INNOWACYJNE METODY USPRAWNIANIA OSÓB STARSZYCH

Zastosowanie innowacyjnych metod usprawniania osób starszych żyjących w środowisku wiejskim i miejskim – wpływ na sprawność funkcjonalną

Tom 1



REDAKCJA

Marek ŻAK

Małgorzata BISKUP

Tomasz SIKORSKI

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU JANA KOCHANOWSKIEGO

Zastosowanie innowacyjnych metod usprawniania osób starszych żyjących w środowisku wiejskim i miejskim – wpływ na sprawność funkcjonalną

INNOWACYJNE METODY USPRAWNIANIA OSÓB STARSZYCH

Tom 1

REDAKCJA
Marek ŻAK
Małgorzata BISKUP
Tomasz SIKORSKI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

NAUKA DLA SPOŁECZEŃSTWA

Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

Projekt dofinansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu „Nauka dla Społeczeństwa II”

Małgorzata BISKUP
Tomasz SIKORSKI
Aleksandra TOMALA
Agata MICHALSKA
Renata MISZCZUK
Piotr PALUCH
Marek ŻAK

Zastosowanie innowacyjnych metod usprawniania osób starszych żyjących w środowisku wiejskim i miejskim – wpływ na sprawność funkcjonalną

Wydawnictwo
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego
Kielce 2026

Tytuł
Zastosowanie innowacyjnych metod usprawniania osób starszych żyjących w środowisku wiejskim i miejskim – wpływ na sprawność funkcjonalną

Redakcja
Marek Żak, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
Małgorzata Biskup, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
Tomasz Sikorski, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

Recenzent
Dariusz Białoszewski, Warszawski Uniwersytet Medyczny

Opracowanie redakcyjne
Adam Cedro

W publikacji wykorzystano ilustracje z Adobe Stock i Freepik

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach
Kielce 2026

ISBN 978-83-8377-103-8
e-ISBN 978-83-8377-104-5
DOI: 10.25951/15031

Publikacja dofinansowana ze środków budżetu państwa w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą „Nauka dla Społeczeństwa II" nr projektu NdS-II/SP/0045/2024/01, kwota dofinansowania 792 123,20 zł całkowita wartość projektu 792 123,20 zł

Wydawnictwo Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach
25-369 Kielce, ul. Żeromskiego 5
tel. 41 349 72 65
https://wydawnictwo.ujk.edu.pl
e-mail: wyd@ujk.edu.pl

Spis treści

Wykaz stosowanych skrótów 7

Wstęp 9

Rozdział 1. Wprowadzenie 11

1.1. Starzenie się społeczeństwa oraz funkcjonalny wymiar zdrowia osób w wieku 60–75 lat 14

1.2. Siła mięśniowa 18

1.3. Równowaga i kontrola posturalna 18

1.4. Mobilność i lokomocja 19

1.5. Wytrzymałość wysiłkowa i koordynacja 19

1.6. Determinanty sprawności funkcjonalnej 19

1.7. Sprawność funkcjonalna a jakość życia 20

1.8. Dobrostan fizyczny i sprawność funkcjonalna 20

1.9. Dobrostan psychiczny 21

1.10. Relacje społeczne i aktywność społeczna 21

1.11. Zintegrowane programy wsparcia 21

1.12. Aktywność fizyczna jako interwencja prewencyjna 22

1.13. Wirtualna rzeczywistość 25

Rozdział 2. Materiał i metodologia badań 31

2.1. Charakterystyka badanej grupy 31

2.2. Metody, techniki i narzędzia badawcze 32

2.3. Narzędzia badawcze 34

Plan treningowy 37

2.4. Analiza statystyczna 42

Rozdział 3. Wyniki badań 45

3.1. Charakterystyka grupy 45

3.2. Wyniki sprawności fizycznej, funkcji poznawczych i aspektów emocjonalnych w pierwszym etapie badania 48

3.3. Wyniki sprawności fizycznej, funkcji poznawczych i aspektów emocjonalnych w drugim etapie badania 50

3.4. Wyniki równania regresji dla zmiennych w drugim etapie badań – testy sprawności fizycznej (TUG, TUG COG, TUG MAN, SLS OP, SLS CS, 2MST) 52

