfer effect*). První snahy o konceptualizaci efektu transferu lze dopátrat před více než 100 lety a lze rozlišit na dva odlišné přístupy – teorie formální disciplíny (*formal discipline theory*) a tzv. transfer identickými prvky (*transfer by identical elements*). Oba přístupy se shodují na tom, že transfer je daný mírou podobnosti mezi praktikovanou úlohou a tou prováděnou později (Simons et al., 2016).

Dle první zmiňované teorie jedincova mysl sestává z několika základních kapacit (např. koncentrace, schopnost uvažovat, paměť), jejichž funkčnost lze zvýšit prostřednictvím tréninku. James (1890) se proto domníval, že opakovaným učením jedné básně se zrychlí schopnost naučit se jinou. Svou domněnku nepotvrdil, a proto uzavřel, že jedincova schopnost si něco zapamatovat je neměnná. Později se i Thorndike (1906) rozhodl výzkumně ověřit tuto myšlenku, přičemž zjistil, že výkon studentů praktikujících odhad velikosti obdélníků se zvýšil, avšak toto zlepšení zůstalo značně specifické (jejich odhad se nezlepšil u jiných tvarů). Závěrem jeho studie tedy bylo, že jedincova mysl je rozdělená do tolika vysoce specializovaných oblastí, že tréninkem lze zlepšit pouze její malou část. V současnosti lze na výše popsané teorie pohlížet jako na odlišné v tom smyslu, že první se zaměřovala spíše na trénink konkrétních dovedností, kdežto druhá z nich na trénink kognitivních komponent. Nutno podotknout, že i přes století trvající debatu ohledně efektu transferu, ani v současnosti neexistuje jedna ucelená teorie. Nicméně většina studií se přiklání k Thorndikovu přístupu (Barnett & Ceci, 2002; Simons et al., 2016).

4.2 Tradiční přístupy k tréninku pracovní paměti

V posledních letech se výzkumníci nejčastěji zaměřují na ověření efektivity tréninku pracovní paměti. Tento přístup je volen zejména kvůli snaze pozitivně ovlivnit fluidní inteligenci, u níž se předpokládá úzký vztah s kapacitou pracovní paměti. Při sestavování tréninkového programu je třeba mít na paměti, že úloha musí představovat pro daného jedince výzvu, která je při investici značného úsilí zvládnutelná. V případě, že by byl úkol příliš jednoduchý (tj. zvládnutelný s aktuální kapacitou pracovní paměti), pak by nepřinášel žádný benefit. Stejně tak by tomu bylo i v případě, kdy by úloha byla příliš náročná a byla tak pro participanta příliš frustrující (Könen et al., 2016). Aktuálně nepanuje shoda, zda jedinci s nižším či vyšším počátečním výkonem benefitují z tréninku více. Některé studie (Feng & Spence, 2007; Karbach & Kray, 2016; Lee et al., 2012, 2015) prokazují, že největší přínos má trénink právě pro ty s nižším počátečním výkonem, a navrhuji tzv. kompenzační efekt (*compensation account*). Efekt je typický především u kognitivních tréninků, které cílí na základní procesy zpracování informací (např.: pozornost, exekutivní funkce) (Karbach & Verhaeghen, 2014). Jiné studie (např.: Foster et al., 2017; Fu et al., 2020) prokázaly opak a naznačují tzv. efekt zvětšení (*magnification effect*). To znamená, že jedinci s vyšším počátečním výkonem budou z kognitivního tréninku

největší přínos. Tento efekt se častěji objevuje u tzv. lektorovaných kognitivních tréninků zaměřených na mnemotechnické pomůcky (Karch & Verhaeghen, 2014). Nicméně je pravděpodobný výskyt obou těchto efektů (Guye et al., 2017; Lövdén et al., 2012) v závislosti na použitých postupech (Borella et al., 2017).

V kapitole 2.3 byly popsány čtyři nejčastěji využívané přístupy k měření kapacity pracovní paměti, jejich použití se však neomezuje pouze na oblast testování. Tato paradigma bývají velmi často využívána i v oblasti tréninku pracovní paměti, některá více a jiná naopak méně (Buschkuhl et al., 2017). Vzhledem k tomu, že se tato studie věnuje paradigma *Change Detection Task* (CDT), budou v následující části popsány současné poznatky týkající se jeho využití v rámci kognitivního tréninku.

4.2.1 Change detection task v tréninku

Přestože se CDT používá hojně v testování pracovní paměti, v oblasti kognitivního tréninku není příliš často užíváno. Tento fakt může být dán do určité míry tím, že v minulosti byla prokazována určitá odolnost vůči tréninku (Rouder et al., 2008; Xu et al., 2018; Zhang & Luck, 2011). Nicméně současné studie využívající toto paradigma v oblasti kognitivního tréninku (Buschkuhl et al., 2017; J. G. Gaspar et al., 2013; Kuo et al., 2014; C.-H. Li et al., 2017; Melcher & Piazza, 2011; Moriya, 2019; Ovalle Fresa & Rothen, 2019; Wang & Qian, 2021) prokazují, že výkon v této úloze je tréninkem ovlivnitelný, a to zejména u těch jedinců, kteří mají nižší počáteční výkon (tj. menší kapacitu pracovní paměti) (C.-H. Li et al., 2017).

Přestože se výkon v CDT dá významně ovlivnit, možnost efektu transferu na jiná měřítka kognitivních funkcí je nejasná. Některé studie neprokázaly efekt transferu (např.: Buschkuhl et al., 2017; J. G. Gaspar et al., 2013), jiné naopak ano (např.: C.-H. Li et al., 2017), a zároveň potvrzují i dlouhodobý efekt tréninku (Kuo et al., 2014; C.-H. Li et al., 2017). Studie od C.-H. Li a kol. (2017), která sloužila jako inspirace pro naši studii, využívala pro trénink „filtrovací“ verzi CDT, ve které byly na obrazovce přítomny i distraktory pozornosti (tj. necílové podněty). Zajímavý je i fakt, že ověřovali mimo jiné elektrofyziologické koreláty (*Contralateral delay activity*¹ měřeno pomocí Elektroencefalografu) spojené s výkonem v CDT. Trénink obdržela pouze skupina

¹ *Contralateral delay activity* je negativní pomalá vlna reagující na počet objektů uchovaných ve vizuální pracovní paměti. Blíže o tomto měřítku vizuální pracovní paměti píše Luria a kol. (2016).

s nižším počátečním výkonem v trvání 50 minut po 20 dní. Závěrem je, že jedinci s nižším počátečním výkonem (menší kapacitou pracovní paměti) se po absolvování tréninku dostali na úroveň těch s vyšší kapacitou pracovní paměti. To nebylo patrné pouze ve výkonu jako takovém, ale i v elektrofyziologických korelátech, které nabyly stejné podoby. Tato zjištění byla potvrzena i u follow-up testování po 3 měsících. Výzkumníci prokázali tzv. *near transfer* efekt (verbální pracovní paměť), avšak tzv. *far transfer* efekt (fluidní inteligence) v jejich případě prokázán nebyl. Hlavním limitem této studie je nezařazení kontrolní skupiny.

Zmiňované studie ověřovaly efektivitu tohoto paradigma pouze u mladších dospělých (univerzitních studentů), pouze jedna studie (J. G. Gaspar et al., 2013) se zaměřovala na starší jedince. Shodují se v tom, že je třeba efekt CDT ověřit u seniorské populace či klinických populací (např. ADHD).

4.3 Využití moderních technologií při tréninku

Používání tabletu u seniorů má pozitivní vliv na epizodickou paměť a rychlost zpracování informací v porovnání se staršími dospělými, kteří se věnovali sociálním či pasivním aktivitám, které nebyly náročné a nevyžadovaly osvojování si nových dovedností. Tento trénink měl mimo jiné pozitivní vliv na zvládání každodenních činností (Chan et al., 2016).

Obecně se nahlíží na používání mobilních zařízení a moderních technologií i ve starším věku za přínosné. Díky rychlému vývoji moderních technologií a aplikací různého zaměření, máme k dispozici nepřeberné množství nástrojů umožňujících mimo jiné pozitivně ovlivňovat proces stárnutí kognitivních funkcí (Oh et al., 2018; Tong & Chignell, 2014). Ruku v ruce s tím narůstá i business a komercializace aplikací zaměřených na pozitivní ovlivnění kognitivních funkcí. Pokud se zaměříme na komerční tréninkové programy často slibující neuvěřitelné výsledky (např. „zlepšení paměti“, „zvýšení IQ“), pak studií ověřujících jejich efektivitu je značný nedostatek (Oh et al., 2018; Simons et al., 2016). Navíc při vědomí, že ani výzkumná obec není jednotná v pohledu na efektivitu kognitivního tréninku (*A Consensus on the Brain Training Industry from the Scientific Community*, 2014; *Cognitive Training Data Response Letter*, 2014; Shawn Green et al., 2019; Simons et al., 2016), lze na jejich sliby nahlížet jako na přehnaný optimismus až očividný šarlatanismus (Park & Bischof, 2013).

EMPIRICKÁ ČÁST

5 Cíle práce a hypotézy

Studie popsaná v praktické části této práce byla inspirována prací od Li a kol. (2017), ve které se autoři zaměřili na ověření efektivity kognitivního tréninku prostřednictvím Change Detection Task (CDT) u mladších dospělých. Ve své studii prokázali near transfer efekt na měřítku verbální pracovní paměti, zlepšení v měřítku fluidní inteligence (far transfer efekt) prokázán nebyl. CDT jako tréninková úloha byla zkoumána převážně u skupin mladších dospělých (např.: Buschkuehl et al., 2017; C.-H. Li et al., 2017), pouze jedna studie se zaměřila na efektivitu tohoto tréninku u seniorské populace (J. G. Gaspar et al., 2013).

Na základě výše popsaného byla naprogramována aplikace Filter It (Frydrychová et al., 2018) pro tablety s naší verzí CDT. Úloha CDT je považována za měřítko kapacity vizuální pracovní paměti (Luck & Vogel, 1997; Vogel et al., 2005), avšak dle typu může CDT zapojovat i vizuální selektivní pozornost (Feuerstahler et al., 2019). Pro ověření efektu transferu byla zvolena měřítka verbální a vizuální pracovní paměti (*near transfer effect*) a na úrovni exekutivních funkcí byl ověřován efekt na měřítku exekutivní kontroly (*far transfer effect*).

Hlavním cílem této práce bylo ověřit, zda individuální trénink prostřednictvím aplikace Filter It je efektivní u starších osob ve věku 60 až 75 let. Pro tento účel byly stanoveny následující výzkumné otázky a hypotézy:

1. Dokážou senioři zlepšit svůj výkon v trénovaném úkolu Filter It – Barvy (tj. specifický efekt tréninku) bezprostředně po tréninku (post-test) a s odstupem 6 měsíců (follow-up test)?

Hypotézy:

- Experimentální skupina bude mít v post-testu lepší výkon ve Filter It – Barvy v porovnání s aktivní kontrolní skupinou.
- Experimentální skupina bude mít ve follow-up testu lepší výkon ve Filter It – Barvy v porovnání s aktivní kontrolní skupinou.

2. Dokážou senioři zlepšit svůj výkon v netrénovaném úkolu Filter It – Tvary (tj. *nearest transfer*) bezprostředně po tréninku (post-test) a s odstupem 6 měsíců (follow-up test)?

Hypotézy:

- Experimentální skupina bude mít v post-testu lepší výkon ve Filter It – Tvary v porovnání s aktivní kontrolní skupinou.
- Experimentální skupina bude mít ve follow-up testu lepší výkon ve Filter It – Tvary v porovnání s aktivní kontrolní skupinou.

3. Zlepší se senioři trénující Filter It v testech měřících kapacitu pracovní paměti (vizuální či verbální) (tj. *near transfer*) bezprostředně po tréninku (post-test) a s odstupem 6 měsíců (follow-up test)?

Hypotézy:

- Experimentální skupina bude mít v post-testu lepší výkon v testech měřících kapacitu pracovní paměti (vizuální a verbální) v porovnání s aktivní kontrolní skupinou.
- Experimentální skupina bude mít ve follow-up testu lepší výkon v testech měřících kapacitu pracovní paměti (vizuální a verbální) v porovnání s aktivní kontrolní skupinou.

4. Zlepší se senioři trénující Filter It v testech měřících exekutivní kontrolu (tj. *far transfer*) bezprostředně po tréninku (post-test) a s odstupem 6 měsíců (follow-up test)?

Hypotézy:

- Experimentální skupina bude mít v post-testu lepší výkon v testech měřících exekutivní kontrolu v porovnání s aktivní kontrolní skupinou.
- Experimentální skupina bude mít ve follow-up testu lepší výkon v testech měřících exekutivní kontrolu v porovnání s aktivní kontrolní skupinou.

5. Poskytne seniorům Filter It trénink subjektivní specifické přínosy v podobě méně kognitivních selhání (Dotazník kognitivních selhání, CFQ) bezprostředně po tréninku (post-test) a s odstupem 6 měsíců (follow-up test)?

Hypotézy:

- Experimentální skupina vnímá při post-testu větší specifické přínosy v porovnání s aktivní kontrolní skupinou.
- Experimentální skupina nevnímá při follow-up testu větší specifické přínosy v porovnání s aktivní kontrolní skupinou.

Kromě výše popsaných výzkumných otázek jsme ověřovali přijatelnost používání tabletu pro kognitivní trénink, tréninkových aplikací a úkolů (obtížnost) v rámci zpětné vazby.

6 Design

Pro zjištění efektu tréninku jsme zvolili design randomizované kontrolované studie s 1 experimentální skupinou a 1 aktivní kontrolní skupinou. Bloková randomizace bývá užívána u klinických studií, aby byla snížena pravděpodobnost *bias* a participanti byli rovnovážně přiděleni do skupin. Tato metoda je vhodná zejména u malého zkoumaného souboru (Efird, 2010). Bloková randomizace do jedné ze 2 skupin proběhla na základě randomizačního schématu dle pohlaví (muži/ženy) a vzdělání zájemce o účast (nižší/vyšší úroveň vzdělání). Pro určení úrovně vzdělání byl aplikován standardní přístup jako u normativních studií: nižší (základní vzdělání, výuční list či středoškolské vzdělání bez maturity) a vyšší (dokončené středoškolské vzdělání s maturitou nebo vysokoškolské vzdělání). Nebylo cílem dosáhnout stejně velkých skupin (1:1:1:1), spíše minimalizovat rozdíly mezi experimentální a aktivní kontrolní skupinou v těchto základních demografických parametrech (Saghaei, 2011).

Všichni účastníci byli testováni celkem 3x (před začátkem tréninku (pre-test), do 1 týdne po ukončení tréninku (post-test) a 6 měsíců po ukončení tréninku (follow-up test) a prošli individuálním tréninkem ve stejné frekvenci, intenzitě a celkovém počtu tréninkových lekcí (tj. 3x týdně po dobu 6 týdnů).

Při pre-testu všichni účastníci absolvovali baterii psychologických testů (viz Tabulka 4) a v případě, že splňovali inkluzivní kritéria, byli přiřazeni do jedné z tréninkových skupin (experimentální či aktivní kontrolní skupina). Na závěr pre-testu se každý účastník naučil pracovat s tabletem a tréninkovou aplikací a byl mu předán jeho individuální tréninkový plán.

Obě zkoumané skupiny prošly individuálním tréninkem ve stejné frekvenci, intenzitě a celkovém počtu tréninkových lekcí, lišily se pouze v typu trénované úlohy. Obě skupiny trénovaly 3x týdně po dobu 6 týdnů prostřednictvím jedné z následujících aplikací: Filter It (Frydrychová et al., 2018) nebo Clouds (Jaeggi & Buschkuhl, 2017). Obě tréninkové úlohy jsou popsány níže.

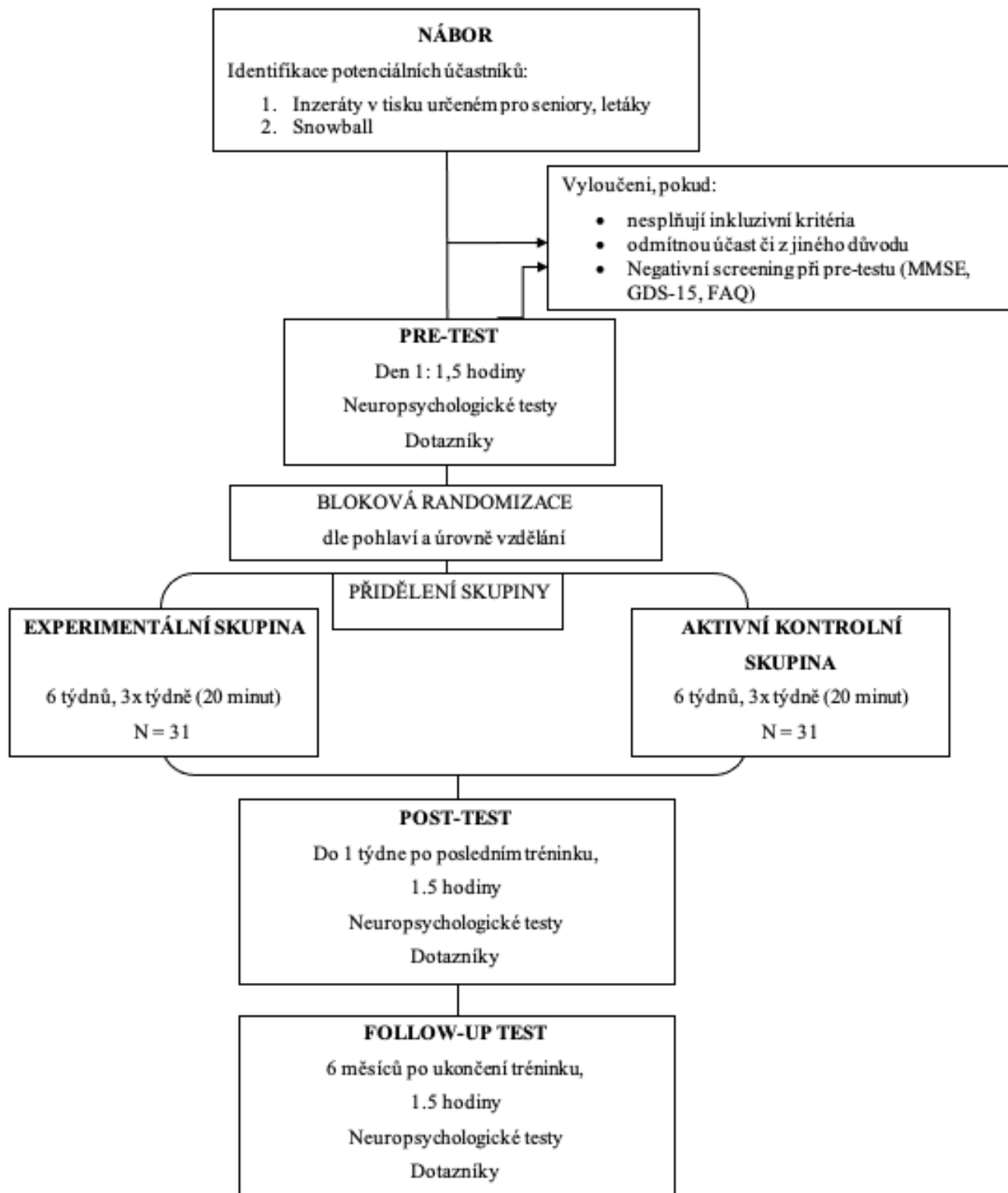
Do 1 týdne po ukončení tréninku všichni účastníci podstoupili post-test prostřednictvím psychologické baterie. Byly administrovány stejné neuropsychologické metody jako při pre-testu pro zhodnocení krátkodobého efektu tréninku.

Nakonec 6 měsíců po ukončení tréninku absolvovali účastníci follow-up test, který sestával ze stejných neuropsychologických metod jako předešlá dvě setkání. Na závěr

tohoto třetího setkání obdrželi všichni účastníci bez ohledu na jejich výsledky a výkon v tréninku odměnu 1.000,-Kč. Zároveň obdrželi krátké zhodnocení jejich výsledků, doporučení a přístup k tréninkové aplikaci. Celý harmonogram studie je znázorněn na Obrázku 7.

Studie byla schválena Etickou komisí Národního ústavu duševního zdraví (NUDZ) pod č.j. 232/17 (Příloha 1). Studie byla realizována v rámci grantového projektu GA UK č. 899018.

Účast ve studii byla dobrovolná, všichni účastníci podepsali Informovaný souhlas (Příloha 2).



Obrázek 7. Harmonogram studie (Frydrychova et al., 2018)

7 Soubor

V rámci náboru se přihlásilo k účasti celkem 64 účastníků ve věku 60-75 let. Nábor byl prováděn pomocí inzerátu v tisku určeném seniorům, letáků a snow-ball metodou. Nábor a realizace probíhaly v letech 2019-2020.

Všichni účastníci byli české národnosti s češtinou jako rodným jazykem, nikdo z účastníků nebyl institucionalizován (tj. bydlel samostatně) a neměl v minulosti zkušenosti se studií zaměřenou na kognitivní trénink. Exkluzivní kritéria byla následující:

- závažná duševní choroba (zejm. depresivní – akutní fáze deprese, bipolární afektivní porucha, nemoci psychotického okruhu, závislost na návykových látkách, sebevražedné pokusy),
- závažné somatické choroby (neurologické onemocnění jako např.: poranění mozku, traumatické poranění mozku, epilepsie, demence, Parkinsonova choroba, tremor),
- aktuální chemoterapie či radioterapie pro onkologické onemocnění,
- chronická nebo akutní bolest ovlivňující kvalitu života,
- zvýšená denní spavost,
- užívání vybraných medikací, které nejvíce ovlivňují kognitivní funkce,
- narušený výkon aktivit běžného života vlivem somatického onemocnění,
- nekorigovaná vada zraku či sluchu, barvoslepost.

Obecný kognitivní status jsme hodnotili za pomoci *Mini-Mental State Examination* (Folstein et al., 1975; Štěpánková et al., 2015). Hraniční (cut-off) skór pro screening „normálních“ kognitivních funkcí byl stanoven MMSE 26/25 pro osoby s nižším vzděláním a MMSE 27/26 pro účastníky s vyšším vzděláním (Štěpánková et al., 2015). Dále byl proveden screening pro výskyt depresivní symptomatiky pomocí Geriatrické škály deprese (GDS-15; Heissler et al., 2020; Sheikh & Yesavage, 1986). Cut-off skór pro depresivní symptomatiku byl stanoven na GDS-15 5/6. Funkční stav byl hodnocen pomocí Dotazníku funkčního stavu (FAQ; Bezdíček et al., 2011) a hraniční skóre FAQ bylo stanoveno 4/5. Skóre v GDS-15 a FAQ nebylo použito jako exkluzivní kritérium, skóre vyšší než stanované cut-off skóre byly indikující pro hlubší klinicko-psychologický rozhovor.

Pro zajištění stejných podmínek v průběhu tréninku všichni účastníci trénovali na zapůjčeném tabletu (Samsung Galaxy Tab A 7“ SM-T280, OS Android 5.1.1). V rámci pre-testu byl účastník seznámen s tabletem, instruován o jeho užívání a obdržel manuál

pro užívání tabletu a spouštění aplikace (Příloha 3 a 4). Na závěr pre-testu byl každý účastník zařazen do experimentální či aktivní kontrolní skupiny dle randomizačního schéma (viz Kapitola 6).

Účastníci trénovali sami doma. Pro zajištění compliance v průběhu tréninku byla se všemi účastníky domluvena forma (e-mail, telefon) a frekvence kontaktu. Zároveň jim byl nabídnut kontakt (e-mailový i telefonický) v souvislosti s potížemi s chodem tabletu či tréninkové aplikace. Data o realizovaných lekcích byla stáhnuta z tabletů při post-testu (vyšetření po ukončení tréninku). Na závěr follow-up testu obdrželi všichni účastníci bez ohledu na jejich výsledky a výkon v tréninku odměnu 1.000,- Kč. Zároveň obdrželi krátké zhodnocení jejich výsledků, přístup k tréninkové aplikaci a doporučení k preventivním opatřením v rámci péče o duševní zdraví a zdravé stárnutí. Doporučení zahrnovala aplikace či počítačové programy vhodné pro kognitivní trénink, seznam literatury zaměřené na kognitivní trénink a trénink paměti, další doporučení týkající se zdravého životního stylu (Příloha 5).

Dva účastníci se v průběhu pre-testu rozhodli nepokračovat, proto finální soubor sestával z 62 osob (průměrný věk: 68,84 let $\pm 3,85$; 36 žen; 34 osob s vyšším vzděláním; MMSE 30-26); viz Tabulka 3 – demografické informace experimentální a aktivní kontrolní skupiny.

Skupiny se statisticky významně nelišily věkem, vzděláním, genderovým rozložením ani výsledky v pre-testu (včetně MMSE, FAQ, GDS-15). U jedné osoby s vyšším skóre v GDS-15 než stanovený cut-off byl proveden klinicko-psychologický rozhovor poukazující na osobnostní nastavení nikoli na přítomnost poruchy nálady; z toho důvodu tato osoba nebyla z finálního souboru vyřazena.

Tabulka 3. Demografické informace (dle Frydrychova et al., b.r.; Frydrychova & Georgi, 2021)

	Experimentální skupina (EX) N = 31		Aktivní kontrolní skupina (ACG) N = 31		<i>p</i>
	Průměr (<i>SD</i>)	Rozsah	Průměr (<i>SD</i>)	Rozsah	
Věk	68,61 (4,10)	62-75	69,07 (3,62)	60-75	0,606
Vzdělání (roky)	14,61 (3,29)	11-22	14,26 (3,23)	11-23	0,733
Vzdělání (úroveň)	14 nižší : 17 vyšší		14 nižší : 17 vyšší		0,899
Pohlaví	18 ženy : 13 muži		18 ženy : 13 muži		>0,999
MMSE	28,68 (1,30)	26-30	29,00 (0,95)	27-30	0,560
GDS-15	1,10 (1,17)	0-4	1,81 (2,15)	0-8	0,136
FAQ	0,32 (0,65)	0-3	0,45 (0,93)	0-4	0,731

Pozn.: nižší úroveň vzdělání = základní vzdělání, výuční list či středoškolské vzdělání bez maturity; vyšší úroveň vzdělání = dokončené středoškolské vzdělání s maturitou nebo vysokoškolské vzdělání; MMSE = Mini-Mental State Examination; GDS-15 = Geriatrická škála deprese; FAQ = Dotazník funkčního stavu. Hodnoty *p* odpovídají výsledkům χ^2 testu a nepárového t-testu.

8 Metody

8.1 Specifický tréninkový efekt a Nearest transfer efekt

Pro ověření, zda se jedinci zlepšili v trénované úloze, byly použity dvě paradigma Filter It – Barvy a Tvary. První z nich (Barvy) bylo součástí tréninku experimentální skupiny, druhé paradigma (Tvary) nebylo součástí tréninku a bylo administrováno pouze při vyšetření (pre-test, post-test a follow-up test).

Úloha Filter It je popsána blíže níže (kapitola 9.1). Zde jsou popsány pouze podněty, které jsou součástí typu úlohy Tvary, úkol byl stejný jako u zbylých dvou paradigma (Barvy a Orientace). Podněty jsou náhodně vybírány ze 7 různých dvourozměrných tvarů modré barvy (kruh, elipsa, čtverec, obdélník, trojúhelník, lichoběžník, pětiúhelník, hvězda, kříž a kosočtverec). V jednom pokusu se mohou tvary opakovat (max. jednou) a mohou mít různou velikost.

8.2 Near transfer efekt

Jako tzv. near transfer efekt byla ověřována kapacita pracovní paměti (verbální a vizuální).

Řazení písmen a čísel z WAIS-III či WMS-III (LNS; Wechsler, 1997a, 1997b) bylo použito pro zhodnocení verbální pracovní paměti. Účastníkovi bylo prezentováno seskupení písmen a čísel v náhodném pořadí. Úkolem bylo zopakovat a uspořádat prezentované seskupení tak, že nejprve jsou zopakována čísla a poté písmena dle pořadí v abecedě. Závislou proměnnou je celkový počet správně zopakovaných seskupení.

