

Efektywność treningu pamięci roboczej z użyciem zadania *n-back* w grupie osób starszych

The effectiveness of working memory training with the use of *n-back* task in a group of older adults

Agnieszka Chojak

Wydział Psychologii, SWPS Uniwersytet Humanistycznospołeczny w Warszawie

Neuropsychiatria i Neuropsychologia 2019; 14, 1–2: 9–16

Adres do korespondencji:

Agnieszka Chojak
Wydział Psychologii
SWPS Uniwersytet Humanistycznospołeczny
ul. Chodakowska 19/31
03-815 Warszawa, Polska
e-mail: achojak@st.swps.edu.pl

Streszczenie

Cel pracy: Celem badania była ocena efektywności treningu pamięci roboczej. Dotąd większość badań dotyczących treningów *n-back* zostało przeprowadzonych w grupach osób młodych u szczytu możliwości poznawczych. Niniejsze badanie adresowane było do grupy osób starszych powyżej 60. roku życia ($N = 30$).

Materiał i metody: W badaniu brali udział ochotnicy, którzy zostali losowo przydzieleni do grup badawczych. Oceniano efektywność treningów w badanych grupach (z zadaniem *n-back* w grupie eksperymentalnej i quizem wiedzy ogólnej w grupie kontrolnej). Badani wykonali serię testów poznawczych przed i po 25-dniowym treningu, z użyciem zadań kryterialnych mierzących określone funkcje poznawcze: zadanie Sternberga, Operation Span (OSPAN), Running Memory Span, Task Switching oraz Linear Syllogism. Uczestnicy badania wykonywali zadania ok. 20 minut dziennie przez internet.

Wyniki: Korzyści z treningu były porównywalne w obu grupach – nie znaleziono istotnych statystycznie różnic między grupami w efektach treningu. W większości zadań obie grupy poprawiły wyniki w drugim pomiarze. Jediną przewagą treningu *n-back* były istotnie statystycznie krótsze czasy reakcji w trudniejszych warunkach w zadaniu Sternberga, co może być przykładem transferu bliskiego.

Wnioski: Liczne badania pokazują, że sprawność funkcji wykonawczych obniża się z wiekiem, co wskazuje, że osoby starsze to potencjalni odbiorcy treningów pamięci roboczej. Niniejsze badanie nie ujawniło różnic w efektywności treningów zastosowanych w badaniu. Wskazane są dalsze badania na liczniejszych grupach, by oszacować potencjalne efekty treningów pamięci roboczej wśród osób starszych.

Słowa kluczowe: pamięć robocza, zadanie *n-back*, starzenie, neuroplastyczność.

Abstract

Aim of the study: The aim of the study was to assess the effectiveness of working memory (WM) training. The vast majority of *n-back* training studies were conducted on populations of young people at the peak of their cognitive functioning. This study addressed the population of people over 60 years old ($N = 30$).

Material and methods: Volunteers were randomly assigned to training groups. Effectiveness of trainings (*n-back* task in the experimental group and general knowledge quiz in the active control group) was examined across training groups. Participants were tested before and after a 25-day training regime, with the use of following tasks: Sternberg, Linear Syllogisms, Go No Go, Task Switching, Running Span, and Operation Span (OSPAN). Participants trained for about 20 minutes per day via the Internet.

Results: Training gains were similar in both groups – there were no significant differences in changes of results between both groups. In most of the tasks the groups achieved better results in the second measurement. The advantage of *n-back* training were significantly shorter reaction times in difficult conditions in the Sternberg task, which can serve as an example of near transfer.

Conclusions: Numerous studies show that some cognitive functions decrease with age, so the potential beneficiaries of WM training are older people. This study did not show differences in the effectiveness of the training methods used in this study. Further studies with larger samples are recommended to evaluate the possible effectiveness of WM training in older people.

Key words: working memory, *n-back* task, aging, neuroplasticity.

Wstęp

Badania nad interwencjami poznawczymi od wielu lat inspirują naukowców (Thorndike i Woodworth 1901). Ludzie zawsze pragnęli pozostać przez całe życie w pełni sił umysłowych. To wewnętrzne pragnienie – choć towarzyszy nam na różnych etapach życia – nabiera znaczenia, gdy człowiek się starzeje. Starsze osoby chcą nadal wieść satysfakcjonujące życie. Pragną być pełnoprawnymi, aktywnymi członkami społeczeństwa, czemu może sprzyjać ich mądrość (McDonough 2016). Obecnie społeczeństwa się starzeją, a dzięki lepszemu odżywianiu, bezpiecznemu środowisku, opiece zdrowotnej i wielu innym czynnikom ludzie żyją dłużej niż kiedykolwiek wcześniej. Oczekiwana długość życia w Stanach Zjednoczonych wykazuje stały wzrost (Cacioppo i Cacioppo 2018). W 2015 r. w USA średnia trwania życia kobiet była szacowana na 81 lat, a mężczyzn na 76 lat (McDonough 2016). W krajach Europy Środkowo-Wschodniej w ostatnich latach również obserwuje się wzrost oczekiwanej długości życia (Aburto 2018). W Polsce trend jest także rosnący – w 2017 r. średnia długość życia wynosiła 81,8 roku dla kobiet i 74,0 lat dla mężczyzn (Rutkowska i wsp. 2018). Biorąc pod uwagę powyższe kwestie, należy podjąć wyzwanie, by wspierać starzejących się ludzi, aby pozostali jak najdłużej aktywni i mogli cieszyć się życiem.

