

Ewa Małgorzata Szepietowska

Positive impact of cognitive reserve on the dynamics of selected cognitive functions in a 3-month follow-up of adult Poles

Pozytywny wpływ rezerwy poznawczej na dynamikę wybranych kompetencji poznawczych w 3-miesięcznej obserwacji dorosłych Polaków

Institute of Psychology, Maria Curie-Skłodowska University, Lublin, Poland

Correspondence: Ewa Szepietowska, MD, PhD, Assoc. Prof., Institute of Psychology, Department of Clinical Psychology and Neuropsychology, Maria Curie-Skłodowska University, Głęboka 45, 20-612 Lublin, Poland, e-mail: ewa.szepietowska@poczta.umcs.lublin.pl

Instytut Psychologii, Uniwersytet im. Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin, Polska

Adres do korespondencji: Ewa Szepietowska, Katedra Psychologii Klinicznej i Neuropsychologii, Uniwersytet im. Marii Curie-Skłodowskiej, ul. Głęboka 45, 20-612 Lublin, e-mail: ewa.szepietowska@poczta.umcs.lublin.pl

ORCID iD

Ewa Małgorzata Szepietowska <https://orcid.org/0000-0003-3383-0353>

Abstract

Introduction: David Snowden's 25-year longitudinal Nun Study has contributed to the ongoing interest in the relationship between cognitive reserve and cognitive performance in adults. The term "cognitive reserve" refers to the capital of knowledge and skills. Greater cognitive reserve accounts for good baseline cognitive status of adults and may translate into successful aging. Therefore, research was undertaken to assess the role of cognitive reserve and age in shaping the results of tests assessing cognitive functions and self-report methods. **Methods:** The study was conducted among adult Poles ($N = 80$) and involved two measurements (at baseline and after 3 months). The cognitive reserve index included self-report data on past and present involvement in various areas of life, years of occupational activity, level of formal education and occupational status. Each of these categories was scored. Cognitive functions were assessed twice using verbal fluency tests, the Wechsler Adult Intelligence Scale – Revised (WAIS-R) subtests, the Zoo Map subtest, the Trail Making Test (TMT), self-report tools such as the Dysexecutive Questionnaire – Self (DEX-S) and the Prospective and Retrospective Memory Questionnaire (PRMQ), as well as the Beck Depression Inventory (BDI-II). **Results:** Age was negatively correlated with test results, while greater cognitive reserve contributed to better outcomes, which was observed both at baseline and follow-up. The same assessments performed separately for the group of younger (≤ 55 years of age) and older (≥ 56 years) adults revealed the negative effect of age in the older group, with less pronounced positive effect of cognitive reserve. **Discussion:** The results correspond to previous findings. Attention, cognitive flexibility, working memory and planning abilities deteriorate with age. High levels of cognitive reserve account for improvement of these functions both at baseline and at 3 months. However, age, the negative role of which is particularly evident in individuals aged ≥ 56 years, is the strongest determinant of task performance. **Conclusions:** The relationship between deteriorated cognitive functions and the protective role of cognitive reserve may vary at different stages of adulthood. Adverse effects of age on cognitive abilities are more pronounced, while the protective effects of cognitive reserve cease in individuals aged ≥ 56 years. This may indicate that in the presence of other unfavourable factors, such as multimorbidity, cognitive reserve has no significant impact on the ageing trajectory.

Keywords: cognitive functioning, aging, short-term follow-up, cognitive reserve

Streszczenie

Wstęp: Badania podłużne z udziałem siostr zakonnych (*nun studies*) prowadzone przez Davida Snowdena przez 25 lat przyczyniają się do nieustannego zainteresowania związkiem między rezerwą poznawczą a sprawnością kognitywną osób dorosłych. Termin „rezerwa poznawcza” odnosi się do całokształtu wiedzy i umiejętności. Wyższa rezerwa poznawcza wyjaśnia dobrą kondycję poznawczą dorosłych w pomiarze wyjściowym (*baseline*) i może determinować proces pozytywnego starzenia się. Podjęto więc badania mające na celu określenie roli rezerwy poznawczej i wieku w kształtowaniu wyników testów oceniających funkcje poznawcze i metod samoopisowych. **Metoda:** Uczestnikami badań byli dorośli Polacy ($N = 80$), a procedura uwzględniła dwa pomiary (*baseline* i po 3 miesiącach). Wskaźnik rezerwy poznawczej obejmował: dane samoopisowe na temat przeszłej i obecnej aktywności w różnych obszarach życia, lata pracy, poziom formalnej edukacji i status zawodowy; w każdej z wymienionych kategorii przyznawano punkty. Funkcjonowanie poznawcze oceniano dwukrotnie, wykorzystując testy fluencji słownej, podtesty ze zrewidowanej Skali Inteligencji Wechslera dla Dorosłych (Wechsler Adult Intelligence Scale – Revised, WAIS-R), test ZOO, Test Łączenia Punktów A i B oraz metody samoopisowe dotyczące poczucia sprawności poznawczych: Dysexecutive Questionnaire –

Self (DEX-S) i Prospective and Retrospective Memory Questionnaire (PRMQ), a także nastroju: Inwentarz Depresji Becka (Beck Depression Inventory, BDI-II). **Wyniki:** Wiek negatywnie determinował wyniki, natomiast wyższa rezerwa poznawcza sprzyjała dobrym rezultatom – co odnotowano zarówno w pomiarze wyjściowym, jak i w powtórnym badaniu. Gdy analogiczne analizy wykonano osobno dla grupy młodszych (do 55. roku życia) i starszych (56+) dorosłych, w grupie starszej wyraźny był negatywny wpływ wieku, a słabiej ujawnił się pozytywny efekt rezerwy poznawczej. **Omówienie:** Rezultaty są zgodne z dotychczasowymi ustaleniami. Wraz z wiekiem osłabieniu ulegają procesy uwagi, elastyczności poznawczej, pamięci operacyjnej czy planowania. Wysoki poziom rezerwy poznawczej wyjaśnia lepszą sprawność powyższych procesów zarówno w początkowym, jak i drugim badaniu. Jednak wiek, którego negatywna rola ujawnia się szczególnie u osób 56+, jest istotniejszym determinantem jakości realizacji zadań. **Wnioski:** Relacje między osłabieniem funkcji poznawczych a wiekiem i ochronną rolą rezerwy poznawczej mogą mieć odmienny charakter na kolejnych etapach dorosłości. U osób 56+ uwidacznia się niekorzystny wpływ wieku na sprawność kognitywną, a korzystny wpływ rezerwy poznawczej zanika. Może to oznaczać, że rezerwa poznawcza nie ma istotnego wpływu na trajektorię starzenia się w obliczu innych, niekorzystnych czynników, takich jak wielochorobowość.

Słowa kluczowe: funkcjonowanie poznawcze, starzenie się, krótko trwające badanie podłużne, rezerwa poznawcza

INTRODUCTION

The relationship between cognitive reserve (CR) and cognitive functioning in adulthood, late adulthood in particular, is still a subject of scientific research. The term “cognitive reserve” refers to the overall knowledge and skills acquired by an individual through both formal and informal education, occupational activity, social contacts, as well as intellectual and physical activity undertaken from the earliest stages of life (Stern, 2009).

CR accounts for why individuals with a higher intelligence quotient (IQ) and education, those more professionally active and participating in a variety of leisure time activities show less severe pathological clinical and cognitive processes associated with ageing or Alzheimer’s disease. It has been particularly hypothesised that the individual differences in task processing represent the reserve that delays the detection of brain pathology. CR may allow for a more flexible use of strategies, which can be assessed when performing tasks that engage executive functions (Tucker and Stern, 2011). A higher level of CR (Merzenich et al., 2014) is associated with greater neural efficiency and capacity (known as cognitive buffers) as well as the ability to compensate by switching on additional brain regions during data processing. There is ample evidence that CR is not fixed but able to evolve and, combined with brain plasticity, lifestyle and health, it may account for different patterns of aging (from successful, through normative to pathological). It is to some extent a modifiable factor as it can be expanded; therapeutic interventions (e.g. cognitive and motor training) for adults can increase CR and positively shape cognitive capacity even at a late stage of life (Pąchalska et al., 2021; Zaninotto et al., 2018).

Ghisla et al. (2023) pointed out that a high CR level is an important determinant of “healthy ageing” characterised by independence, high quality of life, and even an increase in cognitive competence. They illustrated this with the results of a study in 1,889 participants (mean age 75.1 years) from 5 European countries: cognitive improvement was observed in 12% of participants during the 3 years of research. However, with each year of life, the upward trend dropped

WPROWADZENIE

Związek między rezerwą poznawczą (*cognitive reserve*, CR) a funkcjonowaniem poznawczym w dorosłości, szczególnie na późnym jej etapie, nadal jest aktualnym tematem badań. Termin „rezerwa poznawcza” dotyczy całokształtu wiedzy i umiejętności zdobytych przez jednostkę w trakcie edukacji formalnej i nieformalnej, pracy zawodowej, kontaktów społecznych, aktywności intelektualnej i fizycznej podejmowanej od wczesnych faz życia (Stern, 2009).

CR wyjaśnia, dlaczego osoby o wyższym ilorazie inteligencji (*intelligence quotient*, IQ) i wykształceniu, bardziej aktywne zawodowo lub uczestniczące w różnorodnych zajęciach w czasie wolnym wykazują mniej poważne zmiany kliniczne i poznawcze w obecności patologii związanej z wiekiem lub chorobą Alzheimera. Hipoteza CR zakłada w szczególności, że indywidualne różnice w sposobie przetwarzania zadań stanowią rezerwę opóźniającą wykrycie patologii mózgu. CR może pozwalać na elastyczniejsze stosowanie strategii, którą to zdolność można uchwycić w zadaniach angażujących funkcje wykonawcze (Tucker i Stern, 2011). Wyższy poziom CR (Merzenich et al., 2014) wiąże się z większą wydajnością i pojemnością neuronalną (co nazywamy buforami poznawczymi) oraz możliwością kompensacji przez włączenie dodatkowych regionów mózgu podczas przetwarzania informacji. Wiele danych wskazuje na to, że CR nie jest stała, lecz się rozwija, a w powiązaniu z plastycznością mózgu, stylem życia i stanem zdrowia wyjaśnia różne wzorce starzenia się (od starzenia się satysfakcjonującego, przez normatywne, do patologicznego). Jest w pewnym stopniu czynnikiem modyfikowalnym – może być wzbogacana; interwencje terapeutyczne (np. treningi funkcji poznawczych i ruchowych) oferowane osobom dorosłym mogą zwiększać CR i pozytywnie kształtować kondycję poznawczą nawet na późnym etapie życia (Pąchalska et al., 2021; Zaninotto et al., 2018).

Ghisla i wsp. (2023) wskazali, że wysoki poziom CR jest istotnym determinantem „zdrowego starzenia się” (*healthy ageing*), dla którego charakterystyczne są niezależność i dobra jakość życia, a nawet wzrost kompetencji poznawczych.

by 6% (Ghisla et al., 2023). Similar results were reported by Daskalopoulou et al. (2019). This 14-year observational study pointed to several CR-associated types of aging. The moderately stable group included persons with moderate health and cognitive condition both at baseline and at the end of the study and, according to the authors, they represented the normative ageing pattern. High-stable individuals (corresponding to the healthy ageing trajectory pattern), who scored very high in the follow-up period, were another group; these participants were characterised by excellent health, good cognitive function and the lowest risk of death after 14 years of follow-up. The low-stable group included persons with health problems, achieving poor scores in subsequent measurements and showing a high risk of premature death. CR (understood as the level of education) and recent intensity of physical activity were among factors accounting for different ageing patterns.

