

Efektywność zastosowania oprogramowania GRADYS – treningu poznawczego z elementami wirtualnej rzeczywistości – u osób po 60. roku życia bez zaburzeń funkcji poznawczych

Effectiveness of GRADYS – a cognitive training with elements of virtual reality, in adults older than 60 and without cognitive impairment

Ludmiła Zając-Lamparska, Paweł Izdebski, Monika Witkość-Dębczyńska

Instytut Psychologii, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

Neuropsychiatria i Neuropsychologia 2017; 12, 4: 143–151

Autor do korespondencji:

dr Ludmiła Zając-Lamparska
Instytut Psychologii
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
ul. Staffa 1, 85-867 Bydgoszcz
tel.: +48 52 37 08 403
faks: 52 37 08 401
e-mail: l.lamparska@gmail.com

Streszczenie

Wstęp: Wraz z wiekiem obniża się poziom funkcjonowania poznawczego, co może mieć negatywne konsekwencje dla samodzielności i aktywności osoby starszej oraz jej samooceny. Dlatego przedmiot zainteresowania badaczy od lat stanowi efektywność różnego rodzaju interwencji usprawniających funkcje poznawcze osób starszych. Obecnie nowe możliwości w zakresie oddziaływań psychologicznych stwarza technologia wirtualnej rzeczywistości. Może ona znaleźć zastosowanie także w treningach kognitywnych, podnosząc ich efektywność i atrakcyjność.

Cel pracy: Dokonanie oceny użyteczności gry symulacyjnej GRADYS z elementami wirtualnej rzeczywistości wśród osób po 60. roku życia bez zaburzeń otępiennych (minimalny wynik MMSE: 27 pkt).

Materiał i metody: W badaniach wzięło udział 75 osób w wieku od 60 do 88 lat, które przez cztery tygodnie uczestniczyły w ośmiu sesjach treningu funkcji poznawczych z wykorzystaniem oprogramowania GRADYS. Cykl treningowy był poprzedzony i zakończony oceną funkcji poznawczych w zakresie pamięci, uwagi, funkcji językowych i funkcji wzrokowo-przestrzennych.

Wyniki: Wyniki badań wskazują na zachodzenie wśród badanych progresu w zakresie wykonania trenowanych zadań. Ponadto odnotowano poprawę wyników w pomiarze po zakończeniu treningu w porównaniu z pomiarem przed jego rozpoczęciem dla pamięci operacyjnej, uwagi, funkcji wykonawczych i szybkości psychomotorycznej, fluencji słownej, analizy i syntezy wzrokowej oraz zdolności abstrakcyjnej konceptualizacji materiału wzrokowego. Nie zaobserwowano natomiast poprawy zakresu pamięci bezpośredniej. Uzyskane wyniki wspierają tezę o wartości gry z elementami wirtualnej rzeczywistości jako narzędzia prowadzenia treningu funkcji poznawczych dla osób starszych. Jednocześnie zastosowany plan badawczy nieuwzględniający grupy kontrolnej stanowi ograniczenie badań i sugeruje ostrożną interpretację wyników.

Słowa kluczowe: trening kognitywny, poznawcze starzenie, wirtualna rzeczywistość.

Abstract

Introduction: The level of cognitive function decreases with age, which can have negative consequences for the autonomy and activity of the older adults and their self-assessment. Therefore, the interest of researchers for many years is the effectiveness of various types of interventions that improve the cognition. Nowadays, new possibilities in the field of psychological interactions are provided by virtual reality technology. It can also be used in cognitive trainings to improve their effectiveness and attractiveness.

Aim of the study: Evaluate the usefulness of the GRADYS simulation game with elements of virtual reality among people over 60 years of age without dementia (the minimum MMSE score: 27).

Material and methods: The study involved 75 people aged 60 to 88 who for four weeks participated in eight cognitive training sessions using GRADYS software. The training cycle was preceded and completed by assessment of cognitive functions in terms of memory, attention, verbal and visuospatial functions.

Results: The results indicate the progress in the trained tasks and improvement in the cognitive measures of memory, attention, executive functions and psychomotor speed, verbal fluency, visual analysis and synthesis, and the ability of abstract visualization of visual material. However, there was no improvement in the immediate memory span.

The obtained results support the thesis of value of the game with elements of virtual reality as a tool for cognitive training in older adults. At the same time, the study plan without the control group is a limitation and suggests a careful interpretation of the results.

Key words: cognitive training, cognitive aging, virtual reality.

Wstęp

Departament Spraw Ekonomicznych i Społecznych ONZ przewiduje, że liczebność światowej populacji osób powyżej 60. roku życia wzrośnie do 2050 r. do ok. 2 mld (*World Population Ageing* 2015, ST/ESA/SER.A/390). Podobne trendy obserwuje się w populacji polskiej (Leszko i wsp. 2015). W tym kontekście troska o zdrowie fizyczne i psychiczne ludzi starszych staje się ważnym i pilnym zadaniem zdrowia publicznego, psychologii i medycyny społecznej.