Procesy neuroplastyczności mózgu mogą działać na korzyść starzejących się osób, ale wymagają zaangażowania w stymulujące aktywności. Popularna filozofia „używaj albo trać” (*use it or lose it*) może być drogowskazem dla starszych dorosłych, by angażowali się w praktykowanie różnych umiejętności, bowiem w przeciwnym razie ryzykują ich utratę (Mahncke i wsp. 2006; Salthouse 2006; Calero i Navarro 2007; Li i wsp. 2008; Gallen i wsp. 2016). Badania wskazują, że procesy neuronalnej plastyczności trwają przez całe życie, a stymulacja poznawcza środowiska przyczynia się do utrzymania oraz usprawnienia funkcjonowania poznawczego aż do późnej starości. Z wielu badań wynika, że długotrwałe zaangażowanie w kognitywnie stymulujące aktywności może wpływać na strukturę neuronalną, również u starszych osób (Ball i wsp. 2010). Badania z wykorzystaniem fMRI oraz elektroencefalografii pokazały, że usprawnione funkcjonowanie poznawcze w następstwie treningów poznawczych jest związane ze zmianami neuroplastycznymi (Valenzuela i wsp. 2003, za: Angelucci i wsp. 2015) i neuroplastycznością (Berry i wsp. 2010, za: Angelucci i wsp. 2015).

W modelu funkcji zarządzających Akiry Miyakego (2000) wyróżnia się procesy przerzutności uwagi, hamowania i aktualizowania informacji w pamięci roboczej. Wyniki wielu badań w grupach osób w starszym wieku pokazują obniżenie sprawności działania funkcji zarządzających wraz z wiekiem (Byczewska-Konieczny 2017; Schmiedek i wsp. 2010; Nagel i Lindenberger 2015; Weinstein 2017), w tym pamięci roboczej (Klencklen i wsp. 2017). Pamięć robocza to „pracownia umysłu” (Verhaeghen 2012) i jej działanie ma istotne znaczenie w funkcjonowaniu poznawczym – jest zaangażowana w większość zadań kognitywnych, a jej sprawne działanie odgrywa kluczową rolę w codziennym życiu (Nagel i Lindenberger 2015). W takim kontekście trening pamięci roboczej mógłby być brakującym ogniwem w zapewnieniu ciągłości sprawnego funkcjonowania przez długie lata.

Pionierskie badanie Jaeggi i wsp. (2008) zapoczątkowało wciąż aktualną debatę dotyczącą efektywności treningów pamięci roboczej. Przegląd literatury ukazuje niespójne wyniki badań oraz przedstawia zarówno entuzjastyczne, jak i krytyczne opinie na temat możliwości wpływu treningów pamięci roboczej na poprawę funkcjonowania poznawczego. Początkowe wyniki badań były bardzo obiecujące (Jaeggi i wsp. 2008) i niektórzy badacze są przekonani o ich skuteczności (Shah i wsp. 2014; Karbach i Kray 2009; Borella i wsp. 2010; von Bastian i Oberauer 2013; Au i wsp. 2016). Metaanaliza wyników badań z zastosowaniem treningu zadaniem *n-back* (Soveri i wsp. 2017) pokazała średniej wielkości efekt transferu do nietreningowanych zadań *n-back* i bardzo małe wielkości efektu dla funkcji zarządzających. Jednak treningi zadaniem *n-back* były przedmiotem szerokiej krytyki (Richmond i wsp. 2010; Owen i wsp. 2010; Redick i wsp. 2013; von Bastian i Oberauer 2013; Melby-Lervåg i Hulme 2015) z powodu ograniczeń już na etapie planowania badań (małe próby badane, bierna grupa kontrolna, inne niż losowe przydzielenie badanych do grup badanych), rozbieżności wyników (wyłącznie transfer bliski, wyłącznie transfer daleki, zarówno transfer bliski, jak i daleki, brak transferu) oraz niedociągnięć metodologicznych (np. zastosowanie wyłącznie jednego zadania w celu pomiaru funkcji poznawczych, brak podstaw teoretycznych).

Wiele z badań nad efektywnością treningów pamięci roboczej wykonano u osób młodych u szczytu możliwości poznawczych. Au i wsp. (2016) zademonstrowali pozytywny metaanalizyczny efekt treningów pamięci roboczej u osób w przedziale wiekowym 18–50 lat i zareko-

mendował przeprowadzenie dalszych badań w starszych populacjach.

Niniejsze badanie wnosi wkład do badań nad potencjalną efektywnością treningu zadaniem *n-back* u osób starszych. Jego celem była ocena efektywności tego typu treningu w grupie badanych powyżej 60. roku życia. Zebrana baza danych pochodzi z trudno dostępnej populacji (małe miasteczka i wsie). W badaniu weryfikowano hipotezę o większej skuteczności treningu w grupie eksperymentalnej (z wykorzystaniem treningu zadaniem *n-back*).

Materiał i metody

Niniejsze badanie przeprowadzone zostało w powiązaniu z projektem „Psychofizjologiczne wyznaczniki trwałości efektów treningów poznawczych u osób starszych”, numer projektu 2011/03/B/HS6/04458, finansowanym ze środków Narodowego Centrum Nauki. Projekt badawczy został dopuszczony do realizacji przez Komisję ds. Etyki Badań Naukowych Wydziału Psychologii Uniwersytetu SWPS. Badania ochotników i treningi trwały od września do grudnia 2017 r.

