

Teze dizertační práce

Katedra psychologie, Filozofická fakulta Univerzity Karlovy v Praze
Studijní program psychologie, studijní obor klinická psychologie;

Vliv tréninku pracovní paměti na fluidní inteligenci u mladších seniorů

The impact of working memory training on fluid intelligence in
young-old adults

2014

Autorka práce: PhDr. Hana Štěpánková

Školitelka: PhDr. Markéta Niederlová, Ph.D.

Klíčová slova: stárnutí, kognitivní funkce, trénink

Key words: ageing, cognitive functions, training

Obsah

Východiska práce.....	1
Cíle dizertační práce	2
<i>Hypotézy</i>	3
Design	3
Soubor.....	4
Pre-test a metody měření transferu	4
Tréninkový úkol.....	5
Analýza dat	6
Výsledky	7
<i>Specifický efekt tréninku</i>	7
<i>Efekty transferu</i>	9
Diskuze	10
Závěr	12
Literatura.....	12

Východiska práce

Se stárnutím je spojen určitý pokles kognitivních funkcí lišící se na úrovni inter- i intra-individuální (Baltes & Lindenberger, 1997; Bugg, Zook, DeLosh, Davalos, & Davis, 2006; Park et al., 2002; Ryan, Sattler, & Lopez, 2000; Salthouse, 1996). Zlepšení výkonu vyšších kognitivních funkcí, jako např. paměti či fluidní inteligence (*Gf*), u starších osob bylo již cílem nespočetně snah, přičemž častým prostředkem bývá zvládnutí určitých kognitivních strategií (e.g. Ball et al., 2002; Schaie & Willis, 1986; Verhaeghen, Marcoen, & Goossens, 1992). Přestože se ukázalo, že starší lidé jsou schopni zlepšit své výkony v trénovaném úkolu, povětšinou se toto zlepšení přeneslo pouze do úkolů velmi úzce souvisejících s trénovanou doménou (e.g. Hayslip, 1989; Zelinski, 2009).

V posledních letech i v souvislosti s rozvojem počítačových technologií a sofistikovaných intervenčních designů, se výzkumy posunuly spíše ke zkoumání intervencí zaměřených více na “proces” (Lustig, Shah, Seidler, & Reuter-Lorenz, 2009). Stoupá počet důkazů o tom, že tréninkem pracovní paměti (WM) je možné docílit zlepšení dovedností souvisejících i s *Gf* (see e.g. Buschkuhl & Jaeggi, 2010; Morrison & Chein, 2011; Shipstead et al., 2012 – přehledové články). Předpokládá se, že WM je jedním z mechanismů, který je základem interindividuálních rozdílů ve vyšších kognitivních funkcích, např. fluidní inteligenci (např. Oberauer, Schulze, Wilhelm, & Süs, 2005) a dále, že WM a *Gf* sdílejí např. kapacitní omezení (např. Fukuda, Vogel, Mayr, & Awh, 2010; Halford, Cowan, & Andrews, 2007), či schopnost řešit/vyrovnat se s interferencí (Engle, 2002; Wiley, Jarosz, Cushen, & Colflesh, 2011). Jelikož se tyto procesy překrývají, existují hypotézy, že trénink WM umožní zlepšení výkonu v úkolech *Gf* (Jaeggi, Buschkuhl, Jonides, & Perrig, 2008; Buschkuhl & Jaeggi, 2010; Morrison & Chein, 2011). Téměř všechny WM intervence v poslední době využívají adaptivní techniky přizpůsobující se konkrétnímu člověku a jeho výkonům (např. Anguera et al., 2012; Buschkuhl et al., 2008; Chein & Morrison, 2010; Jaeggi, Buschkuhl, Jonides, & Perrig, 2008; Jaeggi, Buschkuhl, Jonides, & Shah, 2011; Jaeggi, Studer-Luethi, et al., 2010; Klingberg et al., 2005; Klingberg, Forssberg, & Westerberg, 2002; Loosli, Buschkuhl, Perrig, & Jaeggi, 2011; Richmond, Morrison, Chein, & Olson, 2011).

Nicméně, jen velmi málo studií se zabývá efektem tréninku WM u starších osob. Těch několik zveřejněných prací se velmi liší ve svých závěrech, a to od prakticky nulového efektu až po zásadní generalizace efektu (Melby-Lervåg & Hulme, 2013; Uttal et al., 2013; Zelinski, 2009). Tyto rozdíly ve výsledcích mohou

být důsledkem různých tréninkových paradigmat či ve výběru měřicích nástrojů či v konkrétních souborech (Jaeggi, Buschkuehl, Jonides, & Shah, 2012; Shah, Buschkuehl, Jaeggi, & Jonides, 2012).

Tato studie vychází z profesního zájmu autorky o problematiku stárnutí a kognitivních funkcí vyjádřenou již diplomovou i rigorózní prací, a ze zjištění publikovaných v souvislostech tréninku pracovní paměti u mladých dospělých osob – vysokoškolských studentů (Jaeggi et al., 2008). S jejími autory – Susanne Jaeggi a Martinem Buschkuehlem, dříve University of Michigan, nyní University of Irvine, California, jsme společně s Dr. Jiřím Lukavským z Akademie věd ČR navázali úzkou spolupráci při plánování této studie. Posléze se podíleli významnou měrou na zpracování dat a publikování výstupů (Stepankova et al., 2013; Štěpánková, Jaeggi, Lukavský, & Buschkuehl, 2012).