3.5. Wyniki równania regresji dla zmiennych w drugim etapie badań – funkcje poznawcze (TMT-A, TMT-B) 62

3.6. Wyniki równania regresji dla zmiennych w drugim etapie badań – aspekty emocjonalne (FES-I, GDS-15) 66

3.7. Ocena sprawności fizycznej oraz funkcji poznawczych – porównanie przed i po terapii 69

Rozdział 4. Dyskusja i wnioski 71

Spis tabel 85

Spis rycin 87

Biogramy autorów 89

Wykaz stosowanych skrótów

2MST	2-Minute Step Test / 2-minutowy test marszu w miejscu
BBS	Berg Balance Scale / Skala równowagi Berg
FES-I	Falls Efficacy Scale – International / Skala obawy przed upadkiem
GDS-15	Geriatric Depression Scale / Geriatryczna skala oceny depresji
HMD	Head-Mounted Display / wyświetlacz montowany na głowie, gogle do WR
MMSE	Mini-Mental State Examination / Krótka skala oceny stanu psychicznego
SLS	Single Leg Stance / próba stania na jednej nodze
TMT	Trail Making Test / Test łączenia punktów
TUG	Timed Up and Go / Test „Wstań i Idź”
WHO	World Health Organization / Światowa Organizacja Zdrowia
WR	wirtualna rzeczywistość

Wstęp

Jednym z wymiernych skutków demograficznego starzenia się społeczeństw jest zauważalny wzrost liczby osób wymagających pomocy oraz wsparcia w czynnościach życia codziennego, które bezpośrednio wpływają na jego jakość. Postępująca niesprawność ruchowa, obniżenie siły mięśniowej, lęk przed upadkiem oraz narastające zaburzenia kognitywne wpływają na zwiększenie odsetka seniorów wymagających kompleksowej diagnostyki, leczenia, fizjoterapii, oraz – niejednokrotnie – codziennej opieki.

Warto więc postawić sobie pytanie, jakie konkretnie role winien pełnić personel wobec seniorów, a także w jakim stopniu jest on do tych ról oraz rozlicznych zadań przygotowany w odniesieniu do najnowszej wiedzy naukowej oraz doświadczeń wynikających z codziennej praktyki? Odpowiedzi są oczywiście bardzo złożone. Postępowanie usprawniające, uwzględniające specyfikę dysfunkcji osób starszych, powinno bowiem bazować na prawidłowej i całościowej ocenie dobrostanu oraz na prowadzeniu kompleksowego postępowania terapeutycznego, co stanowi nie lada wyzwanie zarówno na gruncie medycznym, jak i społecznym oraz ekonomicznym.

Dlatego z wielką przyjemnością oddajemy w ręce Czytelników pracę będącą pierwszym tomem serii „Innowacyjne metody usprawniania osób starszych", przygotowanej nie tylko dla wszystkich tych, którzy pracują na co dzień z osobami starszymi, lecz przede wszystkim dla tych, którym jesień życia oraz los ludzi starszych nie pozostają obojętne.

Mam szczerą nadzieję, że praca naszego Zespołu zdoła zaspokoić kluczowe oczekiwania nie tylko personelu pracującego z seniorami na co dzień, lecz także wszystkich tych, którzy stoją u progu własnej kariery zawodowej w tej lub pokrewnej domenie bądź też sami zmuszeni są borykać się z tą problematyką.

Marek Żak

Rozdział 1
Wprowadzenie

Starzenie się społeczeństwa stanowi jedno z najbardziej doniosłych wyzwań cywilizacyjnych XXI wieku. Zjawisko to ma charakter globalny, systemowy i długofalowy, a jego konsekwencje wykraczają daleko poza obszar medycyny czy polityki społecznej. Transformacja demograficzna wpływa na strukturę rynku pracy, systemy zabezpieczenia społecznego, organizację ochrony zdrowia, a także na model funkcjonowania wspólnot lokalnych. W tym kontekście problematyka zdrowego i aktywnego starzenia się przestaje być zagadnieniem niszowym – staje się jednym z kluczowych priorytetów badawczych i wdrożeniowych dla współczesnej nauki.

Współczesne podejście do starzenia się odchodzi od perspektywy wyłącznie biomedycznej, skoncentrowanej na chorobie i deficycie, na rzecz modelu funkcjonalnego, którego centralnym pojęciem jest zdolność do realizowania codziennych aktywności i uczestnictwa w życiu społecznym. Koncepcja zdrowego starzenia się, promowana przez WHO, definiuje ten stan jako proces rozwijania i utrzymywania funkcjonalnych zdolności umożliwiających dobrostan w starszym wieku. W tym ujęciu kluczowe znaczenie mają nie tylko parametry kliniczne, lecz przede wszystkim sprawność funkcjonalna, autonomia oraz możliwość samostanowienia.