Istotnym elementem zdrowia psychicznego jednostki jest jej sprawność poznawcza. Ma ona znaczenie zarówno dla jakości funkcjonowania człowieka w społeczeństwie, jak i dla subiektywnie odczuwanej przez niego jakości życia. W procesie starzenia się dochodzi do osłabienia wielu funkcji poznawczych, co określa się mianem starzenia się poznawczego (Harada i wsp. 2013). Szczególnie wyraźne ubytki obserwuje się w zakresie niektórych aspektów pamięci i uwagi, szybkości przetwarzania, funkcji wykonawczych i rozumowania (Murman 2015; Park i wsp. 2002; Salthouse 2004). Konsekwencją pogorszenia funkcjonowania poznawczego osoby starszej może być zmniejszenie się jej samodzielności, obniżenie samooceny, wycofywanie się z wielu obszarów aktywności (np. zawodowej, społecznej, edukacyjnej) z powodu poczucia malejących kompetencji umysłowych. W związku z tym podejmowane są różnego rodzaju interwencje poznawcze mające na celu usprawnienie funkcjonowania poznawczego osób starszych.

Do popularnych form takich interwencji należą treningi funkcji poznawczych (Stine-Morrow i Basak 2011), które coraz częściej przyjmują formę skomputeryzowaną (Kueider i wsp. 2012; Laskowska i wsp. 2013; Schmiedek i wsp. 2010). Doniesienia na temat efektywności treningów funkcji poznawczych dla osób starszych nie są spójne. W świetle systematycznego przeglądu dokonanego przez Martina i wsp. (2011) efektywność interwencji poznawczych stosowanych wobec zdrowych osób starszych i osób z łagodnymi zaburzeniami poznawczymi jest ograniczona. Jednak w przeglądzie doniesień badawczych, w którym oceniana była efektywność 14 programów interwencji kognitywnych przeprowadzonych wśród zdrowych osób starszych, odnotowano poprawę w zakresie co najmniej jednej z zastosowanych miar funkcji poznawczych w każdym z branych pod uwagę badań (Tardif i Simard 2011). Ponadto z niedawno dokonanego systematycznego przeglądu i metaanalizy efektywności skomputeryzowanych treningów

poznawczych u starszych wynika, że w przypadku osób z łagodnymi zaburzeniami poznawczymi (MCI) treningi takie przynoszą pozytywne efekty dla globalnego funkcjonowania poznawczego, wybranych domen poznawczych oraz funkcjonowania psychospołecznego (Hill i wsp. 2017). Ta sama praca wskazuje, że z kolei w przypadku występowania otępienia u osób trenujących efektywność treningów jest mniej jednoznaczna. Częstym zarzutem wobec efektywności treningów funkcji poznawczych (ogólnie, nie tylko prowadzonych wśród osób starszych) jest ograniczenie ich wpływu do poprawy trenowanych zadań i brak transferu tej poprawy na inne zadania poznawcze (Zając-Lamparska i Trempała 2016). Zarzut ten potwierdzają niektóre metaanalizy (Melby-Lervåg i Hulme 2013, 2016). Niemniej część metaanaliz dowodzi możliwości zachodzenia transferu, choć raczej bliskiego, tj. na podobne zadania, angażujące te same funkcje poznawcze co zadania trenowane (Au i wsp. 2016; Schwaighofer i wsp. 2015; Weicker i wsp. 2015). Wspomniane metaanalizy uwzględniają jednak wyniki badań prowadzonych w różnych grupach wiekowych. Z kolei uwzględniająca 49 artykułów metaanaliza dotycząca efektów treningów funkcji wykonawczych i pamięci operacyjnej prowadzonych wyłącznie wśród osób starszych (po 60. roku życia) ujawniła nie tylko istotną poprawę wykonania trenowanych zadań, lecz także efekty bliskiego i dalekiego transferu (Karbach i Verhaeghen 2014).

Nowe możliwości w zakresie oddziaływań psychologicznych stwarza technologia wirtualnej rzeczywistości (*virtual reality* – VR). W ostatnich latach terapia poznawcza oparta na rozwiązaniach VR zaczęła być stosowana wobec osób z różnego rodzaju zaburzeniami, np. w uszkodzeniach mózgu (Rose i wsp. 2005), niepełnosprawności intelektualnej (Standen i Brown 2005), leczeniu bólu (Mahrer i Gold 2009). Technologia VR ma też duży potencjał wdrożeniowy w treningach funkcji poznawczych i rehabilitacji poznawczej dla osób starszych, jednocześnie – jak dotąd – bardzo mało wykorzystywany (Garcia-Betances i wsp. 2014).

Do nielicznych publikacji na temat zastosowania VR w oddziaływaniu na funkcje poznawcze osób starszych należy praca Foloppe i wsp. (Foloppe i wsp. 2015). Autorzy opisują zastosowanie platformy VR w nauce czynności życia codziennego (gotowania) u pacjentki cierpiącej na chorobę Alzheimera. Wyniki wskazują na skuteczność zastosowanego narzędzia, jednak poważnym ograniczeniem omawianych badań jest udział w nich tylko jednej osoby.

Wobec deficytu doniesień badawczych na temat przeznaczonych dla osób starszych treningów funkcji poznawczych wykorzystujących technologię VR można odwołać się do przesłanek wynikających z badań nad różnymi rodzajami skomputeryzowanych treningów poznawczych. Metaanaliza dotycząca efektywności treningów poznawczych z zastosowaniem różnych nowoczesnych technologii wskazuje, że tego typu oddziaływania są co najmniej tak skuteczne jak treningi tradycyjne, określane przez autorów jako metody papier–ołówki (Kueider i wsp. 2012).

Cel pracy

Celem prezentowanej części badań była ocena użyteczności gry symulacyjnej z elementami wirtualnej rzeczywistości GRADYS wśród osób po 60. roku życia bez zaburzeń funkcji poznawczych.