Vizuální pracovní paměť byla zhodnocena prostřednictvím úlohy *Visual Patterns Test* (VPT; *Psych Lab 101*, 2018), která byla administrována na tabletu. Účastníkovi byla nejprve zobrazena tmavě modrá mřížka (2000ms), na které byla v náhodném uspořádání některá pole zabarvená tmavě červeně. Úkolem bylo po krátké pauze pro retenci (1000ms) označit na tmavě modré mřížce ta pole, o kterých si účastník domníval, že byla na předchozí mřížce zabarvená tmavě červeně. Pro účely této studie byl použit fixní design, který odpovídá Řazení písmen a čísel. Počáteční mřížka má počet polí 9 a s každou úrovní (2 pokusy) její velikost (tj. počet polí) narůstá do té doby, dokud proband správně odpoví alespoň v jednom ze dvou pokusů pro danou úroveň.

8.3 Far transfer efekt

Pro zhodnocení tzv. far transfer efektu byla zkoumána exekutivní kontrola prostřednictvím dvou standardních metod – Pražský Stroopův Test (PST; Bezdicek et al., 2015) a Test cesty (TMT; Bezdicek et al., 2017).

PST je česká verze *Victoria Stroop Test* (Strauss et al., 2006; Troyer et al., 2006) a obsahuje tři typy úkolu: Body (*Dots* (PST-D) = jmenování barvy bodů), Slova (*Words* (PST-W) = jmenování barvy neutrálních slov) a Barvy (*Colors* (PST-C) = jmenování barvy, kterou je dané slovo (název barvy) vytištěné). Všechny tři podmínky obsahují shodně 24 položek, které jsou vytištěné ve 4 barvách – červená, žlutá, zelená a modrá. Instrukce je ke všem částem testu identická: jmenovat barvy jednotlivých položek zleva doprava jak nejrychleji je to možné. Měřenou proměnnou je čas (ve vteřinách) potřebný k dokončení dané části testu. Pro účely této studie byl zkoumanou závislou proměnnou u PST odvozený skór ($CS\text{-}PST = PST\text{-}C / PST\text{-}D$, tj. poměr času ve vteřinách potřebného pro dokončení

daného typu úlohy). Celkové časy ve vteřinách potřebné pro dokončení každého typu úlohy (3 hrubé skóry – PST-D, PST-W, PST-C) byly rovněž analyzovány.

TMT (*Trail Making Test*) sestává ze dvou částí – A a B. V obou částech bylo pro testovanou osobu úkolem spojit jednotlivé kruhy s čísly (část A – TMT-A) či čísly a písmeny (část B – TMT-B) ve správném pořadí (čísla ve vzrůstajícím pořadí, písmena dle pořadí v abecedě) v co nejrychlejší čas. Získanou proměnnou je čas ve vteřinách potřebný pro dokončení konkrétní části testu. V této práci jsme pro účely analýzy far transfer efektu použili jako závislou proměnnou odvozený skóre (CS-TMT = TMT-B / TMT-A, tj. poměr času ve vteřinách potřebného pro dokončení dané části). Celkové časy (ve vteřinách) pro dokončení jednotlivých částí (2 hrubé skóry – TMT-A a TMT-B) byly rovněž analyzovány.

8.4 Kontrolní úloha

Použili jsme jednu kontrolní úlohu, a to Bostonský test pojmenování (BNT-15; Mack et al., 1992), který se používá pro zhodnocení jazykových schopností. Tato úloha byla zvolena, jelikož ani jeden z tréninkových úkolů (Filter It, Clouds – blíže jsou oba úkoly popsány v kapitole 9) necílil na fatické funkce a zároveň jsme neočekávali, že by vlivem tréninku došlo k efektu transferu na BNT-15, tedy zlepšení výkonu v této úloze, ani u jedné ze zkoumaných skupin (EX, ACG).

BNT-15 sestával z 15 černobílých obrázků představujících každodenní objekty, které jsou seřazeny dle obtížnosti. Úkolem jedince bylo pojmenovat daný objekt. Hrubý skóre vznikl součtem správně spontánně pojmenovaných položek (objektů).

8.5 Subjektivní zhodnocení kognice

Pro subjektivní zhodnocení kognitivních funkcí byla použita česká verze Dotazníku kognitivních selhání (*Cognitive Failures Questionnaire* (CFQ); Broadbent et al., 1982; Nondek, 2006), která měří subjektivně vnímanou frekvenci kognitivních selhání a omylů v běžném životě (vnímání, paměť a motorika) v průběhu posledních několika týdnů. Broadbent (1982) původně předpokládal jednofaktorovou strukturu dotazníku. Aktuálnější studie (Wallace, 2004) dokládá na základě konfirmační faktorové analýzy, že dotazník sestává ze čtyř dimenzí – paměť, roztržitost, omyly a jména, které spolu vzájemně silně

korelují. Tyto čtyři dimenze jsou velmi podobné třem kategoriím (paměť, vnímání, motorika), ze kterých původně Broadbent vycházel.

CFQ obsahuje 25 položek hodnocených na 5bodové škále (1 = nikdy až 5 = často). Celkové skóre bylo získáno součtem jednotlivých položek, vyšší skóre tedy značí častější výskyt kognitivních selhání dle sebeposouzení (maximální možný počet bodů tedy je 100).

Tabulka 4. Přehled použitých metod (podle Frydrychova et al., 2018)

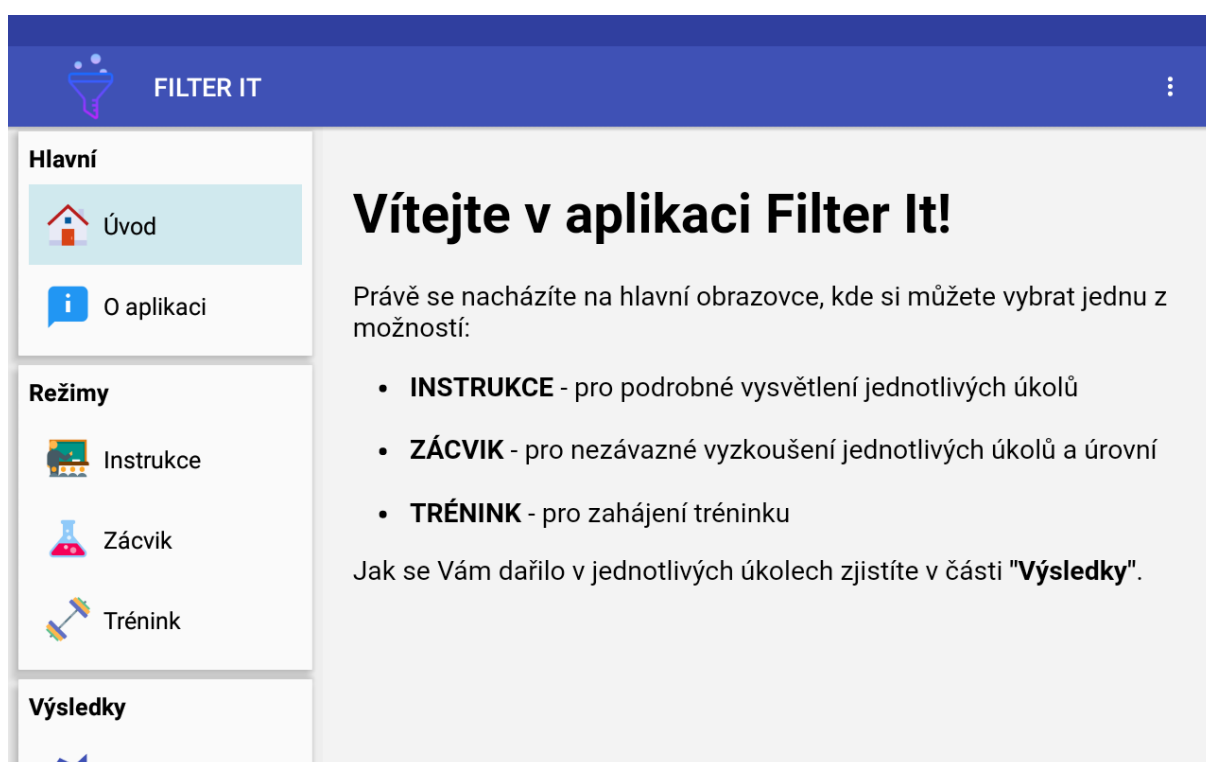
	Metoda	Pre-test	Trénink		Post-test	Follow-up test
		Týden 0	Týden 1-6		Týden 7	Týden 31
	MMSE	✓				
Tréninkové úlohy			EX	ACG		
NRE	Filter It – Barvy	✓	✓		✓	✓
	Filter It – Orientace		✓			
NRE	Filter It – Tvary	✓			✓	✓
	Clouds			✓		
Neuropsychologické testy						
NE	LNS	✓			✓	✓
NE	VPT	✓			✓	✓
FE	PST	✓			✓	✓
FE	TMT	✓			✓	✓
CT	BNT-15	✓			✓	✓
Dotazníky						
	Demografické informace	✓				
	Zdravotní stav	✓			✓	✓
	GDS-15	✓			✓	✓
	FAQ	✓				
	CFQ	✓			✓	✓
	Zhodnocení				✓	✓

Pozn.: EX = Experimentální skupina; ACG = Aktivní kontrolní skupina; ✓ značí přítomnost metody v dané části studie; NRE = nearest transfer efekt; NE = near transfer efekt; FE = far transfer efekt; CT = kontrolní úloha; MMSE = Mini Mental State Examination; LNS = Řazení písmen a čísel; VPT = *Visual Patterns Test*; PST = Pražský Stroopův Test; TMT = Test cesty; BNT-15 = Bostonský test pojmenování; GDS-15 = Geriatrická škála deprese; FAQ = Dotazník funkčního stavu; CFQ = Dotazník kognitivních selhání

9 Tréninkové úkoly

9.1 Experimentální skupina – Filter It

Experimentální skupina podstoupila adaptivní trénink vizuální pracovní paměti a selektivní pozornosti. Tréninková úloha byla variantou Change Detection Task (CDT; Vogel et al., 2005). Aplikace Filter It byla naprogramována v rámci realizace GA UK (č. 899018), zdrojový kód aplikace i samotná aplikace včetně manuálu k použití jsou veřejně dostupné². Úvodní strana aplikace Filter It je zobrazena na Obrázku 8.



Obrázek 8. Úvodní obrazovka v aplikaci Filter It

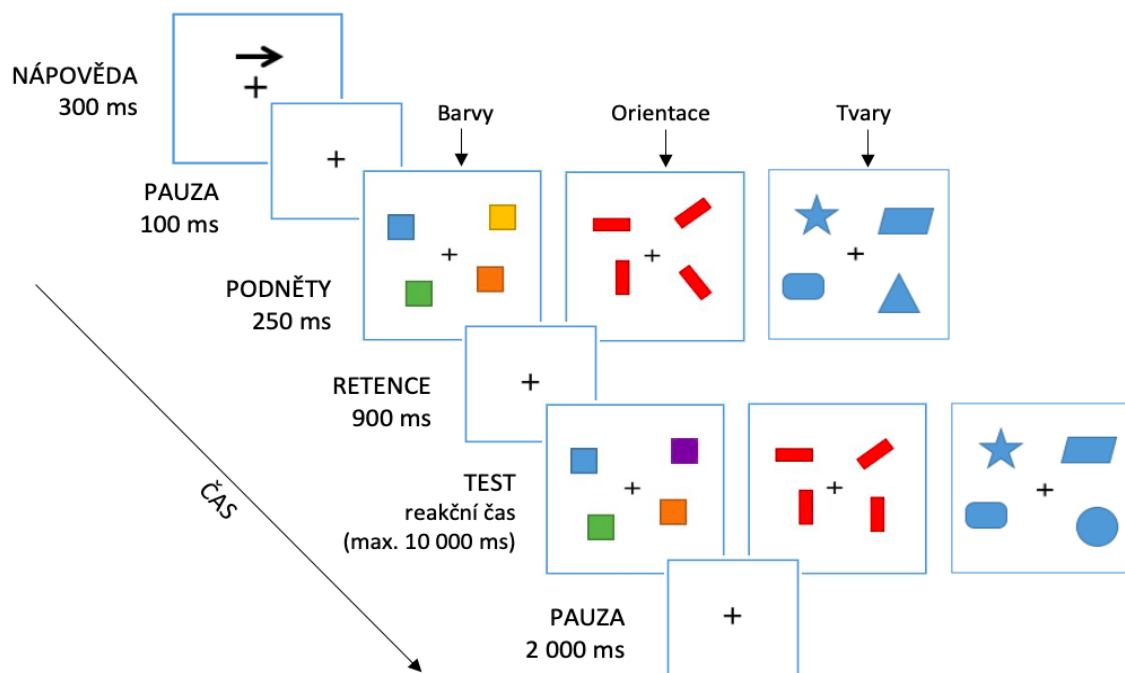
Úkolem bylo určit, zda jsou podněty na straně dané šipkou (nápopověda) stejné nebo se v jednom z aspektů liší (dle typu úlohy) v porovnání s těmi promítnutými na předchozí obrazovce.

² Zdrojový kód: <https://github.com/ayraz/TrainingApp>
Aplikace Filter It a manuál: <https://filterit.ff.cuni.cz/>

Trénink Filter It (Frydrychová et al., 2018) obsahuje dva typy úlohy – Barvy a Orientace, které byly prezentovány v tomto fixním pořadí. Oba typy úlohy zahrnuje 7 sekvencí s 20 pokusy (příklad jednoho pokusu je na Obrázku 9). Úloha je adaptivní – mění se počet prezentovaných podnětů (od 2 do 7 na každé straně obrazovky). Časy prezentace zůstávají stejné v průběhu celého tréninku. Důraz je kladen zejména na přesnost odpovědi, nikoli na rychlost, ale i tak je čas pro odpověď omezen na max. 10 vteřin, poté je pokus automaticky vyhodnocen jako nezodpovězený. Úspěšnost je vyhodnocena po každé sekvenci (20 pokusů) a na jejím základě je stanovena úroveň pro následující sekvenci. Při úspěšnosti $\leq 69\%$ je úroveň snížena a při $\geq 90\%$ je zvýšena. V případě, že je úspěšnost mezi 70 a 89 %, úroveň zůstává stejná. Schéma adaptivity (tj. procenta úspěšnosti) bylo převzato z předchozích studií, které rovněž využívaly jako tréninkovou úlohu CDT (Buschkuehl et al., 2017; C.-H. Li et al., 2017).

Podněty ve všech typech úloh jsou od sebe odlišitelné a jsou na obrazovce náhodně rozmístěné. Pokusy se změnou a beze změny jsou v průběhu každé sekvence náhodně seřazené. Změna v podnětech může nastat pouze na straně určené šipkou, změněn je jeden nebo žádný podnět. Změna je pouze v jednom aspektu v závislosti na typu daného úkolu. Podněty v Barvách jsou stejně velké čtverce v různých barvách. Pro každý pokus je náhodný výběr z 15 barev³ a v daném pokusu nedochází k jejich opakování. Podněty v Orientaci jsou červené obdélníky a jejich orientace se může změnit o 45° okolo centrálního bodu obdélníku. Proto je zde možných 6 různých pozic (0°, 45°, 90°, 135°, 225° a 315°). Pozice se mohou v daném pokusu opakovat.

³ Přehled barev s kódem v hexadecimální soustavě: červená (ff0000), žlutá (ffff00), černá (000000), bílá (ffffff), světle růžová (febeed), tmavě růžová (fb15da), světle modrá (33ccff), tmavě modrá (0000ff), světle zelená (00ff00), tmavě zelená (009900), hnědá (8a4500), šedá (808080), oranžová (ff8000), fialová (af84fc), petrolejová (00a8a4)



Obrázek 9. Příklad jednoho pokusu – Úroveň 1 (pokus se změnou).

Pozn.: Podněty jsou prezentovány pro 3 typy úloh v pořadí: Barvy, Orientace a Tvary. NÁPOVĚDA – šipka určující stranu s cílovými podněty (náhodná distribuce – 50 % pravá, 50 % levá strana); PAUZA – prázdná obrazovka s fixačním křížem; PODNĚTY – prezentace cílových podnětů s distraktory; RETENCE – prázdná obrazovka s fixačním křížem; TEST – nová obrazovka s podněty, na které má účastník určit, zda jsou podněty na straně určené šipkou stejné (zelené tlačítko se symbolem =) nebo se liší (červené tlačítko se symbolem ≠).

Na konci každého tréninku účastník zhodnotí své úsilí a vnímanou obtížnost tréninku na škále od 1 (nejmenší úsilí/málo náročné) do 5 (největší úsilí/velmi náročné). Od druhého tréninku začne účastník získávat 0-3 hvězdy:

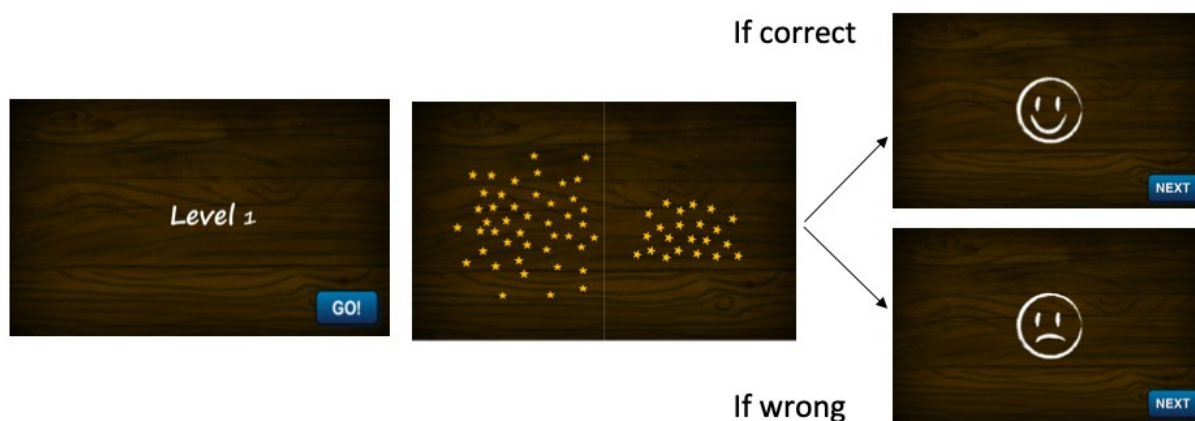
- 1 hvězdu v případě, že je výkon v daném tréninku stejný nebo lepší v porovnání s předchozím tréninkem;
- 1 hvězdu v případě, že byla v průběhu celého tréninku úroveň v každém typu úlohy zvýšena alespoň jedenkrát;
- 1 hvězdu v případě, že účastník nedělá pauzu delší než 15 vteřin.

Po ukončení tréninku si může účastník prohlédnout své výsledky pro každý typ úlohy prostřednictvím spojnicového grafu.

9.2 Aktivní kontrolní skupina – Clouds

Trénink pro aktivní kontrolní skupinu byl cílen především na vizuální pozornost. Úloha se nazývá "*Clouds - An Approximate Number System Game*" a byla vytvořena laboratoří Working Memory & Plasticity Lab na University of California v Irvine (Jaeggi & Buschkuhl, 2017).

Účastníkovi byly prezentovány dva „obláčky“ s podněty (max. na 10 vteřin) a jeho úkolem bylo rozhodnout (tisknutím na danou stranu obrazovky), který obláček obsahuje více podnětů. Ve chvíli, kdy účastník provedl výběr (stisknutím dané strany obrazovky), obláčky zmizely a účastníkovi byla poskytnuta zpětná vazba prostřednictvím jednoduchého emotikonu. Pokud byla odpověď správná „☺“, když byla špatná odpověď zobrazilo se „☹“ (Obrázek 10).



Obrázek 10. Příklad jednoho pokusu – Clouds

Jeden trénink zahrnuje 10 sekvencí po 20 pokusech. Úroveň se postupně zvyšuje s ohledem na jedincův výkon (v průběhu 20 pokusů v jedné sekvenci) a mění se tak poměr mezi obláčky, počet podnětů a jejich rozmístění na obrazovce. Úroveň je zvýšena v případě, že je výkon nad 90 %, a naopak snížena, pokud je výkon pod 69 %. Nejvyšší možná úroveň, kterou lze dosáhnout je 80. Účastníci byli instruováni, aby odpovídali co nejpřesněji, instrukce ohledně rychlosti odpovědi neobdrželi.

Na konci každého tréninku účastník zhodnotil vnímanou obtížnost a vložené úsilí.

9.3 Srovnání tréninkových aplikací

Obě tréninkové aplikace (Filter It a Clouds) jsou adaptivní, přičemž adaptivním aspektem je počet podnětů na obrazovce. Obě úlohy jsou vizuální a ani jedna z nich není cílena na verbální doménu. Obě úlohy zároveň zapojují základní pozornostní procesy. Nicméně, i přes některé shodné aspekty se úlohy pro experimentální a aktivní kontrolní skupinu liší (Tabulka 5). Tyto rozdíly je důležité zmínit, aby bylo možné určit účinné aspekty Filter It úlohy (Karlsson & Bergmark, 2015).

Hlavním rozdílem mezi úlohou pro experimentální a aktivní kontrolní skupiny je míra zapojení WM a kontroly pozornosti. Podněty v úloze Filter It nejsou přítomny na obrazovce po celou dobu (Obrázek 9), proto aby bylo možné provést správné rozhodnutí ohledně změny v podnětech je důležité podržet podněty v WM, zatímco účastník zpracovává obsah a hledá potenciální změnu v podnětech. Oproti tomu v druhé úloze (Clouds) jsou podněty přítomny po celou dobu (Obrázek 10), po kterou účastník provádí rozhodnutí ohledně toho, který obláček obsahuje více podnětů. Navíc, v úloze Filter It jsou přítomny i necílové (irrelevantní) podněty (na opačné straně obrazovky než té, která je určena šipkou), což jsou distraktory pozornosti a je potřeba jim nevěnovat pozornost. V úloze Clouds nejsou přítomny žádné irrelevantní podněty, které je potřeba odfiltrovat z pozornosti, a proto v úloze pro aktivní kontrolní skupinu není potřeba odfiltrovat distraktory.

Tabulka 5. Základní rozdíly mezi tréninkovými aplikacemi

Aspekty	Filter It	Clouds
Adaptivnost	ano	ano
Trvání jednoho tréninku	20 min	20 min
Přítomnost podnětů na obrazovce	250 ms / reakční čas (max. 10 s)	reakční čas (max. 10 s)
Časový tlak při rozhodování	ano	minimální
Distraktory	ano	ne
Selektivní pozornost	ano	ne
Zapojení WM	ano, významně	ne

Pozn.: WM = pracovní paměť

Zároveň v úloze Clouds není takový důraz na rychlost zpracování informací v porovnání s úlohou Filter It, ve které je nápověda (šipka určující stranu obrazovky) a podněty (k zapamatování) jsou prezentovány pouze po velmi krátký časový úsek (Obrázek 9).

10 Analýza dat

Analýza dat byla provedena prostřednictvím IBM SPSS 23, Bayesovy faktory byly vypočítány za použití JAMOEVI 1.2.5.0.

Před dalšími analýzami, z důvodu vysoké šikmosti a špičatosti byly skóry PST-W, PST-C, TMT-A a BNT-15 (pro pre-test, post-test i follow-up test) logaritmicky transformovány [nový skór = $\ln(\text{hrubý skór})$]. Logaritmicky transformované skóry byly použity pro všechny analýzy, výsledky byly poté zpětně transformovány [$\exp(\text{nový skór})$] na původní škálu. Kompozitní skóry pro far transfer efekt (CS-PST a CS-TMT) byly vytvořeny tak, že jsme převedli hrubé skóry (PST-D a TMT-B) a logaritmicky transformované skóry (PST-C a TMT-A) na z-skóry. Ty pak byly použity pro výpočet kompozitních skórů dle vzorců uvedených v kapitole 8.3.

Na počátku bylo ověřeno, zda se skupiny (EX, ACG) liší v demografických proměnných (věk, pohlaví, úroveň nejvyššího dosaženého vzdělání, počet let školní docházky), MMSE, GDS-15 a FAQ. Skupiny byly porovnány pomocí *t*-testu pro nezávislé výběry, respektive pomocí Mann Whitney U testu. Zároveň byly porovnány pre-testové výkony obou skupin v měřítkách Filter It (nejvyšší dosažená úroveň) a transferu (nearest, near a far) pomocí *t*-testu pro nezávislé výběry.

Krátkodobá (post-test) a dlouhodobá (follow-up test) změna po Filter It tréninku byla analyzována pomocí párového *t*-testu. Byl porovnán pre-testový výkon s post-testovým výkonem, respektive s výkonem ve follow-up testu a pro zhodnocení síly efektu bylo použito Cohenovo d_z . Pro každé párové porovnání byly spočítány Bayesovy faktory (BF_{10}).

Efekt transferu byl hodnocen pomocí jednofaktorové ANCOVA, ve které byly výkony v post-testu závislou proměnnou, kovariantou byla data z pre-testu a příslušnost ke skupině byla meziskupinovým faktorem. Naší hypotézou bylo, že experimentální skupina (EX) bude mít lepší výkony než aktivní kontrolní skupina (ACG). Následně byly vypočítány Bayesovy faktory (BF_{10}) pro zhodnocení, do jaké míry jsou zjištěné výsledky ve prospěch nulové (nebo alternativní) hypotéze.

Hodnoty BF_{10} jsou následně hodnoceny dle adaptované verze (Wetzels & Wagenmakers, 2012) pro usnadnění slovní interpretace (Tabulka 6). Hodnoty BF_{10} se pohybují v rozmezí od 0 do nekonečna, přičemž hodnota 1 značí, že výsledky nejsou

ve prospěch nulové ani alternativní hypotézy. Hodnoty vyšší než 1 znamenají důkazy pro alternativní hypotézu oproti nulové. Například $BF_{10} = 5$ značí, že pravděpodobnost přítomnosti efektu je pětikrát vyšší pro alternativní hypotézu. Naopak hodnoty $BF_{10} < 1$ upřednostňují nulovou hypotézu.

Tabulka 6. Kategorie Bayesových faktorů (BF_{10}) dle Wetzels a Wagenmakers (2012)

BF_{10}	Interpretace
> 100	Přesvědčivá (<i>decisive</i>) evidence pro H_1
30 - 100	Velmi silná (<i>very strong</i>) evidence pro H_1
10 - 30	Silná (<i>strong</i>) evidence pro H_1
3 - 10	Částečná (<i>substantial</i>) evidence pro H_1
1 - 3	Anekdotická (<i>anecdotal</i>) evidence pro H_1
1	Žádná evidence
1/3 - 1	Anekdotická (<i>anecdotal</i>) evidence pro H_0
1/10 - 1/3	Částečná (<i>substantial</i>) evidence pro H_0
1/30 - 1/10	Silná (<i>strong</i>) evidence pro H_0
1/100 - 1/30	Velmi silná (<i>very strong</i>) evidence pro H_0
< 1/100	Přesvědčivá (<i>decisive</i>) evidence pro H_0

Pozn.: BF_{10} = Bayesovy faktory, H_1 = alternativní hypotéza, H_0 = nulová hypotéza

Pro účely výpočtu změny výkonu byly pro všechna měřítka (Filter It, near a far transfer) vypočítány standardizované skóry v jednotkách standardní odchylky (SD). Pre-testový skór každého testu byl vydělen SD, stejně tak post-testový a follow-up testový výkon byl vydělen SD pre-testového výkonu. SD byly vypočítány pro obě skupiny dohromady. V dalším kroku byla změna výkonu vypočítána tak, že pre-testový výkon v jednotkách SD byl odečten od post-testového výkonu, respektive od follow-up testového výkonu. U měřítek, které neměly normální rozložení (viz výše), byl celý tento výpočet proveden s logaritmičsky transformovanými skóry.

Následně byla korelována změna výkonu v tréninkovém úkolu Filter It (Barvy – nejvyšší dosažená úroveň) se změnou v testech pro ověření efektu transferu (Filter It – Tvary, near a far transfer měřítka). Vzhledem k tomu, že jsme neočekávali linearitu vztahu, byl použit neparametrický Spearmanův koeficient korelace.

Specifické přínosy kognitivního tréninku byly zjišťovány pomocí Dotazníku kognitivních selhání (CFQ). Celkový skór byl získán součtem odpovědí u jednotlivých položek. Pomocí *t*-testu pro nezávislé výběry bylo zjišťováno, zda se skupiny liší

v celkovém skóre CFQ při pre-testu, post-testu i follow-up testu. Asociace mezi CFQ a jednotlivými měřítky (Filter It, near a far transfer) byla ověřována pomocí neparametrického Spearmanova koeficientu korelace. Stejně tak souvislost mezi pre-testovou úrovní CFQ byla analyzována neparametrickým Spearmanovým koeficientem korelace.

Pro všechny analýzy byla použita úroveň signifikance $p = 0,05$. Vícečetná srovnání jsme kontrolovali pomocí Benjaminiho-Hochbergovy korekce, přičemž byla použita 5% míra pro tzv. *false discovery rate*, tedy podíl falešně pozitivních zjištění (Benjamini & Hochberg, 1995).