Osoby badane

W badaniu wzięło udział 30 osób – 15 osób zostało przydzielonych losowo do grupy eksperymentalnej, a 15 do kontrolnej. Badani mieli między 60 a 75 lat (średnia = 66,6; odchylenie standardowe = 4,26); wśród nich było 20 kobiet oraz 10 mężczyzn. Do grupy eksperymentalnej i kontrolnej wylosowano po 5 mężczyzn i 10 kobiet. Trzy osoby były nadal aktywne zawodowo. Dwudziestu jeden uczestników posiadało wykształcenie zawodowe lub średnie (70% badanych), a 9 osób wyższe (30% badanych). Poziom wykształcenia był istotnie statystycznie wyższy w grupie eksperymentalnej ($\chi^2 = 7,78$; $p = 0,005$).

Procedura badania

Osoby badane były rekrutowane poprzez ogłoszenia i ulotki. Wszyscy uczestnicy mieszkali w miejscowościach poniżej 10 tysięcy mieszkańców. Każdy ochotnik był szczegółowo informowany o badaniu, zasadach ochrony danych osobowych, a następnie podpisywał świadomą zgodę na udział w badaniu. Kryteria włączające do badania to wynik MMSE powyżej 27 pkt oraz informacje podawane przez badanych w trakcie wywiadu o nieprzyjmowaniu leków mogących mieć wpływ na funkcjonowanie poznawcze oraz

braku zaburzeń ośrodkowego układu nerwowego. W czasie pierwszego pomiaru badany wykonywał serię zadań kryterialnych w losowej kolejności. Po przeszkoleniu dotyczącym procedury treningowej uczestnik otrzymywał login oraz hasło dające dostęp co 24 godziny do internetowej platformy treningowej. Po ukończeniu 25 sesji treningowych wykonywany był drugi pomiar dla wszystkich testów. Poprzez platformę internetową na bieżąco monitorowano wykonywanie sesji treningowych przez badanych.

Metody badawcze

W celu oszacowania poziomu zmian w wykonaniu zadań poznawczych grupy eksperymentalna i kontrolna zostały przebadane komputerowo z użyciem niżej wymienionych testów.

Zadanie Sternberga – w formie komputerowej adaptacji testu pamięci roboczej Sternberga (1966). Uczestnikom badania wyświetlano losową sekwencję 2–5 bodźców (cyfry), a następnie pojawiał się pojedynczy bodziec testowy. Zadaniem osób badanych było zdecydowanie, czy prezentowany bodziec należał do wyświetlanego wcześniej zbioru.

Zadanie Running Memory Span polegało na zapamiętywaniu wyświetlanego zestawu liter, a następnie odtworzeniu z pamięci wyłącznie ostatnich (odpowiednio dla 1., 2., 3. i 4. poziomu trudności: 3, 4, 5 lub 6 liter). Test służył do pomiaru pojemności pamięci roboczej przy zastosowaniu dodatkowej interferencji – braku informacji o liczbie wyświetlanych liter.

Procedura testu **Operation Span** (Turner i Engle 1989) obejmowała szacowanie informacji przechowywanych w pamięci roboczej w warunkach obciążenia jednoczesnym wykonywaniem operacji na elementach. Każdy z czterech bloków składał się z serii działań matematycznych oraz liter do zapamiętania. Po każdym bloku uczestnik był proszony o odtworzenie z pamięci sekwencji liter.

Test Go No Go służył do badania procesów hamowania. Na ekranie monitora prezentowany był ciąg liter wyświetlanych po kolei. Zadanie polegało na jak najszybszej reakcji na bodziec (literę „X”) poprzez wciśnięcie odpowiedniego klawisza. Jeżeli na ekranie wyświetlona została jakakolwiek inna litera, zadaniem osoby badanej było powstrzymanie się od reakcji. Test został podzielony na dwa warunki: w łatwiejszym bodziec docelowy wyświetlano w proporcji 5 : 5 w stosunku do innych liter, natomiast w trudniejszym program wyświetlał bodziec w proporcji 7 : 3.

Task Switching (Colzato i wsp. 2012) było zadaniem mierzącym płynność poznawczą, wy-

magającym szybkiego przełączania uwagi pomiędzy poszczególnymi elementami. W górnej lub dolnej części ekranu prezentowano kolejno kwadraty lub prostokąty złożone z mniejszych kwadratów lub prostokątów. Zadaniem osoby badanej było naprzemienne wybranie kształtu całej figury bądź kształtu jej elementów składowych.

Linear Syllogism badało sprawność zapamiętywania i integracji informacji. Na ekranie prezentowano pary liter ze znakiem większości między nimi. W jednej próbie wyświetlano trzy pary (np. $A > D$, $W > V$, $V > D$), co w sumie dawało ciąg logiczny składający się z czterech liter, np. $A > W > V > D$. Zadaniem osoby badanej było zapamiętanie wszystkich par liter oraz złożenie wszystkich zależności pomiędzy parami w jeden spójny ciąg logiczny. Zadanie posiadało dwa warunki: prosty (pary liter wyświetlane po kolei) i trudny (najpierw wyświetlane pary odległe, a następnie środkowa).

Programy treningowe – badani z grupy eksperymentalnej trenowali z użyciem adaptacyjnego dwumodalnego zadania *n-back*, natomiast badani z aktywnej grupy kontrolnej wykonywali test wiedzy ogólnej.