Oprogramowanie GRADYS powstało w ramach konsorcjum. Tworząc oprogramowanie GRADYS, zdecydowaliśmy się na trening wielodomenowy (*multi-domain training*) z uwagi na doniesienia o szerszym zakresie efektów tego typu treningu w porównaniu z treningami pojedynczej domeny poznawczej (*single-domain training*) (Cheng i wsp. 2012; Neely i Bäckamn 1995; Oswald i wsp. 2006; Stine-Morrow i Basak 2011). Uwzględnione w grze moduły odnoszą się do czterech głównych funkcji poznawczych, spośród których dwie ulegają wyraźnemu osłabieniu w procesie starzenia się (pamięć i uwaga), a dwie pogarszają się w znacznie mniejszym stopniu (funkcje językowe i wzrokowo-przestrzenne) (Harada i wsp. 2013).

Podniesieniu efektywności treningu służy też w zamyśle trafność ekologiczna stworzonej przez nas gry. Uzyskana została ona dzięki zastosowaniu zadań, których scenariusze odpowiadały sytuacjom i wyzwaniom codziennego życia, przy jednoczesnym umieszczeniu realizacji tych zadań w środowisku wirtualnym naśladującym środowisko realne. Istnieją dowody, że powiązanie treningu poznawczego z codzienną aktywnością stwarza większe szanse poprawy (Willis i wsp. 2006).

Natomiast jeśli chodzi o wykorzystanie VR, zakłada się, że psychologiczne wrażenie „bycia” w środowisku wirtualnym ułatwia uczenie się i przenoszenie nabytej wprawy na szersze funkcjonowanie (Coyle i wsp. 2015), jednocześnie zmniejszając wpływ zewnętrznych dystraktorów na trening (Optale i wsp. 2010).

Zastosowanie zadań naśladujących swoją fabułą życie codzienne zamiast zadań na abstrak-

cyjnym materiale oraz zastosowanie środowiska VR pozwala ponadto uczynić trening bardziej atrakcyjnym. Ma to znaczenie dla utrzymania motywacji użytkowników oprogramowania. Utrzymaniu zaangażowania i motywacji użytkowników służy także otrzymywana przez nich informacja zwrotna o uzyskiwanych wynikach oraz procedura przechodzenia na kolejne poziomy trudności gry.

Oprogramowanie GRADYS zostało pomyślane jako narzędzie treningu funkcji poznawczych dla osób starszych, dlatego jego efektywność testowana była w eksperymencie zakładającym procedurę treningową.

Materiał i metody

Próba osób badanych

Próbę osób badanych stanowiło 75 ochotników w wieku 60–88 lat, u których nie stwierdzono zaburzeń funkcjonowania poznawczego, rekrutowanych poprzez ogłoszenia. Kryteria włączenia do próby stanowiły: wynik w MMSE wskazujący na brak zaburzeń otępiennych (min. 27 pkt), brak chorób psychicznych i poważnych chorób somatycznych, brak dysfunkcji wzroku, słuchu oraz motoryki uniemożliwiających korzystanie z urządzeń przeznaczonych do gry. Badanie uzyskało zgodę Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu przy *Collegium Medicum* im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy. Wszystkie osoby badane podpisały świadomą zgodę na udział w badaniach. Dane w dwóch pomiarach, tj. pomiarze poprzedzającym trening oraz następującym po jego zakończeniu, zebrane zostały od 71 osób. Osoby te weszły w skład ostatecznej próby, której charakterystykę zawiera tabela 1. Badania przeprowadzono w Instytucie Psychologii Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, Katedrze Geriatrii oraz Katedrze Psychiatrii *Collegium Medicum* w Bydgoszczy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

Procedura badawcza

Testowanie oprogramowania GRADYS przeprowadzone zostało w formie treningu dla osób

Tabela 1. Charakterystyka próby

	Kobiety (n = 52)		Mężczyźni (n = 19)	
	M	SD	M	SD
Wiek	68,38	5,62	67,21	7,06
Lata edukacji	14,02	3,73	12,68	3,56
MMSE	28,71	1,26	28,53	1,12

badanych, poprzedzonego i zakończonego pomiarem funkcjonowania poznawczego. Przez 4 tygodnie badani uczestniczyli w ośmiu sesjach treningowych, po dwie w każdym tygodniu. W ramach każdej sesji prowadzony był trening z wykorzystaniem dwóch modułów oprogramowania przeznaczonych do stymulacji odmiennych funkcji poznawczych. Były to pary: pamięć i uwaga oraz funkcje językowe i funkcje wzrokowo-przestrzenne.

W konsekwencji każdemu modułowi poświęcone były po cztery sesje treningowe. Pojedyncza sesja treningowa trwała ok. 45 minut do godziny, w zależności od tempa pracy poszczególnych badanych. We wszystkich sesjach każdemu badanemu towarzyszył asystent treningu, tzn. przeszkolona osoba, która w razie potrzeby wyjaśniała wątpliwości i udzielała wskazówek. Badani pierwszą sesję dla każdej funkcji poznawczej zaczynali od najniższego poziomu trudności. Przed rozpoczęciem programu treningowego i po jego zakończeniu przeprowadzana była ocena funkcjonowania poznawczego badanych.

Trening funkcji poznawczych

Moduły gry

W ramach oprogramowania GRADYS funkcjonują cztery moduły skierowane do czterech obszarów funkcjonowania poznawczego, którymi są: uwaga, pamięć, funkcje językowe, funkcje wzrokowo-przestrzenne. Fabuła scenariuszy każdego z modułów złożona jest z kilku zadań angażujących tę samą funkcję poznawczą i tworzących spójną historię inspirowaną życiem codziennym. Oprogramowanie zawiera także tutorial, dzięki któremu użytkownik zapoznaje się ze sposobami sterowania stosowanymi w grze oraz ma okazję je przećwiczyć.