Původní výše uvedená studie (Jaeggi et al., 2008) se zaměřila na efekt tréninku pracovní paměti duálním adaptivním *n-back* programem. Ve studii byly 4 intervenované skupiny lišící se počtem absolvovaných lekcí (8, 12, 17 a 19 dnů-lekcí), $N=34$. Kontrolní skupina $N=35$. Program prezentoval simultánně 2 řady podnětů – vizuálně a auditivně. Byl zjištěn efekt tréninku na výkon v trénovaném úkolu se závislostí na počtu lekcí a rovněž byl zjištěn transfer efektu na výkon v matricovém typu testu *Gf*. Tato studie okamžitě vzbudila ohlas ve vědecké obci, a to jak pozitivní (Sternberg, 2008), tak negativní (Moody, 2009). *N-back* úkoly, neboli “*lag tasks*” se používají již déle než 50 let (Kirchner, 1958; Mackworth, 1959), často pro parametrické hodnocení procesů WM v kontextu neuro-zobrazovacích metod (Jaeggi, Buschkuehl, Perrig, & Meier, 2010; Owen, McMillan, Laird, & Bullmore, 2005).

V naší práci jsme se rozhodli ověřit efekt a transfer efektu adaptivního *n-back* tréninku u mladších seniorů.

Cíle dizertační práce

V rámci studie jsme stanovili tyto **výzkumné otázky**:

1. Dokáží mladší senioři tréninkem zlepšit svůj výkon v počítačově administrovaném trénovaném úkolu pracovní paměti (*n-back*), tzn. jsou schopni *n-back* zvládnout a zlepšovat se v něm?
2. Bude se výkon v trénovaném úkolu zlepšovat spolu s vyšším počtem odtrénovaných lekcí (tj. je možné najít „*dose-effect*“)?

3. Nalezneme po tréninku *n-back* zlepšení v standardních testech pracovní paměti, tedy blízký transfer (*near-transfer*)?
4. Nalezneme po tréninku *n-back* zlepšení v testech fluidní inteligence, tedy vzdálený transfer (*far-transfer*)?

Na základě výzkumných otázek jsme formulovali níže uvedené nulové hypotézy.

Hypotézy

H₀1: Výkon v *n-back* se u skupin po absolvování tréninkového programu pracovní paměti nebude lišit od výkonu pasivní kontrolní skupiny.

H₀2: Výkon v *n-back* se po absolvování tréninkového programu nebude lišit mezi dvěma intervenovanými skupinami, jež budou trénovat cca 10 a 20 lekcí.

H₀3: Výkon v pracovní paměti se u intervenovaných skupin po absolvování tréninkového programu pracovní paměti nebude lišit od výkonu pasivní kontrolní skupiny.

H₀4: Výkon v fluidní inteligenci se u intervenovaných skupin po absolvování tréninkového programu nebude lišit od výkonu pasivní kontrolní skupiny.

Design

Pro zjištění efektu tréninku jsme zvolili design randomizované kontrolované studie se 2 intervenovanými/experimentálními skupinami a 1 pasivní kontrolní skupinou. Randomizace do jedné ze 3 skupin proběhla na základě randomizačního schématu dle pohlaví a vzdělání zájemce o účast.

Všichni účastníci byli testováni 2x v intervalu cca 5-6 týdnů. Obě intervenované skupiny prošly tréninkem mezi těmito 2 vyšetřeními, lišily se v počtu odtrénovaných lekcí. Méně trénující skupina (Ex10) trénovala 7-12 x, více trénující skupina (Ex20) trénovala 18-23x. Kontrolní skupina netrénovala, neměnila svůj obvyklý režim a byla určena pro kontrolu efektu test-retest. Šlo tedy o pasivní kontrolní skupinu bez kontaktu (*no-contact passive control group*).

Studie byla schválena Etickou komisí Psychiatrického centra Praha (PCP) pod č.j. 122/09. Studie byla realizována v rámci Výzkumného záměru PCP MZ0PCP2005.

Všichni účastníci podepsali Informovaný souhlas.

Soubor

V rámci náboru se přihlásilo k účasti celkem 68 účastníků ve věku 65-75 let. Nábor byl prováděn pomocí webových stránek PCP, inzerátu v tisku určeném seniorům, letáků a snow-ball. Nábor a realizace probíhaly v letech 2009-2011.

Exkluzivními kritérii byla závažná somatická či duševní choroba, jež by bránila v účasti na studii (především depresivní - akutní fáze deprese; či bipolární porucha, nemoci z psychotického okruhu), závažné neurologické trauma; (především epilepsie), nekorigovaná zraková vada, afázie, Parkinsonism, aktuální chemo- či radioterapie pro onkologické onemocnění, diagnostikovaná či suspektní organická duševní porucha. Účastníci mohli trénovat buď na svém počítači nebo na zapůjčeném notebooku (využila jedna osoba). Účastníci trénovali sami doma, kontakt byl nabídnut pouze v souvislosti s potížemi s instalací či chodem počítačového programu. Data o realizovaných lekcích byla stáhnuta při post-testu (vyšetření na závěr tréninku). Všichni účastníci obdrželi finanční odměnu ve výši 500,- Kč na závěr post-testu. Všechny osoby bydlely samostatně, tj. nebyly institucionalizovány.

Finální soubor, po vyloučení osob, jež nedodržely z určitých důvodů protokol či nesplnily inkluzivní kritéria, čítal 65 osob (průměrný věk: 68 let; SD = 2,6; 47 žen; MMSE 30-27); viz tabulka 1 – demografická data všech 3 skupin. Skupiny se nelišily věkem, vzděláním, genderovým rozložením ani výsledky v pre-testu.