11 Výsledky

11.1 Specifický efekt tréninku

V rámci pre-testu nebyl mezi skupinami nalezen signifikantní rozdíl ve výkonu v žádném z analyzovaných měřítek Filter It – Barvy.

EX signifikantně zlepšila svůj výkon v post-testu v porovnání s pre-testem v maximální dosažené úrovni, celkovém počtu správných odpovědí a reakčním čase (všechna $p < .001$). Post-testový výkon ACG nedosáhl signifikantní změny v žádném z měřítek v porovnání s pre-testem. Průměrné hodnoty ve Filter It – Barvy obou skupin v pre-testu, post-testu i follow-up testu jsou v Tabulce 7.

Účastníci EX dosahovali vyšší úrovně ($\eta_p^2 = 0,309$, $p < 0,001$, $BF_{10} = 1,00$), častěji odpovídali správně ($\eta_p^2 = 0,219$, $p < 0,001$, $BF_{10} = 388,00$), měli méně falešně pozitivních odpovědí ($\eta_p^2 = 0,226$, $p < 0,001$, $BF_{10} = 24,66$) a odpovídali rychleji ($\eta_p^2 = 0,155$, $p = 0,002$, $BF_{10} = 3,13$). Účastníci EX však neodpovídali (po korekci pro vícečetná srovnání) častěji v pokusech se změnou ($\eta_p^2 = 0,076$, $p = 0,032$, $BF_{10} = 1,00$). Signifikantní zlepšení EX v porovnání s ACG zůstalo i ve follow-up testu, a to u nejvyšší dosažené úrovně s malou silou efektu ($\eta_p^2 = 0,131$, $p < 0,004$, $BF_{10} = 12,46$).

11.2 Nearest transfer efekt

Pre-testové výkony skupin se v žádném z měřítek Filter It – Tvary signifikantně nelišily. Výkon EX se v post-testu signifikantně zlepšil v porovnání s pre-testovým výkonem v maximální dosažené úrovni (Tabulka 7), celkovém počtu správných odpovědí, počtu falešně pozitivních odpovědí a reakčním čase. Počet správných odpovědí u pokusů se změnou zůstal bez signifikantní změny oproti pre-testu. U ACG byla v post-testu zjištěna signifikantní změna v maximální dosažené úrovni ($p = 0,002$), přičemž oproti pre-testu došlo k mírnému zhoršení výkonu. U ostatních měřítek paradigma Tvary nebyla změna u ACG oproti pre-testu statisticky významná.

EX v porovnání s ACG zlepšila svůj výkon ve všech měřících paradigma Barvy, tj. maximální dosažená úroveň ($\eta_p^2 = 0,460$, $p < 0,001$, $BF_{10} = 1\,360\,000$), celkový počet správných odpovědí ($\eta_p^2 = 0,274$, $p < 0,001$, $BF_{10} = 2646,85$), celkový počet správných odpovědí u pokusů se změnou ($\eta_p^2 = 0,235$, $p < 0,001$, $BF_{10} = 8225,38$), počet falešně

pozitivních odpovědí ($\eta_p^2 = 0,278$, $p < 0,001$, $BF_{10} = 7185,28$) a reakční čas ($\eta_p^2 = 0,282$, $p < 0,001$, $BF_{10} = 13,52$). Síla efektu se pohybovala v rozmezí střední až silné. Signifikantní zlepšení výkonu EX v porovnání s ACG přetrvalo i ve follow-up testu, a to v maximální dosažené úrovni ($\eta_p^2 = 0,132$, $p = 0,004$, $BF_{10} = 6,58$), síla efektu byla slabá. Ve všech případech byla evidence ve prospěch alternativní hypotézy (tj. přítomnost efektu).

11.3 Near transfer efekt

V rámci pre-testu nebyl mezi skupinami nalezen signifikantní rozdíl ve výkonu v žádném z analyzovaných měřítek near transfer efektu, a to ani v hrubých, ani v kompozitních skórech.

Výkon v pre-testu měl signifikantní vztah k výkonu v post-testu. Skupina EX signifikantně zlepšila svůj post-testový výkon ve verbální pracovní paměti (LNS) se středním efektem ($d = 0,565$, $p = 0,004$, $BF_{10} = 10,34$), který však nepřetrval do follow-up testu ($p > 0,05$). Zlepšení v měřítku vizuální pracovní paměti (VPT) nebylo signifikantní. ACG signifikantně nezlepšila výkon v žádném z měřítek Near transferu (LNS, VPT) – Tabulka 7.

Při kontrole pre-testového výkonu nebylo zjištěno signifikantní zlepšení skupiny EX v post-testu ani ve follow-up testu v žádném z měřítek (LNS, VPT). Evidence svědčila spíše pro nulovou hypotézu (BF_{10} mezi 0,29-0,51; viz Tabulka 8).

11.4 Far transfer efekt

V rámci pre-testu nebyl mezi skupinami nalezen signifikantní rozdíl ve výkonu v žádném z analyzovaných měřítek far transfer efektu, a to ani v hrubých, ani v kompozitních skórech.

Výkon v pre-testu měl signifikantní vztah k výkonu v post-testu. V rámci post-testu a follow-up testu nebylo zjištěno signifikantní zlepšení v žádném z měřítek far transferu (CS-PST, CS-TMT) oproti pre-testu (všechna $p > 0,05$; viz Tabulka 7). Nicméně u EX bylo zjištěno signifikantní zlepšení v post-testovém výkonu v PST-C oproti pre-testu se střední silou efektu ($d = 0,521$, $p = 0,007$, $BF_{10} = 6,11$) a částečnou evidencí ve prospěch alternativní hypotézy. Ve follow-up testu nebyla zjištěna signifikantní změna oproti pre-testu ($p > 0,05$; viz Tabulka 7).

Pomocí ANCOVA jsme nezjistili signifikantní vliv skupiny na zlepšení výkonu v post-testu u měřítek far transferu (CS-PST, CS-TMT) a evidence byla spíše ve prospěch nulové hypotézy. V souladu s výše popsáním zlepšením skupiny EX v PST-C byl u tohoto měřítka zjištěn signifikantní vliv skupiny ($\eta_p^2 = 0,148$, $p = 0,002$). Na druhou stranu byla zjištěna evidence spíše ve prospěch alternativní hypotézy ($BF_{10} = 2.98$). Ve follow-up testu nebyl zjištěn signifikantní vliv skupiny na výkon (všechna $p > 0,05$). Celková evidence pro far transfer efekt svědčila spíše pro nulovou hypotézu (BF_{10} mezi 0,27-0,99), kromě PST-C, TMT-A a TMT-B při post-testu, ve follow-up testu kromě PST-D, PST-W a TMT-B. U těchto proměnných byla anekdotická evidence ve prospěch efektu (BF_{10} mezi 1,16-2,98; viz Tabulka 8).

11.5 Kontrolní úloha

Ani jedna ze zkoumaných skupin signifikantně nezlepšila svůj výkon (post-test a follow-up test) v BNT-15 v porovnání s pre-testem (Tabulka 7). Při kontrole pre-testového výkonu nebyl zjištěn ani signifikantní vliv skupiny na výkon v BNT-15 (všechna $p > 0,05$) s evidencí pro nulovou hypotézu (BF_{10} mezi 0,26-0,29; viz Tabulka 8).

Tabulka 7. Deskriptivní data pro všechna měřítka transferu (pre-test, post-test a follow-up test) jako funkce skupiny (EX a ACG)

	Pre-test		Post-test		Follow-up test		Změna pre- vs. post-test				Změna pre- vs. follow-up test			
	Průměr (SD)	Min-Max	Průměr (SD)	Min-Max	Průměr (SD)	Min-Max	<i>t</i>	<i>p</i>	ES	BF ₁₀	<i>t</i>	<i>p</i>	ES	BF ₁₀
EX (N = 31)														
<i>Specifický efekt tréninku a nearest transfer</i>														
Barvy	2,65 (0,88)	1,00-4,00	3,68 (0,98)	1,00-5,00	3,10 (0,79)	2,00-5,00	6,30	<0,001	1,132	28043,52	2,96	0,006	0,531	6,90
Tvary	2,00 (0,68)	1,00-3,00	2,94 (1,00)	1,00-6,00	2,42 (0,67)	1,00-4,00	5,05	<0,001	0,908	1111,90	2,89	0,007	0,520	6,00
<i>Near transfer</i>														
LNS	8,52 (2,57)	4,00 - 15,00	9,74 (2,18)	6,00-15,00	9,26 (1,97)	5,00-14,00	3,14	0,004	0,565	10,34	2,60	0,014	0,466	3,27
VPT	13,97 (2,69)	9,00-21,00	14,58 (3,12)	8,00-21,00	14,42 (2,19)	11,00-20,00	0,98	0,335	0,176	0,30	0,93	0,358	0,168	0,29
<i>Far transfer</i>														
CS-PST+	2,26 (1,04)	1,15-6,79	2,18 (1,00)	1,36-6,00	2,32 (1,08)	1,50-7,00	0,26	0,795	0,047	0,20	-0,89	0,379	0,160	0,28
PST-D	13,03 (2,01)	9,00-20,00	12,77 (2,04)	10,00-19,00	12,74 (2,16)	9,00-21,00	-0,98	0,333	0,177	0,30	-1,36	0,184	0,244	0,44
PST-W+	15,87 (3,96)	12,00-32,00	15,55 (4,21)	11,00-33,00	15,48 (3,90)	11,00-31,00	-1,27	0,216	0,227	0,40	-1,41	0,170	0,252	0,47
PST-C+	29,81 (16,12)	14,00-95,00	28,03 (14,85)	15,00-84,00	29,74 (15,57)	16,00-91,00	-2,90	0,007	0,521	6,11	0,19	0,848	0,035	0,20
CS-TMT+	2,30 (0,70)	1,25-4,36	2,56 (0,86)	0,92-4,62	2,22 (0,64)	1,10-3,56	-2,15	0,040	0,386	1,42	-1,69	0,101	0,304	0,68
TMT-A+	38,58 (15,31)	23,00-84,00	31,74 (11,11)	19,00-66,00	36,10 (9,75)	21,00-62,00	-2,31	0,028	0,414	1,87	-0,86	0,395	0,155	0,27
TMT-B	84,48 (28,83)	41,00-170,00	76,54 (23,84)	40,00-134,00	78,65 (24,64)	43,00-132,00	-1,41	0,170	0,252	0,47	-2,54	0,016	0,457	2,95
<i>Kontrolní úloha</i>														
BNT-15+	14,19 (1,20)	10,00-15,00	13,94 (1,15)	10,00-15,00	14,13 (0,72)	13,00-15,00	-1,60	0,120	0,287	0,60	-0,15	0,886	0,026	0,19
ACG (N = 31)														
<i>Specifický efekt tréninku a nearest transfer</i>														
Barvy	2,45 (0,81)	1,00-4,00	2,58 (0,77)	1,00-4,00	2,48 (0,77)	1,00-4,00	0,94	0,354	0,169	0,29	0,22	0,831	0,039	0,20
Tvary	2,03 (0,75)	1,00-4,00	1,58 (0,50)	1,00-2,00	1,94 (0,68)	1,00-3,00	-3,48	0,002	0,625	22,14	-0,65	0,522	0,117	0,23
<i>Near transfer</i>														
LNS	9,13 (2,06)	6,00-15,00	9,39 (1,82)	6,00-14,00	9,03 (1,72)	5,00-13,00	0,86	0,397	0,154	0,27	-0,44	0,662	0,079	0,21
VPT	12,77 (2,65)	9,00-19,00	13,65 (2,65)	9,00-19,00	12,84 (2,16)	10,00-17,00	3,11	0,005	0,542	7,84	0,30	0,768	0,053	0,20
<i>Far transfer</i>														
CS-PST+	2,42 (0,86)	1,28-6,00	2,42 (0,73)	1,42-5,06	2,41 (0,79)	1,36-5,11	-0,91	0,371	0,163	0,28	-1,10	0,281	0,197	0,33
PST-D	13,68 (2,09)	10,00-18,00	13,77 (2,33)	10,00-19,00	13,81 (2,01)	9,00-17,00	0,46	0,647	0,083	0,21	0,49	0,630	0,087	0,21
PST-W+	16,94 (3,29)	11,00-22,00	16,71 (2,92)	13,00-22,00	16,87 (2,87)	12,00-23,00	-0,48	0,638	0,085	0,21	0,08	0,936	0,014	0,19
PST-C+	32,81 (12,11)	19,00-84,00	33,00 (11,24)	20,00-81,00	32,94 (10,58)	19,00-72,00	0,76	0,452	0,137	0,25	0,44	0,667	0,078	0,21
CS-TMT+	2,49 (0,60)	1,60-3,97	2,51 (0,61)	1,50-3,86	2,53 (0,62)	1,60-3,93	1,24	0,224	0,223	0,39	0,85	0,403	0,152	0,27
TMT-A+	39,07 (8,87)	24,00-60,00	35,65 (8,89)	20,00-52,00	37,71 (8,84)	25,00-57,00	-2,07	0,047	0,372	1,24	-0,96	0,347	0,172	0,29
TMT-B	96,42 (29,34)	48,00-170,00	90,81 (27,68)	34,00-143,00	93,90 (27,35)	56,00-165,00	-1,84	0,075	0,331	0,86	-1,23	0,227	0,222	0,38
<i>Kontrolní úloha</i>														
BNT-15+	13,87 (1,15)	11,00-15,00	13,97 (1,11)	11,00-15,00	14,03 (0,95)	12,00-15,00	1,34	0,191	0,240	0,43	1,63	0,115	0,292	0,62

Pozn.: Hodnoty uvedené v tabulce jsou ve standardních netransformovaných jednotkách kromě + skóre, které byly pro účely analýz logaritmičsky transformovány (ln) a poté zpětně transformovány; EX = Experimentální skupina; ACG = Aktivní kontrolní skupina; LNS = celkový počet správně zopakovaných řad; VPT = *Visual Patterns Test*; CS-PST = poměr PST C / D; CS-TMT = poměr TMT B / A; BNT-15 = počet spontánně správně pojmenovaných položek; Srovnání dosahující po korekci pomocí 5% "false discovery rate" statistické významnosti jsou označena tučným písmem; BF₁₀ = Bayesův faktor značící evidence pro nulovou či alternativní hypotézu; ES = síla efektu (Cohenovo *d*) pro porovnání výkonu v pre-testu a post-testu nebo v pre-testu a follow-up testu.

Tabulka 8. Výsledky ANCOVA a Bayesovské analýzy pro všechna měřítka transferu (post-test a follow-up test)

	Post-test (N = 62)				Follow-up test (N = 62)			
	F	η_p^2	<i>p</i>	BF ₁₀	F	η_p^2	<i>p</i>	BF ₁₀
<i>Specifický efekt tréninku and nearest transfer</i>								
Barvy	26,38 0	0,309	<0,001	2258,77	8,857	0,131	0,004	12,46
Tvary	50,26 8	0,460	<0,001	1,360,00 0	8,981	0,132	0,004	6,58
<i>Near transfer</i>								
LNS	2,707	0,044	0,105	0,32	4,422	0,070	0,040	0,29
VPT	0,153	0,003	0,697	0,51	4,779	0,075	0,033	7,25
<i>Far transfer</i>								
CS-PST+	1,743	0,192	0,029	0,57	0,242	0,004	0,625	0,30
PST-D	1,735	0,029	0,193	0,99	2,708	0,044	0,105	1,39
PST-W+	1,046	0,017	0,311	0,81	2,512	0,041	0,118	1,22
PST-C+	10,25 3	0,148	0,002	2,98	0,413	0,007	0,523	0,84
CS-TMT+	4,046	0,064	0,049	0,56	1,915	0,031	0,172	0,42
TMT-A+	3,199	0,051	0,079	1,16	0,293	0,005	0,591	0,35
TMT-B	2,166	0,035	0,146	1,83	3,840	0,061	0,055	2,33
<i>Kontrolní úloha</i>								
BNT-15+	3,080	0,050	0,084	0,26	0,092	0,002	0,763	0,29

Pozn.: Hodnoty uvedené v tabulce jsou ve standardních netransformovaných jednotkách kromě + skóre, které byly pro účely analýz logaritmicky transformovány (ln); LNS = celkový počet správně zopakovaných řad; VPT = *Visual Patterns Test*; CS-PST = poměr PST C / D; CS-TMT = poměr TMT B / A; BNT-15 = počet spontánně správně pojmenovaných položek; Po korekci pomocí 5% “false discovery rate” jedna interakce skupiny (EX vs. ACG) a post-testového výkonu dosáhla statistické významnosti (označeno tučným písmem); F = F hodnota; η_p^2 = eta squared partial (síla efektu); BF₁₀ = Bayesův faktor značící evidence pro nulovou či alternativní hypotézu.

11.6 Korelace změn ve výkonu

Spearmanovou korelací byl zkoumán vztah mezi zlepšením ve Filter It (Barvy – nejvyšší dosažená úroveň) a zlepšením v near (LNS, VPT) a far (PST, TMT) transfer měřících.

Post-test: Zjistili jsme, že post-testové zlepšení ve Filter It – Barvy signifikantně korelovalo se zlepšením v post-testu ve Filter It – Tvary (Spearman $\rho = 0,57$; $p < 0,001$), LNS (Spearman $\rho = 0,26$; $p = 0,039$) a PST-C (Spearman $\rho = -0,41$; $p = 0,001$). Ostatní korelace mezi proměnnými nebyly statisticky významné (všechna $p > 0,05$).

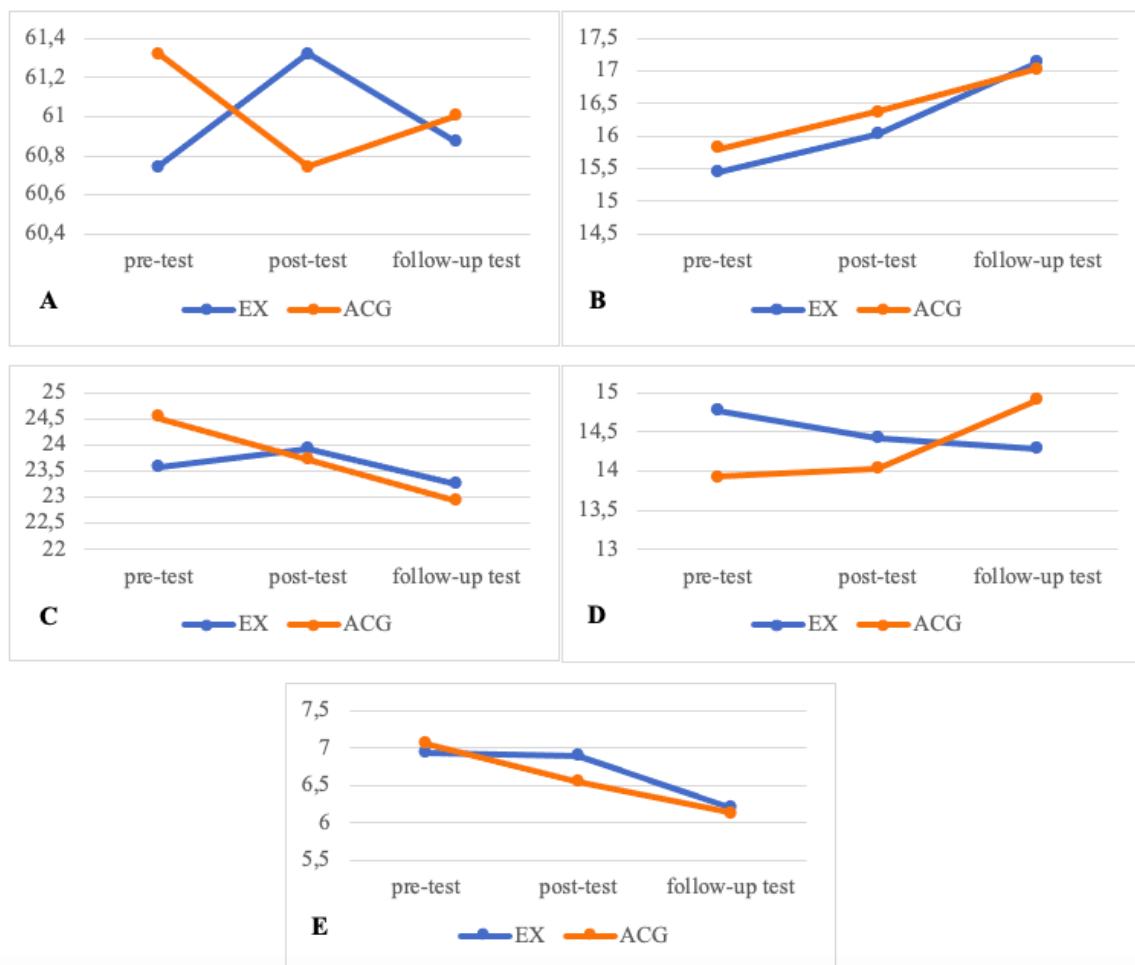
Follow-up test: Ve follow-up testu jsme zjistili, že zlepšení ve Filter It – Barvy bylo signifikantně asociováno se zlepšením v TMT-B (Spearman $\rho = -0,34$; $p = 0,007$). Změna výkonu ve follow-up testu v ostatních testech signifikantně nekorelovala se změnou výkonu ve Filter-It – Barvy (všechna $p > 0,05$).

11.7 Subjektivní zhodnocení kognice

Skupiny (EX, ACG) se v rámci pre-testu signifikantně nelišily v celkovém skóre CFQ ($p > 0,05$) ani v jednotlivých subškálách – Paměť, Roztržitost, Omyly a Jména (všechna $p > 0,05$). Zároveň se skupiny signifikantně nelišily v celkovém skóre CFQ ani v jednotlivých subškálách (Paměť, Roztržitost, Omyly a Jména) při post-testu (všechna $p > 0,05$) i follow-up testu (všechna $p > 0,05$). Průměrné hodnoty CFQ a jednotlivých subškál jsou zobrazeny v Grafu 1.

Korelace CFQ a výkonu v post-testu a follow-up testu: V post-testu byl celkový skór CFQ signifikantně asociován se zlepšením výkonu v CS-PST (Spearman $\rho = -0,26$, $p = 0,043$), což po Benajminiho-Hochberg korekci nedosahuje signifikance. Při follow-up testu celkový skór CFQ signifikantně koreloval s výkonem ve Filter It – Barvy (Spearman $\rho = -0,29$, $p = 0,022$). Výkon v post-testu a follow-up testu v ostatních měřítkách specifického efektu tréninku a efektu transferu signifikantně nekoreloval s CFQ (všechna $p > 0,05$).

Korelace CFQ (pre-test) se změnou výkonu: Pre-testová úroveň CFQ byla signifikantně asociována se zlepšením výkonu v PST-C v post-testu (Spearman $\rho = 0,36$, $p = 0,004$) i follow-up testu (Spearman $\rho = 0,29$, $p = 0,021$). Ostatní měřítka (post-test i follow-up test) signifikantně nekorelovala s mírou subjektivních stížností dle CFQ při pre-testu (všechna $p > 0,05$).



Graf 1. Cognitive Failures Questionnaire – průměrné hodnoty obou skupin (EX, ACG)

Pozn.: A – Celkový skóre, B – subškála Paměť, C – subškála Roztržitost, D – subškála Omyly, E – subškála Jména

11.8 Zpětná vazba

Při post-testu byla od účastníků zjišťována zpětná vazba (Příloha 5). Všichni účastníci udávali, že byli motivováni dosáhnout v průběhu tréninku co nejlepších výsledků („docela ano“: 59 %, „velmi“: 41 %) a zároveň byli schopni udržet plnou pozornost v průběhu tréninku („spíše ano“: 33 %, „úplně bez obtíží“: 67 %). Pro většinu účastníků (EX: 58 % a ACG: 65 %) byl trénink „docela zábavný“, žádný z účastníků nehodnotil tréninky jako nezábavné.

Většina účastníků z EX (96 %) preferovala paradigma „Barvy“ před „Orientace“ a pro nejvíce jedinců z EX byla nejpohodlnější/nejpříjemnější úroveň 2-3 (tj. 3-4 podněty na každé straně obrazovky). Podněty byly podle jejich názoru prezentovány přijatelně

rychle (72 %) nebo trochu rychleji (28 %). Časové omezení pro odpověď jim příliš nevadilo (89 %), někteří účastníci uvedli, že je trochu stresovalo (11 %). Počet sekvencí hodnotili jako adekvátní (83 %) či jako „příliš mnoho“ (17 %). Délku jedné tréninkové *session* hodnotili jako adekvátní (90 %), někteří jako příliš dlouhou (10 %).

Jedinci z ACG udávali jako nejpohodlnější úroveň 60-70. Všichni z ACG vnímali rychlost prezentace podnětů jako přijatelnou. Časové omezení pro odpověď jim příliš nevadilo (23 %) či vůbec nevadilo (77 %). Počet sekvencí vnímali jako adekvátní (100 %). Dobu trvání jedné tréninkové *session* považovali za adekvátní (95 %) či příliš krátkou (5 %).

Většina účastníků (bez ohledu na tréninkovou skupinu) uvedla, že vnímá přínos tréninku v běžném životě („spíše ano“: 66 %, „rozhodně ano“: 29 %), 5 % uvedlo, že přínosy spíše nevnímá. Někteří účastníci popsali „*zlepšení udržované pozornosti*“ či „*lepší zaměření na detail*“. Nicméně většina (54 %) uvedla, že spíše nezamýšlí v tréninku pokračovat i nadále.

Uživatelskou přijatelnost aplikace zhodnotilo 47 % účastníků jako „docela dobrou“ a 53 % jako „velmi dobrou“, žádný z účastníků ji nehodnotil jako špatnou. Tablet již vlastnilo 71 % účastníků a 15 % zkušenost v průběhu tréninku přiměla k tomu, aby uvažovali o pořízení tabletu.

12 Diskuse

Cílem předkládané studie bylo ověřit krátkodobý a dlouhodobý efekt tréninku vizuální selektivní pozornosti prostřednictvím aplikace Filter It (naše verze kanonického CDT) u starších osob ve věku 60-75 let.

12.1 Specifický efekt tréninku

V rámci této studie bylo zjištěno, že senioři dokáží signifikantně zlepšit svůj výkon v trénovaném úkolu Filter It – Barvy (specifický efekt tréninku), tedy jedinci v experimentální skupině signifikantně zlepšili svůj výkon v porovnání s aktivní kontrolní skupinou (Frydrychova & Georgi, 2021). Naše zjištění jsou tak v souladu s předchozími studiemi zaměřenými na trénink prostřednictvím CDT, které prokázaly, že je možné zlepšit výkon v trénované úloze (Buschkuehl et al., 2017; J. G. Gaspar et al., 2013; C.-H. Li et al., 2017). Zmiňované studie se zaměřovaly zejména na mladší dospělé (Buschkuehl et al., 2017; C.-H. Li et al., 2017), kromě Gaspar a kol. (2013), kteří zjistili zlepšení výkonu v trénovaném CDT u starších osob. Mimo jiné schopnost zlepšit svůj výkon v trénované úloze prokázaly i další studie zaměřující se na kognitivní trénink pracovní paměti, selektivní pozornosti či exekutivních funkcí u starších osob (např.: Stepankova et al., 2014; Zajac-Lamparska & Trempała, 2016).

Buschkuehl a kol. (2017) zjistili, že jedinci dokážou v průběhu 10 tréninkových lekcí CDT významně zlepšit svůj výkon v této úloze, toto zlepšení přisuzují adaptivitě tzv. *set size* (počet prezentovaných podnětů) v průběhu tréninku dle výkonu účastníka. V jejich případě se účastníci zlepšili z průměrných 6,31 (resp. 5,02) položek na 8,82 (resp. 7,56) položek. V naší studii se starší jedinci v experimentální skupině po 6-týdenním tréninku (celkem 18 tréninkových lekcí) zlepšili z průměrné úrovně 2,65 (*set size* na úrovni 2 obsahovalo tři cílové a tři necílové podněty) v pre-testu na úroveň 3,68 v post-testu. Došlo tedy k průměrnému zlepšení o 1 úroveň (tj. jeden cílový a jeden necílový podnět), což odpovídá i zlepšení a *set size* ve studii Buschkuehl a kol. (2017).