Z perspektywy profilaktyki funkcjonalnej przedział wiekowy 60–75 lat jest szczególnie istotny. Osoby z tej grupy często pozostają aktywne zawodowo lub społecznie, nie wykazują poważnych dysfunkcji

ograniczających samodzielność, jednak podlegają już fizjologicznym procesom inwolucyjnym. Postępująca utrata masy i siły mięśniowej, obniżenie wydolności krążeniowo-oddechowej, pogorszenie równowagi oraz spowolnienie procesów poznawczych mogą przebiegać w sposób subkliniczny, lecz stopniowo wpływają na zdolność do wykonywania czynności dnia codziennego. Interwencje podejmowane w tym okresie mają charakter wysoce efektywny kosztowo i mogą znacząco opóźnić moment wystąpienia niesamodzielności.

Aktywność fizyczna pozostaje jednym z najlepiej udokumentowanych czynników modyfikujących przebieg starzenia. Badania jednoznacznie wskazują, że odpowiednio zaprojektowany trening – obejmujący komponent siłowy, wytrzymałościowy, równoważny i koordynacyjny – może istotnie poprawiać parametry funkcjonalne nawet w zaawansowanym wieku. Jednocześnie obserwuje się rosnące zainteresowanie interwencjami łączącymi stymulację ruchową z poznawczą, co odpowiada na potrzebę integracyjnego podejścia do sprawności człowieka.

W tym kontekście rozwój technologii immersyjnych otwiera nowe możliwości w zakresie projektowania programów prozdrowotnych. Wirtualna Rzeczywistość (WR) przestała być wyłącznie narzędziem rozrywki – coraz częściej znajduje zastosowanie w medycynie, rehabilitacji neurologicznej, terapii zaburzeń równowagi oraz treningu funkcji poznawczych. Immersyjne środowisko wirtualne umożliwia symulowanie złożonych sytuacji ruchowych w warunkach bezpiecznych, kontrolowanych i dostosowanych do indywidualnych możliwości uczestnika. Co istotne, WR zwiększa poziom zaangażowania i motywacji, co w populacji osób starszych stanowi jeden z kluczowych czynników warunkujących skuteczność interwencji.

Zastosowanie WR w populacji osób w wieku 60–75 lat bez istotnych dysfunkcji stanowi relatywnie nowy obszar badań. Dotychczasowe publikacje koncentrowały się głównie na pacjentach neurologicznych lub osobach z wyraźnymi deficytami funkcjonalnymi. Tymczasem perspektywa profilaktyczna – ukierunkowana na utrzymanie i wzmacnia-

nie sprawności przed wystąpieniem poważnych ograniczeń – wymaga odrębnego podejścia metodologicznego oraz wdrożeniowego.

Niniejsza monografia stanowi rezultat projektu badawczo-wdrożeniowego finansowanego ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Projekt łączył implementację innowacyjnego programu treningu funkcjonalnego z wykorzystaniem WR z ewaluacją jego skuteczności w schemacie pomiarów przed i po interwencji. Takie podejście pozwoliło na jednoczesne osiągnięcie dwóch komplementarnych celów: wdrożeniowego – polegającego na opracowaniu i upowszechnieniu nowego narzędzia pracy z seniorami, oraz badawczego – obejmującego analizę wpływu interwencji na wybrane parametry sprawności funkcjonalnej i jakości życia.

Istotnym elementem projektu była również popularyzacja wiedzy naukowej oraz transfer technologii do praktyki. Upowszechnianie wyników badań, tworzenie rekomendacji dla instytucji pracujących z osobami starszymi oraz opracowanie poradnika metodycznego wpisują się w strategię zwiększania społecznego oddziaływania nauki. Monografia stanowi zatem nie tylko opracowanie teoretyczne, lecz również narzędzie wspierające praktyków – fizjoterapeutów, trenerów, pracowników ochrony zdrowia, terapeutów zajęciowych i animatorów aktywności senioralnej.

Interdyscyplinarny charakter przedsięwzięcia – łączący nauki o zdrowiu, gerontologię, nauki o kulturze fizycznej, psychologię oraz technologie cyfrowe – odzwierciedla współczesny paradygmat badań aplikacyjnych. Integracja wiedzy teoretycznej z implementacją praktyczną odpowiada na potrzeby zarówno środowiska akademickiego, jak i systemu ochrony zdrowia, a także stanowi istotny element społecznej transmisji osiągnięć nauk.