Tabulka 1. *Demografické informace.*

	Kontrolní skupina (CG)		Intervenovaná skupina (Ex10)		Intervenovaná skupina (Ex 20)	
	Průměr (<i>SD</i>)	Rozsah	Průměr (<i>SD</i>)	Rozsah	Průměr (<i>SD</i>)	Rozsah
Věk	68.08 (3.01)	65-74	67.95 (2.19)	65-72	68.38 (2.77)	65-74
Vzdělání (roky)	14.72 (2.78)	11-20	15.3 (3.18)	11-21	14.9 (3.11)	10-21
Gender	18 ž : 7 m		15 ž : 5 m		14 ž : 6 m	

Pozn.: Kontrolní skupina: N=25; Intervenované skupiny: N=20.

Pre-test a metody měření transferu

Vyšetření byla prováděna na pracovišti psychiatrické ambulance PCP anebo v domácnostech účastníků, dle jejich preference. Každé vyšetření trvalo cca 1,5 hodiny.

Obecný kognitivní status jsme hodnotili za pomoci Mini-Mental State Examination (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975), a dále byl proveden skrínink pro výskyt depresivní symptomatiky pomocí Geriatric Depression Scale-15 (Sheikh & Yesavage, 1986). Hraniční (cut-off) skór pro skrínink „normálních“ kognitivních funkcí byl stanoven MMSE 27 (Crum, Anthony, Bassett, & Folstein, 1993).

Pro zjištění specifického tréninku efektu jsme použili stejný úkol jako pro trénink: *n-back*. Závislou proměnnou byla průměrná úroveň *n* během vyšetření (během 20 úkolů).

V souladu se stanovenými hypotézami jsme zjišťovali transfer ve dvou doménách: WM a *Gf*. První cílový konstrukt, WM, byl zastoupen Číselným rozsahem (DS) a Řazením písmen a čísel (LNS), což jsou subtesty obsažené jak ve Wechsler Memory Scale-III (WMS III; Wechsler, 1997a), tak v Wechsler Adult Intelligence Scale-III (WAIS III; Wechsler, 1997b).

Druhý cílový konstrukt, *Gf*, byl operacionalizován pomocí 2 metod – Kostky (BD) a Matrice (MR). Obě metody patří mezi úlohy non-verbálního usuzování a jsou subtesty WAIS-III (Wechsler, 1997b). Oba testy jsou užívány často jako proxy pro *Gf* (např. Bugg et al., 2006) a jsou považovány za testy s vysokými *g* loadings (Roivainen, 2010).

U žádné z metod jsme nepoužili alternativní verze, tzn. stejné předlohy byly použity u pre-testu i post-testu.

Tréninkový úkol

Jako intervenci jsme použili vizuálně-verbální verzi *n-back* úkolu, jenž vycházel z jiných verzí počítačově administrované intervence použitých v dalších studiích (cf. Jaeggi et al., 2008; Jaeggi, Buschkuhl, Jonides, & Shah, 2011; Jaeggi, Buschkuhl, Perrig, & Meier, 2010). Úkolem bylo sledovat vždy sekvenci žlutých velkých písmen uprostřed modrého pozadí a mezeríkem označovat písmena shodná s písmenem *n* kroků zpět (u ostatních necílových stimulů nebyla vyžadována žádná odezva). Prezentační čas stimulu byl 500ms, a interval mezi stimuly byl 1,500ms. Každý trénink sestával z 20 úkolů, každý z nich trval cca 1 minutu a obsahoval 20 + *n* stimulů. Během každého úkolu bylo v náhodně generovaném pořadí prezentováno 6 cílů. Každý trénink trval cca 25 minut. Program se přizpůsoboval úrovni obtížnosti výkonům v předchozím úkole (0-2 chyby: úroveň *n* se zvýší v dalším úkole o 1; 3-5 chyb: úroveň *n* zůstává i v dalším úkole stejná; 6+ chyb: úroveň *n* se v dalším úkole

sníží o 1). Každý trénink začínal na úrovni $n=1$. Na konci každého tréninku byla podána zpětná vazba ve formě grafu, kde byla vyznačena úroveň n u všech 20 úkolů během absolvovaného tréninku. Každý účastník tak měl možnost rekapitulovat své výkony a svůj pokrok. Závislou proměnnou byla průměrná hodnota n dosažených v každém tréninku.

Zadání bylo podrobně vysvětleno všem během pre-testu. Každý účastník intervenovaných skupin obdržel podrobný písemný návod s instrukcemi pro instalaci i další práci s programem.

Analýza dat

Specifický efekt tréninku jsme počítali pomocí jednofaktorové ANCOVA, kde závislou proměnnou byly výkony v post-testu n-back, kovariantou data z pre-testu a příslušností ke skupině (CG, Ex10, Ex20) jako meziskupinovým faktorem. Naší hypotézou bylo, že obě trénované skupiny budou mít lepší výkony než CG, a že Ex 20 bude mít lepší výkony než Ex10. Za tímto účelem byly použity Helmertovy kontrasty na úrovni skupin (tj. CG vs Ex10 a Ex20; Ex10 vs Ex20).

Změnu v kognitivním výkonu v dalších měřených doménách jsme hodnotili pomocí dvou kompozitních skóřů. Ačkoliv náš výběr metod lze na teoretické úrovni zřetelně připsat WM (metody DS a LNS) a Gf (Metody BD a MR), rozhodli jsme se potvrdit toto dělení i statisticky. Proto jsme se zaměřili na korelační koeficienty mezi kompozitními skóřy a provedli na datech z pre-testu Principal Component Analysis, jež odhalila distinktivně 2 faktory vysvětlující 73% celkové variance. Dle očekávání, DS a LNS sytily jeden faktor, a MR a BD sytily druhý faktor, čímž byla potvrzena jejich vhodnost pro následnou kompozitní analýzu.