Role adaptivity byla zkoumána i v kontextu jiných tréninkových úkolů a ukazuje se jako důležitý aspekt, který přispívá ke specifickému zlepšení výkonu (např.: Jaeggi et al., 2014; von Bastian & Eschen, 2016). Oproti neadaptivnímu tréninku je přítomna neustálá výzva, která může být sice obtížná, ale dosažitelná a představuje

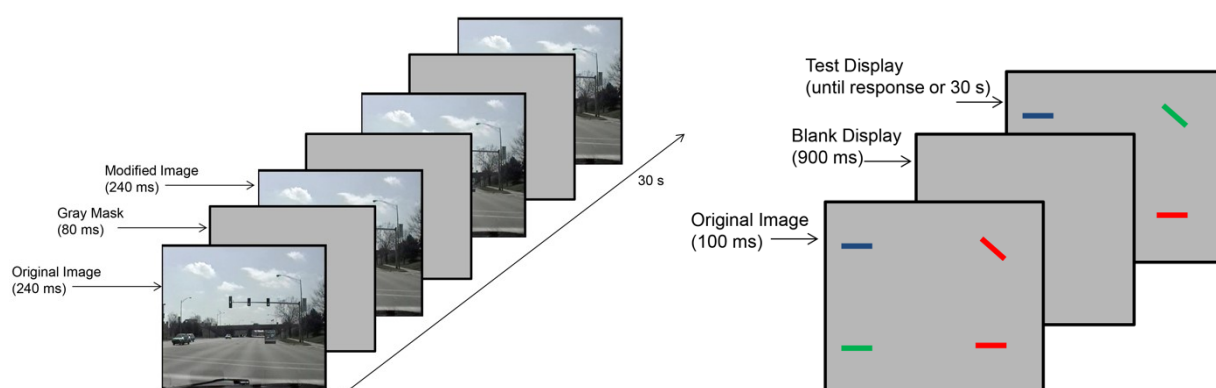
tak „ideální obtížnost“ (Bjork & Bjork, 2014), což bylo prokázáno i při tréninku pracovní paměti u klinické populace (např.: Pedullà et al., 2016). Na druhou stranu příliš vysoká obtížnost úlohy, a to zejména u jedinců s nižším počátečním výkonem, může být příliš frustrující a limitovat tak potenciální přínos kognitivního tréninku. Proto se jeví jako důležité průběžně monitorovat a udržet optimální balanc mezi kapacitou jedince a obtížností úkolu (Fu et al., 2020).

Poskytování zpětné vazby je obecně považováno za aspekt zlepšující učení (Shute, 2008), jelikož pomáhá jedinci snadněji odhalit nevhodné strategie při řešení úkolů. I proto v našem tréninku Filter It byla poskytována účastníkům zpětná vazba k jejich výkonu, nicméně ta byla poskytována až na konci každého bloku (tj. po 20 pokusech) a nepřímou formou prostřednictvím informace o snížení, navýšení nebo ponechání úrovně obtížnosti. Jinou možností je poskytnutí zpětné vazby po každém pokusu, jako tomu bylo například v jiných CDT studiích (Adam & Vogel, 2016, 2018; Buschkuhl et al., 2017). Zpětná vazba tak umožnila rychle a účinně snížit frekvenci chyb (Adam & Vogel, 2016, 2018), nicméně tento efekt nepřetrval v čase a nebyl patrný při absenci zpětné vazby (Adam & Vogel, 2018). Z toho důvodu se domnívají, že poskytování zpětné vazby v průběhu tréninku nemá tak významnou roli. Jedním z důvodů, proč se zpětná vazba u tréninku CDT nemusí ukazovat jako významná, může být vysoká rychlost prezentace podnětů (v různých studiích bývá využita odlišná rychlost prezentace podnětů, která je v rozmezí 100-500ms). V důsledku tak zřejmě jedinec velmi obtížně aplikuje nové strategie při plnění úlohy. Zároveň poskytování zpětné vazby se u jiných typů tréninkových úloh ukázalo jako efektivní (Shute, 2008). Jinou možností, která v současné době přichází v úvahu díky novým technologiím je poskytování zpětné vazby v reálném čase (např.: *EEG – neurofeedback* (Parsons & Faubert, 2021)).

12.2 Nearest transfer efekt

Zároveň starší jedinci v experimentální skupině dokázali zlepšit svůj výkon i v netrénovaném úkolu Filter It – Tvary (nearest transfer efekt) v porovnání s aktivní kontrolní skupinou (Frydrychova & Georgi, 2021). Naše verze CDT pro trénink a měření nearest transfer efektu obsahovala podněty, které jsou pro účastníky snadno pojmenovatelné (trénované paradigma obsahovalo různě barevné čtverce, netrénované paradigma obsahovalo různé tvary), naopak paradigma Orientace, které bylo součástí pouze tréninku

(nikoliv vyšetření), tak zahrnovalo obtížnější pojmenovatelné podněty. Oproti tomu Gaspar a kol. (2013) ve své studii nezjistili zlepšení v netrénovaném paradigma CDT. Přírozenou tendencí jedince je pojmenovávat vizuální podněty (Randell & Remington, 1999). Proto obtížnější pojmenovatelné podněty mohou být v úkolech typu CDT, ve kterých je čas prezentace podnětů omezený a v řádu milisekund, hůře zapamatovatelné. To může být důvodem pro rozdíl mezi našimi výsledky a těmi od Gaspar a kol. (2013), kde byl tento typ efektu měřen prostřednictvím CDT s podněty náročnějšími na pojmenování (viz Obrázek 11).



Obrázek 11. *Flicker CDT a One-shot CDT* (podle J. G. Gaspar et al., 2013)

12.3 Near transfer efekt

V našem případě nebyl potvrzen tzv. near transfer efekt na verbální či vizuální pracovní paměť (Frydrychova et al., b.r.). Buschkuehl a kol. (2017) rovněž nezjistili zlepšení v netrénovaných úlohách měřících vizuální pracovní paměť (*block-tapping task*, *symmetry span task*, *n-back*). V naší studii jsme použili testy pracovní paměti, které stejně jako ty použité ve zmiňované studii zatěžují primárně kapacitu pracovní paměti (VPT), ale i zpracování informací (LNS). Vzhledem k tomu, že jsme nezjistili zlepšení v jiných měřítkách pracovní paměti, tak je patrné, že při tréninku CDT jsou zatěžovány jiné aspekty pracovní paměti, a proto efekt transferu není nalezen. Na druhou stranu, Li a kol. (2017) u mladších dospělých prokázali po tréninku CDT zlepšení v úlohách verbální pracovní paměti. Nicméně tato studie je specifická tím, že trénink absolvovali pouze jedinci s malou kapacitou pracovní paměti (stanoveno při pre-testu), kontrolní skupinou k tomu tak byla skupina s velkou kapacitou pracovní paměti (tzv. *high capacity group*). Nebyla tedy ve studii zahrnuta adekvátní kontrolní skupina (Shawn Green et al., 2019;

Simons et al., 2016). Otázkou tak zůstává, zda by tento efekt byl nalezen i v případě srovnání s vhodně zvolenou aktivní kontrolní skupinou.

12.4 Far transfer efekt

Stejně tak jsme neprokázali far transfer efekt, tedy zlepšení v úlohách měřících exekutivní kontrolu (CS-PST, CS-TMT). Evidence byla ve prospěch nulové hypotézy (Frydrychova et al., b.r.).

Absence far transfer efektu je v souladu se závěry předchozích studií (Adam & Vogel, 2018; C.-H. Li et al., 2017), kteří neprokázali zlepšení v měřítku fluidní inteligence. Jiné studie (Buschkuehl et al., 2017; J. G. Gaspar et al., 2013), dle nám dostupných informací, se na zjišťování far transfer efektu u tréninku CDT nezaměřovaly. Přestože existují studie v oblasti kognitivního tréninku u starších osob (např.: Borella et al., 2013, 2014; Stepankova et al., 2014; Zajac-Lamparska & Trempała, 2016), které prokazují existenci far transfer efektu u tréninku pracovní paměti, exekutivních funkcí či pozornosti. Nicméně i tak zůstává far transfer efekt spekulativní (např.: Melby-Lervåg et al., 2016; Simons et al., 2016) a výzkumná obec není v této otázce jednotná (*A Consensus on the Brain Training Industry from the Scientific Community*, 2014; *Cognitive Training Data Response Letter*, 2014; Committee on Preventing Dementia and Cognitive Impairment et al., 2017; Shawn Green et al., 2019; Simons et al., 2016).

Specifická efektu platí i pro studie zaměřené na neuroplasticitu, kde vlivem cvičení je patrná změna na úrovni neuronů a jejich spojů pouze v těch oblastech, které se zapojují v průběhu cvičení. Například u houslistů je selektivní nárůst neuronů v pravé motorické kůře (část zodpovědná za prstoklad levé ruky při hraní na housle) (Maguire et al., 2000; Simons et al., 2016).

Zajímavým zjištěním na úrovni far transfer měřítek bylo zlepšení experimentální skupiny v úloze PST-C (Frydrychova et al., b.r.), což je interferenční úloha, ve které kratší čas potřebný k dokončení značí vyšší odolnost k interferenci, lepší kognitivní flexibilitu či větší kapacitu pracovní paměti (Bezdicek et al., 2015; Lezak et al., 2012; Strauss et al., 2006; Troyer et al., 2006). Stejně tak v tréninkové úloze je úkolem potlačit irelevantní podněty a selektivně sledovat a reagovat na podněty pouze z té strany obrazovky určené nápovědou (Obrázek 9). Naproti tomu v Clouds (Obrázek 10) je potřeba sledovat celý prostor a není zapotřebí selektivně vybírat, na co bude pozornost zaměřena. Tento

rozdíl mohl vést ke zlepšení výkonu v PST-C u experimentální skupiny oproti aktivní kontrolní skupině. Zároveň to může být i důvodem, proč nebylo zjištěno zlepšení v úloze TMT-B, jelikož v této úloze na rozdíl od PST-C není potřeba v takové míře selektivně inhibovat informace, které k nám přichází. Nutno podotknout, že v průměru došlo ke zlepšení o necelé 2 vteřiny. Zároveň toto zlepšení v PST-C bylo zjištěno v post-testu, nikoliv ve follow-up testu (6 měsíců po ukončení tréninku) (Frydrychova et al., b.r.). Inhibiční kontrola tedy může částečně profitovat z tréninku vizuální selektivní pozornosti, nicméně tento efekt je pouze krátkodobý a bez dlouhodobého tréninku má tendenci vrátit se na původní úroveň (v našem případě pre-test).

12.5 Kontrolní úloha

Ani jedna skupina signifikantně nezlepšila či nezhoršila svůj výkon v kontrolní úloze (BNT-15) v post-testu ani ve follow-up testu (Frydrychova et al., b.r.). Což je zjištění, které odpovídá našim předpokladům, jelikož jsme neočekávali zlepšení ani u jedné skupiny. Na druhou stranu je důležité zmínit, že výkon obou skupin v BNT-15 byl již při pre-testu vysoký (účastníci dosáhli téměř maximálního počtu bodů již při spontánním pojmenování obrázků), proto je otázkou, zda se jedná o vhodně zvolené měřítko (blíže viz podkapitola – Limity).

Existují různé přístupy při volbě kontrolní úlohy. Jedním takovým příkladem je použít měřítko reflektující aktivitu kontrolní skupiny. Tento přístup využili Jones a kol. (2020), kteří ve své studii zaměřené na n-back kognitivní trénink u dětí s ADHD použili kontrolní úlohu zaměřenou na všeobecné znalosti (administrováno pouze v post-testu a follow-up testu), což se shodovalo s tréninkovou úlohou aktivní kontrolní skupiny. Očekávali, že se výkon v kontrolní úlozelepší pouze u aktivní kontrolní skupiny, nicméně výkon ani jedné skupiny se nezlepšil. Domnívají se tak, že obě skupiny měly již na počátku dostatečně vysokou úroveň všeobecných znalostí, nebo se zlepšily stejně. Nicméně vzhledem k absenci pre-testové úrovně, nemohou vyvozovat žádné závěry. Druhým přístupem může být ten zvolený v naší studii. Vzhledem k tomu, že trénink EX i ACG má společné aspekty (kapitola 9.3) a shodně cílí na pozornost (přestože na jiné aspekty pozornosti), nebylo možné zvolit takovou úlohu, ve které bychom očekávali zlepšení pouze u ACG a nikoliv u EX (jako tomu bylo v případě Jones a kol. (2020)). Proto jsme zvolili úlohu, ve které jsme neočekávali zlepšení ani u jedné skupiny.

Na základě dohledaných informací však není příliš běžné zařazovat mezi měřítka i kontrolní úlohu. Nicméně kontrolní úloha může být užitečným měřítkem při zjišťování, zda má kognitivní trénink specifický efekt či zda vlivem daného tréninku dochází k všeobecné aktivizaci jedince.

12.6 Trvání efektu

Cílem studie bylo mimo jiné ověřit i dlouhodobý efekt tréninku. Pro jeho zhodnocení byli účastníci testováni s odstupem 6 měsíců po ukončení tréninku (follow-up test). Doba pro zhodnocení dlouhodobého efektu se mezi studiemi kognitivního tréninku liší, některé hodnotily výkon 3-12 měsíců po ukončení tréninku (např.: Borella et al., 2014, 2017; Buschkuehl et al., 2008; C.-H. Li et al., 2017), v jiných studiích (např.: Ball et al., 2002; Rebok et al., 2014; Willis et al., 2006) byl dokonce zjišťován i několikaletý odstup (např.: studie ACTIVE).

V naší studii jsme zjistili, že experimentální skupina měla signifikantně lepší výkon v porovnání s aktivní kontrolní skupinou v trénované úloze Filter It – Barvy i po 6 měsících. Stejně tak bylo zjištěno přetrvání efektu i v případě netrénované úlohy (Filter It – Tvary). V obou případech však síla efektu byla slabá. Na základě toho lze usuzovat, že specifický efekt 6týdenního tréninku Filter It, ale i nearest transfer efekt přetrvává u seniorské populace dlouhodobě. Naše výsledky jsou částečně ve shodě se závěry Li a kol. (2017), kteří prokázali, že specifický efekt tréninku, ale i near transfer efekt po 20denním tréninku CDT přetrvával 3 měsíce po tréninku.

V případě měřítek near a far transferu však nebyl zjištěn signifikantní efekt tréninku, který by přetrvával dlouhodobě. Byla patrná tendence u měřítek pracovní paměti či TMT-B, ale vzhledem k tomu, že u těchto měřítek nebyl zjištěn bezprostřední efekt tréninku (post-test), lze se domnívat, že se jedná o přirozenou variabilitu výkonu či regresi k průměru. Evidence sice byla ve prospěch alternativní hypotézy (tj. přítomnost efektu), nicméně byla anekdotická či částečná (tj. $BF_{10} < 10$).

Dosavadní studie v oblasti kognitivního tréninku se zaměřením na pracovní paměť, exekutivní funkce či pozornost nemají jednoznačné závěry ohledně přetrvávání efektu tréninku ani v rozsahu efektu transferu, který přetrvává. Některé studie prokazují dlouhodobé přetrvání specifického efektu tréninku pracovní paměti u starších osob (např.: Borella et al., 2014, 2017; Cantarella et al., 2017). Nicméně jsou i studie, které

nepotvrzují dlouhodobý efekt tréninku, a to na úrovni specifického efektu ani generalizace efektu (např.: Buschkuhl et al., 2008). Na druhou stranu je logické, že pro udržení efektu tréninku je zapotřebí dlouhodobého a pravidelného tréninku, zejména pak u starších osob (Lövdén et al., 2010).

12.7 Subjektivní zhodnocení kognice

Zjistili jsme, že ani u jedné ze skupin (EX, ACG) nedošlo k signifikantní změně v hodnocení subjektivních kognitivních obtíží, a to ani v celkové úrovni (CFQ), ani v jednotlivých oblastech (Paměť, Roztržitost, Omyly a Jména). Signifikantní změna nebyla zjištěna v rámci post-testu ani při follow-up testu. Je tedy zřejmé, že subjektivní hodnocení kognitivních obtíží je nezávislé na absolvování individuálního kognitivního tréninku Filter It na tabletu.

V post-testu byla patrná souvislost mezi CS-PST a subjektivními stížnostmi na kognitivní funkce, nicméně po užití Benjamini-Hochberg korekce tento vztah nedosáhl signifikance a navíc síla vztahu byla pouze slabá. Zajímavým zjištěním bylo, že pre-testová úroveň subjektivních stížností na kognitivní funkce (CFQ) signifikantně souvisela se změnou výkonu v PST-C (post-test – pre-test), což je úloha inhibiční kontroly, ve které došlo k signifikantnímu zlepšení ve výkonu u EX. Síla vztahu byla v tomto případě středně silná. Ve follow-up testu byla rovněž přítomna. Vzhledem k tomu, že se jedná o pozitivní asociaci, tak to značí, že jedinci, kteří na počátku udávali více subjektivních obtíží s kognicí, se vlivem tréninku zlepšila jejich kontrola inhibice.

12.8 Aktivní kontrolní skupina

V našem případě byla do studie zařazena aktivní kontrolní skupina, která absolvovala stejně jako experimentální skupina individuální kognitivní trénink na tabletu ve stejné intenzitě a frekvenci. Rozdíl byl v aplikaci použité pro kognitivní trénink a zaměření tréninku.

Zařazování aktivní kontrolní skupiny do studií v oblasti kognitivního tréninku je v současné době doporučovaným standardem. Pasivní kontrolní skupina či úplná absence kontrolní skupiny není považována za dostačující a může to tak být limitem při interpretaci výsledků (Shawn Green et al., 2019; Simons et al., 2016). Existují různé přístupy k volbě

aktivní kontrolní skupiny (např.: adaptace stejného úkolu, zaměření tréninku na jinou kognitivní doménu, vzdělávací aktivity, fyzická aktivita) (Buschkuehl et al., 2017; J. G. Gaspar et al., 2013). Otázkou samozřejmě zůstává vhodnost zvolené aktivity a zásadní jsou shodné a rozdílné aspekty použitých úkolů. To, co by však mělo být přítomné, je zařazení takové aktivní kontrolní podmínky, která je z pohledu účastníka do určité míry platná jako „aktivní“ intervence. Pro komplianci účastníka v průběhu jakékoliv intervence je tedy důležité, aby daná aktivita byla smysluplná (Shawn Green et al., 2019).

V našem případě měla aktivní kontrolní skupina rovněž vizuálně podmíněný úkol, ve kterém však nebyla zapojena selektivní pozornost ani pracovní paměť, jako tomu bylo u experimentální skupiny. Podrobněji jsou popsány rozdíly mezi úlohami v kapitole 9.3. Dle účastníků z aktivní kontrolní skupiny byla obtížnost zvoleného úkolu adekvátní, vyšší náročnost vnímali zejména v pozdějších stádiích tréninku, ve kterých byl poměr počtu podnětů na pravé a levé straně velmi malý. Jiným přístupem by pro volbu aktivní kontrolní skupiny mohlo být využití stejného úkolu, ale s určitou adaptací.

Při pre-testu nebyl signifikantní rozdíl ve výkonu mezi skupinami v žádném z měřítek efektu transferu ani Filter It úloh. Zároveň po skončení tréninku bylo patrné, že výkon aktivní kontrolní skupiny zůstal na stejné úrovni nebo v některých úlohách (např.: LNS) byla patrná tendence ke zlepšení. Je tedy patrné, že byli motivováni k dobrým výkonům.

Účastníci obou skupin byli na počátku informováni o tom, že budou absolvovat trénink prostřednictvím aplikace na tabletu. Na závěr studie dostali probandi obou skupin finanční odměnu ve stejné výši (1000,-Kč), dostali přístup k tréninkové aplikaci a individuální doporučení (viz Příloha 6). Aktivní kontrolní skupina tak na závěr měla stejný přístup k tréninkové aplikaci Filter It jako experimentální skupina.

12.9 Zpětná vazba a subjektivní přínos tréninku

Účastníci dávali zpětnou vazbu k absolvovanému tréninku, používání aplikace a tabletu prostřednictvím dotazníku (viz Příloha 5). Na základě zpětné vazby jsme zjistili, že je kognitivní trénink na tabletu pro seniory přijatelný. Někteří účastníci po této pozitivní zkušenosti dokonce zvažovali pořízení tabletu.

Účastníci EX reflektovali, že pro ně rychlost prezentace podnětů a časové omezení pro odpověď bylo přijatelné, či příliš rychlé / trochu je stresovalo. Oproti tomu účastníci

z ACG vnímali oba tyto aspekty tréninku jako přijatelné. Vzhledem k tomu, že obě tréninkové skupiny měly stejný čas pro odpověď (10 s), tak se domníváme, že tento rozdíl byl způsoben větším množstvím prezentovaných podnětů u skupiny EX během jednoho pokusu (tj. náповěda, podněty) a s tím i spojená rychlá změna obrazovky. To v důsledku mohlo způsobit, že někteří jedinci z EX vnímali počet sekvencí jako příliš velký a jednotlivé tréninkové *session* jako příliš dlouhé, přestože počet pokusů byl pro EX a ACG stejný.

12.10 Složení souboru

Vzhledem k poměrně malé velikosti souboru nebylo možné využít náhodné přiřazení do skupin, mohlo by tak dojít k vytvoření nevyvážených skupin ve smyslu demografických charakteristik (např.: věk, pohlaví či vzdělání), ale i počátečního výkonu (pre-test). To by v důsledku komplikovalo interpretaci dat, jelikož rozdíly zjištěné při post-testu by bylo možné interpretovat různými způsoby (Shawn Green et al., 2019).

V našem případě probíhal nábor účastníků do studie postupně a přistoupili jsme k blokové randomizaci, při které se v rámci schéma zohledňovalo pohlaví účastníků a úroveň jejich vzdělání. Tento přístup byl zvolen proto, že výkony v některých testech (např.: Bezdicek et al., 2015, 2017) jsou těmito demografickými proměnnými ovlivněné. To by mohlo v důsledku komplikovat interpretaci výsledků v post-testu a follow-up testu. Věk nebyl při náboru zohledňován vzhledem k tomu, že jsme zvolili věkovou skupinu mladších seniorů (tzv. *young-old*) ve věku 60-75 let. Zvolený přístup blokové randomizace je v souladu s doporučeními pro přiřazování účastníků do skupin u studií s menším počtem účastníků (Shawn Green et al., 2019).

U všech účastníků byl český jazyk mateřským jazykem, což bylo zvoleno jako jedno z kritérií pro zařazení do výzkumu. K tomu jsme přistoupili z důvodu omezení možného vlivu jazyka na výkon v neuropsychologických testech. Normativní studie z různých zemí poukazují například na vliv počtu slabik na zapamatování slov. V nám použitých testech by se to mohlo projevit následovně: V PST by mohl být přítomný prodloužený čas výkonu a v části PST-C (úkolem je jmenovat barvu slova, což je slovně napsaný název barvy, např.: slovo červená je vytištěno zelenou barvou) by byl zkreslený vliv interference (Bezdicek et al., 2015). Vzhledem k tomu, že v TMT-B je použita česká abeceda (tj. obsahuje písmeno CH), pak by výkon v tomto testu mohl být ovlivněn neznalostí české

abecedy. V neposlední řadě v LNS by se mohly objevit obtíže s porozuměním, když examinátor čte řadu hlásek a čísel.

12.11 Analýza dat

Nesignifikantní výsledky mohou v důsledku znamenat, že existuje důkaz pro nulovou hypotézu, a tedy i proti teorii předpovídající rozdíl/vztah, nebo že data nejsou dostatečně citlivá pro odlišení alternativní od nulové hypotézy a získané výsledky tak o ničem nesvědčí. Jednou z možností, kromě jiných (např.: intervaly spolehlivosti, analýza síly testu, či velikost účinku), jak interpretovat tyto nesignifikantní výsledky může být využití Bayesových faktorů (BF_{10} – blíže popsáno v kapitole 10; Dienes, 2014). Vzhledem k tomu, že jsme našli především nesignifikantní rozdíly mezi EX a ACG, přistoupili jsme k využití BF_{10} .

Tento přístup se stal v posledních letech poměrně populárním pro hodnocení efektů v oblasti výzkumu kognitivního tréninku (např.: Buschkuhl et al., 2017; De Simoni & von Bastian, 2018; Dougherty et al., 2016; Guye et al., 2017; Lampit et al., 2014; Smid et al., 2020).

Při vícečetných srovnání je zapotřebí kontrolovat chybu prvního druhu, tedy zamítnutí pravdivé nulové hypotézy. V naší studii jsme použili Benjaminiho-Hochbergovu korekci (Benjamini & Hochberg, 1995), která se zaměřuje na tzv. *false discovery rate*, což kontroluje poměrné množství falešně pozitivních výsledků. Výhodou tohoto přístupu je výrazně lepší síla statistické inference, což je užitečné v případě, že je současně testován větší počet hypotéz (Chen et al., 2017). Jinou možností je využití korekce typu *family wise error*, což je například nejvíce rozšířená Bonferroniho korekce, která kontroluje pravděpodobnost výskytu falešně pozitivních výsledků.

12.12 Verze CDT

Pro účely naší studie jsme využili kanonickou verzi CDT, ve které dochází ke změně pouze u jedné položky. Při volbě varianty CDT jsme se inspirovali studií Li a kol. (2017), kteří rovněž pro trénink využívali přítomnost nápovědy a tři základní paradigma – změna barvy, tvaru a orientace. V jejich studii byl čas prezentace podnětů 100ms, to jsme však v rámci pilotního zkoušení aplikace vyhodnotili jako příliš obtížné, a proto jsme použili

rychlost prezentace podnětů 250ms jako v jiných studiích (Adam & Vogel, 2018; Buschkuehl et al., 2017).

Nicméně existují i jiné verze CDT (např.: Adam & Vogel, 2018; Buschkuehl et al., 2017; J. G. Gaspar et al., 2013; Kuo et al., 2014; C.-H. Li et al., 2017), které se mohou lišit v přítomnosti či absenci nápovědy (tj. šipka označující stranu obrazovky, kterou má jedinec sledovat), v typu prezentovaných podnětů (např.: jednoduché tvary, různě barevné či orientované podněty, nebo i komplexní obrazy/fotografie), v rychlosti jejich prezentace (od 100ms až po adaptivní rychlost prezentace dle výkonu), v čase a způsobu zobrazení obrazovky pro retenci (např.: bílá obrazovka, maskování původních podnětů), ve změně podnětů (např.: jeden nebo více podnětů se změní, mění se jeden nebo více aspektů podnětu), ale i ve způsobu zaznamenávání odpovědí (např.: ano/ne, označení podnětu, u kterého došlo ke změně, nebo výběr barvy původního podnětu).

Studie zaměřené na efektivitu CDT jako tréninkové úlohy využívají různé varianty tohoto úkolu (viz výše), se na jednu stranu shodují, a to bez ohledu na věk účastníků, že výkon v této úloze je možné prostřednictvím tréninku dramaticky zlepšit (Buschkuehl et al., 2017; J. G. Gaspar et al., 2013; Kuo et al., 2014; C.-H. Li et al., 2017). Na druhou stranu, shodně popisují v menší či větší míře omezený transfer na jiné oblasti (Buschkuehl et al., 2017; J. G. Gaspar et al., 2013; C.-H. Li et al., 2017). Tyto závěry, přestože jsme v naší studii použili CDT administrované na tablet na rozdíl od ostatních výše popsaných studií, ve kterých byl pro trénink CDT použit počítač, tak podporují i zjištění naší studie.

12.13 Limity

Tato studie má určitá omezení jako například vyšší počet žen než mužů a vyšší počet osob s vyšším vzděláním oproti těm s nižším, což může do určité míry vést k omezené zobecnitelnosti poznatků. Větší zájem žen a osob s vyšším vzděláním o výzkum a kognitivní trénink je celosvětovým fenoménem (Lezak et al., 2012), který se potvrdil i v našem případě. Z časových důvodů realizace projektu byl nábor ukončen i přes tuto nerovnost v zastoupení pohlaví a úrovni vzdělání. Nicméně signifikantní vliv demografických proměnných na výkon v pre-testových měřících nebyl prokázán.