Lokalizacja: w domu i poza domem. Dla każdego z modułów poznawczych gry powstały dwie wersje scenariusza różniące się pod względem wirtualnego środowiska, w którym rozgrywa się fabuła. W jednej z wersji przestrzenią gry jest dom, w wersji drugiej rozgrywka ma miejsce poza domem.

Poziomy trudności. Dla każdego z modułów i każdej wersji lokalizacji opracowane zostały trzy poziomy trudności zadań. Rekomendowane jest rozpoczynanie treningu od najniższego poziomu. Gracz przechodzi na wyższy poziom po uzyskaniu 75% poprawności. Z kolei jeśli poprawność spada poniżej 50%, gracz powraca do niższego poziomu gry.

Ustawienia kontroli gry. Gra może być kontrolowana za pomocą urządzenia Oculus

Rift DK2 i pada kontrolnego Xbox 6DOF lub za pomocą klawiatury i myszy komputerowej. Jednak zdecydowanie rekomendowanym rozwiązaniem jest używanie wariantu z Oculus Rift, ponieważ tylko jego użycie umożliwia badanemu zanurzenie się w trójwymiarowej rzeczywistości wirtualnej. Ponadto możliwy jest wybór wersji sterowania dla osób praworęcznych i leworęcznych. W oprogramowaniu wyborowi podlega także płeć gracza, co przekłada się na komunikaty generowane przez oprogramowanie, tzn. na formę, w jakiej narrator i bohaterowie gry zwracają się do użytkownika. Akcja gry przez użytkownika jest widziana z perspektywy pierwszoosobowej (*first person perspective* – FFP).

Dane techniczne. Do wdrożenia systemu wykorzystany został silnik do tworzenia gier Unity Pro 5.0 z wbudowanymi sterownikami dla zewnętrznych kontrolerów. Nawigacja została zaprojektowana w trybie półautomatycznym, tzn. po wykonaniu zadania użytkownik jest przeprowadzany do miejsca realizacji kolejnego zadania. Płynność i szybkość ruchu została empirycznie dostosowana dzięki testom wśród użytkowników wersji próbnych oprogramowania, z zachowaniem kompromisu między dynamiką gry a efektem, tzw. *VR sickness* (symptomów zbliżonych do choroby lokomocyjnej). Większość assetów modelowana była ręcznie dla stworzonego środowiska wirtualnego. Zachowania cyfrowych postaci oraz animacje mają charakter symboliczny, lecz pozwalają się zorientować co do intencji. Zgodnie z wymogami zadań poznawczych porządek pojawiania się i lokalizacja niektórych obiektów są generowane losowo.

Pomiar funkcji poznawczych

Do pomiaru funkcji poznawczych wykorzystano dwie grupy narzędzi. Zastosowanie narzędzi przesiewowych posłużyło do kwalifikacji badanych do próby. Z kolei pozostałe narzędzia zostały dobrane zgodnie z uwzględnionymi w treningu modułami funkcji poznawczych. Pomiaru za pomocą tych narzędzi dokonywano dwukrotnie: przed rozpoczęciem cyklu treningowego (*pre-test*) oraz po jego zakończeniu (*post-test*). Umożliwiło to porównanie wyników uzyskiwanych przez badanych przed treningiem i po nim.

W badaniach wykorzystane zostały następujące narzędzia:

a) narzędzia przesiewowe:

- wywiad ustrukturalizowany,
- *Mini Mental State Examination* (MMSE),
- *Addenbrooke Cognitive Examination III* (ACE-III);

b) narzędzie do pomiaru funkcji poznawczych wg czterech modułów (*pre-test* i *post-test*):

- Moduł 1. Pamięć: Test powtarzania cyfr z WAIS-R (PL),
- Moduł 2. Funkcje poznawcze: Test symbole cyfr z WAIS-R (PL); Kolorowy test połączeń (CTT) wersja dla dorosłych,
- Moduł 3. Funkcje językowe: Test fluencji słownej z ACE-III,
- Moduł 4. Funkcje wzrokowo-przestrzenne: Test klocki z WAIS-R (PL).

Analiza statystyczna

Prezentowana w artykule analiza wyników badań dotyczyła trzech aspektów:

- 1) postępów badanych w realizacji treningu, tj. przechodzenia przez nich w kolejnych sesjach treningowych na wyższe poziomy trudności;
- 2) różnic w wynikach pomiaru funkcji poznawczych przed treningiem i po jego zakończeniu;
- 3) zależności zmian w wynikach pomiaru funkcji poznawczych dokonywanego przed treningiem i po jego zakończeniu od osiągnięć badanych w treningu.

Do scharakteryzowania postępów badanych w poszczególnych modułach poznawczych treningu wykorzystano tabele licznosci, natomiast w celu oceny istotności tych zmian oraz w celu porównania trudności poszczególnych modułów poznawczych na podstawie stopnia zaawansowania osób badanych w ostatniej sesji treningowej w każdym module – nieparametryczny test ANOVA rang Friedmana, ze względu na porządkowy charakter zmiennej zależnej (poziomy trudności gry osiągane przez osoby badane). Do porównania wyników uzyskiwanych przez badanych w *pre-teście* i *post-teście* wykorzystano test *t* Studenta dla danych zależnych oraz dodatkowo – z uwagi na brak normalności rozkładu większości zmiennych – nieparametryczny test kolejności par Wilcoxon. W celu oceny zależności zmian wyników pomiaru funkcji poznawczych (jaki zaszły od *pre-testu* do *post-testu*) od osiągnięć badanych w treningu próba osób badanych została podzielona na trzy podgrupy, w zależności od osiągnięć w treningu (wyniku końcowego). Grupy te porównywane były pod względem zmiany, jaka zaszła w poszczególnych miarach poznawczych od pomiaru przed treningiem do pomiaru po treningu. Wskaźnikiem zmiany były różnice w wynikach testów poznawczych między *post-testem* a *pre-testem*. Do porównania grup wykorzystana została jednoczynnikowa analiza wariancji oraz dodatkowo nieparametryczny test Kruskala-Wallisa.