Pro každý úkol jsme sestavili standardizovaný skór v jednotkách SD: nejprve jsme vydělili pre-testové skóřy každého testu (DS, LNS, MR a BD) jeho standardní odchylkou (SD), post-testové skóřy jsme rovněž vydělili SD pre-testu. SD byla vypočítána ze všech 3 skupin dohromady. Nakonec byly zprůměrnovány standardizované skóřy z pre-testu a post-testu obou WM metod a Gf metod. Tyto kompozitní skóřy pak byly použity v následných analýzách.

Transfer jsme hodnotili jednofaktorovými ANCOVAMI - závislá proměnná post-test, kovarianta pre-test a příslušnost ke skupině (CG, Ex10, Ex20) jako meziskupinový faktor. Naší hypotézou bylo opět, že obě experimentální skupiny budou mít lepší výkon než CG, a že Ex 20 bude mít lepší výkon než Ex10. Následně

jsme pomocí Helmertových kontrastů porovnali transferové výkony na úrovni skupin (tj. CG vs Ex10 a Ex20; Ex10 vs Ex20).

Nakonec jsme korelovali zlepšení v WM a G_f se zlepšením v n-back, abychom zjistili vztah mezi zlepšením v tréninku a velikostí transferu. Pro toto zjištění jsme použili neparametrický Spearmanův koeficient korelace, neboť jsme neočekávali linearitu vztahu.

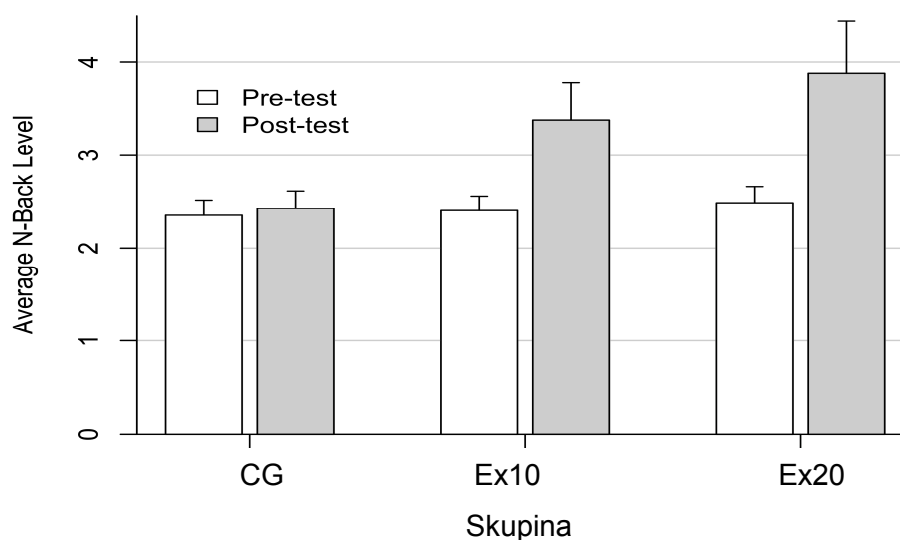
Výsledky

Specifický efekt tréninku

ANCOVA analyzující specifické tréninkové zlepšení mezi pre-testem a post-testem n-backu, ukázala, že kovarianta (pre-test) měla signifikantní vztah k post-testovému výkonu ($F(1,60) = 9,56$; $p < 0,001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0,14$). Dále se ukázal signifikantní vliv skupiny, a to po kontrole pre-testového výkonu ($F(1,61) = 13,30$; $p < 0,001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0,31$).

Účastníci Ex10 zlepšili své skóre o 0,97 (SD = 0,85) úrovní n-back, a účastníci Ex20 o 1,39 (SD = 1,22) úrovní n-back. Kontrolní skupina zůstala na svých původních výkonech (zlepšení = 0,07; SD = 0,40), viz Graf 1.

Plánované kontrasty ukázaly, že bez ohledu na počet odtrenovaných dní, experimentální skupiny signifikantně zlepšily svůj výkon v trénovaném úkolu oproti skupině kontrolní ($t(60) = 4,64$; $p < 0,001$ (one-tailed); $r = 0,54$). Dále se ukázal trend většího zlepšení u Ex20 oproti Ex10 ($t(60) = 1,54$; $p = 0,06$ (one-tailed); $r = 0,19$).



Graf 1.

Tabulka 2. Deskriptivní údaje pro všechna měřítka pre- a post-testu na manifestní i konstruktové úrovni jako funkce skupiny. *P*-hodnoty jsou založeny na párových *t*-testech(post-test vs. pre-test).