The research also addressed the question of what aspects of CR are crucial for later competence and in what phase of life engaging in activity may be of particular importance. As already mentioned earlier, the reserve is dynamic, which means that it can be either enhanced or diminished by various factors at each stage of life. Although many studies point to the distant consequences of childhood activity and living conditions (the longarm of childhood) (Stern, 2012), negative factors present in the early years of life not necessarily exclude the chance for a high level of CR later in life. Poor parental education has not been shown to increase the risk of cognitive deficits in individuals aged ≥ 65 years at the time of the study, with higher education level of the respondents themselves playing a cognitive protective role (Yahirun et al., 2020). However, Wilson et al. (2019) found that the level of education is an important CR component for cognitive functioning, but only up to a point, as the role of CR shrinks with age and as well as with progressing neuropathology and dementia. Park (2019) found that the relationship between CR and cognitive functioning across both adulthood and old age is constituted before the age of 20 years. On the other hand, Chen et al. (2022) pointed out that engaging in activities in adulthood is more important for later functioning than engaging in childhood activities. Cognitively engaging work may play an important role here, while work that does not require cognitive effort reduces the chances of satisfactory cognitive aging (Nilsen et al., 2022). The social environment/network, one of the building blocks of CR, may also be important for later cognitive performance. Wöbbecking-Sánchez et al. (2020) showed a lower level of CR and worse cognitive performance in individuals staying in institutionalized centres. Chen et al. (2022) found that living in rural areas means worse conditions for creating social relationships, and therefore for building CR and later cognitive capacity. End of occupational activity (retirement) creates good conditions for increasing CR and enhancing cognitive functions, e.g. through greater involvement in social or physical activity (Chen et al., 2022); however, the data are inconsistent at this point. Retirement may cause the loss

Zilustrowali to wynikami badań 1889 osób (średnia wieku 75,1 roku) z 5 krajów Europy: u 12% obserwowano poprawę sprawności w ciągu 3 lat badań. Jednak z każdym rokiem życia prawdopodobieństwo wzrostu kondycji spadało o 6% (Ghisla et al., 2023). Podobnych wyników dostarczyły badania Daskalopoulou i wsp. (2019). Obejmowały one aż 14 lat obserwacji i wykazały istnienie kilku typów starzenia się, powiązanych z CR. W skład grupy określonej jako „umiarkowanie stabilna” wchodziły osoby o umiarkowanej kondycji zdrowotnej i poznawczej zarówno na początku, jak i na końcu badań – zdaniem autorów reprezentujące wzorzec normatywnego starzenia się. Kolejną grupę tworzyły osoby „wysokie stabilne” (odpowiadające wzorcowi starzenia się zdrowego), których wyniki były w okresie *follow-up* bardzo wysokie; uczestnicy ci po 14 latach obserwacji cechowali się doskonałym stanem zdrowia, dobrą kondycją poznawczą i najmniejszym prawdopodobieństwem zgonu. Grupę „nisko stabilną” tworzyły osoby z problemami zdrowotnymi, uzyskujące niskie wyniki w kolejnych pomiarach i wykazujące wysokie ryzyko przedwczesnego zgonu. Do czynników odpowiedzialnych za różne wzorce starzenia się należały CR, której wskaźnikiem był poziom wykształcenia, oraz nasilenie aktywności fizycznej w ostatnich latach. Inną kwestią uwzględnianą w badaniach jest pytanie o to, jakie aspekty CR są najistotniejsze dla późniejszej kondycji i w jakiej fazie życia aktywność może mieć szczególne znaczenie. Jak zaznaczono wcześniej, rezerwa ma charakter dynamiczny, czyli w każdej fazie życia mogą ją konstituować lub osłabiać różne czynniki. Chociaż liczne badania wskazują na odroczone konsekwencje aktywności i warunków życia w dzieciństwie (*longarm of childhood*) (Stern, 2012), niektóre czynniki negatywnie oddziałujące we wczesnych latach życia nie muszą przekreślać szansy na wysoką CR w późniejszym okresie. Nie wykazano, by niższy poziom edukacji rodziców zwiększał prawdopodobieństwo rozwoju deficytów kognitywnych u osób mających w trakcie badania 65 lub więcej lat, przy czym wyższe wykształcenie samych badanych pełniło funkcję protekcyjną w kontekście kondycji poznawczej (Yahirun et al., 2020). Jednak Wilson i wsp. (2019) zauważyli, że poziom edukacji jako element CR jest istotny dla kondycji poznawczej tylko do pewnego momentu: rola CR maleje z wiekiem lub w przypadku rozwoju neuropatologii i otępienia. Park (2019) stwierdził, iż relacje CR – kondycja poznawcza w dorosłości i starości są konstituowane przed 20. rokiem życia. Natomiast Chen i wsp. (2022) wskazali, że aktywność w okresie dorosłości ma większe znaczenie dla późniejszego funkcjonowania niż aktywność w dzieciństwie. Ważną rolę może tu odgrywać praca angażująca poznawczo, z kolei praca niewymagająca wysiłku kognitywnego zmniejsza szanse na satysfakcjonujące poznawcze starzenie się (Nilsen et al., 2022). Środowisko społeczne i sieć społeczna – jeden z budulców CR – także mogą mieć znaczenie dla późniejszej sprawności poznawczej. Wöbbecking-Sánchez i wsp. (2020) wykazały niższy poziom CR i sprawności poznawczej u osób przebywających w ośrodkach zinstytucjonalizowanych, a Chen

of gains achieved owing to greater CR and lead to a rapid deterioration of verbal memory or other functions (Xue et al., 2018) if the individual does not engage in other cognitively engaging activities, such as building social bonds. Sauter et al. (2021) proposed a relational reserve (RR) as one of CR components. This concept refers to relationships with other people (in and outside family) particularly important in the context of receiving and offering emotional support. Ambivalent relationships were also considered. Studies in 897 participants (follow-up: 6 years) assessed the relationship between CR (years of education), RR and the performance in the Trail Making Test (TMT A & B) as a measure of executive functions (EF). Although a positive relationship was found between social reserve and TMT results (shorter performance time), it was shown only for individuals with a higher CR. According to the authors, only participants with a higher academic level could use RR as a buffer against a decrease in EF in subsequent years, or participants with a higher RR were able to use their cognitive resources, understood as acquired education, more effectively.

Villa et al. (2021) presented their research on the relationship between marital status, CR and cognitive functioning. Unexpectedly, living alone was an independent factor associated with a lower risk of mild cognitive impairment (MCI) and a greater likelihood of high CR. Women living alone exhibited superior cognitive function and a better support network than those living with relatives. In turn, Li et al. (2021) excluded, among others, social networks from the final CR index as irrelevant to cognitive functioning, based on structural equation modelling (SEM).

Other questions also arise: What mental processes are promoted by a higher level of CR? Is its beneficial role the same at different stages of adulthood? It has been shown that higher CR has a positive effect on episodic memory, as well as executive (Relander et al., 2021) and attentional functions (Narbutas et al., 2021; Szepietowska, 2019, 2022). This is important because, on the one hand, deterioration of these functions, EF in particular, is a characteristic feature of ageing (Reuter-Lorenz and Park, 2010), and on the other hand, the deterioration of EF negatively affects the psychophysical functioning of seniors. Duda et al. (2014) demonstrated that higher CR (years of education) favourably moderates the relationship between cognitive and functional capacity (assessed using the Instrumental Activities of Daily Living, IADLs). Oosterman et al. (2021) and Caffò et al. (2016) showed that age is associated with cognitive decline, while CR either directly positively regulates cognitive performance or minimises the negative impact of age. Bettcher et al. (2019) emphasised that the protective effect of CR may become exhausted, but further enhancement of CR (e.g. through constant activity in various domains of life) may act as a buffer for some time despite age-related neurodegeneration of the brain (see also Pąchalska et al., 2021).

Referring to the abundant literature and my previous research (Szepietowska, 2019, 2022), further studies in adult

i wsp. (2022) odnotowali, że zamieszkiwanie na wsi oznacza gorsze warunki do tworzenia relacji społecznych, a zatem i do budowania CR oraz późniejszej sprawności. Zakończenie aktywności zawodowej (przejście na emeryturę) stwarza dobre warunki do podnoszenia CR i wzmacniania kondycji poznawczej, np. przez większe zaangażowanie w aktywność społeczną czy fizyczną (Chen et al., 2022), lecz dane nie są tu spójne. Rozpoczęcie emerytury może skutkować utratą zdobyczy uzyskanych dzięki wyższej CR i prowadzić do szybkiego pogorszenia pamięci werbalnej lub innych funkcji (Xue et al., 2018), jeśli jednostka nie będzie podejmować innych angażujących poznawczo aktywności, choćby budować więzi społecznych. Sauter i wsp. (2021) jako jeden z elementów CR zaproponowali rezerwę relacyjną (*relational reserve*, RR). Jest to koncept odnoszący się do relacji z osobami – z rodziny i nie tylko – szczególnie ważnymi w kontekście uzyskiwania i ofiarowywania wsparcia emocjonalnego. Pod uwagę wzięto także relacje o ambiwalentnym charakterze. W badaniach 897 uczestników (*follow-up*: 6 lat) analizowano związek między CR (wskaźnik: lata edukacji), RR a realizacją Testu Łączenia Punktów w wersji A i B (Trail Making Test, TMT A & B) jako miary funkcji wykonawczych (*executive functions*, EF). Co prawda wykazano pozytywne relacje między rezerwą społeczną a wynikami TMT (krótszy czas realizacji), ale dotyczyło to jedynie osób z wyższą CR. Zdaniem autorów wyłącznie ci uczestnicy, którzy cechowali się wyższym poziomem edukacji, mogli w kolejnych latach skorzystać z RR jako buforu chroniącego przed spadkiem EF – lub też uczestnicy o większej RR byli zdolni do bardziej efektywnego wykorzystywania swoich zasobów poznawczych rozumianych jako zdobyta edukacja.

Villa i wsp. (2021) przedstawili badania dotyczące związku między stanem cywilnym, CR i funkcjonowaniem poznawczym. Wbrew przypuszczeniom samotne życie było niezależnym czynnikiem związanym z mniejszym prawdopodobieństwem łagodnych zaburzeń poznawczych (*mild cognitive impairment*, MCI) i większym prawdopodobieństwem wysokiej CR. Kobiety żyjące samotnie cechowały się lepszą kondycją poznawczą i lepszą siecią wsparcia niż kobiety mieszkające z bliskimi. Z kolei Li i wsp. (2021) na podstawie SEM (*structural equation modeling*) wykluczyli z ostatecznego wskaźnika CR m.in. sieci społeczne – jako nieistotne dla funkcjonowania poznawczego.

Stawiane są także inne pytania: Jakim procesom psychicznym sprzyja wyższy poziom CR? Czy jego korzystna rola jest taka sama na różnych etapach dorosłości? Dowiedziono, że wyższa rezerwa oddziałuje pozytywnie na pamięć epizodyczną, funkcje wykonawcze (Relander et al., 2021) i uwagę (Narbutas et al., 2021; Szepietowska, 2019, 2022). To istotne, gdyż z jednej strony osłabienie wspomnianych funkcji, szczególnie EF, jest charakterystyczną cechą starzenia się (Reuter-Lorenz i Park, 2010), z drugiej zaś pogorszenie EF negatywnie wpływa na funkcjonowanie psychofizyczne seniorów. Duda i wsp. (2014) udowodnili, że wyższa CR (lata edukacji) korzystnie moderuje relacje między sprawnością poznawczą a sprawnością funkcjonalną

Poles were undertaken. The aim of this study was to assess:

- whether age and CR (formal educational level, years of work, occupational status and the level of activity in different areas of life) are determinants of the performance of tasks recruiting various cognitive functions, EF in particular, immediate memory and attention;
- whether both predictors, i.e. CR and age, determine task performance both at baseline (first measurement) and after a short period of time (second measurement);
- whether the role of the assessed determinants is the same in younger and older adults.