Obliczeń dokonano z wykorzystaniem pakietu Statistica 13.1.

Wyniki

Analiza postępów w treningu prowadzi do dwóch głównych obserwacji. Po pierwsze – dla każdego modułu odnotowano progres. W kolejnych sesjach zwiększał się odsetek graczy osiągających wyższe poziomy trudności (tab. 2). Dla wszystkich modułów poznawczych zmiany te są istotne statystycznie (pamięć: χ^2 ANOVA = 127,12; $p < 0,001$; uwaga: χ^2 ANOVA = 178,80; $p < 0,001$; funkcje językowe: χ^2 ANOVA = 142,78; $p < 0,001$; funkcje wzrokowo-przestrzenne: χ^2 ANOVA = 151,26; $p < 0,001$). Po drugie – moduły okazały się różnić trudnością. Istotne różnice ujawniły się przy porównaniu modułów pod względem poziomu, na jakim badani kończyli ostatnią z sesji treningowych w danym module (χ^2 ANOVA = 25,48; $p < 0,001$). Różnice w trudności modułów odzwierciedla także różne tempo przechodzenia graczy na kolejne poziomy trudności w poszczególnych modułach (tab. 2). Najtrudniejszy jest moduł pamięć, najłatwiejszy natomiast – uwaga.

Jeśli chodzi o różnice między wskaźnikami funkcjonowania poznawczego w *pre-teście* i *post-teście*, porównanie dla większości zastosowanych testów wykazało poprawę wyników w pomiarze po zakończeniu treningu w porównaniu z pomiarem przed jego rozpoczęciem (tab. 3). Poprawa dotyczy zakresu pamięci operacyjnej [(WAIS-R (PL): powtarzanie cyfr wspak], utrzymywania i przerzutności uwagi, funkcji wykonawczych i kontroli własnego zachowania oraz szybkości psychomotorycznej [(WAIS-R (PL): symbole cyfr, czas wykonania CTT-2)], fluencji słownej oraz organizacji percepcji, umiejętności dokonywania analizy i syntezy wzrokowej oraz zdolności abstrakcyjnej konceptualizacji materiału wzrokowego [(WAIS-R (PL): klocki)]. Nie poprawił się natomiast zakres pamięci bezpośredniej [(WAIS-R (PL): powtarzanie cyfr wprost)].

W świetle uzyskanych wyników można stwierdzić, że pozytywne zmiany zaobserwowano w zakresie każdej z trenowanych funkcji: pamięci, uwagi, funkcji językowych oraz funkcji wzrokowo-przestrzennych.

Wreszcie wyniki badań wskazują, że różnice między wskaźnikami funkcjonowania poznawczego w *pre-teście* i *post-teście* nie zależą od osiągnięć w treningu. Badani zostali podzieleni na trzy grupy różniące się osiągnięciami w treningu. W pierwszej grupie znalazły się osoby o najwyższych osiągnięciach, tj. takie, które

Tabela 2. Postępy w realizacji treningu: liczba i procent badanych osiągających poszczególne poziomy trudności dla modułów funkcji poznawczych w kolejnych sesjach treningowych

	Numer sesji treningowej dla każdego modułu							
	Sesja 1		Sesja 2		Sesja 3		Sesja 4	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Pamięć:								
poziom 1	70	98,59	35	49,30	21	29,58	10	14,08
poziom 2	–	–	32	45,07	20	28,17	13	18,31
poziom 3	–	–	–	–	26	36,62	42	59,16
brak danych	1	1,41	4	5,63	4	5,63	6	8,45
Uwaga:								
poziom 1	69	97,18	6	8,45	1	1,41	1	1,41
poziom 2	–	–	62	87,32	12	16,90	4	4,23
poziom 3	–	–	–	–	54	76,06	62	87,32
brak danych	2	2,82	3	4,23	4	5,63	5	7,04
Funkcje językowe:								
poziom 1	69	97,18	23	32,39	9	12,68	3	4,23
poziom 2	–	–	69	64,79	34	47,89	23	32,39
poziom 3	–	–	–	–	25	35,21	38	53,52
brak danych	2	2,82	2	2,82	3	4,22	7	9,86
Funkcje wzrokowo-przestrzenne:								
poziom 1	69	97,18	22	30,99	12	16,90	3	4,23
poziom 2	–	–	66	61,97	26	36,62	18	25,35
poziom 3	–	–	–	–	28	39,44	40	56,34
brak danych	2	2,82	5	7,04	5	7,04	10	14,08

– oznacza brak możliwości osiągnięcia danego poziomu trudności w danej sesji (wszyscy badani zaczęli od poziomu 1, w kolejnej sesji mogli przejść o tylko jeden poziom wyżej).