Zadanie *n-back* (Jaeggi i wsp. 2008) miało na celu trenowanie pamięci roboczej. Trening obejmował 25 sesji po 15 powtórzeń jednego ćwiczenia. Wykorzystano wersję dwumodalną: w treningu pojawiały się zarówno bodźce wzrokowe (kwadraty), jak i bodźce słuchowe (litery). Zadaniem osoby trenującej było utrzymanie w pamięci szeregu elementów przy jednoczesnym porównywaniu ich do obecnie wyświetlanych i słyszanych bodźców. Na ekranie wyświetlana była matryca 9 pól – w różnych polach w sekundowych odstępach pojawiał się kwadrat oraz jednocześnie badany słyszał literę. Zadaniem uczestnika było porównanie ze sobą pozycji aktualnie wyświetlanego kwadratu z jego poprzednim położeniem (w warunku 1-wstecz, lub kolejno więcej położenia wcześniej w wyższych warunkach), a także usłyszanej litery z literą zaprezentowaną odpowiednią liczbę prób wcześniej (np. w warunku 1-wstecz, jedną próbę wcześniej, w warunku 2-wstecz 2 próby wcześniej itd.). W przypadku zgodności położenia lub/i słyszanych liter badany naciskał odpowiednie klawisze; niezgodność zarówno w przypadku bodźców wzrokowych, jak i słuchowych należało zignorować. Trening był adaptacyjny, a program dostosowywał poziom do indywidualnych możliwości badanego. Jeżeli wyniki osoby trenującej były powyżej 80% poprawności odpowiedzi, program automatycznie przechodził do kolejnego

warunku. Jeżeli poprawność odpowiedzi osoby trenującej spadła poniżej 65%, program wracał do warunku niższego.

Test wiedzy ogólnej był narzędziem aktywizującym pamięć deklaratywną. Na całość treningu składało się 25 sesji treningowych po 15 pytań. Zadaniem osoby badanej było udzielenie odpowiedzi na prezentowane pojedynczo pytania. Czas na wybranie jednej z 4 odpowiedzi wynosił 40 sekund, po czym program przekierowywał do następnego pytania.

Wyniki

Przed przeprowadzeniem analiz grupy porównano pod względem poziomu wyjściowego wykonania poszczególnych zadań poznawczych. Grupy różniły się istotnie w przypadku poprawności w zadaniu Running Memory Span [$F(1,28) = 3,74$; $p = 0,02$] – grupa eksperymentalna uzyskała lepszy wynik ($M = 0,36$; $SD = 0,22$) niż kontrolna ($M = 0,2$; $SD = 0,11$). W celu wyeliminowania tej różnicy utworzono wskaźniki różnicowe (różnica między wynikiem w danym zadaniu w sesji potreningowej i przedtreningowej), które wykorzystano do dalszych analiz. Do analiz zadań, w których występowały poziomy trudności, zastosowano Ogólny Model Liniowy z powtarzanym pomiarem. Zmiennymi zależnymi były zmiany w czasie reakcji lub zmiany w poprawności między pierwszym i drugim pomiarem. W zadaniach Task Switching i OSPAN do analiz wykorzystano model jednoczynnikowej ANOVA.

Zadanie Sternberga – czasy reakcji

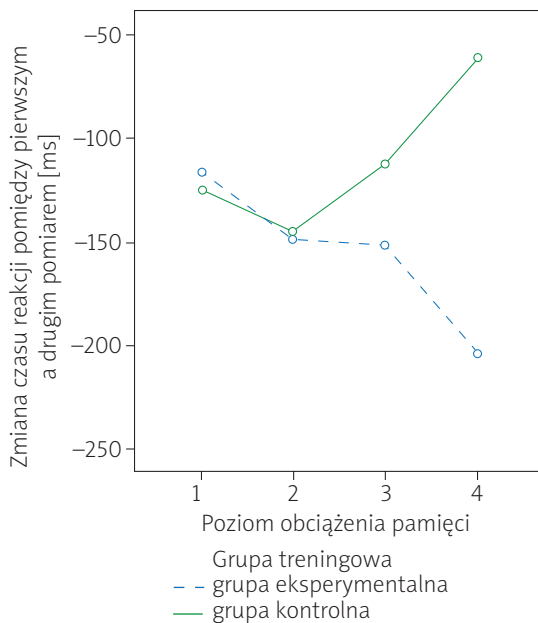
OML z powtarzanym pomiarem w schemacie 2 (grupa) \times 4 (obciążenie pamięci) dla czasu reakcji w zadaniu Sternberga nie pokazał istotnego efektu wewnątrzobiektywnego obciążenia pamięci [$F(3,84) = 0,35$; $p = ni$; $\eta^2 = 0,01$] – zmiany czasów reakcji między pierwszą a drugą sesją pomiarową nie różniły się istotnie na różnych poziomach obciążenia pamięci. Wyniki obu grup wykazują skrócenie czasów reakcji po treningu. Efekt międzyobiektywny również jest nieistotny [$F(1,28) = 0,37$; $p = ni$; $\eta^2 = 0,01$] – grupy nie różnią się istotnie, jeśli chodzi o zmiany czasów reakcji w zadaniu Sternberga (tab. 1).