MATERIALS AND METHODS

Materials

The research was in accordance with the Declaration of Helsinki and was a continuation of earlier research (approved by the Faculty Research Ethics Committee; No. 13/2018). Participation in the research was voluntary. The inclusion criteria were as follows: age over 40 years, informed consent, good health and mental state enabling task performance, independence in everyday life (as an indirect indicator of the absence of clinically severe cognitive deficits). The exclusion criteria were as follows: poor health/mental state preventing participation, medical history of previous (including childhood) cardiovascular events (stroke, myocardial infarction, cardiac surgery), head injuries and other neurological, psychiatric or oncological conditions and a positive history for past/ongoing COVID-19 infection. The measurements were individual and were performed twice. At the baseline measurement, the participants were asked to complete the Cognitive Reserve Questionnaire, cognitive function tests and self-report tools. The second measurement, using an identical set of tools, was performed 3 months later. A total of 90 respondents participated in the first measurement, but due to the fact that not all participants participated in the second measurement, full data of 80 participants were included in the analyses.

Study group characteristics

The characteristics of study participants are presented in Tab. 1. Women, married persons, working people, and those with secondary and higher education accounted for the majority of the study group. Most of participants declared no substance abuse, and less than half of them reported no ongoing somatic or neurological conditions. Others reported various health conditions under constant medical control, such as hypertension, diabetes, respiratory diseases or, in the case of women, gynaecological and endocrinological disorders. Childhood and adolescence medical history showed fractures of the limbs without suspected head injuries (2 persons), upper respiratory tract infections treated in an outpatient setting (10 persons), and non-cancerous endocrine and gynaecological

(oceniającą za pomocą skali Instrumental Activities of Daily Living, IADL). Oosterman i wsp. (2021) oraz Caffò i wsp. (2016) wykazali, iż wiek jest powiązany z osłabieniem funkcji poznawczych, natomiast CR albo bezpośrednio pozytywnie wpływa na kondycję poznawczą, albo minimalizuje negatywny wpływ wieku. Bettcher i wsp. (2019) podkreśliли możliwość wyczerpania się ochronnego wpływu CR, ale dalsze wzmacnianie rezerwy (np. przez stałą aktywność w różnych obszarach życia) może przez jakiś czas pełnić funkcję buforu pomimo rozwoju neurodegeneracji mózgowia związanej z wiekiem (zob. też Pąchalska *et al.*, 2021). Nawiązując do bardzo bogatego piśmiennictwa i rezultatów wcześniejszych badań własnych (Szepietowska, 2019, 2022), podjęto kolejne badania dorosłych Polaków. Celem pracy było wskazanie, czy:

- wiek oraz CR uwzględniająca formalny poziom wykształcenia, lata pracy, status zawodowy i nasilenie aktywności w różnych obszarach życia są determinantami wykonania zadań angażujących różne funkcje poznawcze, w szczególności EF, pamięć bezpośrednią i uwagę;
- czy oba predyktory – CR i wiek – determinują wykonanie zadań zarówno w warunkach oceny wyjściowej (*baseline*, pomiar pierwszy), jak i po krótkim odroczeniu (pomiar drugi);
- czy rola badanych determinantów jest taka sama u młodszych i starszych dorosłych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał

Procedura badań była zgodna z Deklaracją Helsińską i stanowiła kontynuację badań rozpoczętych wcześniej (zgodna Wydziałowej Komisji ds. Etyki Badań Naukowych nr 13/2018). Do badań zaproszono wolontariuszy. Kryteria włączające objęły: wiek powyżej 40 lat, wyrażenie świadomej zgody na uczestnictwo, dobry aktualny stan zdrowia i stan psychiczny umożliwiający wykonanie zadań, samodzielność w życiu codziennym (jako pośredni wskaźnik braku klinicznie nasilonych deficytów poznawczych). Kryteria wykluczające obejmowały: aktualny zły stan zdrowia/stan psychiczny uniemożliwiający uczestnictwo, dane z wywiadu wskazujące na przebyte wcześniej (także w dzieciństwie) epizody sercowo-naczyniowe (udar, zawał mięśnia sercowego, zabiegi kardiochirurgiczne), urazy głowy i inne obciążenia neurologiczne, psychiatryczne czy onkologiczne oraz pozytywny wywiad w kierunku przebytej/aktualnej infekcji COVID-19. Badania miały charakter indywidualny i były realizowane w dwóch etapach. W pomiarze pierwszym uczestnicy wypełniali Kwestionariusz Rezerwy Poznawczej oraz testy dotyczące funkcji poznawczych i narzędzia samoopisowe. Pomiar drugi, z wykorzystaniem identycznego zestawu narzędzi, wykonano po 3 miesiącach. W pomiarze pierwszym uczestniczyło 90 osób, ale z uwagi na nieprzystąpienie części z nich do drugiego pomiaru w analizach uwzględniono pełne dane 80 osób.

conditions (7 women); all participants reported good or acceptable living conditions during childhood.

The age of participants ranged from 43 to 88 years (mean, $M = 57.83$, standard deviation, $SD = 9.99$, $Me = 55$). The respondents reported 7–24 years of formal education ($M = 14.8$, $SD = 3.78$, $Me = 14$).

Methods

An author's Cognitive Reserve Questionnaire was used. Based on the discussion on CR measurement methods and recommendations for creating an indicator that includes objective data (e.g. level of formal education, years of work, occupational status) and self-report data (e.g. level of activity in various spheres of life, usually described using a Likert scale), an indicator was developed, which considers:

- years of work: this quantitative variable was expressed on the Likert scale: 0 to 10 years = 1 point, 11 to 20 years = 2 points, 21 to 30 years = 3 points, 31 to 40 years = 4 points, ≥ 41 years = 5 points;
- level of formal education: conventionally defined as lower (elementary, basic vocational) = 1 point, and higher (secondary, bachelor's, higher, doctoral courses) = 2 points;
- occupational status: currently employed = 2 points, unemployed (unemployment, disability pension, retirement) = 1 point;
- self-reported involvement in various activities: both in childhood and adolescence/young adulthood, as well as at present. The participants self-reported their standard of living (childhood/young adulthood – presently); physical activity (childhood/young adulthood – presently); social activity (childhood/young adulthood – presently); sense of support from those closest to them (in recent years); degree of independence in everyday life (in recent years); free time, hobbies, rest (childhood/young adulthood – presently); intellectual activity (childhood/young adulthood – presently). Each of the statements corresponding to the above aspects was scored (from rarely = 0 to constantly, daily = 4), and the participant's task was to choose a statement reflecting their opinion about their involvement in a given activity/their situation. The participants could score from 0 to 48.

In total, the participants could score from 3 to 57 (30 was the middle of the scale) in the four above categories. Cronbach's alpha for the entire questionnaire was 0.781, which indicates a satisfactory reliability of the method.

The following methods were used to assess cognitive functions:

- Verbal fluency tasks (semantic fluency – *Animals*, phonemic fluency – words that start with “k”, verb fluency – listing verbs that answer the question: “What does a person do?”) and two emotional verbal fluency tasks (Joy, Fear). As set out in the instructions, the participant's task was to list as many words in a given category as possible (Gawda and Szepietowska, 2021). Each task took one minute to complete. Verbal fluency recruits lexical resources, semantic memory, executive functions, and attention.

Variable Zmienna	n	%
Sex: Płeć:		
• females kobiety	62	77.5
• males mężczyźni	18	22.5
Marital status: Stan cywilny:		
• single panna/kawaler	14	17.5
• widowed wdowa/wdowiec	9	11.3
• married mężatka/zonaty	57	71.2
Place of residence: Miejsce zamieszkania:		
• rural wieś	39	48.8
• small urban miasto małe	24	30.0
• large urban miasto wojewódzkie	17	21.2
Occupational activity: Obecna aktywność zawodowa:		
• mental praca umysłowa	32	40.0
• physical praca fizyczna	9	11.3
• mental and manual praca umysłowa i fizyczna	11	13.8
• unemployed bezrobocie	4	5.0
• pension, retirement renta, emerytura	24	30.0
Level of education: Wykształcenie (poziom):		
• elementary, vocational (lower level) podstawowe, zawodowe, zasadnicze (niższy poziom)	15	18.8
• secondary, higher, doctoral (higher level) średnie, wyższe, studia III stopnia (wyższy poziom)	65	81.2
Substance abuse: Uzależnienia:		
• yes tak	16	20.0
• no nie	64	80.0
Neurological conditions (ongoing): Obciążenia neurologiczne (aktualne):		
• yes tak	34	42.5
• no nie	46	57.5
Somatic conditions (ongoing): Obciążenia somatyczne (aktualne):		
• yes tak	29	36.3
• no nie	51	63.7

Tab. 1. Study group characteristics (N = 80)

Tab. 1. Charakterystyka uczestników (N = 80)

The numbers of words listed in a given category and the number of errors (repetitions and mismatches) were performance indicators. Raw results were used.

- Forward and Backward Digit Span subtest from the WAIS-R (Brzeziński et al., 2004). The first of the subtests allows for assessing attentional and immediate (auditory) memory capacity, while the other subtest additionally recruits working memory and the ability to inhibit habitual remembering and recalling. Raw results were included in the analyses.
- Vocabulary subtest from WAIS-R (PL), which assesses linguistic resources and verbal intelligence (Brzeziński et al., 2004).
- The Trail Making Test (TMT) A and B (Lezak et al., 2012): TMT-A requires the participant to draw a line to connect 25 encircled numbers in ascending order, which measures psychomotor speed, attention and visual screening ability; TMT-B consists of both numbers and letters, requiring participants to connect numbers and letters alternatively (1 – A – 2 – B – 3 – C...), which measures cognitive flexibility to a greater extent than part A. Both parts are to be completed as fast as possible. If the respondent makes a mistake, he or she is immediately informed and corrected, which extends the performance time. TMT results were expressed in seconds.
- Zoo Map – The BADS (Behavioural Assessment of the Dysexecutive Syndrome) subtest (Wilson et al., 1996). This subtest consists of two parts. The first part requires the participant to draw a path on the Zoo map. In the second part, the participant receives instructions on how to do it. The difficulty here is to follow a concrete externally imposed strategy to reach the locations. The first part requires the participant to move around the map on their own, while following instructions is required in the second part. Performance is scored based on, e.g., the optimal sequence of reaching locations, the number of errors and time, while in the presented study the final result was used. The final score is obtained by calculating the raw score, which falls in the range from 0 (or lower) to 16, converted into a scaled score (0–4). Then, the final result (0–4) incorporates the time of planning and the time of completing the second part – it is possible to subtract 1 point each (2 points in total) if these times exceed the limits set in the instruction.
- DEX-S (Dysexecutive Questionnaire – Self) – subtest from the BADS battery is a tool used to self-report executive deficits in everyday life. DEX-S contains 20 questions on different behaviours and situations. The participant answers the questions on the Likert scale – from 0 (never) to 4 (very often). The maximum score (range: 0–80) indicates a perceived greater difficulty in performing tasks involving EF (Wilson et al., 1996). As studies in non-clinical groups have shown, the result is affected by multiple factors, including mood disorders, age or education (Wakely et al., 2022). There is no Polish adaptation

Charakterystyka uczestników

Charakterystykę uczestników badania zaprezentowano w tab. 1. Wśród badanych dominowały kobiety, osoby będące w związkach małżeńskich, pracujące, z wykształceniem średnim i wyższym. Większość deklarowała brak uzależnień, a mniej niż połowa uczestników – brak aktualnych obciążeń somatycznych i neurologicznych. Pozostali wskazywali na obecność różnorodnych schorzeń podlegających stałej kontroli medycznej: nadciśnienia tętniczego, cukrzycy, schorzeń układu oddechowego czy – w przypadku kobiet – chorób ginekologicznych i endokrynologicznych. Wywiad poświęcony stanowi zdrowia w okresie dzieciństwa i młodości wykazał: złamania kończyn bez podejrzeń urazów głowy (2 osoby), infekcje górnych dróg oddechowych leczone pozaszpitalnie (10 osób), problemy endokrynologiczne i różnego typu ginekologiczne o charakterze nieonkologicznym (7 kobiet); wszyscy uczestnicy wskazywali na dobre lub wystarczające warunki bytowe w okresie dzieciństwa. Wiek uczestników mieścił się w przedziale 43–88 lat (średnia – *mean*, $M = 57,83$, odchylenie standardowe – *standard deviation*, $SD = 9,99$, mediana, $Me = 55$). Badani mieli za sobą 7–24 lata formalnej edukacji ($M = 14,8$, $SD = 3,78$, $Me = 14$).