Tabela 3. Porównanie wyników miar funkcjonowania poznawczego przed rozpoczęciem treningu i po jego zakończeniu

	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>	Test <i>t</i> Studenta		Test Wilcoxona	
	M (SD)	M (SD)	Test <i>t</i>	Poziom <i>p</i>	Test <i>Z</i>	Poziom <i>p</i>
WAIS-R (PL):						
powtarzanie cyfr wprost	5,56 (1,92)	5,67 (1,70)	–0,81	0,42	0,73	0,47
powtarzanie cyfr wspak	4,96 (1,65)	5,46 (1,65)	–3,05	0,003	2,84	0,004
klocki	21,55 (8,37)	24,01 (8,01)	–3,66	<i>p</i> < 0,001	3,62	<i>p</i> < 0,001
symbole cyfr	37,75 (10,03)	40,96 (9,95)	–4,62	<i>p</i> < 0,001	4,39	<i>p</i> < 0,001
CTT:						
CTT-1 czas (s)	68,24 (28,67)	62,97 (23,35)	1,65	0,10	1,80	0,07
CTT-1 błędy	0,10 (0,34)	0,03 (0,17)	1,69	0,10	1,57	0,12
CTT-2 czas (s)	132,29 (53,03)	122,97 (46,57)	2,24	0,03	2,44	0,01
CTT-2 błędy	0,22 (0,72)	0,21 (0,58)	0,16	0,87	0,08	0,94
ACE – III:						
fluencja słowna	10,99 (2,29)	11,41 (2,18)	–2,27	0,02	2,25	0,02

trening zakończyły na najwyższym możliwym do osiągnięcia poziomie trudności w każdym z czterech modułów poznawczych. Do grupy drugiej przypisani zostali badani, którzy ukończyli trening na maksymalnym poziomie trudności w trzech z czterech modułów. Natomiast

grupę trzecią tworzyli badani, którzy na koniec treningu osiągnęli najwyższy poziom trudności w dwóch, jednym lub żadnym z czterech modułów. Włączenie do grupy trzeciej badanych o zróżnicowanych osiągnięciach wynikało z bardzo niewielkiej liczby osób, które uzyskały

maksymalny poziom tylko w jednym lub żadnym z modułów treningu. Wyniki zarówno ANOVA, jak i testu Kruskala-Wallisa wskazują na brak zależności zmian, jakie zaszły od pomiaru przed treningiem do pomiaru po jego zakończeniu, od osiągnięć badanych w samym treningu. Wniosek ten dotyczy wszystkich miar poznawczych (tab. 4).

Omówienie i wnioski

Uzyskane w badaniu wyniki wykazały, że po zastosowaniu skomputeryzowanego treningu kognitywnego z wykorzystaniem VR podnosi się sprawność poznawcza w zakresie trenowanych funkcji, tj. pamięci operacyjnej, uwagi (w zakresie jej utrzymywania i przetrzutności), funkcji językowych (fluencji słownej) oraz funkcji wzrokowych (w zakresie organizacji percepcji, umiejętności dokonywania analizy i syntezy wzrokowej oraz zdolności abstrakcyjnej konceptualizacji materiału wzrokowego), a także w zakresie funkcji wykonawczych i szybkości psychomotorycznej. Jest to zgodne z wynikami wcześniejszych badań dotyczących skuteczności treningów poznawczych (Alves i wsp. 2013; Stine-Morrow i Basak 2011; Willams i Kemper 2010).

Ponadto uzyskane wyniki ujawniły występowanie poprawy (przechodzenie na trudniejsze poziomy) w zakresie wykonywanych zadań treningowych. Z jednej strony może to wskazywać na oswojenie się z procedurą treningową w zakresie zastosowanych rozwiązań informatycznych oraz sprzętowych, z drugiej na usprawnianie się trenowanych funkcji. Takie rezultaty pozwalają wnioskować, że osoby powyżej 60. roku życia bez

zaburzeń poznawczych mogą efektywnie przyswajać i wykorzystywać nowoczesne technologie.

Brak różnic w zmianach funkcji poznawczych w zależności od osiągnięć w samym treningu można interpretować dwojako. Wynik taki może stanowić argument przeciwko efektywności zastosowanego treningu i sugerować, że obserwowana poprawa może stanowić rezultat powtórzonego pomiaru. Jeśli zakładać, że u podstaw poprawy funkcjonowania poznawczego leży progres na poziomie wykonania zadań treningowych, należałoby się spodziewać większych pozytywnych zmian u osób, które uzyskały spore osiągnięcia treningowe. Jednocześnie w próbie osób badanych praktycznie brak takich, u których nie wystąpiłby jakikolwiek progres. Żaden z badanych nie pozostał na pierwszym poziomie trudności we wszystkich trenowanych modułach. Co więcej, bardzo mało było osób, które w ostatniej sesji treningowej osiągnęły najwyższy poziom trudności w mniej niż połowie modułów treningu. Należy zatem uznać, że wszystkie osoby badane wykazały progres w treningu, choć różniły się one wielkością. Nie jest jasne, czy potrzebna jest określona wielkość osiągnięć w treningu, by oczekiwać poprawy funkcjonowania poznawczego, choć istnieją doniesienia o istotnym znaczeniu progresu w zadaniach treningowych dla poprawy w zadaniach poznawczych spoza programu treningowego (Zinke i wsp. 2014). Alternatywnie znaczący dla takiej poprawy może być sam fakt stymulacji i aktywizacji poznawczej. Niestety brak grupy kontrolnej w omawianych badaniach nie pozwala na rozstrzygnięcie tych problemów na podstawie uzyskanych wyników.