1.1. Starzenie się społeczeństwa oraz funkcjonalny wymiar zdrowia osób w wieku 60–75 lat

Starzenie się populacji stanowi jedno z najistotniejszych zjawisk społeczno-demograficznych współczesnego świata. Proces ten ma charakter strukturalny i długoterminowy, wynikający z dwóch nakładających się trendów: wydłużania średniej długości życia oraz utrzymującego się na niskim poziomie wskaźnika dzietności. W efekcie rośnie udział osób starszych w ogólnej strukturze populacji przy jednoczesnym zmniejszaniu się liczby osób w wieku produkcyjnym.

Starzenie się to naturalnie postępujący proces w życiu każdego człowieka od momentu przyjścia na świat. Przebiega on stopniowo, a zmiany patofizjologiczne, które zajdą, są procesem niemożliwym do cofnięcia [1]. Każdy przechodzi ten proces inaczej, co wpływa na subiektywne odczucia ciężkości wkraczania w dany etap (szczególnie w późniejszym wieku). Jest to uwarunkowane przez wiele zmiennych, np.: charakter wykonywanej pracy, sposób odżywiania się, uprawianą aktywność fizyczną, występujące choroby współistniejące, rutynę snu, stosowane używki, predyspozycje genetyczne, stres [2,3]. Jest wiele definicji starości, jednakże kluczowe etapy są spójne i dotyczą podobnego przedziału wieku.

Światowa Organizacja Zdrowia (ang. World Health Organization, WHO) wyróżnia 3 etapy starości: 60–75 lat – wiek podeszły, tzw. wczesna starość, 75–90 lat – wiek starczy, tzw. późna starość, 90+ – wiek sędziwy, tzw. długowieczność [4]. To, w jaki sposób każdy będzie przechodził przez proces starzenia się, jest zależne w głównej mierze od osobniczych cech, ale i trybu prowadzonego życia. Ważne jest, aby już w młodym wieku zadbać o potrzeby organizmu w celu utrzymania sprawności na kolejne lata.

Według danych WHO populacja osób powyżej 60. roku życia wzrośnie z około 1 miliarda w 2020 roku do ponad 2 miliardów w roku 2050. W krajach europejskich tempo starzenia się jest szczególnie intensywne. W Polsce prognozy demograficzne publikowane przez Główny

Urząd Statystyczny wskazują, że osoby w wieku 60+ będą stanowiły w najbliższych dekadach jedną z najszybciej rosnących grup populacyjnych [5,6].

Konsekwencje tego zjawiska są wielowymiarowe i obejmują wzrost zapotrzebowania na świadczenia medyczne i rehabilitacyjne, zwiększenie liczby osób z chorobami przewlekłymi, obciążenie systemów opieki długoterminowej, konieczność modyfikacji polityki zdrowotnej i społecznej oraz zmianę struktury rynku pracy i systemów emerytalnych. Współczesne strategie zdrowia publicznego odchodzą od modelu skupionego wyłącznie na leczeniu chorób na rzecz modelu prewencyjno-funkcjonalnego, którego celem jest utrzymanie samodzielności i sprawności przez możliwie długi okres życia.

Starzenie się organizmu jest procesem złożonym, obejmującym zmiany na poziomie molekularnym, komórkowym i układowym. W literaturze naukowej wskazuje się na kilka kluczowych mechanizmów biologicznych: stres oksydacyjny i akumulację uszkodzeń komórkowych, skracanie telomerów, zaburzenia funkcji mitochondrialnej, przewlekły stan zapalny o niskim nasileniu, zmniejszenie zdolności regeneracyjnych tkanek [7]. Starzenie się daje objawy pochodzące z różnorodnych układów, np.: mięśniowo-szkieletowego, sercowo-naczyniowego, nerwowego, odpornościowego, oddechowego. Spadek masy mięśniowej, osteoporoza, ubytki kostne, częstsze złamania, skręcenia lub zwichnięcia, zabiegi z zastosowaniem endoprotezoplastyki to tylko nieliczne zmiany, które można zaobserwować szczególnie u osób starszych. Utrata składników budulcowych kości prowadzi do ich osłabienia, a słaba jakość kości to główny czynnik kruchości szkieletu w wieku powyżej 60 r.ż. [8].

Proces demineralizacji kości może być częściowo ograniczany poprzez odpowiednio zbilansowaną dietę bogatą w witaminę D, wapń, wielonienasycone kwasy tłuszczowe, pełnowartościowe białko oraz żelazo, które odgrywa istotną rolę w syntezie kolagenu, metabolizmie witaminy D oraz utrzymaniu prawidłowej aktywności osteoblastów i osteoklastów. Starzenie organizmu prowadzi również do postępującej

utraty masy i wydolności mięśniowej, co stanowi jeden z głównych czynników rozwoju sarkopenii i zespołu kruchości. Istotne znaczenie w procesie degeneracji mięśni przypisuje się dysfunkcji mitochondriów, odpowiedzialnych za produkcję energii, homeostazę wapniową oraz regulację procesów komórkowych [9,10,11].