Metody

Wykorzystano autorski Kwestionariusz Rezerwy Poznawczej. W nawiązaniu do dyskusji na temat metod pomiaru CR oraz rekomendacji dotyczących tworzenia wskaźnika obejmującego dane obiektywne (np. formalny poziom wykształcenia, lata pracy, status zawodowy) i samoopisowe (np. nasilenie aktywności w różnych obszarach życia, opisywane zazwyczaj za pomocą skali Likerta) opracowano wskaźnik uwzględniający:

- lata pracy – zmienną ilościową wyrażono na skali Likerta: od 0 do 10 lat = 1 pkt, od 11 do 20 lat = 2 pkt, od 21 do 30 lat = 3 pkt, od 31 do 40 lat = 4 pkt, 41 i więcej lat = 5 pkt;
- poziom formalnego wykształcenia – nazwany umownie niższym (wykształcenie podstawowe, zawodowe, zasadnicze) = 1 pkt i wyższym (wykształcenie średnie, licencjackie, wyższe, studia III stopnia) = 2 pkt;
- status zawodowy – aktualne zatrudnienie = 2 pkt, brak zatrudnienia (bezrobocie, renta, emerytura) = 1 pkt;
- samoopis aktywności w różnych sferach życia – zarówno w latach dzieciństwa i młodości, jak i obecnie. Samoopis dotyczył: poziomu życia (dzieciństwo i młodość – aktualnie); aktywności fizycznej (dzieciństwo i młodość – aktualnie); aktywności społecznej (dzieciństwo i młodość – aktualnie); poczucia wsparcia ze strony bliskich (w ostatnich latach); stopnia samodzielności w życiu codziennym (w ostatnich latach); spędzania czasu wolnego, hobby, odpoczynku (dzieciństwo i młodość – aktualnie); aktywności intelektualnej (dzieciństwo i młodość – aktualnie). Każdemu z twierdzeń odpowiadających ww. aspektom przyporządkowano punkty (od: rzadko = 0 pkt

of DEX-S, but a higher raw score suggests a sense of difficulties and the need to explain their mechanisms.

- PRMQ (Prospective-Retrospective Memory Questionnaire) (Smith et al., 2000): the tool measures prospective and retrospective self-reported memory failures in everyday situations. Each part (prospective memory, retrospective memory) contains 8 questions, and the answers are scored on a Likert scale from 1 (never) to 5 (almost always). Subscale scores range from 8 to 40 – the higher the score, the more self-reported failures. The results of each subscale were included in the analyses.
- BDI-II (Beck Depression Inventory; Polish adaptation by Łojek and Stańczak, 2019) – a self-rated scale to measure the severity of depression.

RESULTS

A series of (forward stepwise) linear regressions were run to determine whether CR (as calculated above) and age (a quantitative variable) account for the cognitive scores. There were no significant correlations between the two predictors (Pearson's $r = 0.09$, $p = 0.58$). In most analyses, the models fit the data well, but the percentage of variance in the results explained by age and/or CR was not high. Baseline measurements showed that the age of participants was an important factor determining task performance in many cases. With age, the number of words produced in a given semantic category, as well as verbs and emotional words decreased, while the number of failures in some of the tasks increased. Age was also conducive to extended TMT performance time (both parts), a downward trend in number of important features of concepts and poor performance in the Zoo Map subtest. In turn, higher CR was the only significant factor that reduced both semantic failures and self-reported prospective memory failures. Both factors, i.e. age and CR, jointly shaped the correct performance and the number of phonemic fluency errors, as well as forward and backward digit recall; older age had a negative impact on success rates, while higher CR promoted better performance. Neither age nor CR accounted for DEX-S, PRMQ (retrospective memory) or BDI-II scores. In the second measurement, the regression analysis showed similar trends; additionally, a protective effect of CR on the severity of depression was observed, but there was also a relationship between higher CR and increased self-reported executive deficits (DEX-S). It is worth noting that age, CR or age/CR interactions account for between 4% (e.g. DEX-S) and 26% (TMT B) of the variance in the results in both measurements (Tab. 2).

The age of participants ranged significantly, and research reports indicate a different role of CR at subsequent stages of adulthood. Therefore, based on the median age ($Me_{age} = 55$), a group of younger adults (≤ 55 years of age, $n = 41$; 51.2%) and a group of older adults (≥ 56 , $n = 39$; 48.8%) were distinguished. Regression analyses were again used as determinants of task performance by introducing age

do: stale, codziennie = 4 pkt), a zadaniem uczestnika było wskazanie twierdzenia zgodnego z jego opinią na temat własnej aktywności i sytuacji. Badany mógł tu uzyskać od 0 do 48 pkt.

Łącznie w czterech powyższych kategoriach uczestnicy mogli zdobyć od 3 do 57 pkt (30 pkt to środek skali). Alfa Cronbacha dla całego kwestionariusza wynosi 0,781, co wskazuje na zadowalającą rzetelność metody.

W ocenie funkcji poznawczych zastosowano następujące metody:

- Zadania fluencji słownej (fluencja semantyczna – *Zwierzęta*, fluencja fonemiczna – słowa rozpoczynające się głosem „k”, fluencja czasownikowa – wymienianie czasowników odpowiadających na pytanie: „Co człowiek robi?”) i dwa zadania fluencji emocjonalnej (Radość, Strach). Zgodnie z instrukcją zadaniem uczestnika było wymienienie jak największej liczby słów zgodnych z kryterium (Gawda i Szepietowska, 2021). Każde zadanie trwało minutę. Fluencja słowna angażuje zasoby językowe, pamięć semantyczną, funkcje wykonawcze i uwagę. Wskaźnikami wykonania były liczba słów podanych zgodnie z kryterium oraz liczba błędów: powtórzeń i odpowiedzi niezgodnych z kategorią. Posłużono się wynikami surowymi.
- Podtesty Cyfry wprost i Cyfry wstecz z WAIS-R (PL) – Skali Inteligencji Wechslera dla Dorosłych w wersji zrewidowanej (Wechsler Adult Intelligence Scale – Revised) (Brzeziński et al., 2004). Pierwszy z podtestów pozwala ocenić sprawność uwagi i pamięci bezpośredniej (słuchowej), z kolei drugi angażuje także pamięć operacyjną oraz umiejętność hamowania nawykowego procesu zapamiętywania i odtwarzania. W analizach uwzględniono wyniki surowe.
- Podtest Słownik z WAIS-R (PL), który ocenia zasoby językowe i inteligencję słowną (Brzeziński et al., 2004).
- Test Łączenia Punktów A i B (Lezak et al., 2012) – w części A badany łączy 25 kółek zawierających liczby zgodnie z kolejnością liczb, co angażuje szybkość psychomotoryczną, uwagę i przeszukiwanie wzrokowe; w części B pojawiają się kółka z liczbami i kółka z literami, które należy łączyć naprzemiennie (1 – A – 2 – B – 3 – C...), co w większym stopniu niż część A angażuje elastyczność poznawczą. Obie części trzeba wykonać jak najszybciej. Ponieważ badanemu należy zwracać uwagę na popełniane błędy, podpowiedzi i poprawa usterek skutkują wydłużeniem czasu realizacji. Wskaźnikiem wykonania każdej części TMT był czas wyrażony w sekundach.
- Podtest ZOO z baterii BADS (Behavioural Assessment of the Dysexecutive Syndrome – Behawioralny Test do Badania Zespołu Dysfunkcji Wykonawczej) (Wilson et al., 1996). Podtest składa się z dwóch części. W pierwszej zadaniem badanego jest samodzielne narysowanie drogi na mapie ZOO. W drugiej części badany otrzymuje wskazówki, jak ma to zrobić. Trudność polega na konieczności przestrzegania zasad dotyczących poruszania się po mapie ZOO. W części pierwszej należy samodzielnie kon-

Variables Zmienne	First measurement 1. pomiar			Second measurement 2. pomiar		
	R^2 R^2 skorygowane	$F(p)$	$\beta(p)$	R^2 R^2 skorygowane	$F(p)$	$\beta(p)$
Animals Zwierzęta	0.19	20.54 (0.001***)	-0.46_{age} (0.001***) 0.115_{CR} (0.259)	0.09	8.99 (0.004**)	-0.32_{age} (0.004**) 0.115_{CR} (0.289)
Errors Błędy	0.04	4.45 (0.038*)	0.123_{age} (0.269) -0.232_{CR} (0.038*)	0.08	7.82 (0.007**)	0.08_{age} (0.522) -0.32_{CR} (0.007**)
Verbs Czasowniki	0.13	12.94 (0.001***)	-0.377_{age} (0.001***) 0.007_{CR} (0.947)	0.20	20.77 (0.001***)	-0.459_{age} (0.001***) 0.060_{CR} (0.556)
Errors Błędy	0.06	5.67 (0.02*)	0.260_{age} (0.02*) -0.78_{CR} (0.479)	-0.014	0.471 (0.626)	
Joy Radość	0.08	7.52 (0.008**)	-0.296_{age} (0.008**) -0.09_{CR} (0.431)	0.11	10.39 (0.002**)	-0.343_{age} (0.002**) 0.013_{CR} (0.90)
Errors Błędy	0.03	2.89 (0.108)		0.06	3.34 (0.04*)	-0.24_{age} (0.03*) 0.171_{CR} (0.123)
Fear Strach	0.11	10.59 (0.002**)	-0.346_{age} (0.002**) -0.008_{CR} (0.94)	0.07	7.27 (0.009**)	-0.292_{age} (0.009**) -0.046_{CR} (0.672)
Errors Błędy	-0.02	0.196 (0.82)		0.04	2.49 (0.09)	
"k"	0.09	9.26 (0.003**)	-0.326_{age} (0.003***) 0.208_{CR} (0.05*)	0.23	12.58 (0.001***)	-0.434_{age} (0.001***) 0.276_{CR} (0.007**)
Errors Błędy	0.09	5.35 (0.007**)	0.284_{age} (0.01**) -0.226_{CR} (0.03*)	0.03	2.28 (0.11)	
Forward Digit Span Cyfry wprost	0.12	6.578 (0.002**)	-0.333_{age} (0.002**) 0.214_{CR} (0.046*)	0.13	6.71 (0.002**)	-0.311_{age} (0.004**) 0.251_{CR} (0.02*)
Backward Digit Span Cyfry wstak	0.19	8.99 (0.001***)	-0.381_{age} (0.001***) 0.240_{CR} (0.02*)	0.17	9.22 (0.001***)	-0.357_{age} (0.001***) 0.285_{CR} (0.007**)
TMT A (time – sec) TMT A (czas – s)	0.14	13.79 (0.001***)	0.388_{age} (0.001***) -0.011_{CR} (0.92)	0.11	10.49 (0.002**)	0.344_{age} (0.002**) -0.005_{CR} (0.965)
TMT B (time – sec) TMT B (czas – s)	0.26	28.05 (0.001***)	0.514_{age} (0.001***) -0.133_{CR} (0.173)	0.22	23.66 (0.001***)	0.482_{age} (0.001***) -0.120_{CR} (0.23)
Vocabulary Słownik	0.16	16.43 (0.001***)	-0.42_{age} (0.001***) 0.16_{CR} (0.130)	0.18	18.43 (0.001***)	-0.44_{age} (0.001***) 0.09_{CR} (0.36)
Zoo test Test ZOO	0.16	16.17 (0.001***)	-0.414_{age} (0.001***) -0.002_{CR} (0.98)	0.13	12.33 (0.001***)	-0.369_{age} (0.001***) 0.021_{CR} (0.840)
DEX-5	0.03	2.38 (0.09)		0.04	4.75 (0.03*)	-0.138_{age} (0.212) 0.240_{CR} (0.03*)
PRMQ retro	0.02	1.84 (0.16)		0.04	2.67 (0.08)	
PRMQ pro	0.06	3.36 (0.04*)	-0.143_{age} (0.19) -0.235_{CR} (0.03*)	0.04	2.48 (0.09)	
BDI-II	0.04	2.63 (0.08)		0.06	3.51 (0.03)	0.148_{age} (0.18) -0.26_{CR} (0.02*)

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$.