Tabela 4. Porównanie grup osób badanych różniących się osiągnięciami w treningu pod względem wielkości zmian w zakresie wyników miar funkcjonowania poznawczego od pomiaru przed rozpoczęciem treningu do pomiaru po jego zakończeniu

	Test F ANOVA		Test Kruskala-Wallisa	
	Test F	Poziom p	Test H	Poziom p
WAIS-R (PL):				
powtarzanie cyfr wprost	0,02	0,98	0,15	0,93
powtarzanie cyfr wspak	0,28	0,75	1,31	0,52
klocki	0,04	0,97	0,08	0,96
symbole cyfr	0,03	0,97	0,79	0,67
CTT:				
CTT-1 czas (s)	1,23	0,30	2,17	0,34
CTT-1 błędy	0,84	0,44	1,16	0,56
CTT-2 czas (s)	0,04	0,97	0,39	0,82
CTT-2 błędy	1,41	0,25	1,50	0,47
ACE – III:				
fluencja słowna	0,59	0,56	2,24	0,33

Zastosowana procedura badawcza uniemożliwia także ocenę wpływu samej formy treningu na zaobserwowane zmiany i wykazanie jej większej efektywności w porównaniu z formami bardziej tradycyjnymi. Można jednak z pewnością stwierdzić, że proponowana forma treningów pod wieloma względami ma przewagę nad formą tradycyjną:

1. Treningi w wersji komputerowej pozwalają na łatwiejsze ich rozpowszechnienie wśród osób starszych, ponieważ nie wymagają od nich wizyt w jakiegokolwiek placówce, umożliwiają realizację treningu w domu czy miejscu zamieszkania.
2. Brak konieczności przemieszczania się (docierania do miejsca realizacji treningu) umożliwia korzystanie z treningu także osobom mającym trudności z poruszaniem się.
3. Stosowanie treningów w wersji komputerowej nie wymaga zatrudniania i edukowania trenerów.
4. W treningach komputerowych możliwe jest bardziej elastyczne i spersonalizowane podejście – uczestnik może pracować we własnym tempie, nie musi się dostosowywać do tempa pracy grupy, dodatkowo prowadzony na bieżąco pomiar osiągnięć pozwala na dostosowanie poziomu trudności zadania do poznawczego funkcjonowania danego uczestnika treningu.

Proponowana metoda treningu funkcji poznawczych ma jednocześnie charakter nowatorski z uwagi na:

- treść zadań treningowych odnoszącą się do sytuacji życia codziennego i związanych z nimi wymagań, a tym samym podnoszącą trafność ekologiczną badań,
- formę treningu, tj. jego multimedialny i symulacyjny charakter wykorzystujący technologię VR.

Niezależnie od tych walorów zastosowanej formy treningu, przeprowadzone badania nie są pozbawione ograniczeń. Czas treningu zaplanowanego w ramach badań był krótki, tym samym na podstawie uzyskanych wyników nie można przewidywać efektów długotrwałych oddziaływań z wykorzystaniem stworzonego oprogramowania. Ponadto badania prowadzone były w planie quasi-eksperymentalnym, ponieważ nie zastosowano grupy kontrolnej. Jej włączenie pozwoliłoby oddzielić zmiany wywołane treningiem od efektu powtórzonego pomiaru. Z kolei uwzględnienie grupy kontrolnej podanej innego typu treningowi kognitywnemu (np. w tradycyjnej formie papier-olówek lub w formie komputerowej, lecz bez włączania zadań poznawczych w sytuację życia codziennego)

umożliwiłoby ocenę, czy specyfika treningu z wykorzystaniem oprogramowania GRADYS podnosi skuteczność oddziaływań. Oba wskazane uzupełnienia planu badawczego należy uwzględnić w przyszłych badaniach nad efektywnością treningu za pomocą oprogramowania GRADYS.

Badania omawiane w pracy były finansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w programie Innowacje Społeczne w ramach grantu nr IS-1/004/NCBR/2014. Badanie realizowane jest przez konsorcjum w składzie: Uniwersytet im. Kazimierza Wielkiego (Instytut Psychologii), *Collegium Medicum* im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy (Katedra Geriatrii i Katedra Psychiatrii), Stowarzyszenie „Nowa Wspólna Droga”, PB Online Sp. z o.o., Wyższa Szkoła Technologii Informatycznych w Warszawie.

Autorzy dziękują współautorom scenariuszy gry: Paulinie Andryszak, Annie Dudzic-Koc, Kamili Litwic-Kamińskiej, Marcie Podhoreckiej, Annie Polak-Szabeli, Agnieszce Szalkowskiej i Łukaszowi Warchołowi oraz koordynującym ich prace Kornelii Kędziorze-Kornatowskiej i Aleksandrowi Araszkieviczowi, programistom: Adrianowi Fijałkowskiemu, Tomaszowi Gałajowi, Sławomirowi Opałce i Magdalenie Rawickiej oraz koordynującemu ich prace Adamowi Wojciechowskiemu.