W obrębie układu nerwowego proces starzenia wiąże się z postępującym ograniczeniem zdolności neurogenezy oraz zmniejszeniem aktywności komórek macierzystych układu nerwowego, co prowadzi do obniżenia potencjału regeneracyjnego mózgu. Wraz z wiekiem wzrasta ryzyko rozwoju chorób neurodegeneracyjnych, takich jak choroba Alzheimera czy choroba Parkinsona, których patogeneza związana jest m.in. z degeneracją neuronów, przewlekłym stanem zapalnym oraz zaburzeniami metabolizmu komórkowego. Pomimo zachodzących zmian strukturalnych mózg wykazuje zdolność kompensacji neuronalnej, umożliwiającej utrzymanie względnie prawidłowych funkcji poznawczych i behawioralnych przez dłuższy czas. Mechanizmy adaptacyjne układu nerwowego pozwalają częściowo przeciwdziałać skutkom starzenia poprzez reorganizację połączeń neuronalnych i aktywację alternatywnych szlaków funkcjonalnych.

Szczególne znaczenie w procesie starzenia mózgu przypisuje się hipokampowi, który odpowiada za procesy pamięciowe, pamięć roboczą, konsolidację nowych informacji oraz przetwarzanie emocji. Struktura ta charakteryzuje się wysoką wrażliwością na działanie stresu oraz procesów neurodegeneracyjnych, dlatego jej dysfunkcja jest silnie związana z pogorszeniem funkcji poznawczych. Dodatkowo niedotlenienie mózgu może prowadzić do nieodwracalnych zmian neurologicznych, których nasilenie zależy od czasu reakcji i skuteczności interwencji terapeutycznej. Zaburzenia utlenowania tkanek odgrywają istotną rolę w patogenezie wielu schorzeń neurologicznych, wpływając na postępujące uszkodzenie komórek nerwowych i ograniczenie sprawności układu nerwowego [12,13].

Choroby układu sercowo-naczyniowego stanowią główną przyczynę zgonów w populacji osób starszych. Proces starzenia prowadzi

do zmian strukturalnych i czynnościowych mięśnia sercowego oraz naczyń krwionośnych, zwiększając ryzyko miażdżycy, arytmii, niewydolności serca i incydentów niedokrwiennych. Do najistotniejszych czynników ryzyka zalicza się cukrzycę, otyłość, nadciśnienie tętnicze, zaburzenia lipidowe, niski poziom aktywności fizycznej oraz stosowanie używek [14].

Starzenie organizmu obejmuje również układ oddechowy, prowadząc do stopniowego pogorszenia funkcji płuc, zmniejszenia elastyczności tkanek oraz ograniczenia zdolności regeneracyjnych. Konsekwencją tych zmian jest zwiększona podatność na infekcje oraz rozwój przewlekłych chorób układu oddechowego, takich jak przewlekła obturacyjna choroba płuc czy nowotwory płuc. Ze względu na ścisłe powiązanie układu oddechowego z układem immunologicznym, utrzymanie homeostazy immunologicznej płuc odgrywa kluczową rolę w ochronie organizmu przed czynnikami środowiskowymi i patogenami [15,16].

Sprawność funkcjonalna stanowi jedno z kluczowych pojęć współczesnej gerontologii, nauk o zdrowiu oraz nauk o kulturze fizycznej. W odróżnieniu od tradycyjnego rozumienia sprawności fizycznej, koncentrującego się na parametrach wydolnościowych lub sportowych, sprawność funkcjonalna odnosi się bezpośrednio do zdolności wykonywania codziennych czynności w sposób bezpieczny, efektywny i niezależny. W literaturze przedmiotu sprawność funkcjonalną definiuje się jako zdolność do wykonywania czynności dnia codziennego bez nadmiernego zmęczenia oraz z zachowaniem autonomii i bezpieczeństwa. Zgodnie z koncepcją zdrowego starzenia promowaną przez WHO kluczowym wskaźnikiem jakości starzenia nie jest brak choroby, lecz utrzymanie tzw. zdolności funkcjonalnych, obejmujących mobilność, samodzielność i uczestnictwo społeczne. Współczesne ujęcie sprawności funkcjonalnej ma charakter wielowymiarowy i obejmuje zarówno komponent fizyczny, jak i poznawczy oraz psychospołeczny, co odzwierciedla holistyczne podejście do starzenia się populacji [17].