	N	Pre-test				Post-test				<i>p</i>	Effect size (Cohenovo <i>d</i>)
		Průměr	SD	Min	Max	Průměr	SD	Min	Max		
Experimentální skupina (10 lekcí)											
n-back	20	2.4	0.36	1.75	2.9	3.38	0.92	2.4	5.8	***	1.39
Číselný rozsah	20	18.65	3.7	12	24	20.25	4.01	12	28	**	0.41
Řazení písmen a čísel	20	9.5	1.5	7	12	10.4	2.26	7	15	*	0.47
Kostky	20	42.25	8.89	25	58	46.2	8.84	25	64	**	0.45
Matrice	20	18.15	4.23	10	23	20.25	3.77	10	25	**	0.52
<i>WM (kompozitní skór)</i>	20	4.86	0.79	3.35	6.20	5.30	1.01	3.35	7.48	***	0.49
<i>Gf (kompozitní skór)</i>	20	4.36	0.77	2.61	5.32	4.81	0.73	3.04	5.71	***	0.60
Experimentální skupina (20 lekcí)											
n-back	20	2.49	0.4	1.9	3.35	3.88	1.29	2.65	7.4	***	1.46
Číselný rozsah	20	18.95	3.49	14	27	20.5	3.53	14	29	*	0.44
Řazení písmen a čísel	20	9.75	2.49	4	14	10.6	2.62	5	14	0.09	0.33
Kostky	20	38.35	8.68	22	51	44.9	8.77	31	57	***	0.75
Matrice	20	17.5	4.45	8	24	21.1	2.95	15	25	**	0.95
<i>WM (kompozitní skór)</i>	20	4.97	0.91	3.15	7.10	5.38	1.01	3.53	7.37	*	0.43
<i>Gf (kompozitní skór)</i>	20	4.06	0.84	2.34	5.15	4.83	0.72	3.38	5.93	***	0.98
Pasivní kontrolní skupina											
n-back	25	2.35	0.41	1.5	3.15	2.43	0.47	1.7	3.6	0.38	0.18
Číselný rozsah	25	17.44	3.86	10	25	18.4	3.8	13	24	0.09	0.25
Řazení písmen a čísel	25	9.96	2.03	7	14	9.64	1.78	7	12	0.32	-0.17
Kostky	25	36.92	8.46	24	55	39.84	9.52	23	57	*	0.32
Matrice	25	15.76	4.93	4	23	17.04	5.02	6	24	*	0.26
<i>WM (kompozitní skór)</i>	25	4.81	0.90	3.33	6.32	4.86	0.84	3.48	6.20	0.67	0.06
<i>Gf (kompozitní skór)</i>	25	3.80	0.87	1.79	4.95	4.10	0.92	2.12	5.72	**	0.34

Pozn.: **p*<0,05, ***p*<0,01, ****p*<0,001.

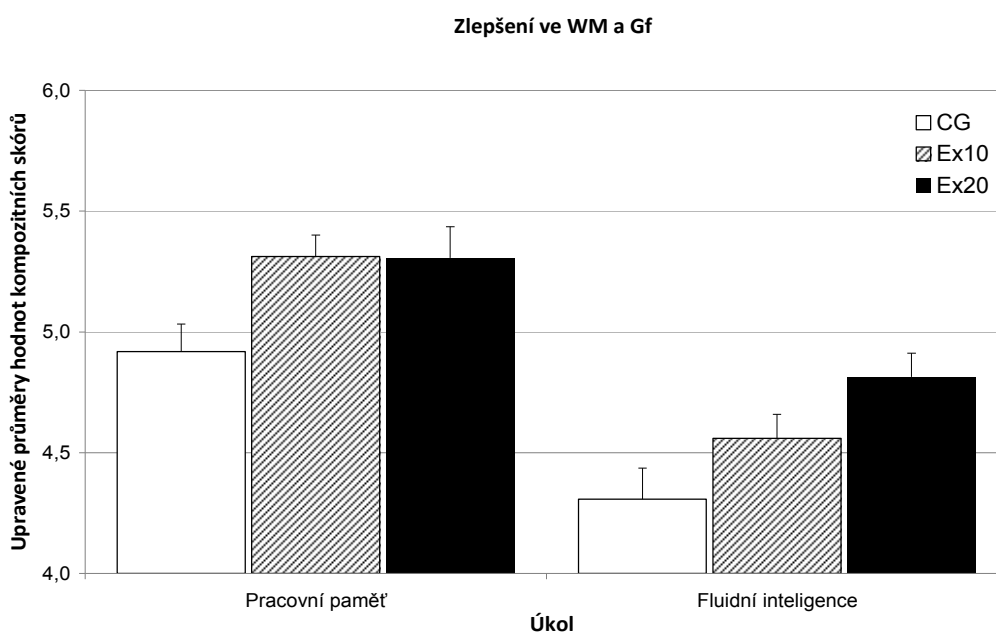
Efekty transferu

Deskriptivní údaje všech pre- a post-testových úkolů jsou v Tab. 2 (funkce skupiny). Mezi skupinami nebyl žádný signifikantní rozdíl v hodnotách během pre-testu, a to ani v manifestních ani v kompozitních proměnných (vše $F < 2,5$).

Pracovní paměť: výkon v pre-testu měl signifikantní vztah k výkonu v post-testu ($F(1,61) = 108,76$; $p < 0,001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0,64$), viz Graf 2. Plánované kontrasty ukázaly, že bez ohledu na počet odtrénovaných dní, experimentální skupiny signifikantně zlepšily svůj výkon v WM oproti skupině kontrolní ($t(61) = 2,68$; $p < 0,01$ (one-tailed); $r = 0,32$). Kontrast mezi Ex10 a Ex20 byl nesignifikantní ($p = 0,49$ (one-tailed)).

Fluidní inteligence: výkon v pre-testu měl signifikantní vztah k výkonu v post-testu ($F(1,61)=149,03$; $p<0,001$; $\eta^2_{\text{partial}}=.71$), viz Graf 2. Plánované kontrasty ukázaly, že bez ohledu na počet odtrénovaných dní, experimentální skupiny signifikantně zlepšily svůj výkon v Gf oproti skupině kontrolní ($t(61) = 3,29$; $p < 0,001$ (one-tailed); $r = 0,39$). Dále, účastníci Ex20 dosáhli signifikantně vyššího zlepšení oproti Ex10 ($t(61) = 1,83$; $p < 0,05$ (one-tailed); $r = 0,23$).

Spearmanovou korelací jsme zkoumali vztah mezi zlepšením v n-back a zlepšeními v WM a Gf. Zjistili jsme, že zlepšení v n-back pozitivně korelovalo se zlepšeními v WM (Spearman $\rho = 0,32$; $p < 0,05$) i Gf (Spearman $\rho = 0,26$; $p < 0,05$).



Graf 2.