Tab. 2. Determinants of cognitive and self-reported outcomes: stepwise regressions

Tab. 2. Determinanty wykonania zadań poznawczych i technik samoopisowych: regresje krokowe

and CR separately in each group. Data are shown in Tab. 3. The impact of age on task performance, usually in both measurements, was clearly more pronounced in persons over 56 years of age. Age was associated with lower verbal fluency and Zoo Map test scores, as well as with longer TMT performance time, and it also reduced the self-reported prospective memory failures. On the other hand, a higher CR level was associated with fewer fluency errors and better performance in the Forward Digit Span task.

trólować sposób przemieszczania się po mapie, a w części drugiej – podążać za instrukcjami. Istnieje kilka wskaźników wykonania podtestu, przykładowo poprawna kolejność „zwiedzania”, liczba błędów i czas, natomiast w prezentowanym badaniu wykorzystano wynik finalny. Wynik finalny uzyskuje się poprzez obliczenie wyniku surowego, który mieści się w przedziale od 0 (lub niżej) do 16 pkt, zamienianego na wynik przeliczony (0–4 pkt). Następnie w wyniku finalnym (0–4 pkt) uwzględnia się

In the group of younger adults, the negative impact of age was found only for two indicators, similarly to the positive impact of CR, found in the case of Backward Digit Span and the final result in the Zoo Map substest. CR also determined lower intensity self-reported prospective memory failures in contrast to older adults, where it was age that promoted fewer self-reported failures.

DISCUSSION

Consistent with other reports (Zaninotto et al., 2018), the obtained results indicate that older age accounts for the reduced ability to retrieve words from different categories (verbal fluency), define concepts (Vocabulary from WAIS-R) and recall series of numbers (Digit Span substest), increases the time needed to perform tasks that require visuospatial search (TMT A) and the set-switching ability (TMT B), as well as it makes it difficult to independently plan cognitive activity (Zoo Map test). Due to the processes involved in the realisation of the above-mentioned tasks, it can be assumed that age-related dysfunctions of executive processes, attention and working memory are the reason for the poorer performance. However, more recent evidence suggests that certain aspects of attention and EF may improve with age, including orientating, particularly when attention is guided by cues, and inhibitory control (Verissimo et al., 2022). Based on meta-analyses, the same authors suggested that experience-related CR is a factor that allows to improve these processes or maintain them at a good level despite age. This is confirmed by own findings, where a higher CR level was conducive to better performance in baseline and follow-up measurements. Although CR may be compensatory for age-related deficits, the role of CR is less important than that of age, as indicated by β values in regression. CR also determines mood and subjective perception of one's own functioning. A higher CR is conducive to improved perceived prospective memory and reduces the severity of depression. It is worth mentioning here other studies, which also indicate a beneficial effect of CR on baseline cognitive performance. Similar results were obtained in studies in 120 (Szepietowska, 2019) and 60 individuals (Szepietowska, 2022), and in the study by Gajewski et al. (2020), in which individuals representing three stages of adulthood, i.e. young (19–33 years), middle-aged (40–53 years) and older adults (65–88 years), participated. The authors used, among others, TMT, WAIS-III, and the Stroop Color-Word Interference (SCWT). Some of the oldest respondents performed SCWT at a similar level as the middle-aged group. These were individuals characterised by less attentional and memory difficulties, and lower perceived absent-mindedness compared to their peers having trouble with SCWT. Importantly, these individuals also had a high inhibitory control capacity (one of EF abilities). Therefore, it seems that CR may enhance the above-mentioned aspects of adult cognitive skills (see also Relander et al., 2021). This effect persists for at least 3 months, as suggested by the results of the present study. However, the applied research methodology does not allow to

czas planowania i czas wykonania drugiej części – możliwe jest odjęcie po 1 pkt (łącznie 2 pkt), jeśli czasy te przekraczają limity wskazane w instrukcji.

- Podtest DEX-S (Dysexecutive Questionnaire – Self) z baterii BADS – polegający na samoocenie trudności wykonawczych doświadczanych w życiu codziennym. DEX-S zawiera 20 pytań odnoszących się do różnych zachowań i sytuacji. Badany ustosunkowuje się do nich przez wybór punktu na skali Likerta – od 0 (nigdy) do 4 (bardzo często). Maksymalny wynik (zakres wyników: 0–80 pkt) świadczy o spostrzeganiu u siebie większych trudności w realizacji zadań angażujących EF (Wilson et al., 1996). Jak wykazały badania grup nieklinicznych, wynik jest powiązany z licznymi czynnikami, m.in. z zaburzeniami nastroju, wiekiem czy wykształceniem (Wakely et al., 2022). Nie ma polskiej adaptacji DEX-S, jednak wyższy wynik surowy sugeruje poczucie trudności wykonawczych i konieczność wyjaśnienia ich mechanizmów.
- PRMQ (Prospective-Retrospective Memory Questionnaire) (Smith et al., 2000) – jest to subiektywna ocena pamięci retrospektywnej i prospektywnej, a ściślej: częstości błędów popełnianych w codziennych sytuacjach. Każda z części (pamięć prospektywna, pamięć retrospektywna) zawiera po 8 pytań, a odpowiedzi są punktowane na skali Likerta od 1 pkt (nigdy) do 5 pkt (bardzo często). Wyniki w podskalach obejmują zakres 8–40 pkt – im wyższy wynik, tym większe przekonanie o deficytach. W analizach uwzględniono wynik każdej podskali.
- BDI-II (Beck Depression Inventory – Inwentarz Depresji Becka; polska adaptacja: Łojek i Stańczak, 2019) – narzędzie samoopisowe umożliwiające ocenę nasilenia nastroju depresyjnego.

WYNIKI

W celu określenia, czy CR (obliczona podanym wyżej sposobem) i wiek (zmienna ilościowa) wyjaśniają wyniki uzyskiwane w ramach oceny funkcji poznawczych, obliczono szereg regresji liniowych (metodą krokową postępującą). Nie odnotowano istotnych korelacji między obydwoma predyktorami ($r_{\text{Pearsona}} = 0,09, p = 0,58$). W większości analiz modele były dobrze dopasowane do danych, jednak procent wariancji wyników wyjaśniany przez wiek i/lub CR nie był wysoki. Dane z pomiaru pierwszego wykazały, że wiek uczestników w wielu przypadkach stanowił istotny czynnik determinujący wykonanie zadań. Wraz z wiekiem malała liczba słów podawanych w kategorii semantycznej, czasowników i wyrazów z kategorii emocjonalnych oraz rosła liczba błędów w części wymienionych zadań. Wiek sprzyjał również wydłużeniu czasu realizacji TMT (obydwu części), podawaniu mniejszej liczby ważnych cech pojęć i słabszemu wykonaniu testu ZOO. Wyższa CR z kolei jako jedyny istotny czynnik obniżała liczbę błędów w kategorii semantycznej oraz nasilenie skarg dotyczących pamięci prospektywnej. Oba czynniki – wiek i CR – łącznie kształtowały poprawność realizacji i liczbę błędów w zadaniu fluencji fonemicznej,

Variables Zmienne	≤55 years Do 55. roku życia		≥56 years 56+	
	First measurement 1. pomiar	Second measurement 2. pomiar	First measurement 1. pomiar	Second measurement 2. pomiar
Animals Zwierzęta	$F = 0.98 (0.38)$	$F = 0.12 (0.88)$	$F = 4.81 (0.014^*)$ $R^2_{adj.} = 0.17$ $-0.39_{age} (0.011^*)$ $0.24_{CR} (0.12)$	$F = 5.40 (0.03^*)$ $R^2_{adj.} = 0.10$ $-0.39_{age} (0.03^*)$ $0.28_{CR} (0.07)$
Errors Błędy	$F = 1.46 (0.24)$	$F = 1.12 (0.34)$	$F = 6.59 (0.014^*)$ $R^2_{adj.} = 0.13$ $-0.39_{age} (0.014^*)$ $0.21_{CR} (0.16)$	$F = 10.15 (0.003^{**})$ $R^2_{adj.} = 0.19$ $-0.46_{age} (0.003^{**})$ $-0.18_{CR} (0.21)$
Verbs Czasowniki	$F = 0.76 (0.47)$	$F = 0.08 (0.92)$	$F = 4.13 (0.049^*)$ $R^2_{adj.} = 0.07$ $-0.31_{age} (0.049^*)$ $0.09_{CR} (0.55)$	$F = 5.79 (0.02^*)$ $R^2_{adj.} = 0.17$ $-0.37_{age} (0.02^*)$ $0.17_{CR} (0.26)$
Errors Błędy	$F = 1.15 (0.33)$	$F = 0.29 (0.75)$	$F = 3.01 (0.07)$	$F = 0.63 (0.54)$
Joy Radość	$F = 0.47 (0.63)$	$F = 0.32 (0.73)$	$F = 0.39 (0.68)$	$F = 0.41 (0.67)$
Errors Błędy	$F = 5.18 (0.03^*)$ $R^2_{adj.} = 0.09$ $-0.34_{age} (0.03^*)$ $0.02_{CR} (0.88)$	$F = 0.34 (0.69)$	$F = 3.62 (0.04^*)$ $R^2_{adj.} = 0.12$ $-0.17_{age} (0.26)$ $-0.37_{CR} (0.02^*)$	$F = 2.81 (0.08)$
Fear Strach	$F = 0.79 (0.46)$	$F = 0.33 (0.72)$	$F = 1.87 (0.17)$	$F = 0.80 (0.46)$
Errors Błędy	$F = 2.92 (0.07)$	$F = 0.90 (0.41)$	$F = 0.28 (0.76)$	$F = 0.54 (0.58)$
"k"	$F = 0.52 (0.59)$	$0.51 (0.60)$	$F = 4.49 (0.018^*)$ $R^2_{adj.} = 0.16$ $-0.36_{age} (0.019^*)$ $0.26_{CR} (0.07)$	$F = 10.93 (0.001^{***})$ $R^2_{adj.} = 0.34$ $-0.46_{age} (0.001^{***})$ $0.42_{CR} (0.03^{**})$
Errors Błędy	$F = 0.04 (0.96)$	$F = 0.77 (0.47)$	$F = 3.39 (0.04^*)$ $R^2_{adj.} = 0.11$ $0.36_{age} (0.11)$ $-0.31_{CR} (0.05^*)$	$F = 1.36 (0.27)$
Forward Digit Span Cyfry wprost	$F = 4.40 (0.042^*)$ $R^2_{adj.} = 0.08$ $-0.32_{age} (0.04^*)$ $0.23_{CR} (0.13)$	$F = 1.09 (0.35)$	$F = 1.19 (0.32)$	$F = 2.97 (0.06)$ $R^2_{adj.} = 0.05$ $-0.19_{age} (0.23)$ $0.33_{CR} (0.04^*)$
Backward Digit Span Cyfry wspak	$F = 2.82 (0.07)$	$F = 3.53 (0.04)$ $R^2_{adj.} = 0.11$ $0.19_{age} (0.19)$ $0.35_{CR} (0.025^*)$	$F = 1.03 (0.37)$	$F = 2.36 (0.11)$
TMT A (time – sec) TMT A (czas – s)	$F = 1.16 (0.32)$	$F = 1.36 (0.27)$	$F = 5.95 (0.02^*)$ $R^2_{adj.} = 0.12$ $0.351_{age} (0.02^*)$ $0.00_{CR} (0.99)$	$F = 1.91 (0.16)$
TMT B (time – sec) TMT B (czas – s)	$F = 1.56 (0.22)$	$F = 0.43 (0.65)$	$F = 12.99 (0.001^{***})$ $R^2_{adj.} = 0.24$ $0.51_{age} (0.001^{***})$ $-0.11_{CR} (0.46)$	$F = 10.59 (0.002^{**})$ $R^2_{adj.} = 0.16$ $0.47_{age} (0.002^{**})$ $-0.13_{CR} (0.38)$
Vocabulary Słownik	$F = 0.67 (0.52)$	$F = 0.07 (0.93)$	$F = 1.93 (0.16)$	$F = 1.24 (0.30)$
Zoo test Test ZOO	$F = 1.20 (0.31)$	$F = 5.13 (0.03^*)$ $R^2_{adj.} = 0.09$ $0.14_{age} (0.35)$ $0.34_{CR} (0.03^*)$	$F = 7.44 (0.01^{**})$ $R^2_{adj.} = 0.14$ $-0.41_{age} (0.01^{**})$ $-0.13_{CR} (0.38)$	$F = 7.24 (0.011^*)$ $R^2_{adj.} = 0.16$ $-0.40_{age} (0.011^*)$ $-0.15_{CR} (0.33)$