Sprawność funkcjonalna osób w wieku 60+ składa się z kilku wzajemnie powiązanych komponentów, z których każdy wpływa na ogólną

zdolność do samodzielnego funkcjonowania. Do podstawowych komponentów sprawności funkcjonalnej należą: siła mięśniowa, wytrzymałość, równowaga statyczna i dynamiczna, mobilność, koordynacja, szybkość reakcji, integracja poznawczo-ruchowa.

1.2. Siła mięśniowa

Siła mięśniowa, szczególnie kończyn dolnych, jest jednym z najważniejszych predyktorów niezależności funkcjonalnej. Spadek siły mięśniowej wiąże się bezpośrednio z trudnościami ze wstawaniem z krzesła, wchodzeniem po schodach, utrzymaniem równowagi oraz podnoszeniem przedmiotów. Zdolność do generowania siły w krótkim czasie ma szczególne znaczenie w sytuacjach wymagających szybkiej reakcji, np. przy utracie równowagi. Spadek mocy, a nie wyłącznie siły maksymalnej, w większym stopniu koreluje z ryzykiem upadków, co podkreśla konieczność treningu dynamicznego w tej grupie wiekowej [18].

1.3. Równowaga i kontrola posturalna

Równowaga jest zdolnością do utrzymania środka ciężkości ciała w granicach podstawy podparcia. W procesie starzenia dochodzi do pogorszenia integracji informacji z układu wzrokowego, przedsionkowego i proprioceptywnego. Zaburzenia kontroli posturalnej są jednym z głównych czynników ryzyka upadków: w populacji osób w wieku 60–75 lat, nawet bez jawnych dysfunkcji neurologicznych, obserwuje się spowolnienie reakcji korekcyjnych oraz zwiększoną chwiejność postawy. Regularne ćwiczenia proprioceptywne mogą znacząco poprawić te parametry, zmniejszając częstość incydentów [19].

1.4. Mobilność i lokomocja

Mobilność obejmuje zdolność do przemieszczania się w różnych warunkach środowiskowych, z kluczowymi parametrami takimi jak prędkość chodu, długość kroku i zmienność rytmu chodu. Prędkość chodu i długość kroku znacząco spada z wiekiem, co jest powiązane z obniżoną zdolnością do lokomocji. Mobilność ma również wymiar społeczny – jej ograniczenie prowadzi do izolacji i spadku jakości życia, co dodatkowo pogłębia spiralę zależności [20].

1.5. Wytrzymałość wysiłkowa i koordynacja

Wytrzymałość determinuje zdolność do wykonywania aktywności przez dłuższy czas bez nadmiernego zmęczenia, przy czym spadek wydolności krążeniowo-oddechowej wraz z wiekiem ogranicza spontaniczną aktywność. W populacji 60–75 lat utrzymanie umiarkowanego poziomu wydolności ma kluczowe znaczenie dla zachowania rezerwy funkcjonalnej. Istotne stają się koordynacja i integracja poznawczo-ruchowa, gdyż codzienne zadania wymagają jednoczesnego przetwarzania informacji i planowania ruchu – spadek zdolności do wykonywania zadań podwójnych jest jednym z pierwszych sygnałów pogorszenia sprawności [20].

1.6. Determinanty sprawności funkcjonalnej

Sprawność funkcjonalna jest wynikiem interakcji wielu czynników, które można podzielić na biologiczne, behawioralne i psychospołeczne. Czynniki biologiczne, takie jak wiek chronologiczny, płeć, masa i skład ciała oraz obecność chorób przewlekłych, stanowią podstawę, na którą nakładają się modyfikowalne elementy. Czynniki behawioralne – poziom aktywności fizycznej, styl życia, nawyki żywieniowe i jakość snu – pozwalają na interwencje profilaktyczne. Z kolei czynniki psychospołeczne, w tym wsparcie społeczne, poziom

motywacji, poczucie własnej skuteczności oraz kompetencje cyfrowe wzmacniają adherencję do programów treningowych i wpływają na długoterminowe efekty [21].