Istotny statystycznie jest efekt interakcji poziomu obciążenia pamięci i grupy treningowej [$F(3,84) = 3,5$; $p = 0,02$; $\eta^2 = 0,11$], co oznacza, że w określonych warunkach występują różnice w wynikach między grupami. Zmiany czasów reakcji grupy eksperymentalnej były większe w trudniejszych warunkach (trzeci i czwarty

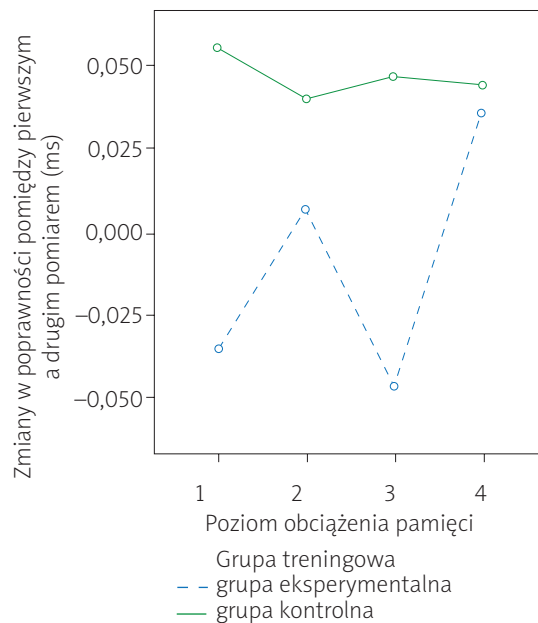
Tabela 1. Zadanie Sternberga (czasy reakcji) – statystyki opisowe oraz testy jednej zmiennej dla efektu międzyobiekowego

Poziom obciążenia pamięci	Grupa treningowa	Średnia zmiana	SD	df	F	p	Częstkowe η^2
1	eksperymentalna	-116.28	160.95	1	0.001	0.92	0.00
	kontrolna	-124.74	267.97	28			
2	eksperymentalna	-148.54	185.28	1	0.002	0.97	0.00
	kontrolna	-145.40	247.11	28			
3	eksperymentalna	-152.43	183.23	1	0.269	0.61	0.01
	kontrolna	-111.83	241.54	28			
4	eksperymentalna	-203.67	201.82	1	3.195	0.09	0.10
	kontrolna	-60.49	235.63	28			

Różnica na poziomie istotności statystycznej $p < 0,05$.



Ryc. 1. Zmiany w czasach reakcji na różnych poziomach obciążenia pamięci w zadaniu Sternberga



Ryc. 2. Zmiany w poprawności pomiędzy pomiarami dla grup treningowych na różnych poziomach trudności w zadaniu Sternberga

poziom obciążenia pamięci). W tych warunkach w tej grupie odnotowano większy spadek w czasach reakcji po treningu. Analizy *post hoc* dla efektów prostych grupy treningowej pokazują, że dla obciążenia na poziomie 4 różnica zmian wyników po treningu między grupami jest na poziomie trendu statystycznego [$F(1,28) = 3,2; p = 0,085; \eta^2 = 0,10$] (ryc. 1).

Zadanie Sternberga – poprawność

OML z powtarzaniem pomiarem w schemacie 2 (grupa) \times 4 (obciążenie pamięci) dla poprawności w zadaniu Sternberga pokazało, że efekt wewnątrzobiektywny obciążenia pamięci jest nieistotny statystycznie [$F(3,84) = 2,21; p = ni; \eta^2 = 0,07$] – zmiany w poprawności między pomiarami przed i po treningu na różnych poziomach obciążenia pamięci także są nieistotne. Efekt międzyobiektywny jest istotny statystycznie

[$F(1,28) = 4,93; p = 0,04; \eta^2 = 0,15$] – grupy różnią się istotnie w zmianach poprawności.

Efekt grupy jest istotny statystycznie na pierwszym [$F(1,28) = 6,81; p = 0,014; \eta^2 = 0,2$] i trzecim poziomie [$F(1,28) = 7,12; p = 0,013; \eta^2 = 0,20$]. Efekt interakcji obciążenia pamięci i grupy treningowej jest również istotny [$F(3,84) = 3,28; p = 0,04; \eta^2 = 0,11$] – istnieje zależność między przynależnością do grupy a poziomem obciążenia pamięci. Grupa kontrolna uzyskała większe zmiany w poprawności na pierwszym i trzecim poziomie obciążenia pamięci (ryc. 2).

Zadanie Running Span

Analiza OML z powtarzaniem pomiarem w schemacie 2 (grupa treningowa) \times 4 (poziom obciążenia pamięci) pokazała, że nie występują istotne różnice w zmianach poprawności między pierwszym a drugim pomiarem na róż-

nych poziomach obciążenia pamięci (3, 4, 5 lub 6 elementów) [$F(3,84) = 0,12; p=0,92; \eta^2 = 0,004$]. Efekt interakcji poziomu obciążenia pamięci i grupy treningowej [$F(3,84) = 0,71; p=0,52; \eta^2 = 0,03$] oraz efekt międzyobiektywny [$F(1,28) = 1,57; p=0,22; \eta^2 = 0,05$] są nieistotne statystycznie. Obie grupy uzyskały wzrost poprawności w drugim pomiarze (z wyjątkiem pierwszego poziomu obciążenia pamięci – w tym warunku grupa kontrolna wykazała spadek poprawności).

Zadanie Go No Go – poprawność

Analiza OML z powtarzaniem pomiarem w schemacie 2 (grupa treningowa) \times 2 (poziom trudności) dla zadania Go No Go dla warunku „Go”, w którym zadaniem badanego było zareagowanie na bodziec, pokazała, że efekt wewnątrzobiektywny jest nieistotny statystycznie [$F(1,28) = 1,25; p = 0,27; \eta^2 = 0,04$] – nie ma istotnych różnic w zmianach poprawności na różnych poziomach trudności między pierwszym a drugim pomiarem. Efekt interakcji grupy treningowej i poziomu trudności również jest nieistotny statystycznie [$F(1,28) = 0,006; p = 0,94; \eta^2 = 0$]. Grupy treningowe także nie różnią się istotnie, jeśli chodzi o wielkość zmian w poprawności przed i po treningu [$F(1,28) = 1,86; p = 0,18; \eta^2 = 0,06$]. W warunku „Go” grupa eksperymentalna uzyskała poprawę wyników między sesjami pomiarowymi w warunkach łatwych ($M = 0,03; SD = 0,08$) oraz trudnych ($M = 0,06; SD = 0,25$), grupa kontrolna nie uzyskała korzyści z treningu w łatwym ($M = -0,05; SD = 0,23$) i trudnym warunku ($M = -0,005; SD = 0,03$).