Tab. 3. Determinants of cognitive and self-reported outcomes in the group ≤55-year-olds vs. ≥56-year-olds: linear regressions

Tab. 3. Determinanty wykonania zadań poznawczych i technik samoopisowych w grupie do 55. roku życia i osób 56+: regresje liniowe

Variables Zmienne	≤55 years Do 55. roku życia		≥56 years 56+	
	First measurement 1. pomiar	Second measurement 2. pomiar	First measurement 1. pomiar	Second measurement 2. pomiar
DEX-S	$F = 1.39 (0.26)$	$F = 2.05 (0.14)$	$F = 0.97 (0.39)$	$F = 1.03 (0.37)$
PRMQ retro	$F = 2.57 (0.09)$	$F = 1.75 (0.19)$	$F = 1.82 (0.18)$	$F = 1.55 (0.22)$
PRMQ pro	$F = 4.10 (0.05^*)$ $R^2_{adj} = 0.07$ $-0.23_{age} (0.14)$ $-0.31_{CR} (0.05^*)$	$F = 4.89 (0.03^*)$ $R^2_{adj} = 0.09$ $-0.26_{age} (0.09)$ $-0.33_{CR} (0.03^*)$	$F = 6.55 (0.015^*)$ $R^2_{adj} = 0.13$ $-0.39_{age} (0.015^*)$ $-0.20_{CR} (0.18)$	$F = 5.75 (0.02^*)$ $R^2_{adj} = 0.11$ $-0.37_{age} (0.02^*)$ $-0.11_{CR} (0.46)$
BDI-II	$F = 1.53 (0.23)$	$F = 0.59 (0.56)$	$F = 1.14 (0.33)$	$F = 2.14 (0.14)$

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$.

Tab. 3. Determinants of cognitive and self-reported outcomes in the group ≤55-year-olds vs. ≥56-year-olds: linear regressions (cont.)

Tab. 3. Determinanty wykonania zadań poznawczych i technik samoopisowych w grupie do 55. roku życia i osób 56+: regresje liniowe (cd.)

refer to the dynamics of cognitive abilities in the long term. The data obtained in multiple analyses of the impact of CR on the trajectory of cognitive aging are not clear. It can be assumed that many factors are responsible for this. Methodological differences in research on the role of CR, including various CR indicators or different inclusion and exclusion criteria, are one of them. Health status in early and later years of life, as well as multimorbidity, comorbidity, chronic conditions and complex relationships between them in old age are also important (Trystuła and Pąchalska, 2019). It has been shown that previous head injuries or vascular episodes, even mild, contribute to the accumulation of cerebral pathology and increase the risk of MCI and even dementia (Pąchalska, 2007; Pąchalska et al., 2021); therefore, past and ongoing health history needs to be considered. In this study, carefully selected, controllable inclusion and exclusion criteria were used to increase the credibility of the results, but certainly not all variables relevant to the relationship between CR and executive functions were captured. It is worth emphasising that even if a higher CR accounts for improved cognitive function, perhaps through more efficient compensation of difficulties, then exceeding a certain brain pathology threshold will abolish the protective effect, and the symptoms will eventually appear, and will have greater clinical severity (Mondini et al., 2016).

The follow-up timepoint is another variable that may affect the obtained results. Only few prospective studies covered a period of more than ten years. Williams et al. (2021) reported the lack of a protective effect of CR (level of education) on memory performance over an 8-year period, although they found a positive relationship between CR and verbal fluency at baseline. Zaninotto et al. (2018) and Lavrencic et al. (2018) found a beneficial effect of CR on multiple cognitive domains at baseline, but not in follow-up. CR did not protect against dementia or MCI. Ihle et al. (2020) reported that higher reserve (assessed with the Cognitive Reserve Index questionnaire) protected some aspects of cognitive performance (assessed with TMT) over a 6-year follow-up period. This was, however, observed only for those who had no somatic diseases (e.g. hypertension) and did not show any limitations of everyday activity at baseline. In their 15-year follow-up, Staff

a także przypominanie cyfr wprost i wspak; wyższy wiek negatywnie oddziaływał na poprawne realizacje, a wyższa CR sprzyjała lepszym wykonaniom. Wyników DEX-S, PRMQ (pamięć retrospektywna) i BDI-II nie wyjaśniały ani wiek, ani CR. W pomiarze drugim rezultaty analizy regresji wskazują na podobne tendencje; dodatkowo ujawnił się tu ochronny wpływ CR na nasilenie depresji, ale też związek wyższej CR z większym nasileniem skarg na problemy wykonawcze (DEX-S). Warto zauważyć, że w obydwu pomiarach wiek, CR lub interakcje wiek × CR wyjaśniają od 4% (np. DEX-S) do 26% (TMT B) wariacji wyników (tab. 2). Rozpiętość wieku uczestników była znacząca, a doniesienia z badań wskazują na inną rolę CR w kolejnych fazach dorosłości. Dlatego kierując się medianą wieku ($Me_{age} = 55$), wydzielono grupę młodszych dorosłych (do 55. roku życia, $n = 41$; 51,2% badanych) oraz starszych dorosłych (56+, $n = 39$; 48,8%). Ponownie wykorzystano analizy regresji, jako determinanty wykonania zadań wprowadzając wiek i CR – osobno w każdej z grup. Dane zawarto w tab. 3. Wpływ wieku na wykonanie zadań, z reguły w obydwu pomiarach, jest wyraźnie większy u osób po 56. roku życia. Wiek wiąże się z niższymi wynikami we fluencji słownej i teście ZOO oraz z wydłużeniem czasu realizacji TMT; ponadto zmniejsza nasilenie poczucia trudności w zakresie pamięci prospektywnej. Natomiast wyższy poziom CR jest powiązany z mniejszą liczbą błędów w niektórych zadaniach fluencji i z lepszym wykonaniem podestu Cyfry wprost. Z kolei w grupie młodszych dorosłych negatywny wpływ wieku dotyczy tylko dwóch wskaźników, podobnie jak pozytywny wpływ CR, stwierdzony w przypadku Cyfr wspak i finalnego wyniku testu ZOO. CR determinuje również mniejsze nasilenie poczucia deficytów w zakresie pamięci prospektywnej – w odróżnieniu od grupy starszych dorosłych, w której determinantem słabiej wyrażonych skarg okazał się wiek.

OMÓWIENIE

Zgodnie z innymi doniesieniami (Zaninotto et al., 2018) uzyskane wyniki wskazują, że wyższy wiek wyjaśnia osłabienie zdolności przypominania słów z różnych kategorii

et al. (2018) obtained similar data: intellectual activity (CR indicator) assessed using a questionnaire positively contributed to test performance in several subsequent measurements, but did not explain the further trajectory of cognitive aging. According to the authors, CR is more likely to reflect competencies acquired in the early stages of development, important for success in adolescence or even adulthood, but irrelevant in later stages of life. A similar opinion was expressed by Park (2019), who pointed out that CR can only provide tools to help function well in the late phase of life, but the direct relationship between CR and cognitive competence is rather weak. Based on the data showing that both cognitive impairment and the role of CR may vary at different stages of adulthood, two subgroups of adults were distinguished. The relationship between older age and poorer task performance was particularly evident in the ≥ 56 -year-old group, but the impact of CR was not more pronounced there. Interestingly, the role of age and CR differed between the groups for identical tasks. The performance in the Zoo Map and the Backward Digit Span was determined in participants aged < 55 years by CR, while it was determined by age for the Forward Digit Span. These relationships were different in the second group: age was more important for the Zoo Map test, while CR determined Backward Digit Span performance. This indicates that due to the non-linearity of cognitive aging, CR may have a protective function for certain competencies already at the age of about 50 years, but age becomes a more important determinant at a later age. This is in line with the opinion of Park (2019) on the possible lack of relationship between CR and cognitive functioning in adulthood, and with Kwak et al. (2020), who showed that CR (level of education) can modulate the relationships between central nervous system pathology and cognitive ability. Individuals with higher cognitive function scores have a higher reserve. This makes it possible to compensate for the difficulties without a significant deterioration in performance for some time, but it gets exhausted over time. Pathological cerebral changes typical for age can no longer be compensated by CR, which results in a more or less rapid deterioration of cognitive functions. The previously reported (often low) percentage of variance in results explained by CR may be evidence of the greater importance of other factors, such as multimorbidity or previous conditions, for cognitive functions. It was also found that a higher level of CR determines more self-reported performance difficulties and less self-reported prospective memory failures (both in younger and older adults). Data on the nature of the relationship between CR and self-reported deficits are not homogeneous, as is the case of the relationship between perceived challenges and objective opportunities (Röhr et al., 2020). Extensive research by Röhr and her team showed that the perceived deficits both increase and decrease with age, creating an ambiguous pattern, with a marked decline in the group of 65–74-year-olds. Wakely et al. (2022) found that (older) age promoted less self-reported executive failures. The increase in self-reported executive deficits in the present study in participants with a higher CR level may have resulted from the fact that more active people face

(fluencja słowna), definiowania pojęć (Słownik z WAIS-R) i przypomnienia szeregów cyfr (Cyfry wprost i Cyfry wspak), wydłuża czas wykonania zadań wymagających przeszukania danych wzrokowo-przestrzennych (TMT A) i przełączania się między różnymi elementami (TMT B), a także utrudnia samodzielne planowanie aktywności poznawczej (test ZOO). Ze względu na procesy angażowane podczas realizacji ww. zadań można sądzić, że powodem niższego poziomu wykonania są powiązane z wiekiem dysfunkcje procesów wykonawczych, uwagi, pamięci operacyjnej. Jednakże, jak wskazują nowsze dane, pewne aspekty uwagi i EF mogą wraz z wiekiem się poprawiać – dotyczy to orientacji (*orienting*), szczególnie gdy uwaga jest ukierunkowywana wskazówkami, oraz kontroli hamowania (Verísimo et al., 2022). Ci sami autorzy na podstawie metaanaliz sugerują, że CR powiązana z doświadczeniem jest czynnikiem, który pozwala mimo wieku usprawnić powyższe procesy lub utrzymać je na dobrym poziomie.