Za doporučený přístup při plánování designu je dvojité zaslepení. To znamená, že účastník neví, zda náleží k experimentální či aktivní kontrolní skupině, a zároveň ani experimentátor neví, k jaké skupině daný proband náleží (Shawn Green et al., 2019; Simons et al., 2016). V našem případě bylo provedeno pouze jednostranné zaslepení studie, ve kterém účastník nevěděl, ke které skupině náleží. Z personálních důvodů nebylo možné provést dvojité zaslepení studie. Nábor i sběr dat v celé studii byl z většiny proveden autorkou, pouze několik účastníků bylo v rámci pre-testu a post-testu vyšetřeno vyškolenou externí administrátorkou (studentka bakalářského studia psychologie). Vzhledem k tomu, že byl v rámci studie k dispozici pouze omezený počet tabletů pro zapůjčení účastníkům, probíhal nábor účastníků i sběr dat postupně a trval celkem 18 měsíců. V rámci časového harmonogramu studie se tak vyšetření v rámci pre-testu, post-testu a follow-up testu časově překrývala. První analýzy získaných dat z pre-testu a post-testu byly provedeny ve chvíli, kdy byl ukončen sběr dat v post-testu a zároveň se dokončoval sběr ve follow-up testu. I tak je patrné, že výkon aktivní kontrolní skupiny při post-testu byl povětšinou na stejné úrovni jako při pre-testu. Nicméně při plánování budoucí studie by samozřejmě bylo vhodnější zvolit dvojité zaslepení.

Dalším limitem se může jevit volba tabletu jako média pro realizaci individuálního kognitivního tréninku s (pro seniory) relativně malou obrazovkou, což může zapříčinit určitá omezení pro srovnání našich výsledků s předchozími studiemi. Na druhou stranu, účastníci studie si na vizuální a hmatový komfort v průběhu tréninku nestěžovali. Zároveň jsme pro náš Filter It trénink použili variantu CDT, kdy se na základě účastníkova výkonu měnil *set size* (tj. počet podnětů k zapamatování na obrazovce). Oproti tomu Gaspar a kol. (2013) mimo zmiňované *set size* upravovali i čas prezentace podnětů. Zároveň navrhovali adaptivně měnit i čas pro zapamatování. Naše volba měnit pouze *set size* tak mohla zvýšit kognitivní zátěž, zejména u jedinců s nižším výkonem. V důsledku to mohlo zapříčinit, že tito jedinci neměli z tréninku takový benefit jako v případě, kdy by se upravoval i jiný aspekt (např.: čas prezentace podnětů). To by snížilo náročnost a tak i kognitivní zátěž, a zároveň by to patrně umožnilo úspěšnější detekci změny (Loaiza & Souza, 2019).

Další limit vyplývá ze zjištění výkonů v kontrolní úloze (BNT-15), který byl u obou skupin vysoký již v pre-testu (průměrný počet bodů byl 14,19 z 15 u experimentální skupiny a 13,87 u aktivní kontrolní skupiny). To značí tzv. efekt stropu, proto je otázkou, zda bylo toto měřítko vhodně zvoleno. Vzhledem k tomu, že byli účastníci opakovaně testováni

v poměrně krátkém čase (mezi pre-testem a post-testem byl časový rozestup cca 7 týdnů), bylo při prezentaci stejných položek vysoké riziko tzv. efektu nácviku. Z toho důvodu jsme zvolili BNT-15 pro možnost vytvoření paralelních verzí. Nicméně pro účely budoucích studií se jeví jako vhodnější zvolit jako kontrolní úlohu měřítko, u nichž lze očekávat větší variabilitu výkonu (např.: BNT-60 nebo jiný test všeobecných znalostí).

12.14 Navazující studie

Studie zabývající tréninkem CDT do značné míry shodují na omezenosti efektu transferu na jiná měřítko, a to ve smyslu near či far transfer efektu, což je dokazováno použitím standardních neuropsychologických metod, které mají ovšem omezenou ekologickou validitu. Proto by bylo vhodné ověřit efektivitu tohoto tréninku pomocí ekologicky validnějších metod, které by více napovídaly o efektu transferu do reálného života.

Vzhledem k tomu, že jsme v naší studii zjistili parciální zlepšení v měřítku inhibiční kontroly (PST-C), budoucí studie by se mohly zaměřit na detailnější prozkoumání tohoto efektu na větším souboru. Zároveň by bylo vhodné tento efekt ověřit nejenom u zdravé populace, ale i u klinických skupin, u kterých je schopnost kontroly inhibice snížena (např.: osoby s ADHD).

Zároveň s ohledem na to, že byl u kontrolní úlohy (BNT-15) zjištěn efekt stropu, bylo by vhodné pro budoucí studie využít jiný úkol, u kterého by byla větší variabilita výkonu (např.: BNT-60).

13 Závěr

Předkládaná práce na základě svých zjištění přispívá k důkazům, že starší osoby jsou schopny vlivem tréninku zlepšit svůj výkon v trénovaném úkolu Filter It (úloha Barvy), což svědčí pro specifický efekt tréninku. Zároveň se vlivem tréninku Filter It dokázali starší jedinci zlepšit i v úloze Filter It, která nebyla součástí tréninku (úloha Tvary). Tyto specifické efekty zároveň přetrvaly i v období 6 měsíců po ukončení tréninku. Výsledky naší studie přinášejí další důkazy o zachování schopnosti učit se novým dovednostem i ve starším věku. Byly tak přijaty alternativní hypotézy prvních dvou výzkumných otázek disertační práce.

Na druhou stranu nebyl prokázán generalizující efekt tréninku Filter It na pracovní paměť (near transfer efekt) či exekutivní kontrolu (far transfer efekt). Tyto efekty nebyly zjištěny ani s odstupem 6 měsíců. Vzhledem k tomu, že jsme nenalezli efekty transferu, byly tak zamítnuty alternativní hypotézy u třetí a čtvrté výzkumné otázky disertační práce. Zajímavým zjištěním na úrovni far transfer měřítek bylo zlepšení experimentální skupiny v úloze PST-C měřící inhibiční kontrolu. Nicméně evidence pro tento efekt byla anekdotická a výkon v této úloze se s odstupem času (6 měsíců) vrátil na původní úroveň. Je tedy patrné, že efekt šestitýdenního tréninku Filter It zůstává do značné míry specifický a omezený. Zároveň trénink neměl jiné přínosy v podobě signifikantní změny v subjektivním zhodnocení kognitivního výkonu. Na základě tohoto zjištění byla zamítnuta alternativní hypotéza u páté výzkumné otázky disertační práce.

Tato studie ukázala, že starší jedinci přijímají tablet jako prostředek pro trénování kognitivních funkcí pozitivně. Využití tabletů u této věkové skupiny pro účely kognitivního tréninku je tedy reálnou možností. V současné chvíli nelze na základě našich zjištění aplikaci Filter It bez výhrad doporučit pro trénink kognitivních funkcí, jelikož efektivita je do značné míry omezená. Budoucí studie by se tak mohly zaměřit na zkoumání ekologicky validního efektu (např.: schopnost řízení).

14 Použitá literatura

- A Consensus on the Brain Training Industry from the Scientific Community*. (2014). Max Planck Institute for Human Development and Stanford Center on Longevity. <http://longevity.stanford.edu/a-consensus-on-the-brain-training-industry-from-the-scientific-community-2/>
- Adam, K. C. S., & Vogel, E. K. (2016). Reducing failures of working memory with performance feedback. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23(5), 1520–1527. doi: 10.3758/s13423-016-1019-4
- Adam, K. C. S., & Vogel, E. K. (2018). Improvements to visual working memory performance with practice and feedback. *PLOS ONE*, 13(8), e0203279. doi: 10.1371/journal.pone.0203279
- Anderson, V. A., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R., & Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an australian sample. *Developmental Neuropsychology*, 20(1), 385–406. doi: 10.1207/S15326942DN2001_5
- Anderson, V. A., Levin, H. S., & Jacobs, R. (2002). Executive functions after frontal lobe injury: A developmental perspective. In D. T. Stuss & R. T. Knight (Ed.), *Principles of frontal lobe function* (s. 504–527). Oxford University Press.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). *Human memory: A proposed system and its control*. Stanford University.
- Awh, E., Belopolsky, A. V., & Theeuwes, J. (2012). Top-down versus bottom-up attentional control: A failed theoretical dichotomy. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(8), 437–443. doi: 10.1016/j.tics.2012.06.010
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the Central Executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 49(1), 5–28. doi: 10.1080/713755608
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829–839. doi: 10.1038/nrn1201
- Baddeley, A. D. (2012). Working Memory: Theories, Models, and Controversies. *Annual Review of Psychology*, 63(1), 1–29. doi: 10.1146/annurev-psych-120710-100422

- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. In *Psychology of Learning and Motivation* (Roč. 8, s. 47–89). Elsevier. doi: 10.1016/S0079-7421(08)60452-1
- Baddeley, A. D., Papagno, C., & Vallar, G. (1988). When long-term learning depends on short-term storage. *Journal of Memory and Language*, 27(5), 586–595. doi: 10.1016/0749-596X(88)90028-9
- Ball, K., Berch, D. B., Helmers, K. F., Jobe, J. B., Leveck, M. D., Marsiske, M., Morris, J. N., Rebok, G. W., Smith, D. M., Tennstedt, S. L., Unverzagt, F. W., Willis, S. L., & for the ACTIVE Study Group. (2002). Effects of cognitive training interventions with older adults: A randomized controlled trial. *The Journal of the American Medical Association*, 288(18), 2271–2281. doi: 10.1001/jama.288.18.2271
- Banich, M. T. (2004). *Cognitive neuroscience and neuropsychology*. Houghton Mifflin.
- Barnett, S. M., & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn?: A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128(4), 612–637. doi: 10.1037//0033-2909.128.4.612
- Benjamini, Y., & Hochberg, Y. (1995). Controlling the false discovery rate: A practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 57(1), 289–300. doi: 10.1111/j.2517-6161.1995.tb02031.x
- Bezdicek, O., Lukavsky, J., Stepankova, H., Nikolai, T., Axelrod, B. N., Michalec, J., Růžicka, E., & Kopecek, M. (2015). The Prague Stroop Test: Normative standards in older Czech adults and discriminative validity for mild cognitive impairment in Parkinson's disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 37(8), 794–807. doi: 10.1080/13803395.2015.1057106
- Bezdicek, O., Stepankova, H., Axelrod, B. N., Nikolai, T., Sulc, Z., Jech, R., Růžicka, E., & Kopecek, M. (2017). Clinimetric validity of the Trail Making Test Czech version in Parkinson's disease and normative data for older adults. *The Clinical Neuropsychologist*, 31(S1), 42–60. doi: 10.1080/13854046.2017.1324045
- Bezdíček, O., Lukavský, J., & Preiss, M. (2011). Validizační studie české verze dotazníku FAQ. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*, 74/107(1), 36–42.
- Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2014). Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning. In *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society* (s. 59–68). Worth.
- Borella, E., Carbone, E., Pastore, M., De Beni, R., & Carretti, B. (2017). Working memory training for healthy older adults: the role of individual characteristics in explaining

- short- and long-term gains. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11. doi: 10.3389/fnhum.2017.00099
- Borella, E., Carretti, B., Cantarella, A., Riboldi, F., Zavagnin, M., & De Beni, R. (2014). Benefits of training visuospatial working memory in young-old and old-old. *Developmental Psychology*, 50(3), 714–727. doi: 10.1037/a0034293
- Borella, E., Carretti, B., & De Beni, R. (2008). Working memory and inhibition across the adult life-span. *Acta Psychologica*, 128(1), 33–44. doi: 10.1016/j.actpsy.2007.09.008
- Borella, E., Carretti, B., Zanoni, G., Zavagnin, M., & De Beni, R. (2013). Working memory training in old age: An examination of transfer and maintenance effects. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 28(4), 331–347. doi: 10.1093/arclin/act020
- Borkowski, J. G., & Burke, J. E. (1996). Theories, models and measurements of executive functioning: An information processing perspective. In G. R. Lyon & N. A. Krasnegor (Ed.), *Attention, memory and executive function* (s. 235–261). Paul H. Brookes.
- Boyke, J., Driemeyer, J., Gaser, C., Buchel, C., & May, A. (2008). Training-induced brain structure changes in the elderly. *Journal of Neuroscience*, 28(28), 7031–7035. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0742-08.2008
- Brady, T. F., & Alvarez, G. A. (2015). No evidence for a fixed object limit in working memory: Spatial ensemble representations inflate estimates of working memory capacity for complex objects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41(3), 921–929. doi: 10.1037/xlm0000075
- Braver, T. S. (2012). The variable nature of cognitive control: A dual mechanisms framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(2), 106–113. doi: 10.1016/j.tics.2011.12.010
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and Communication*. Pergamon Press.
- Broadbent, D. E., Cooper, P. F., FitzGerald, P., & Parkes, K. R. (1982). The Cognitive Failures Questionnaire (CFQ) and its correlates. *British Journal of Clinical Psychology*, 21(1), 1–16. doi: 10.1111/j.2044-8260.1982.tb01421.x
- Buckner, R. L. (2004). Memory and executive function in aging and AD. *Neuron*, 44(1), 195–208. doi: 10.1016/j.neuron.2004.09.006
- Buschkuehl, M., Jaeggi, S. M., Hutchison, S., Perrig-Chiello, P., Däpp, C., Müller, M., Breil, F., Hoppeler, H., & Perrig, W. J. (2008). Impact of working memory training on memory performance in old-old adults. *Psychology and Aging*, 23(4), 743–753.

doi: 10.1037/a0014342

- Buschkuehl, M., Jaeggi, S. M., Mueller, S. T., Shah, P., & Jonides, J. (2017). Training change detection leads to substantial task-specific improvement. *Journal of Cognitive Enhancement*, 1(4), 419–433. doi: 10.1007/s41465-017-0055-y
- Buschman, T. J., Siegel, M., Roy, J. E., & Miller, E. K. (2011). Neural substrates of cognitive capacity limitations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(27), 11252–11255. doi: 10.1073/pnas.1104666108
- Cantarella, A., Borella, E., Carretti, B., Kliegel, M., Mammarella, N., Fairfield, B., & De Beni, R. (2017). The influence of training task stimuli on transfer effects of working memory training in aging. *Psychologie Française*, 66(2), 1–15. doi: 10.1016/j.psfr.2017.04.005
- Carlson, M. C., Erickson, K. I., Kramer, A. F., Voss, M. W., Bolea, N., Mielke, M., McGill, S., Rebok, G. W., Seeman, T., & Fried, L. P. (2009). Evidence for neurocognitive plasticity in at-risk older adults: The experience corps program. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 64A(12), 1275–1282. doi: 10.1093/gerona/glp117
- Case, R., Kurland, D. M., & Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33(3), 386–404. doi: 10.1016/0022-0965(82)90054-6
- Cognitive Training Data Response Letter. (2014). Cognitive Training Data. <https://www.cognitivetrainingdata.org/the-controversy-does-brain-training-work/response-letter/>
- Collette, F., Van der Linden, M., Laureys, S., Delfiore, G., Degueldre, C., Luxen, A., & Salmon, E. (2005). Exploring the unity and diversity of the neural substrates of executive functioning. *Human Brain Mapping*, 25(4), 409–423. doi: 10.1002/hbm.20118
- Committee on Preventing Dementia and Cognitive Impairment, Board on Health Sciences Policy, Health and Medicine Division, & National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2017). *Preventing Cognitive Decline and Dementia: A Way Forward* (A. I. Leshner, S. Landis, C. Stroud, & A. Downey, Ed.). National Academies Press. doi: 10.17226/24782
- Conners, C. K. (2000). *Conners' Continuous Performance Test (CPT-2) computer program for windows, technical guide, and software manual*. Multi Health Systems Inc.

- Corsi, P. M. (1973). *Human memory and the medial temporal region of the brain* [Disertační práce]. McGill University.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(1), 87–114. doi: 10.1017/S0140525X01003922
- Cowan, N. (2010). The magical mystery four: How is working memory capacity limited, and why? *Current Directions in Psychological Science*, 19(1), 51–57. doi: 10.1177/0963721409359277
- Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of Processing: A Framework for Memory Research. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 11, 671–684.
- Dahlin, E., Nyberg, L., Bäckman, L., & Neely, A. S. (2008). Plasticity of executive functioning in young and older adults: Immediate training gains, transfer, and long-term maintenance. *Psychology and Aging*, 23(4), 720–730. doi: 10.1037/a0014296
- Dajani, D. R., & Uddin, L. Q. (2015). Demystifying cognitive flexibility: Implications for clinical and developmental neuroscience. *Trends in Neurosciences*, 38(9), 571–578. doi: 10.1016/j.tins.2015.07.003
- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, 44(11), 2037–2078. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006
- De Simoni, C., & von Bastian, C. C. (2018). Working memory updating and binding training: Bayesian evidence supporting the absence of transfer. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147(6), 829–858. doi: 10.1037/xge0000453
- Delis, D., Kaplan, E., & Kramer, J. H. (2001). *Delis-Kaplan executive function system*. The Psychological Corporation.
- Demarin, V., Morović, S., & Béné, R. (2014). Neuroplasticity. *Periodicum biologicum*, 116(2), 209–211.
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135–168. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750
- Dienes, Z. (2014). Using Bayes to get the most out of non-significant results. *Frontiers in Psychology*, 5. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00781
- Dobbs, A. R., & Rule, B. G. (1989). Adult age differences in working memory. *Psychology and Aging*, 4(4), 500–503. doi: 10.1037/0882-7974.4.4.500

- Dosenbach, N. U. F., & Petersen, S. E. (2009). Attentional Networks. In *Encyclopedia of Neuroscience* (s. 655–660). Elsevier. doi: 10.1016/B978-008045046-9.00204-7
- Dougherty, M. R., Hamovitz, T., & Tidwell, J. W. (2016). Reevaluating the effectiveness of n-back training on transfer through the Bayesian lens: Support for the null. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23(1), 306–316. doi: 10.3758/s13423-015-0865-9
- Dubois, B., Slachevsky, A., Litvan, I., & Pillon, B. (2000). The FAB: A frontal assessment battery at bedside. *Neurology*, 55(11), 1621–1626. doi: 10.1212/WNL.55.11.1621
- Efird, J. (2010). Blocked randomization with randomly selected block sizes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(1), 15–20. doi: 10.3390/ijerph8010015
- Elliott, R. (2003). Executive functions and their disorders. *British Medical Bulletin*, 65(1), 49–59. doi: 10.1093/bmb/65.1.49
- Elmore, L. C., Magnotti, J. F., Katz, J. S., & Wright, A. A. (2012). Change detection by rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) and pigeons (*Columba livia*). *Journal of Comparative Psychology*, 126(3), 203–212. doi: 10.1037/a0026356
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, 11(1), 19–23. doi: 10.1111/1467-8721.00160
- Engle, R. W., & Kane, M. J. (2004). Executive attention, working memory capacity, and a two-factor theory of cognitive control. In B. Ross (Ed.), *Psychology of Learning and Motivation* (Roč. 44, s. 145–199). Academic Press. doi: 10.1016/S0079-7421(03)44005-X
- Ester, E. F., Fukuda, K., May, L. M., Vogel, E. K., & Awh, E. (2014). Evidence for a fixed capacity limit in attending multiple locations. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 14(1), 62–77. doi: 10.3758/s13415-013-0222-2
- Feng, J., & Spence, I. (2007). Effects of cognitive training on individual differences. In D. Harris (Ed.), *Engineering psychology and cognitive ergonomics* (s. 279–287). Springer.
- Feuerstahler, L. M., Luck, S. J., MacDonald, A., & Waller, N. G. (2019). A note on the identification of change detection task models to measure storage capacity and attention in visual working memory. *Behavior Research Methods*, 51(3), 1360–1370. doi: 10.3758/s13428-018-1082-z
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). “Mini-mental state”: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of*

- Psychiatric Research*, 12(3), 189–198. doi: 10.1016/0022-3956(75)90026-6
- Foster, J. L., Harrison, T. L., Hicks, K. L., Draheim, C., Redick, T. S., & Engle, R. W. (2017). Do the effects of working memory training depend on baseline ability level? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 43(11), 1677–1689. doi: 10.1037/xlm0000426
- Frydrychova, Z., & Georgi, H. (2021). Visual selective attention training gains in older adults. In H. Georgi (Ed.), *Ageing 2021: Proceedings of the 5th Gerontological Interdisciplinary Conference* (s. 42–54). Prague College of Psychosocial Studies. https://www.konferencestarnuti.cz/files/Starnuti_2021_sbornik.pdf
- Frydrychova, Z., Jaeggi, S. M., Lukavsky, J., Buschkuehl, M., & Georgi, H. (2018). Training of visual selective attention in older adults: Study design. In H. Georgi & R. Šlamberová (Ed.), *Ageing 2018: Proceedings of the 4th Gerontological Interdisciplinary Conference* (s. 26–43). Charles University, Third Faculty of Medicine. http://www.konferencestarnuti.cz/files/Starnuti_2018_sbornik.pdf
- Frydrychova, Z., Lukavsky, J., Jaeggi, S. M., Buschkuehl, M., & Georgi, H. (b.r.). Filter It! Older adults can improve ability to ignore visual distractors through targeted training. *in preparation*.
- Frydrychová, Z., Štěpánková Georgi, H., & Lukavský, J. (2018). *Filter It* (1.0) [Čeština; Mobile application software]. Univerzita Karlova.
- Fu, L., Kessels, R. P. C., & Maes, J. H. R. (2020). The effect of cognitive training in older adults: Be aware of CRUNCH. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 27(6), 949–962. doi: 10.1080/13825585.2019.1708251
- Fukuda, K., Vogel, E., Mayr, U., & Awh, E. (2010). Quantity, not quality: The relationship between fluid intelligence and working memory capacity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(5), 673–679. doi: 10.3758/17.5.673
- Gaspar, J. G., Neider, M. B., Simons, D. J., McCarley, J. S., & Kramer, A. F. (2013). Change Detection: Training and Transfer. *PLoS ONE*, 8(6), e67781. doi: 10.1371/journal.pone.0067781
- Gaspar, J. M., Christie, G. J., Prime, D. J., Jolicœur, P., & McDonald, J. J. (2016). Inability to suppress salient distractors predicts low visual working memory capacity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(13), 3693–3698. doi: 10.1073/pnas.1523471113
- Gazzaley, A., Cooney, J. W., Rissman, J., & D'Esposito, M. (2005). Top-down suppression

- deficit underlies working memory impairment in normal aging. *Nature Neuroscience*, 8(10), 1298–1300. doi: 10.1038/nn1543
- Gazzaley, A., & Nobre, A. C. (2012). Top-down modulation: Bridging selective attention and working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(2), 129–135. doi: 10.1016/j.tics.2011.11.014
- Georgi, H., & Frydrychová, Z. (2020). SuperAging – společnost a lidé: Úvod do problematiky. *E-psychologie*, 14(1), 55–69. doi: 10.29364/epsy.366
- Gibson, B., Wasserman, E., & Luck, S. J. (2011). Qualitative similarities in the visual short-term memory of pigeons and people. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(5), 979–984. doi: 10.3758/s13423-011-0132-7
- Guye, S., De Simoni, C., & von Bastian, C. C. (2017). Do individual differences predict change in cognitive training performance? A latent growth curve modeling approach. *Journal of Cognitive Enhancement*. doi: 10.1007/s41465-017-0049-9
- Harlow, J. M. (1999). Passage of an Iron Rod Through the Head. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 11(2), 281–283. doi: 10.1176/jnp.11.2.281
- Hasher, L., Lustig, C., & Zacks, R. (2007). Inhibitory mechanisms and the control of attention. In A. R. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane, A. Miyake, & J. N. Towse (Ed.), *Variation in working memory* (s. 227–249). Oxford University Press.
- Hasher, L., & Zacks, R. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G. H. Bower (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation* (Roč. 22, s. 193–225). Academic Press.
- Heissler, R., Červenková, M., Kopeček, M., & Georgi, H. (2020). Geriatrická škála deprese (GDS-15): Česká normativní studie. *Československá psychologie*, 64(1), 49–65.
- Hobson, P., & Leeds, L. (2001). Executive functioning in older people. *Reviews in Clinical Gerontology*, 11(4), 361–372. doi: 10.1017/S0959259801011479
- Chan, M. Y., Haber, S., Drew, L. M., & Park, D. C. (2016). Training older adults to use tablet computers: Does it enhance cognitive function? *The Gerontologist*, 56(3), 475–484. doi: 10.1093/geront/gnu057
- Chen, S.-Y., Feng, Z., & Yi, X. (2017). A general introduction to adjustment for multiple comparisons. *Journal of Thoracic Disease*, 9(6), 1725–1729. doi: 10.21037/jtd.2017.05.34
- Cherry, E. C. (1953). Some experiments on the recognition of speech, with one and with

- two ears. *The journal of the acoustical society of america*, 25(5), 975–979.
- Chow, T. W., & Cummings, J. L. (2007). Frontal-subcortical circuits. In B. L. Miller & J. L. Cummings (Eds.), *The human frontal lobes: Functions and disorders* (s. 25–43). The Guilford press.
- Jaeggi, S. M., & Buschkuhl, M. (2017). *Clouds* (0.9) [Computer software]. University of California, Irvine.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Perrig, W. J. (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(19), 6829–6833. doi: 10.1073/pnas.0801268105
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Shah, P., & Jonides, J. (2014). The role of individual differences in cognitive training and transfer. *Memory & Cognition*, 42(3), 464–480. doi: 10.3758/s13421-013-0364-z
- James, W. (1890). *The Principles of Psychology*. Harvard University.
- Jobe, J. B., Smith, D. M., Ball, K., Tennstedt, S. L., Marsiske, M., Willis, S. L., Rebok, G. W., Morris, J. N., Helmers, K. F., Leveck, M. D., & Kleinman, K. (2001). ACTIVE: A Cognitive Intervention Trial to Promote Independence in Older Adults. *Controlled Clinical Trials*, 22(4), 453–479. doi: 10.1016/S0197-2456(01)00139-8
- Johanidesová, S., Bolceková, E., Štěpánková, H., & Preiss, M. (2014). Test neverbální fluence – Five Point Test: Normativní data pro dospělé. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*, 77/110(6), 704–713.
- Jones, M. R., Katz, B., Buschkuhl, M., Jaeggi, S. M., & Shah, P. (2020). Exploring N-Back Cognitive Training for Children With ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 24(5), 704–719. doi: 10.1177/1087054718779230
- Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The Elusive Nature of Executive Functions: A review of our current understanding. *Neuropsychology Review*, 17(3), 213–233. doi: 10.1007/s11065-007-9040-z
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99(1), 122–149. doi: 10.1037/0033-295X.99.1.122
- 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(2), 169–183. doi: 10.1037//0096-3445.130.2.169
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W., & Engle, R. W.