W warunku No Go szacowano procesy hamowania. Analiza OML z powtarzaniem pomiarem w schemacie 2 (grupa treningowa) \times 2 (poziom trudności) nie wykazała istotnych różnic w zmianach w poprawności między pierwszym a drugim pomiarem na łatwym i trudnym poziomie trudności [$F(1,28) = 0,08; p = 0,78; \eta^2 = 0,003$]. Efekt interakcji poziomu trudności i grupy treningowej jest nieistotny [$F(1,28) = 1,78; p = 0,19; \eta^2 = 0,06$] oraz nie ma istotnych różnic między zmianami w poprawności między grupą eksperymentalną i kontrolną [$F(1,28) = 0,78; p = 0,39; \eta^2 = 0,03$]. Obie grupy uzyskały korzyści z treningu w warunku „No Go”.

Zadanie Go No Go – czas reakcji

OML z powtarzaniem pomiarem w schemacie 2 (grupa treningowa) \times 2 (poziom trudności) dla czasów reakcji nie wykazała istotnych zmian w czasach reakcji między pierwszym a drugim pomiarem na łatwym i trudnym poziomie trud-

ności [$F(1,28) = 0,05; p = 0,83; \eta^2 = 0,002$]. Efekt interakcji grupy treningowej i poziomu trudności jest nieistotny [$F(1,28) = 0,04; p = 0,84; \eta^2 = 0,001$]. Nie ma również istotnych różnic między grupą eksperymentalną i kontrolną w wielkości zmian czasów reakcji [$F(1,28) = 0,27; p=0,611; \eta^2 = 0,009$]. Grupa eksperymentalna uzyskała większy spadek w zmianach czasów reakcji niż grupa kontrolna.

Zadanie Linear Syllogism

Analiza OML z powtarzaniem pomiarem w schemacie 2 (grupa treningowa) \times 2 (poziom trudności) nie wykazała istotnych różnic w zmianach w poprawności między pierwszym a drugim pomiarem w warunku łatwym i trudnym [$F(1,28) = 0,12; p = 0,73; \eta^2 = 0,004$]. Większą zmianę w poprawności w warunku łatwym uzyskała grupa kontrolna ($M = 0,21; SD = 0,16$), z kolei w warunku trudnym – grupa eksperymentalna ($M = 0,21; SD = 0,21$). Jednakże efekt interakcji grupy treningowej i poziomu trudności jest nieistotny [$F(1,28) = 0,44; p = 0,52; \eta^2 = 0,015$]. Efekt międzyobiektywny jest również nieistotny [$F(1,28) = 0,02; p = 0,9; \eta^2 = 0,001$] – grupy nie różnią się między sobą istotnie pod względem zmiany w poprawności odpowiedzi między pierwszym a drugim pomiarem.

Zadanie Task Switching – czas reakcji

Jednoczynnikowa analiza ANOVA pokazała, że zmiany w ogólnych czasach reakcji nie różnią się istotnie między grupami treningowymi [$F(1,28) = 0,13; p = 0,77; \eta^2 = 0,004$]. Obie grupy uzyskały korzyści z treningu.

Zadanie Task Switching – poprawność

Analiza jednoczynnikowa ANOVA wykazała, że grupa kontrolna zrobiła większy postęp w zmianie w poprawności ($M = 0,11; SD = 0,19$) niż grupa eksperymentalna ($M = 0,02; SD = 0,08$), jednak różnica między zmianami dla obu grup treningowych nie jest istotna [$F(1,28) = 2,86; p = 0,10; \eta^2 = 0,09$].

Zadanie OSPAN

Grupa eksperymentalna uzyskała w tym zadaniu większą zmianę w poprawnych wynikach ($M = 11,8; SD = 20,34$) niż grupa kontrolna ($M = 4,75; SD = 12,61$), jednak jednoczynnikowa analiza ANOVA wykazała, że różnica między grupami treningowymi w uzyskanych zmianach w poprawności jest nieistotna statystycznie [$F(1,25) = 1,1; p = 0,31; \eta^2 = 0,04$].

Dyskusja

Wyniki analiz statystycznych nie potwierdziły hipotezy o większej skuteczności treningu w grupie eksperymentalnej. Obie grupy w większości zadań uzyskały poprawę w drugim pomiarze. Różnice w efektywności treningów między grupami nie są istotne w zadaniach badających: funkcjonowanie integracji informacji (Linear Syllogism Task), procesy przeczutności uwagi (Switching Task), pojemność pamięci roboczej (OSPAN), procesy hamowania (Go No Go Task) i odświeżania informacji (Running Span Task). Istotna statystycznie różnica w efektywności treningu między grupami występuje w zmianach poprawności w zadaniu Sternberga, w którym – w przeciwieństwie do założeń (hipoteza o większej efektywności treningu *n-back*) – grupa kontrolna uzyskała lepsze wyniki. W zadaniu Sternberga istotny statystycznie był również efekt interakcji obciążenia pamięci i grupy treningowej dla czasów reakcji. Grupa eksperymentalna uzyskała krótsze czasy reakcji w warunkach trudniejszych – prędkość przeszukiwania pamięci krótkotrwałej była większa w tej grupie w drugim pomiarze. Może to służyć jako przykład transferu bliskiego.