Piśmiennictwo

1. Alves J, Magalhães R, Machado Á, et al. Non-pharmacological cognitive intervention for aging and dementia: Current perspectives. *World J Clin Cases* 2013; 1: 233-241.
2. Au J, Buschkuhl M, Duncan GJ, et al. There is no convincing evidence that working memory training is NOT effective: A reply to Melby-Lervåg and Hulme (2015). *Psychon Bull Rev* 2016; 23: 331-337.
3. Cheng Y, Wu W, Feng W, et al. The effects of multi-domain versus single-domain cognitive training in non-demented older people: a randomized controlled trial. *BMC Medicine* 2012; 10: 30.
4. Coyle H, Traynor V, Solowij N. Computerized and virtual reality cognitive training for individuals at high risk of cognitive decline: systematic review of the literature. *Am J Geriatr Psychiatry* 2015; 23: 335-359.
5. Foloppe DA, Richard P, Yamaguchi T, et al. The potential of virtual reality-based training to enhance the functional autonomy of Alzheimer's disease patients in cooking activities: A single case study. *Neuropsychol Rehabil* 2015; 20: 1-25.
6. Garcia-Betances RI, Jiménez-Mixco V, Arredondo MT, et al. Using virtual reality for cognitive training of the elderly. *Am J Alzheimers Dis Other Dement* 2014; 30: 49-54.
7. Harada CN, Love MCN, Triebel K. Normal Cognitive Aging. *Clin Geriatr Med* 2013; 29: 737-752.
8. Hill NTM, Mowszowski L, Naismith SL, et al. Computerized cognitive training in older adults with mild cognitive impairment or dementia: A systematic review and meta-analysis. *Am J Psychiatry* 2017; 174: 329-340.

9. Karbach J, Verhaeghen P. Making Working Memory Work: A Meta-Analysis of Executive-Control and Working Memory Training in Older Adults. *Psychol Sci* 2014; 25: 2027-2037.
10. Kueider AM, Parisi JM, Gross AL, et al. Computerized cognitive training with older adults: a systematic review. *PLoS One* 2012; 7: e40588.
11. Laskowska I, Zajac-Lamparska L, Witkość M, et al. A serious game – a new training addressing particularly prospective memory in the elderly. *BAMS* 2013; 9: 155-165.
12. Leszko M, Zajac-Lamparska L, Trempala J. Aging in Poland. *Gerontologist* 2015; 55: 707-715.
13. Mahrer NE, Gold JJ. The use of virtual reality for pain control: a review. *Curr Pain Headache Rep* 2009; 13: 100-109.
14. Martin M, Clare L, Altgassen AM, et al. Cognition-based interventions for healthy older people and people with mild cognitive impairment. *Cochrane Database Syst Rev* 2011; 1: CD006220.
15. Melby-Lervåg M, Hulme C. Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Dev Psychol* 2013; 49: 70-291.
16. 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* 2016; 23: 324-330.
17. Murman DL. The Impact of Age on Cognition. *Semin Hear* 2015; 36: 111-121.
18. Neely AS, Bäckman L. Effects of multifactorial memory training in old age: generalizability across tasks and individuals. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 1995; 50: 134-140.
19. Optale G, Urgesi C, Busato V, et al. Controlling Memory Impairment in Elderly Adults Using Virtual Reality Memory Training: A Randomized Controlled Pilot Study. *Neurorehabil Neural Repair* 2010; 24: 348-357.
20. Oswald W, Gunzelmann T, Rupperecht R, et al. Differential effects of single versus combined cognitive and physical training with older adults: the SimA study in a 5-year perspective. *Eur J Ageing* 2006; 3: 179-192.
21. Park DC, Lautenschlager G, Hedden T, et al. Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychol Aging* 2002; 17: 299-320.
22. Rose FD, Brooks BM, Rizzo AA. Virtual reality in brain damage rehabilitation: review. *Cyberpsychol Behav* 2005; 8: 241-262.
23. Salthouse TA. What and When of Cognitive Aging. *Current Directions in Psychological Science* 2004; 13: 140-144.
24. Schmiedek F, Lövdén M, Lindenberger U. Hundred Days of Cognitive Training Enhance Broad Cognitive Abilities in Adulthood: Findings from the COGITO Study. *Front Aging Neurosci* 2010; 2: 1-10.
25. Schwaighofer M, Fischer F, Bühner M. Does Working Memory Training Transfer? A Meta-Analysis Including Training Conditions as Moderators. *Educational Psychologist* 2015; 50: 138-166.
26. Standen PJ, Brown DJ. Virtual reality in the rehabilitation of people with intellectual disabilities: review. *Cyberpsychol Behav* 2005; 8: 272-282.
27. Stine-Morrow EAL, Basak C. Cognitive Interventions. W: *Handbook of the Psychology of Aging*. 7th Edition. Schaie KW, Willis SL (red.). Academic Press; San Diego, CA 2011; 153-171.
28. Tardif S, Simard M. Cognitive stimulation programs in healthy elderly: a review. *Int J Alzheimers Dis* 2011; 378934. doi: 10.4061/2011/378934.
29. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). *World Population Ageing 2015 (ST/ESA/SER.A/390)*.
30. http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/WPA2015_Report.pdf.
31. Weicker J, Villringer A, Thöne-Otto A. Can Impaired Working Memory Functioning Be Improved By Training? A Meta-Analysis With a Special Focus on Brain Injured Patients. *Neuropsychology* 2015; 30: 190-212.
32. Williams K, Kemper S. Exploring interventions to reduce cognitive decline in aging. *J Psychosoc Nurs Ment Health Serv* 2010; 48: 42-51.
33. Willis S, Tennstedt S, Marsiske M. Long-term effects of cognitive training on everyday functional outcomes in older adults. *JAMA* 2006; 296: 2805-2814.
34. Zajac-Lamparska L, Trempala J. Effects of working memory and attentional control training and their transfer onto fluid intelligence in early and late adulthood. *Health Psychol Rep* 2016; 4: 41-53.
35. Zinke K, Zeintl M, Rose NS, et al. Working memory training and transfer in older adults: effects of age, baseline performance, and training gains. *Dev Psychol* 2014; 50: 304-315.