Diskuze

V rámci této studie jsme zjistili, že starší jedinci dokáží signifikantně zlepšit své výkony ve vizuálně-verbálním *n-back* úkolu, a to během 10 či 20 tréninků, tedy v obou sledovaných experimentálních skupinách oproti skupině kontrolní bezkontaktní ($p < 0,001$). Nulovou hypotézu H_{01} tedy zamítáme, neboť jsme v post-testu zjistili statisticky signifikantní rozdíl mezi výkony účastníků experimentálních skupin a kontrolní skupiny.

Vzhledem k zjištěnému pouhému trendu zlepšení v trénovaném úkolu *n-back* ($p = 0,06$) u skupiny trénující více (Ex20) oproti skupině méně trénující (Ex10) nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu H_{02} .

Významným zjištěním jsou pozorované efekty blízkého transferu na doménu pracovní paměti a vzdáleného transferu na doménu fluidní inteligence vyjádřené kompozitními skóry testů WM a *Gf*, čímž jsme zopakovali a rozšířili předchozí studie s mladými jedinci a dětmi (Jaeggi et al., 2008, 2010, 2011). Nulové hypotézy H_{03} a H_{04} týkající se efektu tréninku do domén pracovní paměti a fluidní inteligence tedy obě zamítáme, neboť jsme zjistili statisticky významný rozdíl mezi výsledky v pre-testu a post-testu u experimentálních skupin, a to s přihlédnutím k výkonům kontrolní skupiny.

Z pozitivního vztahu mezi zlepšením v tréninku a obou pozorovaných cílových konstruktů můžeme usuzovat na to, že intervence byla přispívajícím faktorem transferu (Chein & Morrison, 2010; Jaeggi et al., 2011; von Bastian & Oberauer, 2013; Zhao, Wang, Liu, & Zhou, 2011).

A dále, absolvování vyššího počtu tréninků vedlo k většímu zlepšení v *Gf*, což je konzistentní se zjištěními jiných studií (Basak et al., 2008; Dahlin, Bäckman, Neely, & Nyberg, 2009; Jaeggi et al., 2008).

Dosud bylo u starších osob obtížné doložit jasné důkazy transferu, který jde až za úkoly, které se blíže váží k úkolu trénovanému (např. Buschkuhl et al., 2008; Dahlin, Neely, Larsson, Backman, & Nyberg, 2008; Li et al., 2008; Zinke, Zeintl, Eschen, Herzog, & Kliegel, 2011). Nicméně, naše výsledky doplňují současné znalosti o důkaz možnosti ovlivnění vizuoprostorových schopností v úkolech *Gf* (Uttal et al., 2013), a specifitěji přispívají k několika málo dosud provedených studiím zpravujícím o transferu na tyto schopnosti po absolvování tréninku pracovní paměti u starších osob. Naše studie dokládá, že trénink, který není vizuo-prostorového charakteru má dopad na měřítko *Gf*, jež vizuo-prostorová jsou, a tudíž že se

mechanismy *n-back* tréninku a transferu nezakládají na materiálově specifických procesech (viz též Borella, Carretti, Riboldi, & De Beni, 2010).

Otázkou je, proč došlo k efektu závislosti na délce tréninku v *Gf*, ale nikoli ve WM. Zajímavé je, že podobný jev jsme pozorovali i původní studii u mladých osob, tj. efekt závislosti na délce tréninku u *Gf* po tréninku dovedností pracovní paměti, a zlepšení ve WM bez ohledu na délku tréninku (Jaeggi et al., 2008). Jedním z možných vysvětlení tohoto vzorce výsledků je, že efektů WM je snadnější dosáhnout z důvodů specifčnosti domény, tedy protože je větší překryv mezi trénovaným úkolem a WM úkoly, a tak ke zlepšení WM dochází bez ohledu na frekvenci tréninku. Případně, starší osoby mohou dosahovat jejich hranice kapacity pracovní paměti celkem rychle (Reuter-Lorenz & Cappell, 2008; Schneider-Garces et al., 2010), tj. během 10 dnů tréninku. Oproti tomu může být více prostoru pro zlepšení vizuoprostorových dovedností *Gf*, neboť výkony v těchto úlohách vyházejí z procesů WM a rovněž z dalších procesů, jež se nedostávají ke svým limitům tak rychle. V kognitivní doméně mohou takovými procesy být zlepšená schopnost potlačit rušivé vlivy, kontrola pozornosti, rychlost zpracování či strategické změny (Jaeggi et al., 2008, 2010; Morrison & Chein, 2011). Kromě toho mohou svou roli hrát i nekognitivní procesy, jako je zvýšená sebedůvěra a self-efficacy, snížená úzkostnost a vytrvalost setrvat v úkolu a nevzdat ho bez ohledu na jeho obtížnost, což jsou všechno bezpochyby požadavky pro dobré výkony v adaptivním *n-back* úkolu, a i v měřítkách usuzování (Borella et al., 2010; Carretti, Borella, Zavagnin, et al., 2013; Duckworth, Peterson, Matthews, & Kelly, 2007; B. J. Hayslip, Maloy, & Kohl, 1995; B. Hayslip, 1989; Chein & Morrison, 2010; Jaeggi et al., 2011).

Zjištěný efekt závislosti na délce tréninku spolu s pozitivní korelací zlepšení v trénovaném *n-back* úkolu a zlepšení v obou kritériích nám dává silné důkazy o tom, že efekt transferu je skutečně výsledkem intervence a nikoli faktorů nezávislých na tréninku jako je kupříkladu bias očekávání (též Basak et al., 2008; Chein & Morrison, 2010; Jaeggi et al., 2008, 2011).