Potwierdzają to wyniki prezentowanego badania: wyższy poziom CR sprzyjał lepszym wykonaniom w pomiarze początkowym i kolejnym. CR może pełnić funkcję kompensacyjną w stosunku do deficytów powiązanych z wiekiem, ale – jak wskazują wartości β w regresji – rola rezerwy jest mniej istotna od roli wieku. CR determinuje także nastrój i subiektywne przekonania o własnym funkcjonowaniu. Wyższa CR sprzyja bardziej pozytywnej ocenie pamięci prospektywnej i zmniejsza nasilenie nastroju depresyjnego. Warto przywołać tu rezultaty innych badań, które również wskazują na korzystny wpływ CR na sprawność poznawczą w badaniach wyjściowych. Podobne wyniki uzyskano w badaniach z udziałem 120 (Szepietowska, 2019) i 60 osób (Szepietowska, 2022) oraz w badaniu Gajewskiego i wsp. (2020), w którym uczestniczyły osoby reprezentujące trzy fazy dorosłości: *young adults* (19–33 lata), *middle-aged group* (40–53 lata) i *older individuals* (65–88 lat). Wykorzystano m.in. TMT, WAIS-III, Test Interferencji Nazw i Kolorów (Stroop Color-Word test). Część najstarszych badanych wykonała test Stroopa na podobnym poziomie jak *middle-aged group*. Były to osoby cechujące się mniejszymi trudnościami w zakresie uwagi i pamięci oraz mniejszym odczuwanym roztargnieniem w porównaniu z rówieśnikami mającymi kłopot z wykonaniem testu Stroopa. Co istotne, osoby te cechowały się także wysoką zdolnością kontroli hamowania – jednego z aspektów EF. Wydaje się zatem, że CR może wzmacniać wskazane wyżej aspekty umiejętności poznawczych osób dorosłych (zob. też Relander et al., 2021). Jest to efekt, który – jak sugerują rezultaty prezentowanego tu badania własnego – utrzymuje się przynajmniej 3 miesiące.

Zastosowana procedura badań nie pozwala jednak wypowiedzieć się na temat dynamiki sprawności kognitywnych w dłuższej perspektywie. Dane uzyskane w licznych analizach wpływu CR na trajektorię poznawczego starzenia się nie są jednoznaczne. Można przypuszczać, że odpowiada za to wiele czynników. Jednym z nich są różnice metodologiczne w badaniach nad rolą CR, obejmujące rozmaite

certain limitations not necessarily related to executive dysfunctions. The questionnaire used in the study was developed for patients with frontal lobe pathology, and was validated in non-clinical groups only in more recent studies. DEX-S questions refer to self-regulation, cognitive and emotional processes (Wakely et al., 2022); therefore, the relationship between emotional factors and self-reported deficits should be analysed, taking into account the manifestations of age-related executive dysfunctions (Byczewska-Konieczny, 2020). The method of analysing the results of the BADS Zoo subtest (Wilson et al., 1996), namely the use of only the final result rather than performance indicators for the first (independent drawing of the road on the map of the Zoo) and the second part (task performance after receiving the instructions) could have had some impact on the results obtained in the presented study.

LIMITATIONS

Although the obtained results encourage further research, the study has some limitations, such as a small sample size and the lack of better control of clinical variables. It is important to consider past and present medical history. The method for CR calculation proposed here takes into account both objective (level of education, years of work, occupational status) and subjective data (self-reported involvement in activities); however, the impact of analysing each factor separately on the results has not been assessed. Due to the pandemic, it was not possible to conduct the research in a larger group or in the longer term.

CONCLUSIONS

1. A higher level of CR has a positive impact on the results of some tests assessing cognitive functions, while age is associated with a lower level of task performance.
2. The positive impact of a higher CR level is evident both at baseline measurement and at 3 months.
3. The relationship between cognitive decline and age and the protective role of CR may vary at different stages of adulthood. The negative impact of age on cognitive performance is particularly pronounced, while the positive impact of CR ceases in individuals aged ≥ 56 years. This may indicate that CR has no significant impact on the aging trajectory in the presence of other unfavourable factors, such as multimorbidity.

Conflict of interest

The author does not report any financial or personal connections with other persons or organisations, which might negatively affect the contents of this publication and/or claim authorship rights to this publication.

wskaźniki CR czy odmienne kryteria włączające i wykluczające. Znaczenie mają tutaj też – trudne do odtworzenia w wywiadzie – kondycja zdrowotna we wczesnych i kolejnych latach życia oraz wielochorobowość, współchorobowość, przewlekły charakter schorzeń i złożone relacje między nimi w starszym wieku (Trystuła i Pąchalska, 2019). Potwierdzono, że przebyte urazy głowy czy epizody naczyniowe, nawet o łagodnym nasileniu, prowokują do kumulowania się patologii mózgowej i zwiększają ryzyko rozwoju MCI, a nawet otępienia (Pąchalska, 2007; Pąchalska et al., 2021), stąd tak istotne jest zwrócenie uwagi na przeszłe i aktualne obciążenia zdrowotne. W niniejszej pracy, w celu podniesienia wiarygodności wyników, zastosowano starannie dobrane, możliwe do kontroli czynniki włączające i wykluczające, niemniej na pewno nie uchwycono wszystkich zmiennych istotnych dla relacji CR – funkcje wykonawcze. Warto podkreślić, że nawet jeśli wyższa CR wyjaśnia lepszą kondycję poznawczą, być może przez sprawniejszą kompensację istniejących trudności, to przekroczenie pewnego progu patologii mózgu zniesie efekt ochronny, a objawy ujawnią się później, z większym nasileniem klinicznym (Mondini et al., 2016).

Inną zmienną, która może wpływać na uzyskiwane wyniki, jest czas trwania badań i moment wykonania ponownego pomiaru (*follow-up*). Tylko nieliczne badania prospektywne obejmowały okres kilkunastu lat. Na brak protekcyjnego wpływu CR (wskaźnik: poziom edukacji) na sprawność pamięci w ciągu 8 lat wskazali Williams i wsp. (2021) – chociaż na początku badań stwierdzili pozytywne związki między CR a fluencją słowną. Również Zaninotto i wsp. (2018) oraz Lavrenci i wsp. (2018) odnotowali korzystny wpływ CR w odniesieniu do wielu domen poznania w pomiarach początkowych, ale już nie w kolejnych. CR nie chroniła przed rozwojem otępienia czy MCI. Ihle i wsp. (2020) odnotowali, że wyższa rezerwa (oceniana za pomocą Cognitive Reserve Index questionnaire) chroniła pewne aspekty sprawności poznawczej (ocenianej za pomocą TMT) w 6-letnim okresie obserwacji. Dotyczyło to jedynie osób, które w chwili pomiaru początkowego nie były obciążone somatycznie (np. nadciśnieniem tętniczym) i nie wykazywały ograniczenia aktywności w życiu codziennym. Staff i wsp. (2018) w badaniach z aż 15-letnim okresem obserwacji uzyskali podobne dane: aktywność intelektualna (wskaźnik CR) oceniana za pomocą kwestionariusza sprzyjała wykonaniu testów w kilku kolejnych pomiarach, ale nie wyjaśniała późniejszej trajektorii starzenia się poznawczego. Zdaniem autorów CR odzwierciedla raczej kompetencje nabyte we wczesnych fazach rozwoju, istotne dla sukcesów w okresie dorastania czy nawet dorosłości, ale niemające znaczenia na późniejszych etapach życia. Podobną opinię formułuje Park (2019), wskazując, że CR może jedynie dostarczyć narzędzi pomagających dobrze funkcjonować w późnej fazie życia, ale bezpośrednie związki między CR a sprawnością kognitywną są raczej słabe.

Ze względu na dane, zgodnie z którymi zarówno osłabienie funkcji poznawczych, jak i rola CR mogą mieć różny charakter na kolejnych etapach dorosłości, wyodrębniono

References / Piśmiennictwo

- Bettcher BM, Gross AL, Gavett BE et al.: Dynamic change of cognitive reserve: associations with changes in brain, cognition, and diagnosis. *Neurobiol Aging* 2019; 83: 95–104.
- Brzeziński J, Gaul M, Hornowska E et al.: Skala Inteligencji D. Wechslera dla Dorosłych. Wersja Zrewidowana – renormalizacja. WAIS-R (PL). Podręcznik. Pracownia Testów Psychologicznych Polskiego Towarzystwa Psychologicznego, Warszawa 2004.
- Byczewska-Konieczny K: Relation between cognitive and behavioral aspects of dysexecutive functioning in normal aging. *Appl Neuropsychol Adult* 2020; 27: 334–344.
- Caffò AO, Lopez A, Spano G et al.: The role of pre-morbid intelligence and cognitive reserve in predicting cognitive efficiency in a sample of Italian elderly. *Aging Clin Exp Res* 2016; 28: 1203–1210.
- Chen X, Xue B, Hu Y: Cognitive reserve over life course and 7-year trajectories of cognitive decline: results from China health and retirement longitudinal study. *BMC Public Health* 2022; 22: 231.
- Daskalopoulou C, Koukounari A, Wu YT et al.: Healthy ageing trajectories and lifestyle behaviour: the Mexican Health and Aging Study. *Sci Rep* 2019; 9: 11041.
- Duda B, Puente AN, Miller LS: Cognitive reserve moderates relation between global cognition and functional status in older adults. *J Clin Exp Neuropsychol* 2014; 36: 368–378.
- Gajewski PD, Falkenstein M, Thönes S et al.: Stroop task performance across the lifespan: high cognitive reserve in older age is associated with enhanced proactive and reactive interference control. *Neuroimage* 2020; 207: 116430.
- Gawda B, Szepietowska EM: Test fluencji słownej. Podręcznik – wersja dla dorosłych. Pracownia Testów Psychologicznych i Pedagogicznych, Gdańsk 2021.
- Ghisla V, Chocano-Bedoya P, Orav EJ et al.: Prospective study of ageing trajectories in the European DO-HEALTH study. *Gerontology* 2023; 69: 57–64.
- Ihle A, Gouveia É, Gouveia B et al.: Solving the puzzle of cognitive reserve effects on cognitive decline: the importance of considering functional impairment. *Dement Geriatr Cogn Disord* 2020; 49: 349–354.
- Kwak S, Shin M, Kim H et al.: Moderating effect of cognitive reserve on the association between grey matter atrophy and memory varies with age in older adults. *Psychogeriatrics* 2020; 20: 87–95.
- Lavrencic LM, Richardson C, Harrison SL et al.: Is there a link between cognitive reserve and cognitive function in the oldest-old? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2018; 73: 499–505.
- Lezak MD, Howieson DB, Bigler ED et al.: *Neuropsychological Assessment*. 5th ed., Oxford University Press, New York, NY 2012.
- Li X, Song R, Qi X et al.: Influence of cognitive reserve on cognitive trajectories: role of brain pathologies. *Neurology* 2021; 97: e1695–e1706.
- Łojek E, Stańczak J: BDI-II. Podręcznik. Wydanie drugie. Pracownia Testów Psychologicznych Polskiego Towarzystwa Psychologicznego, Warszawa 2019.
- Merzenich MM, Van Vleet TM, Nahum M: Brain plasticity-based therapeutics. *Front Hum Neurosci* 2014; 8: 385.
- Mondini S, Madella I, Zangrossi A et al.: Cognitive reserve in dementia: implications for cognitive training. *Front Aging Neurosci* 2016; 8: 84.
- Narbutas J, Chylinski D, Van Egroo M et al.: Positive effect of cognitive reserve on episodic memory, executive and attentional functions taking into account amyloid-beta, tau, and apolipoprotein e status. *Front Aging Neurosci* 2021; 13: 666181.
- Nilsen C, Darin-Mattsson A, Hyde M et al.: Life-course trajectories of working conditions and successful ageing. *Scand J Public Health* 2022; 50: 593–600.
- Oosterman JM, Jansen MG, Scherder EJA et al.: Cognitive reserve relates to executive functioning in the old-old. *Aging Clin Exp Res* 2021; 33: 2587–2592.
- Park DC: Cognitive ability in old age is predetermined by age 20 y. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2019; 116: 1832–1833.
- Pałchalska M: *Neuropsychologia kliniczna. Urazy mózgu*. Vol. 1, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- Pałchalska M, Kaczmarek BLJ, Kropotov JD: *Ja utracone i odzyskane*. Oficyna Wydawnicza Impuls, Kraków 2021.