Wnioski

Celem oddziaływań treningów poznawczych z użyciem zadania *n-back* u osób starszych jest przeciwdziałanie osłabieniu funkcjonowania kognitywnego związanego z wiekiem. Uzyskany wynik niniejszego badania w postaci braku różnic w efektywności treningów między grupami badawczymi wpisuje się w nurt sceptycznego stanowiska naukowców o skuteczności treningów *n-back* w poprawie funkcjonowania poznawczego (Richmond i wsp. 2010; Owen i wsp. 2010; Redick i wsp. 2013; von Bastian i Oberauer 2013; Melby-Lervåg i Hulme 2015). Niektórzy autorzy metaanaliz dotyczących efektywności treningów pamięci roboczej sugerują, że badania powinny być przeprowadzane w ujednoczonym sposobie, który umożliwiłby porównanie wyników uzyskanych w różnych laboratoriach (Melby-Lervåg i Hulme 2015; Redick i wsp. 2013). W niniejszym badaniu dołożono starań, by wyeliminować czynniki, które mogłyby wpłynąć na uzyskane dane. Jednakże badanie nie jest pozbawione ograniczeń, do których należą m.in. mała próba osób badanych czy losowy przydział do grup eksperymentalnej i kontrolnej, który może spowodować nierównomierne pogrupowanie badanych o cechach istotnych z punktu widzenia badania, np. w niniejszym

badaniu nierównomiernie rozłożony był poziom wykształcenia w grupach badawczych.

Brak różnic w zmianach wyników między grupami treningowymi może być związany z wysokim poziomem wysiłku poznawczego u badanych z obu grup, co może odzwierciedlać efektywne mechanizmy kompensacyjne. Ponadto na wyniki osób badanych mogły mieć wpływ inne aktywności poznawcze, w które mogli być zaangażowani w tym samym czasie, a których nie kontrolowano. Ponadto osoby z grupy eksperymentalnej z wyższym poziomem wykształcenia mogły mieć większe zasoby rezerwy poznawczej (Rouillard i wsp. 2017), ale osoby z grupy kontrolnej mogły posiadać wysoki poziom rezerwy poznawczej mimo braku studiów. Życie osób z niższym wykształceniem mogło być wyzwaniem w realiach małych miejscowości (miasteczka i wsie) z powodu wysokiego poziomu bezrobocia, trudnych warunków życia, niskich zarobków itp. Z tego względu badani z grupy kontrolnej mogli być przez całe życie zaangażowani w rozwiązywanie problemów absorbujących ich zasoby poznawcze, a procesy plastyczności są wzmacniane w obliczu „wydłużonego niedopasowania między funkcjonalnymi zasobami organizmu a wymaganiami środowiska” (von Bastian i Oberauer 2013). W pierwszym pomiarze badani z obu grup wykazali zbliżony poziom wykonania zadań kryterialnych i w większości zadań uzyskali lepsze rezultaty w drugim pomiarze, co świadczy o efektywności obu oddziaływań.

Do badania włączono aktywną grupę kontrolną, która pozwala na kontrolowanie wszystkich innych czynników, które mogłyby wpłynąć na wynik badania, poza samym rodzajem zastosowanego treningu (Melby-Lervåg 2015). Wykorzystanie quizu wiedzy ogólnej jako zadania treningowego w grupie kontrolnej było uzasadnione brakiem potwierdzonego naukowo wpływu treningu pamięci semantycznej na pamięć roboczą (Li i wsp. 2016). Niektórzy autorzy jednak podważają zasadność włączania aktywnej grupy kontrolnej, ponieważ nie stanowi ona istotnego moderatora efektów treningu (Au i wsp. 2016; Soveri i wsp. 2017; Schwaighofer i wsp. 2015) oraz nie pozwala na kontrolę efektu wprawy.

Podsumowanie

W celu zachowania jak najdłużej sprawności umysłu zaleca się osobom starszym podejmowanie absorbujących poznawczo aktywności. Jedną z nich może być trening pamięci roboczej dwumodalnym zadaniem *n-back*. Zalecane są

zatem dalsze badania nad jego skutecznością u osób starszych, z wyeliminowaniem ograniczeń niniejszego badania, a przede wszystkim z uwzględnieniem liczniejszych prób badanych.