- (2004). The generality of working memory capacity: A latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(2), 189–217. doi: 10.1037/0096-3445.133.2.189
- Karbach, J., & Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training: Transfer of task-switching training. *Developmental Science*, 12(6), 978–990. doi: 10.1111/j.1467-7687.2009.00846.x
- Karbach, J., & Kray, J. (2016). Executive functions. In T. Strobach & J. Karbach (Ed.), *Cognitive training* (s. 93–103). Springer.
- Karbach, J., & Verhaeghen, P. (2014). Making Working Memory Work: A Meta-Analysis of Executive-Control and Working Memory Training in Older Adults. *Psychological Science*, 25(11), 2027–2037. doi: 10.1177/0956797614548725
- Karlsson, P., & Bergmark, A. (2015). Compared with what? An analysis of control-group types in Cochrane and Campbell reviews of psychosocial treatment efficacy with substance use disorders: Compared with what? *Addiction*, 110(3), 420–428. doi: 10.1111/add.12799
- Kentner, A. C., Lambert, K. G., Hannan, A. J., & Donaldson, S. T. (2019). Editorial: Environmental Enrichment: Enhancing Neural Plasticity, Resilience, and Repair. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 13, 75. doi: 10.3389/fnbeh.2019.00075
- Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology*, 55(4), 352–358. doi: 10.1037/h0043688
- Könen, T., Strobach, T., & Karbach, J. (2016). Working Memory. In T. Strobach & J. Karbach (Ed.), *Cognitive Training* (s. 59–68). Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-42662-4_6
- Konorski, J. (1948). *Conditioned reflexes and neuron organization*. Cambridge University Press.
- Krivá, Ľ. (2013). *Stroopův test* (1. vyd.). Hogrefe - Testcentrum.
- Kuo, C.-C., Zhang, C., Rissman, R. A., & Chiu, A. W. L. (2014). Long-term electrophysiological and behavioral analysis on the improvement of visual working memory load, training gains, and transfer benefits. *Journal of Behavioral and Brain Science*, 04(05), 234–246. doi: 10.4236/jbbs.2014.45025
- Kyllonen, P. C., & Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?! *Intelligence*, 14(4), 389–433. doi: 10.1016/S0160-

- Lafleche, G., & Albert, M. S. (1995). Executive function deficits in mild Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 9(3), 313–320. doi: 10.1037/0894-4105.9.3.313
- Lampit, A., Hallock, H., & Valenzuela, M. (2014). Computerized cognitive training in cognitively healthy older adults: A systematic review and meta-analysis of effect modifiers. *PLoS Medicine*, 11(11), e1001756. doi: 10.1371/journal.pmed.1001756
- Lee, H., Boot, W. R., Baniqued, P. L., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., & Kramer, A. F. (2015). The relationship between intelligence and training gains is moderated by training strategy. *PLOS ONE*, 10(4), e0123259. doi: 10.1371/journal.pone.0123259
- Lee, H., Boot, W. R., Basak, C., Voss, M. W., Prakash, R. S., Neider, M., Erickson, K. I., Simons, D. J., Fabiani, M., Gratton, G., Low, K. A., & Kramer, A. F. (2012). Performance gains from directed training do not transfer to untrained tasks. *Acta Psychologica*, 139(1), 146–158. doi: 10.1016/j.actpsy.2011.11.003
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 59–80. doi: 10.1348/026151003321164627
- Lezak, M. D. (1983). *Neuropsychological assessment* (2. vyd.). Oxford University Press.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (2012). *Neuropsychological Assessment* (5. vyd.). Oxford University Press.
- Li, C.-H., He, X., Wang, Y.-J., Hu, Z., & Guo, C.-Y. (2017). Visual working memory capacity can be increased by training on distractor filtering efficiency. *Frontiers in Psychology*, 8. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00196
- Li, S.-C., Lindenberger, U., Hommel, B., Aschersleben, G., Prinz, W., & Baltes, P. B. (2004). Transformations in the couplings among intellectual abilities and constituent cognitive processes across the life span. *Psychological Science*, 15(3), 155–163. doi: 10.1111/j.0956-7976.2004.01503003.x
- Li, S.-C., Schmiedek, F., Huxhold, O., Röcke, C., Smith, J., & Lindenberger, U. (2008). Working memory plasticity in old age: Practice gain, transfer, and maintenance. *Psychology and Aging*, 23(4), 731–742. doi: 10.1037/a0014343
- Loaiza, V. M., & Souza, A. S. (2019). An age-related deficit in preserving the benefits of attention in working memory. *Psychology and Aging*, 34(2), 282–293. doi: 10.1037/pag0000326

- Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial Working Memory*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Logie, R. H. (2011). The functional organization and capacity limits of working memory. *Current Directions in Psychological Science*, 20(4), 240–245. doi: 10.1177/0963721411415340
- Logie, R. H., Cocchini, G., Delia Sala, S., & Baddeley, A. D. (2004). Is there a specific executive capacity for dual task coordination? Evidence from Alzheimer's Disease. *Neuropsychology*, 18(3), 504–513. doi: 10.1037/0894-4105.18.3.504
- Lövdén, M., Bäckman, L., Lindenberger, U., Schaefer, S., & Schmiedek, F. (2010). A theoretical framework for the study of adult cognitive plasticity. *Psychological Bulletin*, 136(4), 659–676. doi: 10.1037/a0020080
- Lövdén, M., Brehmer, Y., Li, S.-C., & Lindenberger, U. (2012). Training-induced compensation versus magnification of individual differences in memory performance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6. doi: 10.3389/fnhum.2012.00141
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279–281. doi: 10.1038/36846
- Luria, R., Balaban, H., Awh, E., & Vogel, E. K. (2016). The contralateral delay activity as a neural measure of visual working memory. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 62, 100–108. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.01.003
- Mack, W. J., Freed, D. M., Williams, B. W., & Henderson, V. W. (1992). Boston Naming Test: Shortened Versions for Use in Alzheimer's Disease. *Journal of Gerontology*, 47(3), 154–158. doi: 10.1093/geronj/47.3.P154
- Macmillan, M. (1996). Phineas Gage: A Case for all Reasons. In C. Code, C.-W. Wallesch, Y. Joannette, & A. R. Lecours (Ed.), *Classic cases in neuropsychology* (s. 243–262). Psychology Press.
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. J., & Frith, C. D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(8), 4398–4403. doi: 10.1073/pnas.070039597
- Makin, S. (2016). Brain training: Memory games. *Nature*, 531(7592), S10–S11. doi: 10.1038/531S10a
- Mateos-Aparicio, P., & Rodríguez-Moreno, A. (2019). The impact of studying brain plasticity. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 13, 66. doi: 10.3389/fncel.2019.00066
- McNab, F., Zeidman, P., Rutledge, R. B., Smittenaar, P., Brown, H. R., Adams, R. A., &

- Dolan, R. J. (2015). Age-related changes in working memory and the ability to ignore distraction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(20), 6515–6518. doi: 10.1073/pnas.1504162112
- Melby-Lervåg, M., Redick, T. S., & Hulme, C. (2016). Working memory training does not improve performance on measures of intelligence or other measures of “far transfer”: evidence from a meta-analytic review. *Perspectives on Psychological Science*, 11(4), 512–534. doi: 10.1177/1745691616635612
- Melcher, D., & Piazza, M. (2011). The role of attentional priority and saliency in determining capacity limits in enumeration and visual working memory. *PLoS ONE*, 6(12), e29296. doi: 10.1371/journal.pone.0029296
- Miles, S., Howlett, C. A., Berryman, C., Nedeljkovic, M., Moseley, G. L., & Phillipou, A. (2021). Considerations for using the Wisconsin Card Sorting Test to assess cognitive flexibility. *Behavior Research Methods*. doi: 10.3758/s13428-021-01551-3
- Miller, E. K., & Buschman, T. J. (2013). Cortical circuits for the control of attention. *Current Opinion in Neurobiology*, 23(2), 216–222. doi: 10.1016/j.conb.2012.11.011
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two. *The Psychological Review*, 63, 81–97.
- Miller, G. A., Galanter, E., & Pribram, K. H. (1960). *Plans and the structure of behavior*. Holt, Rinehart & Winston.
- Milner, B. (1966). Amnesia following operation on the temporal lobes. In C. W. M. Whitty & O. L. Zangwill (Eds.), *Amnesia*. Butterworth.
- Milner, B. (1971). Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *British Medical Bulletin*, 27(3), 272–277. doi: 10.1093/oxfordjournals.bmb.a070866
- 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(1), 49–100. doi: 10.1006/cogp.1999.0734
- Moriya, J. (2019). Visual-working-memory training improves both quantity and quality. *Journal of Cognitive Enhancement*, 3(2), 221–232. doi: 10.1007/s41465-018-00120-5
- Mozolic, J. L. (2010). A cognitive training intervention increases resting cerebral blood flow in healthy older adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4. doi:

10.3389/neuro.09.016.2010

- Mundkur, N. (2005). Neuroplasticity in children. *The Indian Journal of Pediatrics*, 72(10), 855–857. doi: 10.1007/BF02731115
- Murphy, T. H., & Corbett, D. (2009). Plasticity during stroke recovery: From synapse to behaviour. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(12), 861–872. doi: 10.1038/nrn2735
- Nikolai, T., Štěpánková, H., Michalec, J., Bezdíček, O., Horáková, K., Marková, H., Růžička, E., & Kopeček, M. (2015). Tests of Verbal Fluency, Czech Normative Study in Older Patients. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*, 78/111(3), 292–299. doi: 10.14735/amcsnn2015292
- Noack, H., Lövdén, M., Schmiedek, F., & Lindenberger, U. (2009). Cognitive plasticity in adulthood and old age: Gauging the generality of cognitive intervention effects. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 27(5), 435–453. doi: 10.3233/RNN-2009-0496
- Nondek, M. (2006). *Efektivita tréninku kognitivních funkcí u klientů se schizofrenií a schizoafektivní poruchou* [Diplomová práce, Univerzita Karlova v Praze]. https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/8263/DPTX_2006_1_11210_ASZK10001_118789_0_27459.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R. Davidson, R. Schwartz, & D. Shapiro (Ed.), *Consciousness and self-regulation* (s. 1–18). Plenum.
- Nyberg, L., Lövdén, M., Riklund, K., Lindenberger, U., & Bäckman, L. (2012). Memory aging and brain maintenance. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(5), 292–305. doi: 10.1016/j.tics.2012.04.005
- Nyberg, L., Sandblom, J., Jones, S., Neely, A. S., Petersson, K. M., Ingvar, M., & Backman, L. (2003). Neural correlates of training-related memory improvement in adulthood and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(23), 13728–13733. doi: 10.1073/pnas.1735487100
- Oberauer, K. (2005). Age differences and individual differences in cognitive functions. In R. W. Engle, G. Sedek, U. von Hecker, & D. N. McIntosh (Ed.), *Cognitive Limitations in Aging and Psychopathology* (1. vyd., s. 44–72). Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9780511720413.004
- Oberauer, K. (2009). Chapter 2 Design for a Working Memory. In *Psychology of Learning and Motivation* (Roč. 51, s. 45–100). Elsevier. doi: 10.1016/S0079-7421(09)51002-

- Oberauer, K. (2019). Working memory and attention – A conceptual analysis and review. *Journal of Cognition*, 2(1), 36. doi: 10.5334/joc.58
- Oh, S. J., Seo, S., Lee, J. H., Song, M. J., & Shin, M.-S. (2018). Effects of smartphone-based memory training for older adults with subjective memory complaints: A randomized controlled trial. *Aging & Mental Health*, 22(4), 526–534. doi: 10.1080/13607863.2016.1274373
- Otero, T. M., & Barker, L. A. (2014). The Frontal Lobes and Executive Functioning. In S. Goldstein & J. A. Naglieri (Ed.), *Handbook of Executive Functioning* (s. 29–44). Springer New York. doi: 10.1007/978-1-4614-8106-5_3
- Ovalle Fresa, R., & Rothen, N. (2019). Training enhances fidelity of color representations in visual long-term memory. *Journal of Cognitive Enhancement*, 3(3), 315–327. doi: 10.1007/s41465-019-00121-y
- Park, D. C., & Bischof, G. N. (2013). The aging mind: Neuroplasticity in response to cognitive training. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 15(1), 109–119.
- Park, D. C., Gutchess, A. H., Meade, M. L., & Stine-Morrow, E. A. L. (2007). Improving cognitive function in older adults: Nontraditional approaches. *The Journals of Gerontology: Series B*, 62(Special_Issue_1), 45–52. doi: 10.1093/geronb/62.special_issue_1.45
- Parsons, B., & Faubert, J. (2021). Enhancing learning in a perceptual-cognitive training paradigm using EEG-neurofeedback. *Scientific Reports*, 11(1), 4061. doi: 10.1038/s41598-021-83456-x
- Pashler, H. E. (1998). *The psychology of attention*. The MIT Press.
- Pedullà, L., Bricchetto, G., Tacchino, A., Vassallo, C., Zaratin, P., Battaglia, M. A., Bonzano, L., & Bove, M. (2016). Adaptive vs. non-adaptive cognitive training by means of a personalized App: A randomized trial in people with multiple sclerosis. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 13(1), 88. doi: 10.1186/s12984-016-0193-y
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 35(1), 73–89. doi: 10.1146/annurev-neuro-062111-150525
- Phillips, W. A. (1974). On the distinction between sensory storage and short-term visual memory. *Perception & Psychophysics*, 16(2), 283–290. doi: 10.3758/BF03203943
- Piguet, O., Grayson, D. A., Broe, G. A., Tate, R. L., Bennett, H. P., Lye, T. C., Creasey, H.,

- & Ridley, L. (2002). Normal aging and executive functions in “old-old” community dwellers: Poor performance is not an inevitable outcome. *International Psychogeriatrics*, 14(2), 139–159. doi: 10.1017/S1041610202008359
- Posner, M. I., & DiGirolamo, G. J. (1998). Executive attention: Conflict, target detection, and cognitive control. In R. Parasuraman (Ed.), *The attentive brain* (s. 401–423). The MIT Press.
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13(1), 25–42. doi: 10.1146/annurev.ne.13.030190.000325
- Posner, M. I., Rothbart, M. K., Sheese, B. E., & Voelker, P. (2014). Developing attention: Behavioral and brain mechanisms. *Advances in Neuroscience*, 2014, 1–9. doi: 10.1155/2014/405094
- Preiss, M., Lukavský, J., & Steinová, D. (2010). Decreased self-reported cognitive failures after memory training. *Educational Gerontology*, 36(9), 798–808. doi: 10.1080/03601270903534655
- Pribram, K. H. (1973). The primate frontal cortex—Executive of the brain. In K. H. Pribram & A. R. Luria (Ed.), *Psychophysiology of the Frontal Lobes* (s. 293–314). Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-12-564340-5.50019-6
- Psych Lab 101* (2.0.7). (2018). [Computer software]. Neurobehavioral Systems, Inc.
- Rabinovici, G. D., Stephens, M. L., & Possin, K. L. (2015). Executive Dysfunction: *CONTINUUM: Lifelong Learning in Neurology*, 21, 646–659. doi: 10.1212/01.CON.0000466658.05156.54
- Randell, T., & Remington, B. (1999). Equivalence relations between visual stimuli: the functional role of naming. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 71(3), 395–415. doi: 10.1901/jeab.1999.71-395
- Ratiu, P., & Talos, I.-F. (2004). The tale of Phineas Gage, Digitally Remastered. *New England Journal of Medicine*, 351(23), e21. doi: 10.1056/NEJMicm031024
- Raz, N., Gunning-Dixon, F. M., Head, D., Dupuis, J. H., & Acker, J. D. (1998). Neuroanatomical correlates of cognitive aging: Evidence from structural magnetic resonance imaging. *Neuropsychology*, 12(1), 95–114. doi: 10.1037/0894-4105.12.1.95
- Rebok, G. W., Ball, K., Guey, L. T., Jones, R. N., Kim, H.-Y., King, J. W., Marsiske, M., Morris, J. N., Tennstedt, S. L., Unverzagt, F. W., Willis, S. L., & for the ACTIVE Study Group. (2014). Ten-year effects of the Advanced Cognitive Training for

- Independent and Vital Elderly Cognitive Training Trial on Cognition and Everyday Functioning in Older Adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 62(1), 16–24. doi: 10.1111/jgs.12607
- Rebok, G. W., Carlson, M. C., & Langbaum, J. B. S. (2007). Training and maintaining memory abilities in healthy older adults: Traditional and novel approaches. *The Journals of Gerontology: Series B*, 62(Special_Issue_1), 53–61. doi: 10.1093/geronb/62.special_issue_1.53
- Redick, T. S., & Lindsey, D. R. B. (2013). Complex span and n-back measures of working memory: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(6), 1102–1113. doi: 10.3758/s13423-013-0453-9
- Reinhart, R. M. G., Heitz, R. P., Purcell, B. A., Weigand, P. K., Schall, J. D., & Woodman, G. F. (2012). Homologous mechanisms of visuospatial working memory maintenance in macaque and human: Properties and sources. *Journal of Neuroscience*, 32(22), 7711–7722. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0215-12.2012
- Reitan, R. M. (1958). Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills*, 8(3), 271–276. doi: 10.2466/pms.1958.8.3.271
- Riby, L., Perfect, T., & Stollery, B. (2004). The effects of age and task domain on dual task performance: A meta-analysis. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(6), 863–891. doi: 10.1080/09541440340000402
- Robbins, T. W., Anderson, E. J., Barker, D. R., Bradley, A. C., Fearnlyhough, C., Henson, R., Hudson, S. R., & Baddeley, A. D. (1996). Working memory in chess. *Memory & Cognition*, 24(1), 83–93. doi: 10.3758/BF03197274
- Rönnlund, M., Nyberg, L., Bäckman, L., & Nilsson, L.-G. (2005). Stability, growth, and decline in adult life span development of declarative memory: Cross-sectional and longitudinal data from a population-based study. *Psychology and Aging*, 20(1), 3–18. doi: 10.1037/0882-7974.20.1.3
- Rosenberg, D. (2016). Time Offline and On. In A. Blair & A.-S. Goeing (Ed.), *For the Sake of Learning* (s. 974–996). BRILL. doi: 10.1163/9789004263314_055
- Rosenberg, D., & Grafton, A. (2013). *Cartographies of Time: A History of the Timeline*. Princeton Architectural Press.
- Rouder, J. N., Morey, R. D., Cowan, N., Zwilling, C. E., Morey, C. C., & Pratte, M. S. (2008). An assessment of fixed-capacity models of visual working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(16), 5975–5979. doi:

10.1073/pnas.0711295105

- Saghaei, M. (2011). An overview of randomization and minimization programs for randomized clinical trials. *Journal of Medical Signals and Sensors*, 1(1), 55–61.
- Sala, S. D., & Logie, R. H. (2002). Neuropsychological impairments of visual and spatial working memory. In A. D. Baddeley, M. D. Kopelman, & B. A. Wilson (Ed.), *The Handbook of Memory Disorders* (2. vyd., s. 271–292). John Wiley & Sons, Ltd.
- Salminen, T., Strobach, T., & Schubert, T. (2012). On the impacts of working memory training on executive functioning. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6. doi: 10.3389/fnhum.2012.00166
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403–428. doi: 10.1037//0033-295X.103.3.403
- Salthouse, T. A. (2009). When does age-related cognitive decline begin? *Neurobiology of Aging*, 30(4), 507–514. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2008.09.023
- Salthouse, T. A. (2010). Selective review of cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16(05), 754–760. doi: 10.1017/S1355617710000706
- Salthouse, T. A. (2019). Trajectories of normal cognitive aging. *Psychology and Aging*, 34(1), 17–24. doi: 10.1037/pag0000288
- Sandberg, P. (2014). *Cognitive training in young and old adults: Transfer, long-term effects, and predictors of gain*. Institutionen för psykologi, Umeå universitet.
- Shah, P., & Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125(1), 4–27. doi: 10.1037/0096-3445.125.1.4
- Shallice, T., & Warrington, E. K. (1970). Independent Functioning of Verbal Memory Stores: A Neuropsychological Study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22(2), 261–273. doi: 10.1080/00335557043000203
- Shawn Green, C., Bavelier, D., Kramer, A. F., Vinogradov, S., Ansorge, U., Ball, K. K., Bingel, U., Chein, J. M., Colzato, L. S., Edwards, J. D., Facoetti, A., Gazzaley, A., Gathercole, S. E., Ghisletta, P., Gori, S., Granic, I., Hillman, C. H., Hommel, B., Jaeggi, S. M., ... Witt, C. M. (2019). Improving methodological standards in behavioral interventions for cognitive enhancement. *Journal of Cognitive Enhancement*, 3(1), 2–29. doi: 10.1007/s41465-018-0115-y
- Sheikh, J. I., & Yesavage, J. A. (1986). Geriatric Depression Scale (GDS): Recent evidence and development of a shorter version. *Clinical Gerontologist*, 5(1–2), 165–173. doi:

- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84(2), 127–190. doi: 10.1037/0033-295X.84.2.127
- Shipp, S. (2004). The brain circuitry of attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(5), 223–230. doi: 10.1016/j.tics.2004.03.004
- Shipstead, Z., Redick, T. S., & Engle, R. W. (2010). Does working memory training generalize? *Psychologica Belgica*, 50(3–4), 245. doi: 10.5334/pb-50-3-4-245
- Shipstead, Z., Redick, T. S., & Engle, R. W. (2012). Is working memory training effective? *Psychological Bulletin*, 138(4), 628–654. doi: 10.1037/a0027473
- Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153–189. doi: 10.3102/0034654307313795
- Schaie, K. W. (2004). Cognitive Aging. In R. W. Peer & S. B. Van Hemel (Ed.), *Technology for adaptive aging* (s. 43–63). The National Academic Press.
- Schaie, K. W. (2005). *Developmental influences on adult intelligence: The Seattle longitudinal study*. Oxford University Press.
- Schaie, K. W., & Willis, S. L. (2010). The Seattle Longitudinal Study of Adult Cognitive Development. *ISSBD Bull*, 57(1), 24–29.
- Schmiedek, F., Lövdén, M., & Lindenberger, U. (2010). Hundred days of cognitive training enhance broad cognitive abilities in adulthood: Findings from the COGITO study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2(27). doi: 10.3389/fnagi.2010.00027
- Simons, D. J., Boot, W. R., Charness, N., Gathercole, S. E., Chabris, C. F., Hambrick, D. Z., & Stine-Morrow, E. A. L. (2016). Do “Brain-Training” Programs Work? *Psychological Science in the Public Interest*, 17(3), 103–186. doi: 10.1177/1529100616661983
- Singer, T., Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (2003). Plasticity of memory for new learning in very old age: A story of major loss? *Psychology and Aging*, 18(2), 306–317. doi: 10.1037/0882-7974.18.2.306
- Smid, C. R., Karbach, J., & Steinbeis, N. (2020). Toward a science of effective cognitive training. *Current Directions in Psychological Science*, 29(6), 531–537. doi: 10.1177/0963721420951599
- Smith, A. (2007). *Symbol Digit Modalities Test: Manual*. Western Psychological Services.
- Smith, G. E., Housen, P., Yaffe, K., Ruff, R., Kennison, R. F., Mahncke, H. W., & Zelinski,

- E. M. (2009). A cognitive training program based on principles of brain plasticity: Results from the Improvement in Memory with Plasticity-based Adaptive Cognitive Training (IMPACT) Study: Results from the impact study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 57(4), 594–603. doi: 10.1111/j.1532-5415.2008.02167.x
- Starns, J. J., & Ratcliff, R. (2010). The effects of aging on the speed–accuracy compromise: Boundary optimality in the diffusion model. *Psychology and Aging*, 25(2), 377–390. doi: 10.1037/a0018022
- Stepankova, H., Lukavsky, J., Buschkuehl, M., Kopecek, M., Ripova, D., & Jaeggi, S. M. (2014). The malleability of working memory and visuospatial skills: A randomized controlled study in older adults. *Developmental Psychology*, 50(4), 1049–1059. doi: 10.1037/a0034913
- Stepankova, H., Lukavsky, J., Kopecek, M., Steinova, D., & Ripova, D. (2012). Modification of subjective cognitive outcomes in older persons through memory training: Immediate effect and 6-month follow-up. *GeroPsych*, 25(3), 117–125. doi: 10.1024/1662-9647/a000061
- Strauss, E., Sherman, E. M. S., Spreen, O., & Spreen, O. (2006). *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary* (3rd ed). Oxford University Press.
- Stuss, D. T. (1992). Biological and psychological development of executive functions. *Brain and Cognition*, 20(1), 8–23. doi: 10.1016/0278-2626(92)90059-U
- Suchy, Y. (2016). *Executive functioning: A comprehensive guide for clinical practice*. Oxford University Press.
- Štěpánková, H., Nikolai, T., Lukavský, J., Bezdíček, O., Vraiová, M., & Kopeček, M. (2015). Mini-Mental State Examination – Česká normativní studie. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*, 78/111(1), 57–63.
- Taylor, R., Thomson, H., Sutton, D., & Donkin, C. (2017). Does working memory have a single capacity limit? *Journal of Memory and Language*, 93, 67–81. doi: 10.1016/j.jml.2016.09.004
- Theeuwes, J. (2010). Top–down and bottom–up control of visual selection. *Acta Psychologica*, 135(2), 77–99. doi: 10.1016/j.actpsy.2010.02.006
- Thorndike, E. L. (1906). *The principles of teaching based on psychology*. A. G. Seiler.
- Tiego, J., Testa, R., Bellgrove, M. A., Pantelis, C., & Whittle, S. (2018). A hierarchical model of inhibitory control. *Frontiers in Psychology*, 9, 1339. doi:

10.3389/fpsyg.2018.01339

- Tong, T., & Chignell, M. (2014). *Developing a serious game for cognitive assessment: Choosing settings and measuring performance*. 70–79. doi: 10.1145/2592235.2592246
- Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12(4), 242–248. doi: 10.1080/17470216008416732
- Troyer, A. K., Leach, L., & Strauss, E. (2006). Aging and response inhibition: Normative data for the Victoria Stroop Test. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 13(1), 20–35. doi: 10.1080/138255890968187
- Tulving, E. (1989). Memory: Performance, knowledge, and experience. *European Journal of Cognitive Psychology*, 1(1), 3–26. doi: 10.1080/09541448908403069
- Turner, M. L., & Engle, R. W. (1989). Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language*, 28(2), 127–154. doi: 10.1016/0749-596X(89)90040-5
- Unsworth, N., & Engle, R. W. (2007). On the division of short-term and working memory: An examination of simple and complex span and their relation to higher order abilities. *Psychological Bulletin*, 133(6), 1038–1066. doi: 10.1037/0033-2909.133.6.1038
- Unsworth, N., Fukuda, K., Awh, E., & Vogel, E. K. (2015). Working memory delay activity predicts individual differences in cognitive abilities. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 27(5), 853–865. doi: 10.1162/jocn_a_00765
- Verhaeghen, P. (2017). Age-related slowing in response times, causes and consequences. In N. A. Pachana (Ed.), *Encyclopedia of Geropsychology* (s. 158–165). Springer Singapore. doi: 10.1007/978-981-287-082-7_211
- Verhaeghen, P., Marcoen, A., & Goossens, L. (1992). Improving memory performance in the aged through mnemonic training: A meta-analytic study. *Psychology and Aging*, 7(2), 242–251. doi: 10.1037/0882-7974.7.2.242
- Vogel, E. K., McCollough, A. W., & Machizawa, M. G. (2005). Neural measures reveal individual differences in controlling access to working memory. *Nature*, 438(7067), 500–503. doi: 10.1038/nature04171
- von Bastian, C. C., & Eschen, A. (2016). Does working memory training have to be adaptive? *Psychological Research*, 80(2), 181–194. doi: 10.1007/s00426-015-0655-z
- Wallace, J. C. (2004). Confirmatory factor analysis of the cognitive failures questionnaire: Evidence for dimensionality and construct validity. *Personality and Individual*

- Differences*, 37(2), 307–324. doi: 10.1016/j.paid.2003.09.005
- Wang, K., & Qian, J. (2021). Training with high perceptual difficulty improves the capacity and fidelity of internal representation in VWM. *Psychological Research*, 85(6), 2408–2419. doi: 10.1007/s00426-020-01404-2
- Wechsler, D. (1997a). *Wechsler Adult Intelligence Scale—Third Edition* (3. vyd.). The Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1997b). *Wechsler Memory Scale—Third edition*. Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (2009). *Wechsler Memory Scale—Fourth edition*. Pearson Education.
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120(2), 272–292. doi: 10.1037/0033-2909.120.2.272
- Wetzels, R., & Wagenmakers, E.-J. (2012). A default Bayesian hypothesis test for correlations and partial correlations. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19(6), 1057–1064. doi: 10.3758/s13423-012-0295-x
- Wiemers, E. A., & Redick, T. S. (2018). Working memory capacity and intra-individual variability of proactive control. *Acta Psychologica*, 182, 21–31. doi: 10.1016/j.actpsy.2017.11.002
- Wilhelm, O., Hildebrandt, A., & Oberauer, K. (2013). What is working memory capacity, and how can we measure it? *Frontiers in Psychology*, 4. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00433
- Willis, S. L., Tennstedt, S. L., Marsiske, M., Ball, K., Elias, J., Koepke, K. M., Morris, J. N., Rebok, G. W., Unverzagt, F. W., Stoddard, A. M., Wright, E., & ACTIVE Study Group, for the. (2006). Long-term effects of cognitive training on everyday functional outcomes in older adults. *JAMA*, 296(23), 2805. doi: 10.1001/jama.296.23.2805
- Xu, Z., Adam, K. C. S., Fang, X., & Vogel, E. K. (2018). The reliability and stability of visual working memory capacity. *Behavior Research Methods*, 50(2), 576–588. doi: 10.3758/s13428-017-0886-6
- Zajac-Lamparska, L., & Trempała, J. (2016). Effects of working memory and attentional control training and their transfer onto fluid intelligence in early and late adulthood. *Health Psychology Report*, 4(1), 41–53. doi: 10.5114/hpr.2016.56846
- Zhang, W., & Luck, S. J. (2011). The number and quality of representations in working memory. *Psychological Science*, 22(11), 1434–1441. doi: 10.1177/0956797611417006

Zinke, K., Zeintl, M., Eschen, A., Herzog, C., & Kliegel, M. (2012). Potentials and limits of plasticity induced by working memory training in old-old age. *Gerontology*, 58(1), 79–87. doi: 10.1159/000324240

15 Seznam zkratek

ACG	Aktivní kontrolní skupina
AN	Alzheimerova nemoc
BNT-15	Bostonský test pojmenování (<i>Boston Naming Test</i>)
CDT	<i>Change Detection Task</i>
CFQ	<i>Cognitive Failures Questionnaire</i>
EX	Experimentální skupina
FAQ	Dotazník funkčního stavu (<i>Functional Activities Questionnaire</i>)
GDS-15	Geriatrická škála deprese (<i>Geriatric Depression Scale</i>)
LNS	Řazení písmen a čísel (<i>Letter Number Sequencing</i>)
MMSE	<i>Mini-Mental State Examination</i>
PST	Pražský Stroopův Test (<i>the Prague Stroop Test</i>)
RAVLT	Reyův Auditorně Verbální test učení
TMT	Test cesty (<i>the Trail Making Test</i>)
VPT	<i>Visual Pattern Test</i>
WAIS-III	Wechslerova škála inteligence pro dospělé, třetí revize (<i>Wechsler Adult Intelligence Scale, Third Revision</i>)
WMS-III	Wechslerova paměťová škála, třetí revize (<i>Wechsler Memory Scale, Third Revision</i>)
WMS-IV	Wechslerova paměťová škála, čtvrtá revize (<i>Wechsler Memory Scale, Fourth Revision</i>)
WM	pracovní paměť (<i>working memory</i>)

16 Přílohy

1. Souhlas Etické komise Národního ústavu duševního zdraví s realizací studie
2. Informovaný souhlas – vzor
3. Podklady pro účastníky experimentální skupiny – návod k používání tabletu a aplikace Filter It
4. Podklady pro účastníky aktivní kontrolní skupiny – návod k používání tabletu a aplikace Clouds
5. Příklad individuálního doporučení pro účastníky studie

Formulář pro rozhodnutí EK č.j.232 /17

F1

ROZHODNUTÍ ETICKÉ KOMISE

Název EK: **ETICKÁ KOMISE NÁRODNÍHO ÚSTAVU DUŠEVNÍHO ZDRAVÍ**
 Adresa EK: **Topolová 748,250 67,Klečany**

Odpovídá složení EK požadavkům ICH GCP ? Ano ☒ Ne ☐

Pracuje EK podle jednacího řádu v souladu s předpisy ICH GCP? Ano ☒ Ne ☐

Datum a místo jednání : **NUDZ odd.2 dne 13.12.2017 ve 13,30 hod.**

Jméno žadatele : **Mgr. Zuzana Frydrychová**

Jméno / název zadavatele : **Národní ústav duševního zdraví (NUDZ)**

Přesný název studie : **Trénink vizuální selektivní pozornosti u seniorů.**

Identifikační číslo datum protokolu : **Viz.výše.**

Seznam hodnocené dokumentace :

Formulář Informací pro účastníka a Informovaný souhlas ☒

Synopse studie včetně složení řešitelského týmu ☒

Životopis řešitelky ☒

Souhlas vedení ☒

Etická komise souhlasí s prováděním studie ☒

Projekt plně respektuje zásady Úmluvy o lidských právech a biomedicíně a zákon č.101/2000 Sb. o ochraně osobních údajů.