Použitím nesupervidovaného tréninku odpadly některé nespecifické efekty. Efekt tréninku je tedy dán samotnou aktivitou účastníků nikoli sociálním vlivem lektora či skupiny, které mohou rovněž moderovat kognitivní výkony (srovnej např. Verhaeghen et al., 1992; Ybarra et al., 2008).

Určitým omezujícím faktorem této studie je mladší věk (65-75 let) účastníků a rovněž jejich vyšší vzdělání, než je obvyklé v ČR pro tuto věkovou skupinu. Vyšší vzdělání zájemců o výzkum je nicméně celosvětovým fenoménem (Lezak, Howieson,

Bigler, & Tranel, 2012, s. 296). Pravděpodobně proto jsme pozorovali již v pre-testu poměrně vysokou úroveň výkonů ve všech testech. Tato omezení vedou k nižší generalizovatelnosti závěrů. Ovšem, tyto vyšší vstupní výkony mohou mít na druhou stranu vyústit v menší prostor pro zlepšení a je možné, že účastníci s nižším vzděláním by dosáhli větších zlepšení. Dalším omezením se mohou jevit stejné verze testů použité při pre- i post-testu. Toto bylo však ošetřeno statistickými metodami, užitím kontrolní skupiny, a je to postup využitý i při významným studiích (např. studie ACTIVE: Jobe et al., 2001; a dále např. Schmiedek, Lövdén, & Lindenberger, 2010; von Bastian & Oberauer, 2013).

Diskuze je dále rozvedena v samotné dizertační práci.

Závěr

Tato práce přes svá omezení přispívá k důkazům svědčícím pro generalizující efekt intervence verbálním n-back tréninkem u starších osob na výkony pracovní paměti i fluidní inteligence. Kromě pozitivního efektu projevujícího se zlepšením v obou sledovaných doménách na úrovni latentních proměnných jsme zjistili efekt dávky. To znamená, že u účastníků, kteří absolvovali vyšší počet tréninků, došlo k většímu zlepšení v testech fluidní inteligence. Tímto zaměřením i výsledkem momentálně patří tato práce mezi jedinečné studie, neboť dosud bylo publikováno jen málo studií podobných.

Tato studie tedy podporuje využití počítačově administrovaných, snadno dosažitelných programů s cílem zlepšení kognitivních funkcí u stárnoucí populace, jež mohou být snadno používány v domácím prostředí. Tento a podobné typy nesupervidovaných tréninkových programů jsou významné z aplikovaného pohledu, neboť jsou ekonomicky dostupné a vyžadují minimální nároky na personální zajištění jejich provozu.

Další studie by měly prokázat pozitivní vliv a různé typy transferu na početnějších a více heterogenních souborech (věkem, vzděláním, schopnostmi, apod.) tak, aby bylo možno více objasnit generalizovatelnost tréninků pracovní paměti a procesy spojující různé kognitivní funkce a ovlivňující tak jejich zlepšení.

Literatura

Anguera, J. A., Bernard, J. A., Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Benson, B. L., Jennett, S., ... Seidler, R. D. (2012). The effects of working memory resource depletion

- and training on sensorimotor adaptation. *Behavioural brain research*, 228(1), 107–115.
- Ball, K., Berch, D. B., Helmers, K. F., Jobe, J. B., Leveck, M. D., Marsiske, M., ... Willis, S. L. (2002). Effects of cognitive training interventions with older adults: a randomized controlled trial. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 288(18), 2271–2281.
- Baltes, P. B., & Lindenberger, U. (1997). Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life span: a new window to the study of cognitive aging? *Psychology and Aging*, 12(1), 12–21.
- Basak, C., Boot, W. R., Voss, M. W., & Kramer, A. F. (2008). Can training in a real-time strategy video game attenuate cognitive decline in older adults? *Psychology and Aging*, 23(4), 765–777.
- Borella, E., Carretti, B., Riboldi, F., & De Beni, R. (2010). Working memory training in older adults: Evidence of transfer and maintenance effects. *Psychology and Aging*, 25, 767–778.
- Bugg, J. M., Zook, N. A., DeLosh, E. L., Davalos, D. B., & Davis, H. P. (2006). Age differences in fluid intelligence: Contributions of general slowing and frontal decline. *Brain and Cognition*, 62, 9–16.
- Buschkuehl, M., & Jaeggi, S. M. (2010). Improving intelligence: a literature review. *Swiss Medical Weekly*, 140(19-20), 266–272.
- Buschkuehl, M., Jaeggi, S. M., Hutchison, S., Perrig-Chiello, P., Däpp, C., Müller, M., ... Perrig, W. J. (2008). Impact of working memory training on memory performance in old-old adults. *Psychology and Aging*, 23, 743–753.
- Crum, R. M., Anthony, J. C., Bassett, S. S., & Folstein, M. F. (1993). Population-Based Norms for the Mini-Mental State Examination by Age and Educational Level. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 269(18), 2386–2391.
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, 11(1), 19–23.
- 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.
- 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.
- Halford, G. S., Cowan, N., & Andrews, G. (2007). Separating cognitive capacity from knowledge: a new hypothesis. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(6), 236–242.
- Hayslip, B. (1989). Fluid ability training with aged people: A past with a future? *Educational Gerontology*, 15(6), 573–595.
- Chein, J. M., & Morrison, A. B. (2010). Expanding the mind’s workspace: training and transfer effects with a complex working memory span task. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(2), 193–199.
- Jaeggi, S. M., Buschkuehl, M., Jonides, J., & Perrig, W. J. (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(19), 6829–6833.
- Jaeggi, S. M., Buschkuehl, M., Jonides, J., & Shah, P. (2011). Short- and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(25), 10081–10086.
- Jaeggi, S. M., Buschkuehl, M., Jonides, J., & Shah, P. (2012). Cogmed and working memory training—Current challenges and the search for underlying mechanisms. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1(3), 211–213.

- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Perrig, W. J., & Meier, B. (2010). The concurrent validity of the N-back task as a working memory measure. *Memory, 18*, 394–412.
- Jaeggi, S. M., Studer-Luethi, B., Buschkuhl, M., Su, Y.-F., Jonides, J., & Perrig, W. J. (2010). The relationship between n-back performance and matrix reasoning — implications for training and transfer. *Intelligence, 38*, 625–635.
- Jobe, J. B., Smith, D. M., Ball, K., Tennstedt, S. L., Marsiske, M., Willis, S. L., ... Kleinman, K. (2001). ACTIVE: a cognitive intervention trial to promote independence in older adults. *Controlled Clinical Trials, 22*(4), 453–479.
- Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology, 55*, 352–358.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., ... Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD--a randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 44*(2), 177–186.
- Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 24*(6), 781–791.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (Ed.). (2012). *Neuropsychological assessment* (5th edition.). New York: Oxford University Press.
- Loosli, S. V., Buschkuhl, M., Perrig, W. J., & Jaeggi, S. M. (2011). Working memory training improves reading processes in typically developing children. *Child Neuropsychology, 1*–17.
- Lustig, C., Shah, P., Seidler, R., & Reuter-Lorenz, P. A. (2009). Aging, Training, and the Brain: A Review and Future Directions. *Neuropsychology Review, 19*, 504–522.
- Mackworth, J. F. (1959). Paced memorizing in a continuous task. *Journal of Experimental Psychology, 58*, 206–211.
- Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A Meta-Analytic Review. *Developmental Psychology, 49*(2), 270–291.
- Moody, D. E. (2009). Can intelligence be increased by training on a task of working memory? *Intelligence, 37*, 327–328.
- Morrison, A. B., & Chein, J. M. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic Bulletin & Review, 18*(1), 46–60.
- Oberauer, K., Schulze, R., Wilhelm, O., & Süß, H.-M. (2005). Working memory and intelligence--their correlation and their relation: comment on Ackerman, Beier, and Boyle (2005). *Psychological bulletin, 131*(1), 61–65; author reply 72–75.
- Owen, A. M., McMillan, K. M., Laird, A. R., & Bullmore, E. (2005). N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human Brain Mapping, 25*, 46–59.
- Park, D. C., Lautenschlager, G., Hedden, T., Davidson, N. S., Smith, A. D., & Smith, P. K. (2002). Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging, 17*, 299–320.
- Richmond, L. L., Morrison, A. B., Chein, J. M., & Olson, I. R. (2011). Working memory training and transfer in older adults. *Psychology and Aging.*
- Roivainen, E. (2010). European and American WAIS III norms: Cross-national differences in performance subtest scores. *Intelligence, 38*, 187–192.
- Ryan, J. J., Sattler, J. M., & Lopez, S. J. (2000). Age effects on Wechsler Adult Intelligence Scale-III subtests. *Archives of Clinical Neuropsychology: The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists, 15*(4), 311–317.

- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, *103*(3), 403–428.
- Shah, P., Buschkuhl, M., Jaeggi, S., & Jonides, J. (2012). Cognitive training for ADHD: The importance of individual differences. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, *1*(3), 204–205.
- Sheikh, J. I., & Yesavage, J. A. (1986). Geriatric Depression Scale (GDS): Recent evidence and development of a shorter version. *Clinical Gerontologist*, *5*, 165–173.
- Shipstead, Z., Redick, T. S., & Engle, R. W. (2012). Is working memory training effective? *Psychological Bulletin*, *138*(4), 628–654.
- Schaie, W. K., & Willis, S. L. (1986). Can decline in adult intellectual functioning be reversed. *Developmental Psychology*, *22*(2), 223–232.
- 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*.
- Sternberg, R. J. (2008). Increasing fluid intelligence is possible after all. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *105*(19), 6791–6792.
- Štěpánková, H., Jaeggi, S., Lukavský, J., & Buschkuhl, M. (2012). Počítačový trénink pracovní paměti u starších lidí. *Sborník z konference Stárnutí 2012*, 154–160.
- Štěpánková, H., Lukavský, J., Buschkuhl, M., Kopeček, M., Řípková, D., & Jaeggi, S. M. (2014). The malleability of working memory and visuospatial skills: A randomized controlled study in older adults. *Developmental Psychology*, *50*(4), 1049–59.
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: a meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, *139*(2), 352–402.
- 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.
- Von Bastian, C. C., & Oberauer, K. (2013). Distinct transfer effects of training different facets of working memory capacity. *Journal of Memory and Language*, *69*(1), 36–58.
- Wechsler, D. (1997a). Wechsler Adult Intelligence Scale, Third Edition. NCS Pearson, Inc.
- Wechsler, D. (1997b). Wechsler Memory Scale - Third Edition. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Wiley, J., Jarosz, A. F., Cushen, P. J., & Colflesh, G. J. H. (2011). New rule use drives the relation between working memory capacity and Raven's Advanced Progressive Matrices. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, *37*(1), 256–263.
- Ybarra, O., Burnstein, E., Winkielman, P., Keller, M. C., Manis, M., Chan, E., & Rodriguez, J. (2008). Mental exercising through simple socializing: Social interaction promotes general cognitive functioning. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *34*(2), 248–259.
- Zelinski, E. M. (2009). Far transfer in cognitive training of older adults. *Restorative neurology and neuroscience*, *27*(5), 455–471.
- Zhao, X., Wang, Y., Liu, D., & Zhou, R. (2011). Effect of updating training on fluid intelligence in children. *Chinese Science Bulletin*, *56*(21), 2202–2205.