Piśmiennictwo

1. Aburto JM, van Raalte A. Lifespan Dispersion in Times of Life Expectancy Fluctuation: The Case of Central and Eastern Europe. *Demography* 2018; 55: 2017-2096.
2. Angelucci F, Caltagirone C, Costa A. Cognitive training in neurodegenerative diseases: a way to boost neuroprotective molecules? *Neural Regen Res* 2015; 10: 1754-1755.
3. Au J, Buschkuehl M, Duncan GJ i wsp. There is not convincing evidence that working memory training is NOT effective: A reply to Melby-Lervåg and Hulme (2015). *Psychon Bull Rev* 2016; 23: 331-337.
4. Ball K, Berch DB, Helmers KF i wsp. Effects of Cognitive Training Interventions with Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *JAMA* 2002; 288: 2271-2281.
5. Borella E, Carretti B, Riboldi F, De Beni R. Working Memory Training in Older Adults: Evidence of Transfer and Maintenance Effects. *Psychol Aging* 2010; 25: 767-778.
6. Byczewska-Konieczny K. Jak starzeje się umysł? WUJ, Kraków 2017.
7. Cacioppo JT, Cacioppo S. The population-based longitudinal Chicago Health, Aging and Social Relations Study (CHASRS): Study description and predictors of attrition in older adults. *Arch Sci Psychol* 2018; 6: 21-31.
8. Calero MD, Navarro E. Cognitive plasticity as a modulating variable on the effects of memory training in elderly persons. *Arch Clin Neuropsychol* 2007; 22: 63-72.
9. Colzato LS, van den Wildenberg WP, Zmigrod S, Hommel B. Action video gaming and cognitive control: playing first person shooter games is associated with improvement in working memory but not action inhibition. *Psychol Res* 2013; 77: 234-239.
10. Gallen CL, Baniqued PL, Chapman SB i wsp. Modular Brain Network Organization Predicts Response to Cognitive Training in Older Adults. *PLoS One* 2016; 11: 1-17.
11. Jaeggi SM, Buschkuehl M, Jonides J i wsp. Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2008; 105: 6829-6833.
12. Karbach J, Kray J. How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Dev Sci* 2009; 12: 978-990.
13. Klenczken G, Banta Lavenex P, Brandner C, Lavenex P. Working memory decline in normal aging: Memory load and representational demands affect performance. *Lern Motiv* 2017; 60: 10-22.
14. Li B, Zhu X, Hou J i wsp. Combined Cognitive Training vs. Memory Strategy Training in Healthy Older Adults. *Front Psychol* 2016; 7: 834.
15. Li SC, Schmiedek F, Huxhold O i wsp. Working memory plasticity in old age: Practice gain, transfer, and maintenance. *Psychol Aging* 2008; 23: 731-742.
16. Mahncke HW, Bronstone A, Merzenich MWB. Brain plasticity and functional losses in the aged: Scientific bases for a novel intervention. *Prog Brain Res* 2006; 57: 81-109.
17. McDonough IM. Use It or Lose It: Redefining an Old Idea. *Today Ger Med* 2016; 9: 5.
18. Melby-Lervåg M, Hulme C. There is no convincing evidence that working memory training is effective: A reply to Au et al. (2014) and Karbach and Verhaeghen (2014). *Psychon Bull Rev* 2015; 23: 324-330.
19. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ i wsp. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex 'frontal lobe' tasks: A latent variable analysis. *Cogn Psychol* 2000; 41: 49-100.
20. Nagel IE, Lindenberger U. Adult age differences in working memory: Evidence from functional neuroimaging. W: *Working Memory and Ageing*. Logie RH, Morris RG (red.). Psychology Press Taylor & Francis Group, London and New York 2015.
21. Owen AM, Hampshire A, Grahn JA i wsp. Putting brain training to the test. *Nature* 2010; 465: 775-778.
22. Redick TS, Shipstead Z, Harrison TL i wsp. No Evidence of Intelligence Improvement After Working Memory Training: A Randomized, Placebo-Controlled Study. *J Exp Psychol* 2013; 142: 359-379.
23. Richmond LL, Morrison AB, Chein JM i wsp. Working memory training and transfer in older adults. *Psychol Aging* 2011; 26: 813-822.
24. Rouillard M, Audiffren M, Albinet C i wsp. Contribution of four lifelong factors of cognitive reserve on late cognition in normal aging and Parkinson's disease. *J Clin Exp Neuropsychol* 2017; 39: 142-162.
25. Rutkowska L, Waligórska M, Sapała K. Trwanie życia w 2017 r. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2018.
26. Salthouse TA. Mental Exercise and Mental Aging. Evaluating the Validity of the "Use It or Lose It" Hypothesis. *Perspect Psychol Sci* 2006; 1: 68-87.
27. Schmiedek F, Bauer C, Lovden M i wsp. Technology in Healthy Aging. Cognitive Enrichment in Old Age. Web-Based Training Programs. *GeroPsych (Bern)* 2010; 23: 59-67.
28. Shah T, Verdile G, Sohrabi H i wsp. A combination of physical activity and computerized brain training improves verbal memory and increases cerebral glucose metabolism in the elderly. *Transl Psychiatry* 2014; 4: 487.
29. Soveri A, Antfolk J, Karlsson L i wsp. Working memory training revisited: A multi-level meta-analysis of n-back training studies. *Psychon Bull Rev* 2017; 24: 1077-1109.
30. Schwaighofer M, Fischer F, Bühner M. Does Working Memory Training Transfer? A Meta-Analysis Including Training Conditions as Moderators. *Educ Psychol* 2015; 50: 138-166.
31. Sternberg S. High-speed scanning in human memory. *Science* 1966; 153: 652-654.
32. Thorndike EL, Woodworth RS. The Influence of Improvement in One Mental Function upon the Efficiency of Other Functions. *Psychol Rev* 1901; 8: 247-261.
33. Turner ML, Engle RW. Is working memory capacity task dependent? *J Mem Lang* 1989; 28: 127-154.
34. Verhaeghen P. Working memory still working: Age-related differences in working-memory functioning and cognitive control. W: *Memory and Aging. Current Issues and Future Directions*, Naveh-Benjamin M, Ohta N (red.). Psychology Press Taylor & Francis Group, New York 2012.
35. von Bastian CC, Oberauer K. Effects and mechanisms of working memory training: a review. *Psychol Res* 2014; 78: 803-820.
36. Weinstein AM. Frontal-striatal functioning in aging and Parkinson's disease: The role of physical activity. *Dissertation Abstracts International: Section B: The Sciences and Engineering*. ProQuest Information & Learning 2017. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=2017-10864-236&site=ehost-live>