Etická komise nesouhlasí s prováděním studie ☐

Důvody pro nesouhlas etické komise : **0**

Požadavky etické komise : **0**

Jednání etické komise se zúčastnili a hlasovali tyto členové :

			Přítomen		Hlasoval	
			ANO	NE	ANO	NE
1.	Předseda :	Dr. Bareš	☒	☐	☒	☐
2.		Dr. Novák	☒	☐	☒	☐
3.		Dr. Remeš	☐	☒	☐	☒
4.		Mgr. Viktorinová	☒	☐	☒	☐
5.		Dr.KratochvilováMD	☐	☒	☐	☒
6.		Bc.Sobotka	☐	☒	☐	☒
7.		Bc.Švejdová	☒	☐	☒	☐
8.		pí.Švecová	☒	☐	☒	☐
9.		p.Kuneš	☒	☐	☒	☐

Etická komise upozorňuje žadatele na jeho povinnost zaslat k posouzení etické komisi všechny dodatky protokolu před jejich provedením. Výjimkou jsou dodatky, které jsou určeny k eliminaci bezprostředních rizik pro subjekty hodnocení a ty dodatky, které jsou administrativního charakteru - tyto musí být následně ohlášeny etické komisi. Dále musí žadatel předložit k posouzení komisi skutečnosti, které zvyšují riziko subjektů hodnocení nebo výrazně ovlivňují průběh studie, ohlásit komisi všechny zaznamenané závažné neočekávané příhody, ohlásit komisi nové informace, které mohou negativně ovlivnit bezpečnost subjektů hodnocení nebo průběh klinického hodnocení a podat komisi zprávu o průběhu klinického hodnocení, a to jednou ročně v jeho průběhu a dále po jeho ukončení. Tyto údaje se zasílají předsedovi etické komise

Datum : 13.12.2017

podpis předsedy:

doc. MUDr. Martin Bareš,
Ph.D.

Etická komise
Národní ústav duševního zdraví
Topolová 748, Klecany 250 67
tel : 283 088 312

Informace pro účastníky studie Trénink vizuální selektivní pozornosti u seniorů

Informace o studii

V rámci veřejné soutěže o účelovou podporu Grantové agentury Univerzity Karlovy jsme připravili projekt s názvem Trénink vizuální selektivní pozornosti u seniorů, jehož cílem je ověřit efektivitu tréninku vizuální selektivní pozornosti. Projekt byl dne 13. 12. 2017 schválen Etickou komisí Národního ústavu duševního zdraví (EK NUDZ) vedenou doc. MUDr. Martinem Barešem, Ph.D., na něhož se můžete obrátit s dotazy ohledně svých práv v rámci výzkumu (martin.bares@nudz.cz).

Řešitelský tým

Odpovědní pracovníci, u nichž můžete vyžádat další informace ke studii:

Mgr. Zuzana Frydrychová

e-mail: frydrychova.zuzka@gmail.com

Tel.: 283 088 241

Průběh studie

Vaše **dobrovolná** účast v projektu spočívá v absolvování **tréninku kognitivních funkcí** administrovaném na tabletu o trvání **6 týdnů a frekvenci 3x týdně (v předem stanovené dny - ideálně pondělí, středa a pátek)**. Před počátkem tréninku budete vyškoleni v práci s aplikací. Trénink budete vykonávat individuálně ve Vašem **domácím prostředí**. Délka jednoho tréninku je **max. 21 minut**. Dále budete absolvovat **tři vyšetření kognice (před začátkem tréninku, po jeho ukončení a 6 měsíců po ukončení)** sestávající z vybraných dotazníků a testů pozornosti, aj. kognitivních funkcí, apod. o trvání cca **1,5-2 hodiny**. Tato vyšetření lze absolvovat dle dohody v Národním ústavu duševního zdraví nebo ve Vašem domácím prostředí.

Z projektu může každý účastník kdykoliv odstoupit bez udání důvodů.

Výše odměny

Po absolvování všech částí studie obdržíte v hotovosti jednorázovou odměnu ve výši 1000,- Kč (jeden tisíc Kč).

Možná rizika

Vzhledem k povaze výzkumu s sebou tento výzkum nenese žádná rizika.

Připojením svého podpisu na tuto stránku potvrzujete, že jste si přečetl/a a porozuměl/a všem informacím uvedeným v těchto "Informacích pro účastníky studie" a měl/a jste dostatek

času na rozmyšlenou. Byl/a jste podrobně a v dostatečné míře informován/a o tomto výzkumu a všechny Vaše otázky byly zodpovězeny k naprosté spokojenosti.

Souhlasím - nesouhlasím s tím, aby mne výzkumníci informovali o výsledcích vyšetření kognitivních funkcí, i pokud výsledky signalizují vhodnost ověření klinickými metodami lékařem.

Jméno a příjmení účastníka:

.....

Kód:

.....

Místo a datum

.....

Podpis účastníka

.....

Celé jméno a podpis výzkumníka

FILTER IT – Návod k použití, popis aplikace a úlohy



**V PŘÍPADĚ POTŘEBY SE MŮŽETE OBRÁTIT NA SVÉHO
ADMINISTRÁTORA,
NEBO NA HLAVNÍ ŘEŠITELKU PROJEKTU:**

Zuzana Frydrychová

e-mail: frydrychova.zuzka@gmail.com

telefon: XXX XXX XXX

**POKUD NASTANOU PROBLÉMY S TABLETEM ČI APLIKACÍ, PAK SE, PROSÍM
VŽDY OBRAŤTE NA ZUZANU FRYDRYCHOVOU!!**

NÁVOD K OBSLUZE TABLETU

ZAPNUTÍ TABLETU

1. TABLET SPUSTÍTE DELŠÍM STISKNUTÍM (DOKUD SE NA OBRAZOVCE NEOBJEVÍ BÍLÉ NÁPISY) KRATŠÍHO TLAČÍTKA NA BOČNÍ STRANĚ TABLETU. VYČKEJTE, AŽ SE TABLET ÚPLNĚ SPUSTÍ A NAČTE SE HLAVNÍ OBRAZOVKA (MODRÉ POZADÍ S ČASEM, KDE NEJSOU VIDĚT APLIKACE).
2. PŘEJEĎTE PRSTEM PŘES OBRAZOVKU PRO JEJÍ ODEMČENÍ.
3. POKUD JSTE TO NESTIHL/A A OBRAZOVKA ZHASLA, TAK PRO ODEMČENÍ OBRAZOVKY STISKNĚTE TLAČÍTKO DOLE UPROSTŘED – OBRAZOVKA SE ROZSVÍTÍ (MODRÉ POZADÍ S ČASEM, KDE NEJSOU VIDĚT APLIKACE) A PŘEJEĎTE PRSTEM PŘES OBRAZOVKU.
4. APLIKACI NAJDETE NA HLAVNÍ OBRAZOVCE, NÁVOD NA SPUŠTĚNÍ A OVLÁDÁNÍ APLIKACE NAJDETE NÍŽE.

POZOR!

5. PŘED ZAČÁTKEM TRÉNINKU SE UJISTĚTE, ŽE JE TABLET DOSTATEČNĚ NABITÝ, ABY NEDOŠLO K JEHO VYPNUTÍ V PRŮBĚHU TRÉNINKU!
 - a. VPRAVO NAHOŘE NA HLAVNÍ OBRAZOVCE VEDLE ČASU JSOU PROCENTA ZNAČÍCÍ, JAK MOC JE TABLET NABITÝ.
 - b. 100% ZNAMENÁ, ŽE JE TABLET PLNĚ NABITÝ
 - c. V PŘÍPADĚ, ŽE ZDE BUDE MÉNĚ NEŽ 20%, DEJTE TABLET PŘED TRÉNINKEM NEJPRVE NABÍT.

NABÍJENÍ TABLETU

6. ÚZKÝ KONEC KABELU ZAPOJTE DO PODLOUHLÉHO OTVORU NA HORNÍ STRANĚ TABLETU (NAD NÁPISEM SAMSUNG), DRUHÝ KONEC KABELU ZAPOJTE DO ZÁSUVKY.
7. TABLET JE MOŽNÉ NABÍJET ZAPNUTÝ I VYPNUTÝ.

VYPNUTÍ TABLETU

8. TABLET VYPNETE DELŠÍM PODRŽENÍM KRATŠÍHO TLAČÍTKA NA BOČNÍ STRANĚ (STEJNÉ JAKO PRO ZAPÍNÁNÍ).

9. NA OBRAZOVCE SE ZOBRAZÍ TABULKA S NĚKOLIKI MOŽNOSTMI, STISKNĚTE **VYPNOUT**.

10. OBJEVÍ SE DALŠÍ TABULKA S NÁPISEME: Zařízení se vypne; STISKNĚTE VYPNUTÍ.

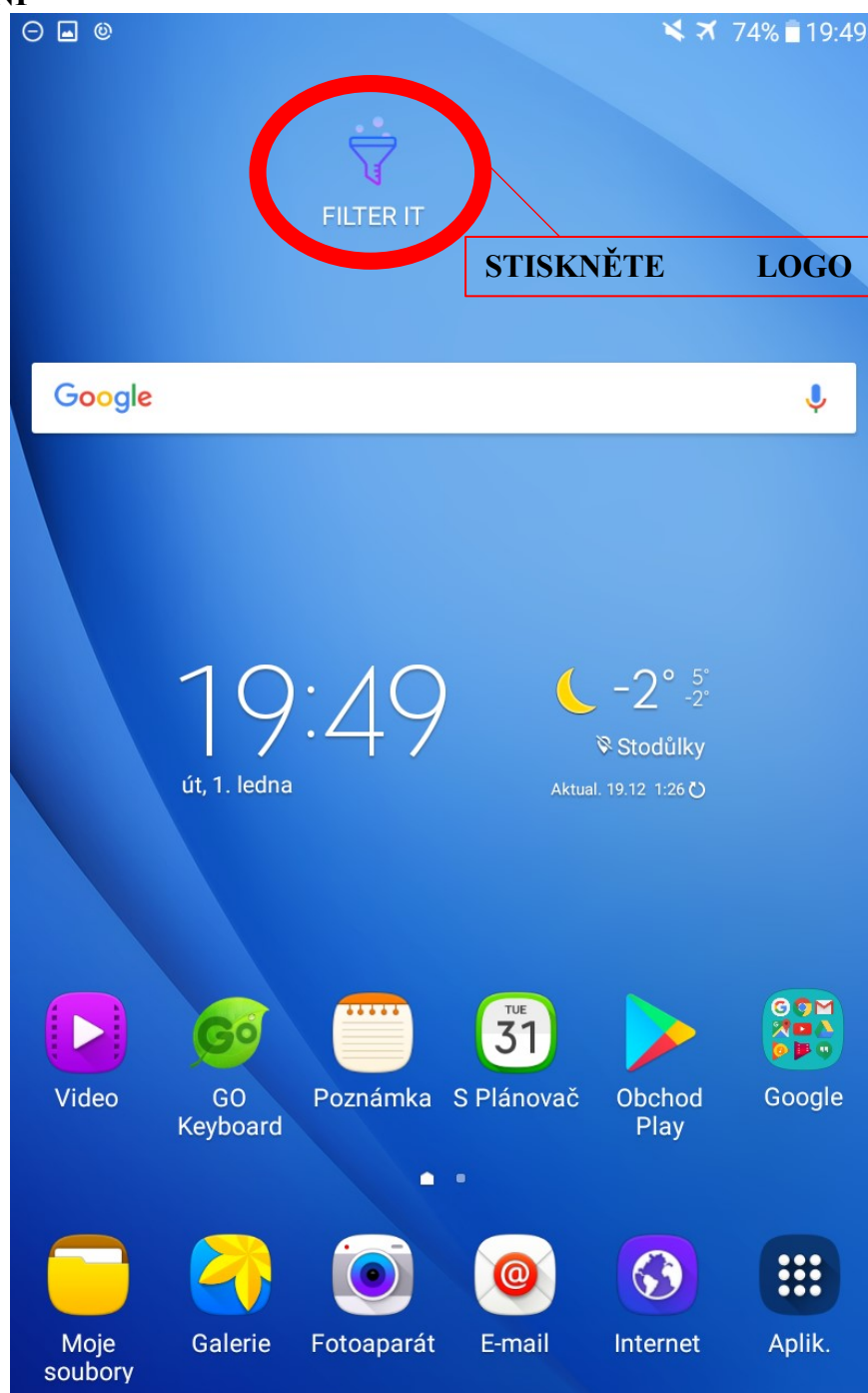
POZOR!

11. ABY SE TABLET PŘÍLIŠ NEVYBÍJEL, VŽDY HO PO UKONČENÍ TRÉNINKU VYPNĚTE!

NÁVOD K POUŽITÍ, POPIS APLIKACE A ÚLOHY

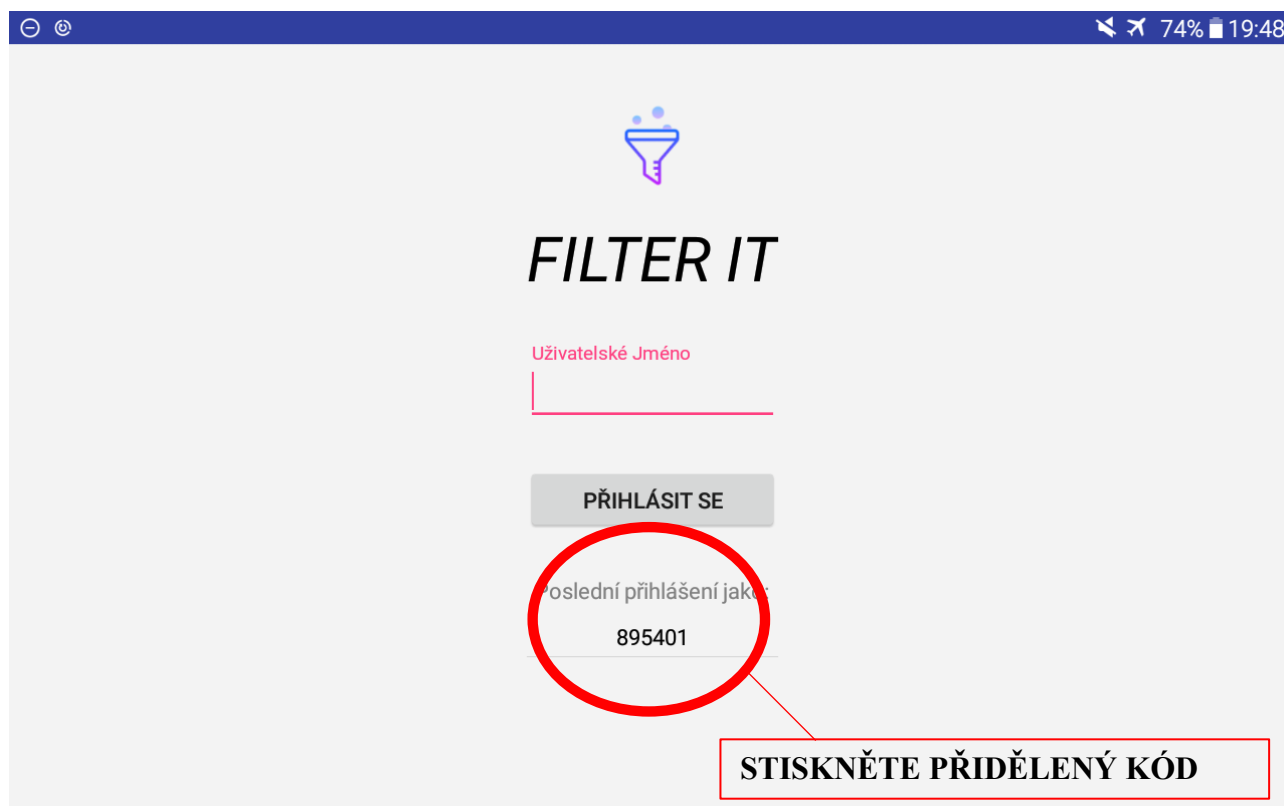
SPUŠTĚNÍ APLIKACE

NA HLAVNÍ OBRAZOVCE STISKNĚTE LOGO APLIKACE FILTER IT:
PŘIHLÁŠENÍ



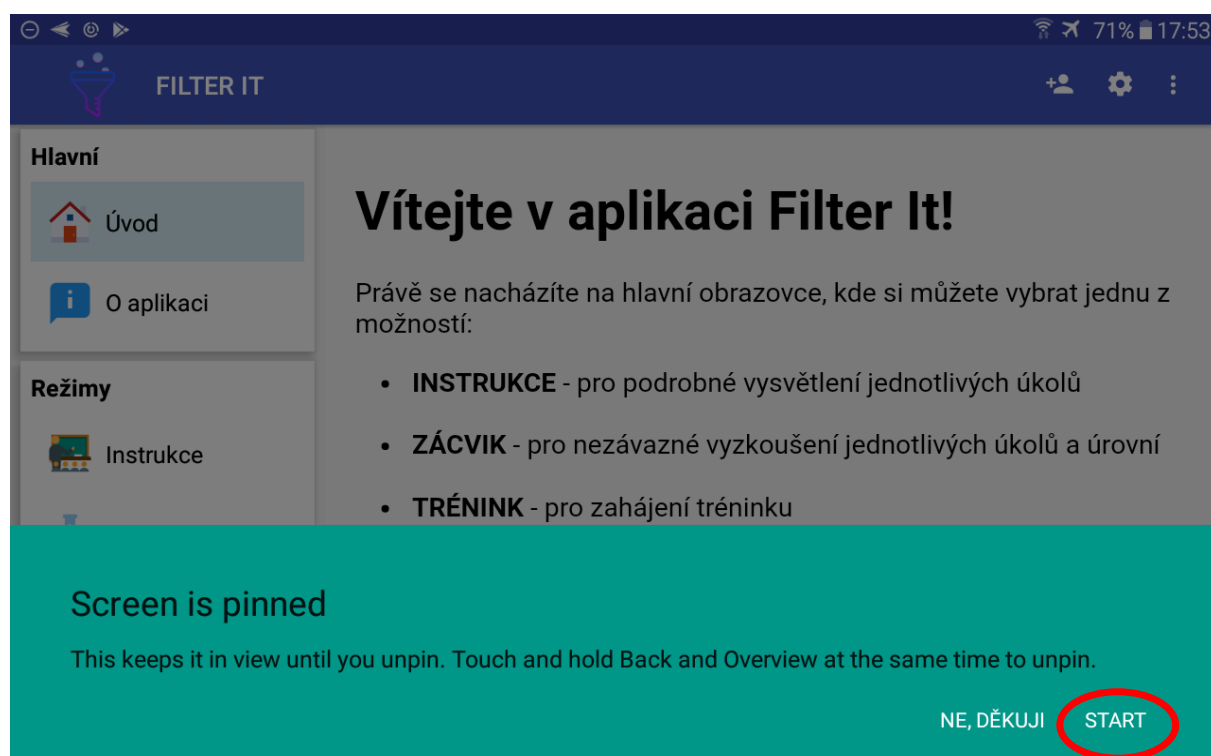
1. Po otevření aplikace se objeví obrazovka pro přihlášení. Tato obrazovka vypadá následovně (Obrázek č. 2):

Obrázek č. 2: Obrazovka pro přihlášení



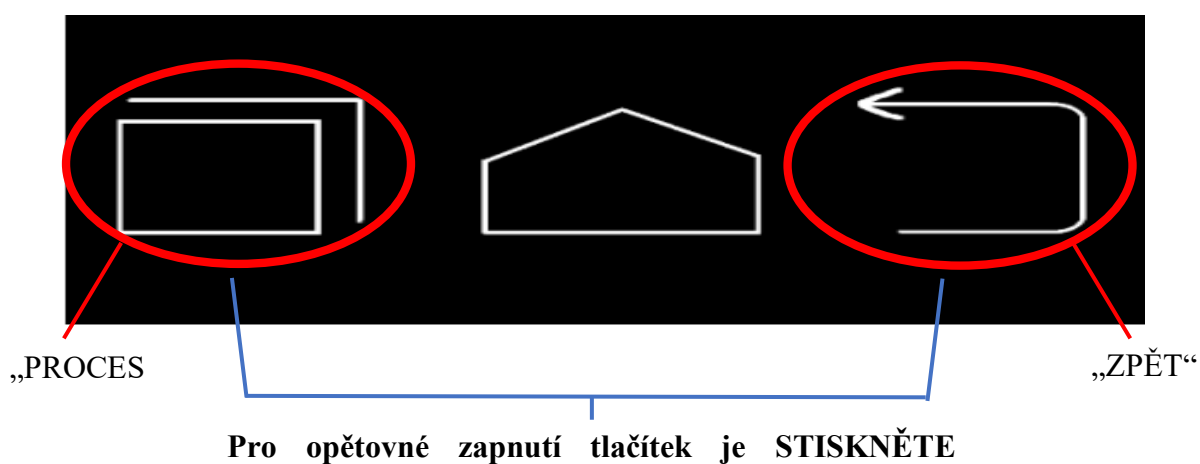
2. Pro přihlášení stiskněte své uživatelské jméno (šestimístný číselný kód, který Vám byl přidělen při prvním vyšetření), které bude napsáno pod tlačítkem PŘIHLÁSIT SE, v části Poslední přihlášení jako:
3. Vaše uživatelské jméno se načte do pole Uživatelské jméno.
4. Stiskněte tlačítko PŘIHLÁSIT SE.
5. Obrazovka se automaticky přetočí do vodorovné polohy.
6. Na obrazovce se objeví upozornění pro uzamčení tlačítek (Obrázek č. 3), což má zabránit, aby v průběhu tréninku nebyla aplikace nedopatřením vypnuta, proto stiskněte Start. Uzamčení těchto tlačítek zrušíte, pokud zároveň stisknete tlačítka Zpět a Procesy (Obrázek č. 4).

Obrázek č. 3: Obrazovka s upozorněním – uzamčení tlačítek



STISKNĚTE

Obrázek č. 4: Tlačítka na tabletu

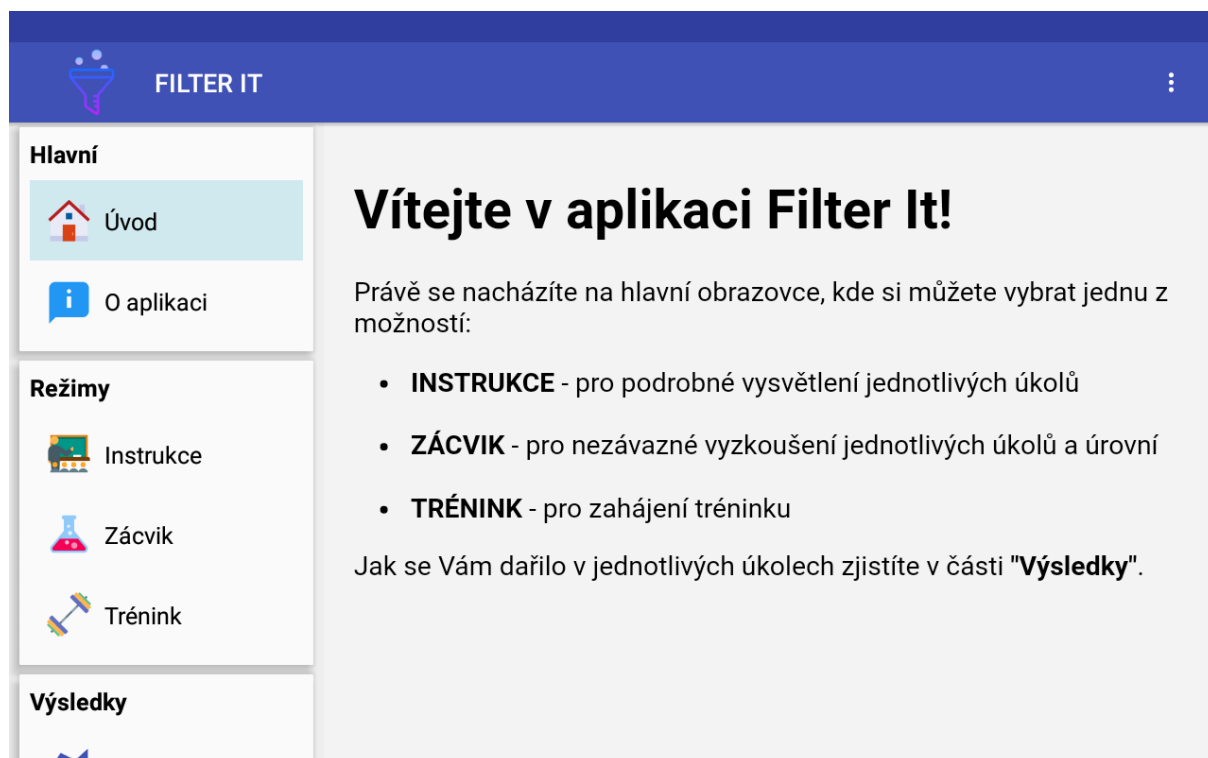


Pozn.: Zobrazené ikony jsou pouze ilustrativní, mohou se lišit v závislosti na typu tabletu.

POPIS APLIKACE

- Úvodní obrazovka v Uživatelském rozhraní vypadá následovně:

Obrázek č. 5: Úvodní obrazovka – Uživatelské rozhraní



- Horní lišta obsahuje 1 ikonu: 
- Na obrazovce vlevo je lišta s nabídkou jednotlivých částí aplikace, které jsou 3:
 - Hlavní (Úvod, O aplikaci),
 - Režimy (Instrukce, Zácvik, Trénink),
 - Výsledky (Poslední trénink, Všechny tréninky).

LIŠTU S NABÍDKOU LZE POSOUVAT NAHORU A DOLŮ (PRO VÝBĚR KONKRÉTNÍ ČÁSTI APLIKACE) POMOCÍ TAHU PRSTEM.