1.7. Sprawność funkcjonalna a jakość życia

Istnieje silna korelacja pomiędzy poziomem sprawności funkcjonalnej a subiektywną oceną jakości życia. Utrzymanie samodzielności sprzyja zachowaniu poczucia sprawczości, redukcji objawów depresyjnych oraz utrzymaniu aktywności społecznej. Badania wskazują, że nawet niewielka poprawa parametrów funkcjonalnych, np. poprzez 12-tygodniowy program ćwiczeń, może istotnie wpłynąć na postrzeganą jakość życia, co potwierdza wartość prewencyjnych działań w tej grupie wiekowej. Jakość życia osób starszych ma charakter wielowymiarowy i obejmuje: dobrostan fizyczny, dobrostan psychiczny, relacje społeczne, poczucie sensu i autonomii. Sprawność funkcjonalna jest jednym z najsilniejszych predyktorów subiektywnej jakości życia – jej utrata obniża poczucie sprawczości i zwiększa ryzyko depresji. W grupie emerytów szczególne znaczenie ma utrzymanie aktywności społecznej i poznawczej, co może być wspierane przez programy łączące aktywność fizyczną z elementami stymulacji umysłowej [21].

1.8. Dobrostan fizyczny i sprawność funkcjonalna

Dobrostan fizyczny stanowi fundament jakości życia seniorów, determinując ich zdolność do samodzielnego funkcjonowania na co dzień. Badania wskazują, że regularna aktywność fizyczna, taka jak spacery, nordic walking czy joga, nie tylko poprawia mobilność i kondycję mięśniową, ale także wzmacnia układ sercowo-naczyniowy, zmniejszając ryzyko upadków i hospitalizacji. Utrata sprawności funkcjonalnej prowadzi do zależności od innych, co rodzi frustrację, poczucie bezradno-

ści i wzrost zachorowalności na depresję – dlatego wczesna interwencja poprzez ćwiczenia adaptowane, poprawiające sprawność funkcji poznawczych i motorycznych, jest kluczowa [21].

1.9. Dobrostan psychiczny

Aspekt psychiczny jakości życia obejmuje stabilność emocjonalną, odporność na stres oraz poczucie celu w codziennym istnieniu. Aktywność poznawcza, np. poprzez udział w warsztatach, czytelnictwie grupowym czy grach umysłowych, stymuluje funkcje mózgu, opóźniając procesy degeneracyjne związane z demencją. Seniorzy, którzy angażują się w takie działania, raportują wyższy poziom optymizmu, niższy lęk i silniejsze poczucie autonomii, co bezpośrednio przekłada się na subiektywną ocenę własnego życia [22].

1.10. Relacje społeczne i aktywność społeczna

Relacje społeczne pełnią rolę ochronną przed izolacją, która jest jednym z największych zagrożeń dla seniorów w Polsce. Utrzymywanie kontaktów z rodziną, przyjaciółmi i społecznością lokalną poprzez kluby seniora, wolontariat czy uniwersytety trzeciego wieku buduje sieć wsparcia, poprawiając poczucie bezpieczeństwa i przynależności. Ponadto aktywność społeczna ma wpływ na lepszą jakość snu, niższy poziom stresu i większą satysfakcję z życia, dlatego wskazane są wszelkie interakcje społeczne [23].

1.11. Zintegrowane programy wsparcia

Najskuteczniejsze są interwencje holistyczne, łączące ruch fizyczny z stymulacją poznawczą i społeczną, np. zajęcia taneczne z elementami

ćwiczeń pamięciowych czy turystyka piesza w grupach. Aktywności w lokalnych klubach seniora zwiększają samodzielność, samoocenę i ogólną jakość życia. Wdrażanie ich na poziomie społeczności lokalnych, z uwzględnieniem potrzeb grupy seniorów, pozwala nie tylko spowalniać proces starzenia, ale także czyni go okresem aktywności, spełnienia i ogólnego zadowolenia [24].

1.12. Aktywność fizyczna jako interwencja prewencyjna

Regularna aktywność fizyczna stanowi jeden z najlepiej udokumentowanych czynników modyfikujących przebieg starzenia, umożliwiając zachowanie rezerwy funkcjonalnej i opóźnienie niesprawności w grupie 60+. Zgodnie z wytycznymi WHO osoby powyżej 65. roku życia powinny podejmować co najmniej 150 minut umiarkowanej aktywności aerobowej tygodniowo (np. szybki marsz, nordic walking) oraz wykonywać ćwiczenia wzmacniające mięśnie co najmniej dwa razy w tygodniu, obejmujące wszystkie główne partie mięśniowe [25].