dwie podgrupy osób dorosłych. Relacje między wyższym wiekiem a słabszym wykonaniem zadań ujawniły się szczególnie w grupie 56+, ale wpływ CR nie stał się w niej bardziej wyrazisty. Interesujące, że rola wieku i CR różniła się między grupami w odniesieniu do identycznych zadań. Wśród osób poniżej 55. roku życia realizację testu ZOO i Cyfr wspak determinowała CR, natomiast Cyfr wprost – wiek. W grupie drugiej relacje były inne: dla testu ZOO większe znaczenie miał wiek, a dla Cyfr wspak – CR. Pozwala to sądzić, że ze względu na nielinearność poznawczego starzenia się CR może pełnić funkcję ochronną wobec pewnych kompetencji już około 50. roku życia, ale w następnych latach ważniejszym determinantem staje się wiek. Jest to zgodne z opinią Park (2019) o możliwym braku relacji między CR a funkcjonowaniem poznawczym w dorosłości oraz z wynikami badania Kwaka i wsp. (2020), w których wykazano, że CR (poziom wykształcenia) może zmieniać relacje między patologią ośrodkowego układu nerwowego a sprawnością poznawczą. Osoby z wyższymi wynikami w badaniu funkcji poznawczych cechują się wyższą rezerwą. Przez pewien okres umożliwia ona kompensowanie trudności bez wyraźnego pogorszenia wyników, z czasem jednak ulega wyczerpaniu. Typowe dla wieku zmiany patologiczne mózgowia nie mogą być dłużej kompensowane przez CR, co skutkuje mniej lub bardziej gwałtownym pogorszeniem sprawności poznawczych. Podany wcześniej – często niski – procent wariancji wyników wyjaśniany przez CR może być dowodem na większe znaczenie innych czynników, takich jak obecna wielochorobowość czy wcześniejsze obciążenia, dla kondycji poznawczej.

Stwierdzono również, że wyższy poziom CR determinuje wyższe poczucie trudności wykonawczych i niższe poczucie trudności w zakresie pamięci prospektywnej (zarówno u młodszych, jak i u starszych dorosłych). Dane dotyczące charakteru relacji CR – poczucie deficytów nie są jednorodne, podobnie jak w przypadku związku między poczuciem trudności a obiektywnymi możliwościami (Röhr *et al.*, 2020). Obszerne badania Röhr z zespołem wykazały, że wraz z wiekiem poczucie deficytów to maleje, to wzrasta, tworząc niejasny wzorzec, z wyraźnym spadkiem w grupie osób 65–74-letnich. Wakely i wsp. (2022) odnotowali, iż wiek (starszy) sprzyja raportowaniu niższego poczucia deficytów wykonawczych. Obserwowany w badaniu własnym wzrost poczucia deficytów wykonawczych u uczestników z wyższym poziomem CR może wynikać z faktu, że osoby bardziej aktywne konfrontują się z pewnymi ograniczeniami, które nie muszą być związane z dysfunkcjami wykonawczymi. Użyty w badaniu kwestionariusz został opracowany z myślą o pacjentach z patologią płatów czołowych i dopiero w nowszych badaniach dokonuje się walidacji w grupach nieklinicznych. Pytania zawarte w DEX-S odnoszą się do samoregulacji, procesów poznawczych i emocjonalnych (Wakely *et al.*, 2022), należałoby zatem analizować relacje między czynnikami emocjonalnymi a poczuciem deficytów z uwzględnieniem przejawów dysfunkcji wykonawczych związanych z wiekiem (Byczewska-Konieczny, 2020).

- Relander K, Mäki K, Soinne L et al.: Active lifestyle as a reflection of cognitive reserve: the Modified Cognitive Reserve Scale. *Nord Psychol* 2021; 73: 242–252.
- Reuter-Lorenz PA, Park DC: Human neuroscience and the aging mind: a new look at old problems. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2010; 65B: 405–415.
- Röhr S, Pabst A, Riedel-Heller SG et al.; for Cohort Studies of Memory in an International Consortium (COSMIC): Estimating prevalence of subjective cognitive decline in and across international cohort studies of aging: a COSMIC study. *Alzheimers Res Ther* 2020; 12: 167.
- Sauter J, Widmer E, Baeriswyl M et al.: Interactional effects between relational and cognitive reserves on decline in executive functioning. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2021; 76: 1523–1532.
- Smith G, Della Sala S, Logie RH et al.: Prospective and retrospective memory in normal ageing and dementia: a questionnaire study. *Memory* 2000; 8: 311–321.
- Staff RT, Hogan MJ, Williams DS et al.: Intellectual engagement and cognitive ability in later life (the “use it or lose it” conjecture): longitudinal, prospective study. *BMJ* 2018; 363: k4925.
- Stern Y: Cognitive reserve. *Neuropsychologia* 2009; 47: 2015–2028.
- Stern Y: Cognitive reserve in ageing and Alzheimer's disease. *Lancet Neurol* 2012; 11: 1006–1012.
- Szepietowska EM: Poziom rezerwy poznawczej a funkcje wykonawcze u dorosłych Polaków: badania pilotażowe [The level of cognitive reserve and executive functions in Polish adults: preliminary study]. In: Zawadzka E, Filipiak S (eds.): Wielowymiarowość funkcji wykonawczych – perspektywa rozwojowa i kliniczna. Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 2022: 65–90.
- Szepietowska EM: Rezerwa poznawcza jako czynnik determinujący poziom funkcji poznawczych u osób dorosłych – doniesienie wstępne [Cognitive reserve as a factor determining the level of cognitive functions in adults: a preliminary report]. *Psychiatr Psychol Klin* 2019; 19: 32–41.
- Trystuła M, Pąchalska M: Comorbidities and health-related quality of life following revascularization for asymptomatic critical internal carotid artery stenosis treated with carotid endarterectomy or angioplasty with stenting. *Med Sci Monit* 2019; 25: 4734–4743.
- Tucker AM, Stern Y: Cognitive reserve in aging. *Curr Alzheimer Res* 2011; 8: 354–360.
- Verissimo J, Verhaeghen P, Goldman N et al.: Evidence that ageing yields improvements as well as declines across attention and executive functions. *Nat Hum Behav* 2022; 6: 97–110.
- Villa AR, Guerrero E, Villa AM et al.: The paradoxical effect of living alone on cognitive reserve and mild cognitive impairment among women aged 60+ in Mexico City. *Int J Environ Res Public Health* 2021; 18: 10939.
- Wakely H, Radakovic R, Bateman A: Psychometric properties of the Revised Dysexecutive Questionnaire in a non-clinical population. *Front Hum Neurosci* 2022; 16: 767367.
- Williams BD, Pendleton N, Chandola T: Does the association between cognition and education differ between older adults with gradual or rapid trajectories of cognitive decline? *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn* 2021: 1–21.
- Wilson B, Alderman N, Burgess PW et al.: Behavioural Assessment of the Dysexecutive Syndrome: BADS. Pearson, London 1996.
- Wilson RS, Yu L, Lamar M et al.: Education and cognitive reserve in old age. *Neurology* 2019; 92: e1041–e1050.
- Wöbbecking-Sánchez M, Bonete-López B, Cabaco AS et al.: Relationship between cognitive reserve and cognitive impairment in autonomous and institutionalized older adults. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17: 5777.
- Xue B, Cadar D, Fleischmann M et al.: Effect of retirement on cognitive function: the Whitehall II cohort study. *Eur J Epidemiol* 2018; 33: 989–1001.
- Yahirun JJ, Vasireddy S, Hayward MD: The education of multiple family members and the life-course pathways to cognitive impairment. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2020; 75: e113–e128.
- Zaninotto P, Batty GD, Allerhand M et al.: Cognitive function trajectories and their determinants in older people: 8 years of follow-up in the English Longitudinal Study of Ageing. *J Epidemiol Community Health* 2018; 72: 685–694.

Pewien wpływ na wyniki uzyskane w prezentowanym badaniu mógł mieć sposób analizy wyników podtestu ZOO z baterii BADS (Wilson *et al.*, 1996), a mianowicie wykorzystanie w analizach jedynie wyniku finalnego, a nie wskaźników wykonania pierwszej (samodzielne rysowanie drogi na mapie ZOO) i drugiej części (realizacja zadania po otrzymaniu instrukcji).

OGRANICZENIA

Uzyskane wyniki, mimo że zachęcają do kontynuacji badań, nie są wolne od niedociągnięć w postaci niewielkiej grupy uczestników i braku lepszej kontroli zmiennych klinicznych. Istotne jest zwrócenie uwagi na wcześniejsze i obecne obciążenia zdrowotne. Zaproponowany tu sposób obliczania wskaźnika CR uwzględnia dane zarówno obiektywne (poziom wykształcenia, lata pracy, status zawodowy), jak i subiektywne (samoopis aktywności), niemniej nie analizowano, jaki wpływ na wyniki miałyby uwzględnienie każdego z czynników w izolacji. Z uwagi na pandemię realizacja badań w większej grupie i dłuższej perspektywie nie była na razie możliwa.

WNIOSKI

1. Wyższy poziom CR pozytywnie kształtuje wyniki niektórych testów oceniających funkcje poznawcze, z kolei wiek determinuje niższy poziom realizacji zadań.
2. Pozytywny wpływ wyższego poziomu CR jest widoczny zarówno w pomiarze wyjściowym, jak i po 3-miesięcznym odroczeniu.
3. Relacje między osłabieniem funkcji poznawczych a wiekiem i ochronną rolą CR mogą mieć odmienny charakter na różnych etapach dorosłości. U osób w wieku 56+ uwidacznia się negatywny wpływ wieku na sprawności kognitywne, a pozytywny wpływ CR zanika. Może to oznaczać, że CR nie ma istotnego wpływu na trajektorię starzenia się w obliczu innych, niekorzystnych czynników, przykładowo wielochorobowości.

Konflikt interesów

Autorka nie zgłasza żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść publikacji oraz rościć sobie prawo do tej publikacji.