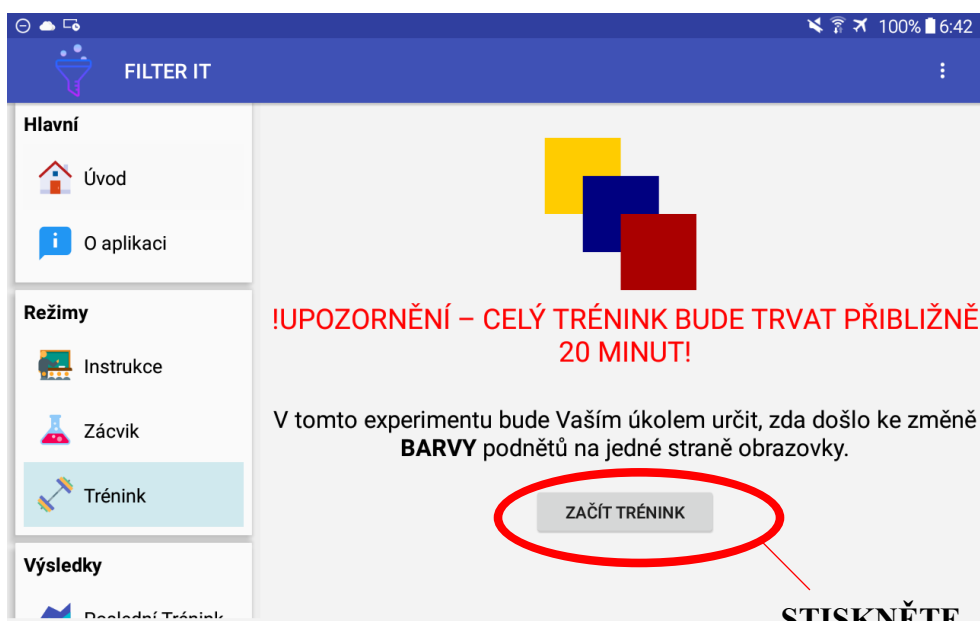
- **ÚVOD** – stisknutím tohoto tlačítka se dostanete z ostatních částí zpět na hlavní stranu.
- **O APLIKACI** – obecné informace o aplikaci
- **INSTRUKCE** – podrobné vysvětlení dvou typů úloh, které jsou obsažené v tréninku (Barva a Orientace); mezi jednotlivými obrazovkami se lze pohybovat tlačítky PŘEDCHOZÍ a DALŠÍ; po instrukcích ke každému typu úlohy následují dva zácvikové pokusy, po kterých dostanete zpětnou vazbu ohledně úspěšnosti (počet úspěšných pokusů z celkového počtu pokusů)
- **ZÁCVIK** – vyzkoušení dvou typů úloh obsažených v tréninku (Barva a Orientace) v různých úrovních, po absolvování všech pokusů dostanete zpětnou vazbu ohledně Vaší úspěšnosti (počet úspěšných pokusů z celkového počtu pokusů); data ze Zácviku nejsou ukládána
- **TRÉNINK** – průběh tréninku i trénované typy úlohy (Barva a Orientace) jsou popsány níže

- **VÝSLEDKY** – grafický přehled (sutinový graf) výsledků z posledního tréninku (dosažené úrovně pro jednotlivé sekvence v daném typu úlohy) a souhrnný přehled všech realizovaných a dokončených tréninků (nejvyšší dosažená úroveň v daném typu úlohy)

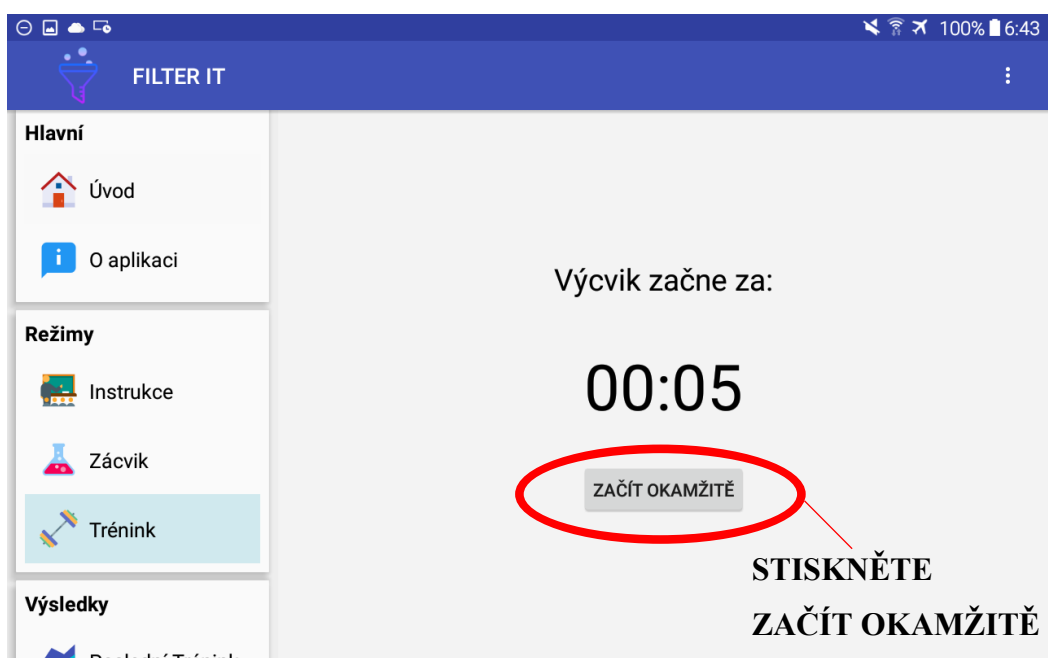
TRÉNINK

- **POZOR, JAKMILE JE TRÉNINK SPUŠTĚN, NEJDE PŘERUŠIT!**
- **VŠECHNY TRÉNINKY ZAČÍNÁJÍ TYPEM ÚLOHY BARVA, POTÉ NÁSLEDUJE DRUHÝ TYP ÚLOHY ORIENTACE!**
- Trénink spustíte stisknutím tlačítka **ZAČÍT TRÉNINK** a poté **ZAČÍT OKAMŽITĚ** (Obrázek č. 7).

Obrázek č. 7: Úvodní obrazovky tréninku



**STISKNĚTE
ZAČÍT TRÉNINK**



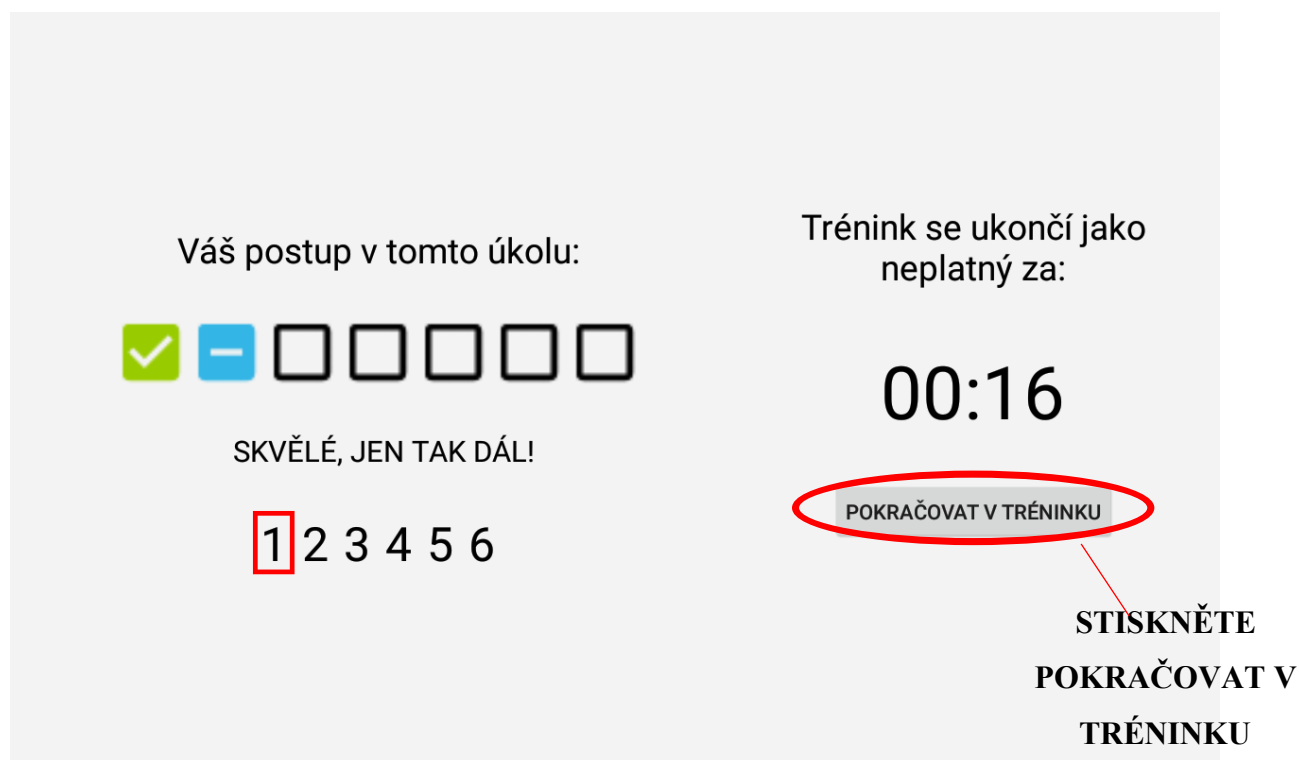
**STISKNĚTE
ZAČÍT OKAMŽITĚ**

Trénink je v každém typu úlohy rozdělen do 7 sekvencí, jedna sekvence obsahuje 20 pokusů.

- Trénink v každém typu úlohy začíná vždy na úrovni 1 a poté se po každé sekvenci (tj. 20. pokusu) úroveň mění nebo zůstává stejná v závislosti na úspěšnosti
- Po každé sekvenci je pauza až 20 vteřin včetně informace o úrovni pro následující sekvenci a počtu zbývajících sekvencí pro daný typ úkolu

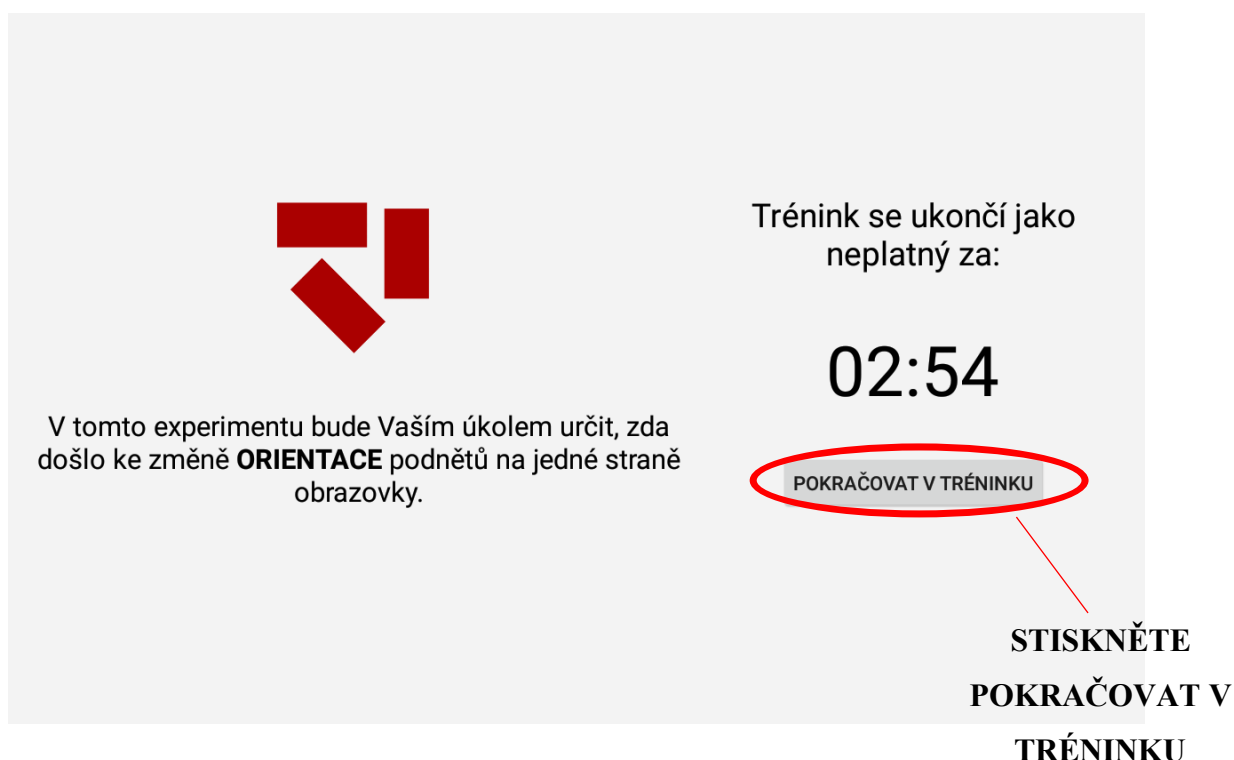
POZOR, PRO POKRAČOVÁNÍ V TRÉNINKU JE NUTNÉ STISKNOUT TLAČÍTKO POKRAČOVAT V TRÉNINKU, JINAK JE TRÉNINK UKONČEN A DATA Z NĚJ NEJSOU ULOŽENA!

Obrázek č. 8: Pauza v průběhu tréninku



- Po ukončení tréninku v daném typu úlohy následuje pauza až 3 minuty (pro pokračování v tréninku v dalším typu úlohy je opět nutné stisknout tlačítko pokračovat v tréninku, jinak je trénink ukončen a data z něj nejsou uložena!)

Obrázek č. 9: Pauza v průběhu tréninku 2



- Od druhého tréninku můžete získat **až 3 hvězdy**:
 - 1. za výkon v celém tréninku je stejný či lepší v porovnání s předchozím tréninkem,
 - 2. v průběhu tréninku je v každém typu úkolu úroveň zvýšena alespoň 1x,
 - 3. v průběhu tréninku neudělá uživatel mezi jednotlivými typy úkolů pauzu delší než 15 vteřin
- **Následuje dotazník** s hodnocením vynaloženého úsilí/snahy při tréninku a vnímané obtížnosti tréninku na škále od 1 (nejmenší/nejlehčí) do 5 (největší/nejtěžší).
- Poté **stiskněte KONEC** a budete přesměrován/a do části Výsledky, kde uvidíte graf s dosaženými úrovněmi v jednotlivých sekvencích.

UKONČENÍ APLIKACE

- APLIKACI UKONČÍTE stisknutím  v pravém horním rohu obrazovky, poté stiskněte ODHLÁSIT SE. Tím budou odemčena tlačítka a objeví se obrazovka pro přihlášení. Stiskněte tlačítko dole uprostřed, tím se dostanete na hlavní obrazovku tabletu.
- **POZOR! ABY SE TABLET PŘÍLIŠ NEVYBÍJEL, PO KAŽDÉM TRÉNINKU HO VYPNĚTE** (vysvětleno na straně 1).

CLOUDS – Návod k použití, popis aplikace a úlohy

**V PŘÍPADĚ POTŘEBY SE MŮŽETE OBRÁTIT NA SVÉHO
ADMINISTRÁTORA,
NEBO NA HLAVNÍ ŘEŠITELKU PROJEKTU:**

Zuzana Frydrychová

e-mail: frydrychova.zuzka@gmail.com

telefon: XXX XXX XXX

**POKUD NASTANOU PROBLÉMY S TABLETEM ČI APLIKACÍ, PAK SE, PROSÍM
VŽDY OBRÁŤTE NA ZUZANU FRYDRYCHOVOU!!**

NÁVOD K OBSLUZE TABLETU

ZAPNUTÍ TABLETU

1. TABLET SPUSTÍTE DELŠÍM STISKNUTÍM (DOKUD SE NA OBRAZOVCE NEOBJEVÍ BÍLÉ NÁPISY) KRATŠÍHO TLAČÍTKA NA BOČNÍ STRANĚ TABLETU. VYČKEJTE, AŽ SE TABLET ÚPLNĚ SPUSTÍ A NAČTE SE HLAVNÍ OBRAZOVKA (MODRÉ POZADÍ S ČASEM, KDE NEJSOU VIDĚT APLIKACE).
2. PŘEJEĎTE PRSTEM PŘES OBRAZOVKU PRO JEJÍ ODEMČENÍ.
3. POKUD JSTE TO NESTIHL/A A OBRAZOVKA ZHASLA, TAK PRO ODEMČENÍ OBRAZOVKY STISKNĚTE TLAČÍTKO DOLE UPROSTŘED – OBRAZOVKA SE ROZSVÍTÍ (MODRÉ POZADÍ S ČASEM, KDE NEJSOU VIDĚT APLIKACE) A PŘEJEĎTE PRSTEM PŘES OBRAZOVKU.
4. APLIKACI NAJDETE NA HLAVNÍ OBRAZOVCE, NÁVOD NA SPUŠTĚNÍ A OVLÁDÁNÍ APLIKACE NAJDETE NÍŽE.

POZOR!

5. PŘED ZAČÁTKEM TRÉNINKU SE UJISTĚTE, ŽE JE TABLET DOSTATEČNĚ NABITÝ, ABY NEDOŠLO K JEHO VYPNUTÍ V PRŮBĚHU TRÉNINKU!
 - a. VPRAVO NAHOŘE NA HLAVNÍ OBRAZOVCE VEDLE ČASU JSOU PROCENTA ZNAČÍCÍ, JAK MOC JE TABLET NABITÝ.
 - b. 100% ZNAMENÁ, ŽE JE TABLET PLNĚ NABITÝ
 - c. V PŘÍPADĚ, ŽE ZDE BUDE MÉNĚ NEŽ 20%, DEJTE TABLET PŘED TRÉNINKEM NEJPRVE NABÍT.

NABÍJENÍ TABLETU

6. ÚZKÝ KONEC KABELU ZAPOJTE DO PODLOUHLÉHO OTVORU NA HORNÍ STRANĚ TABLETU (NAD NÁPISEM SAMSUNG), DRUHÝ KONEC KABELU ZAPOJTE DO ZÁSUVKY.
7. TABLET JE MOŽNÉ NABÍJET ZAPNUTÝ I VYPNUTÝ.

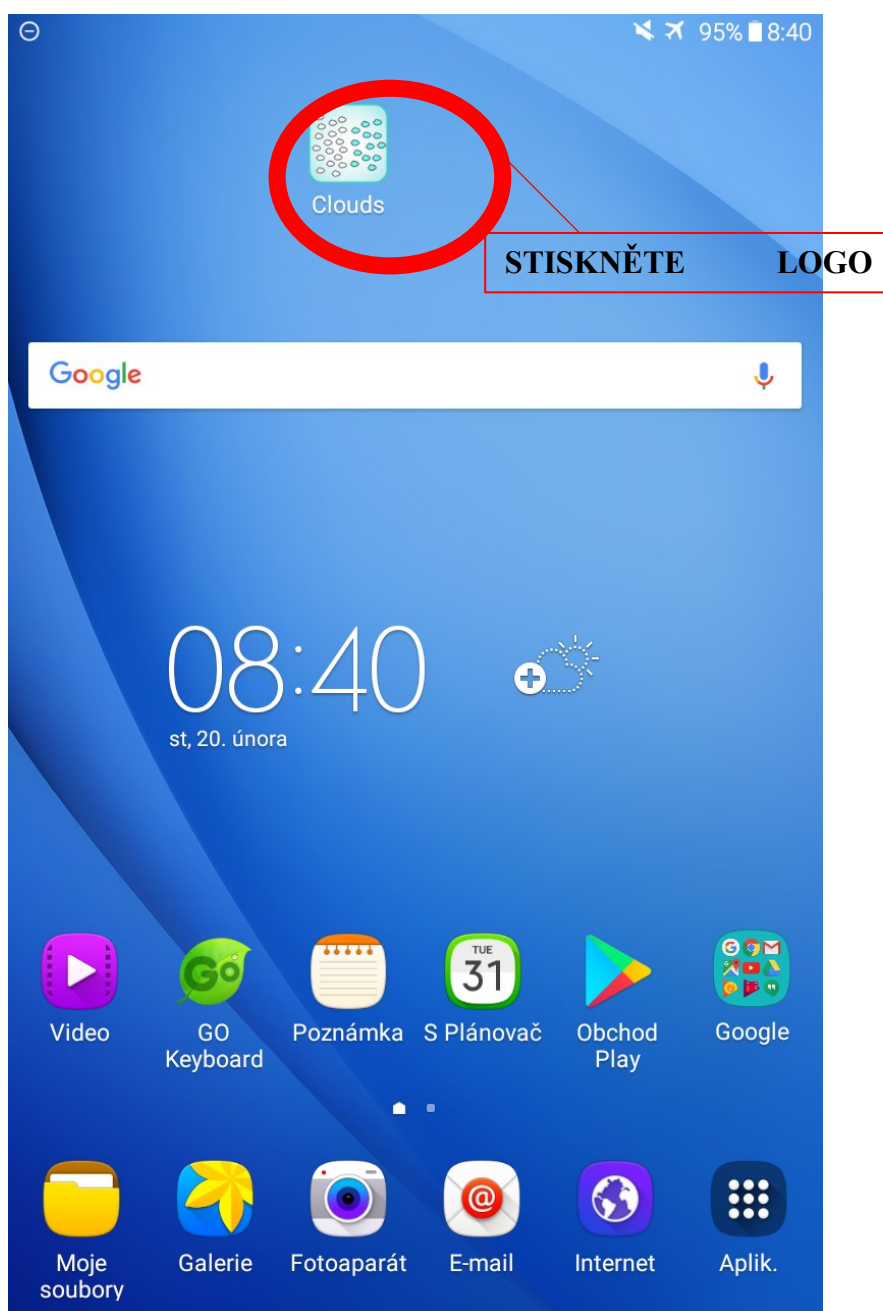
VYPNUTÍ TABLETU

8. TABLET VYPNETE DELŠÍM PODRŽENÍM KRATŠÍHO TLAČÍTKA NA BOČNÍ STRANĚ (STEJNĚ JAKO PRO ZAPÍNÁNÍ).
9. NA OBRAZOVCE SE ZOBRAZÍ TABULKA S NĚKOLIKA MOŽNOSTMI, STISKNĚTE **VYPNOUT**.
10. OBJEVÍ SE DALŠÍ TABULKA S NÁPISEME: Zařízení se vypne; STISKNĚTE VYPNUTÍ.

NÁVOD K POUŽITÍ, POPIS APLIKACE A ÚLOHY

SPUŠTĚNÍ APLIKACE

NA HLAVNÍ OBRAZOVCE STISKNĚTE LOGO APLIKACE CLOUDS:



APLIKACE

1. Po otevření aplikace se objeví úvodní obrazovka:



2. V pravém spodním rohu vidíte kód, který Vám byl přidělen administrátorem.
3. Na úvodní obrazovce můžete spustit zácvik stisknutím **DEMO** – Nezávazné vyzkoušení úlohy (výsledky se neukládají).
4. Na úvodní obrazovce můžete spustit trénink stisknutím **START** – Spustí se trénink a Vaše výsledky budou uloženy.
5. **POZOR, JAKMILE JE TRÉNINK SPUŠTĚN, NEJDE PŘERUŠIT!**

POPIS TRÉNINKU A ÚLOHY

Úkolem je rozhodnout, která polovina obrazovky obsahuje více bodů.

- Na obrazovce se zobrazí Úroveň a pro začátek tréninku stiskněte **ZACIT**
- Svou odpověď označíte stisknutím té poloviny obrazovky, o které si myslíte, že obsahuje více bodů.
- Své rozhodnutí potvrdíte stisknutím **OK** v pravém dolním rohu.
- Na obrazovce se objeví veselý smajlík (obličej), pokud Vaše odpověď byla správná, nebo smutný smajlík (obličej), pokud jste odpověděli špatně. Stiskněte **DALSI** pro začátek dalšího pokusu.
- Po 20 pokusech je vyhodnocena Vaše úspěšnost (% správných odpovědí), průměrná rychlost reakce a získané body.
- **Následují dvě otázky** s hodnocením vynaloženého úsilí/snahy při tréninku a zábavy na škále od 1 (hodně) do 3 (vůbec).
- Poté **stiskněte KONEC** a budete přesměrován/a zpět na úvodní obrazovku.

PRO UKONČENÍ TRÉNINKU STISKNĚTE PROSTŘEDNÍ TLAČÍTKO, KTERÝM SE VRÁTÍTE NA HLAVNÍ OBRAZOVKU TABLETU. POTÉ STISKNĚTE KRATŠÍ TLAČÍTKO NA BOČNÍ STRANĚ TABLETU, TÍM HO USPÍTE.

Výsledky psychologického vyšetření kognitivních funkcí pro výzkumný projekt:

Trénink vizuální selektivní pozornosti u seniorů

Grantová agentura Univerzity Karlovy (č. 899018)

Řešitel: Mgr. Zuzana Frydrychová

JMÉNO A PŘÍJMENÍ ÚČASTNÍKA: _____

KÓD (přidělený ve výzkumném projektu): _____

DATUM VYŠETŘENÍ: _____

Přehled hrubých skóre dosažených ve standardních testech v tabulce níže může posloužit jako referenční materiál pro případné budoucí neuropsychologické vyšetření.

NÁZEV TESTU	PRE-TEST	POST-TEST	FOLLOW-UP
MMSE	30	-	-
Filter It – Barvy (nejvyšší úroveň)	3	4	3
Filter It – Tvary (nejvyšší úroveň)	2	4	3
Řazení písmen a čísel (LNS)	8	8	9
Visual Patterns Test (VPT)	11	12	13
Test cesty (TMT A)	79 s / 0 chyb	31 s / 0 chyb	62 s / 0 chyb
Test cesty (TMT B)	99 s / 0 chyb	68 s / 0 chyb	87 s / 0 chyb
Pražský Stroopův Test – Body	14 s / 0 chyb	13 s / 0 chyb	14 s / 0 chyb
Pražský Stroopův Test – Slova	14 s / 0 chyb	15 s / 0 chyb	17 s / 0 chyb
Pražský Stroopův Test – Barvy	27 s / 0 chyb	25 s / 0 chyb	21 s / 0 chyb
Bostonský test pojmenování (BNT 15) – spontánně	14	14	14

ZHODNOCENÍ: Výkon v testech je převážně na průměrné až nadprůměrné úrovni vzhledem k Vašemu věku a vzdělání. Mírné oslabení je patrné ve vizuální zaměřené pozornosti (TMT A), kde však došlo po absolvování tréninku k výraznému zlepšení na průměrnou úroveň. Celkově došlo k mírnému zlepšení výkonu v důsledku absolvování kognitivního tréninku. Doporučujeme proto pravidelné zařazování duševních aktivit (viz Doporučená literatura a programy).

VYŠETŘENÍ PROVEDL: _____

DOPORUČENÁ LITERATURA A PROGRAMY PRO KOGNITIVNÍ TRÉNINK:

Počítačové programy či aplikace pro tablet/mobilní telefon:

- www.mentem.cz
- **Aplikace pro mobilní telefon či tablet:**
 - Dual n-back či Brain n-back (trénink pracovní paměti)
 - Lumosity: Brain Training (logické uvažování)
 - Acutil (logické uvažování, paměť, postřeh)
 - Mozkovna (vědomostní)
 - Sea hero quest (prostorová orientace, pozornost)
 - 100% (vizuální pozornost, pracovní paměť)
 - FlowFree (úsudek, plánování)
 - Slovo Mistr (slovní zásoba, dlouhodobá paměť)

Literatura:

- Trénink koncentrace, autor: Günther Beyer
- 90 testů, her a cvičení pro rozvoj myšlení, paměti a koncentrace, autor: Gareth Moore
- Trénink mozku, autor: Kawašima
- Kognitivní trénink v praxi, autoři: Volfová, Klucká
- Skupinové hry a cvičení paměti v každém věku, autor: Jitka Suchá
- Cvičení paměti pro každý věk, autor: Jitka Suchá
- Trénujte si paměť, autor: Jitka Suchá
- Jak si zlepšit paměť a koncentraci, autor: Lenka Šnajdrová

Ostatní:

- Kurzy trénování paměti:
http://www.trenovanipameti.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=109&lang=cz
- Jiné kurzy/přednášky (Centrum celoživotního vzdělávání):
<http://www.aktivnistari.eu/56-centrum-celozivotniho-vzdelavani-ccv>
- Pro procvičování kognitivních funkcí lze také využít běžně dostupné společenské hry (pexeso, Dobble atd.).
- Zároveň je důležitá i fyzická aktivita (např.: chůze, nordic walking, plavání, tai chi, pilates).
- Dostatek kvalitního spánku a odpočinku.

Pro případné dotazy/doporučení je možné kontaktovat Mgr. Zuzanu Frydrychovou (frydrychova.zuzka@gmail.com).