Programy wielokomponentowe, łączące trening siłowy, trening równoważny, ćwiczenia koordynacyjne oraz elementy treningu poznawczego wykazują najwyższą skuteczność w poprawie parametrów funkcjonalnych. Trening siłowy, składający się z serii ćwiczeń o zróżnicowanym poziomie trudności, np. przysiady z obciążeniem własnego ciała, podnoszenie hantli (1–3 kg) zwiększa siłę mięśniową. Ćwiczenia równoważne poprawiają kontrolę posturalną, zmniejszając chwiejność, podczas gdy elementy koordynacyjne i poznawcze (dual-task, np. chodzenie z jednoczesnym liczeniem) wzmacniają koordynację ruchowo-poznawczą [26].

Badania randomizowane kontrolowane potwierdzają, że 12 lub 24-tygodniowe interwencje wielokomponentowe podnoszą wyniki w Short Physical Performance Battery (SPPB) średnio o 1,5–2 punkty, co klinicznie oznacza przejście z kategorii ryzyka do prawidłowej sprawności. W populacji 60+ adherencja do takich programów wynosi 70–85%

przy nadzorze fizjoterapeuty, z dodatkowymi korzyściami w postaci poprawy jakości życia (SF-36) i redukcji objawów depresyjnych (GDS) [27,28].

Piśmiennictwo

1. Guo J, Huang X, Dou L, Yan M, Shen T, Tang W, Li J. Aging and aging-related diseases: from molecular mechanisms to interventions and treatments. Signal Transduct Target Ther. 2022; 7(1): 391.
2. Dominguez LJ, Veronese N, Vernuccio L, Catanese G, Inzerillo F, Salemi G, Barbagallo M. Nutrition, Physical Activity, and Other Lifestyle Factors in the Prevention of Cognitive Decline and Dementia. Nutrients. 2021; 13(11): 4080.
3. Dogra S, Dunstan DW, Sugiyama T, Stathi A, Gardiner PA, Owen N. Active Aging and Public Health: Evidence, Implications, and Opportunities. Annu Rev Public Health. 2022; 43: 439-459.
4. Światowa Organizacja Zdrowia. World report on ageing and health. 2015.
5. Światowa Organizacja Zdrowia. Ageing and health. 2025.
6. Główny Urząd Statystyczny, Sytuacja osób starszych w Polsce w 2020 r., Warszawa 2021.
7. Schmauck-Medina T, Molière A, Lautrup S, Zhang J, Chlopicki S, Madsen H, Cao S, Soendenbroe C, Mansell E, Vestergaard M, Li Z, Shiloh Y, Opresko P, Egly J, Kirkwood T, Verdin E, Bohr V, Cox L, Stevnsner T, Rasmussen L, Fang E. New hallmarks of ageing: a 2022 Copenhagen ageing meeting summary. Aging (Albany NY). 2022; 14: 6829-6839.
8. Schurman CA, Kaya S, Dole N, Luna NMM, Castillo N, Potter R, Rose JP, Bons J, King CD, Burton JB, Schilling B, Melov S, Tang S, Schaible E, Alliston T. Aging impairs the osteocytic regulation of collagen integrity and bone quality. Bone Res. 2024; 12(1): 13.
9. Yang J, Li Q, Feng Y, Zeng Y. Iron Deficiency and Iron Deficiency Anemia: Potential Risk Factors in Bone Loss. Int J Mol Sci. 2023; 24(8): 6891.
10. Kedlian VR, Wang Y, Liu T, Chen X, Bolt L, Tudor C, Shen Z, Fasouli ES, Prigmore E, Kleshchevnikov V, Pett JP, Li T, Lawrence JEG, Perera S, Prete M, Huang N, Guo Q, Zeng X, Yang L, Polański K, Chipampe NJ, Dabrowska M, Li X, Bayraktar OA, Patel M, Kumasaka N, Mahbubani KT, Xiang AP, Meyer KB, Saeb-Parsy K, Teichmann SA, Zhang H. Human skeletal muscle aging atlas. Nat Aging. 2024; 4(5): 727-744.
11. Ferri E, Marzetti E, Calvani R, Picca A, Cesari M, Arosio B. Role of Age-Related Mitochondrial Dysfunction in Sarcopenia. Int J Mol Sci. 2020; 21(15): 5236.

12. Culig L, Chu X, Bohr VA. Neurogenesis in aging and age-related neurodegenerative diseases. Ageing Res Rev. 2022; 78: 101636.

13. Burtscher J, Mallet RT, Burtscher M, Millet GP. Hypoxia and brain aging: Neurodegeneration or neuroprotection? Ageing Res Rev. 2021; 68: 101343.

14. Raisi-Estabragh Z, Szabo L, Schuermans A, Salih AM, Chin CWL, Vágó H, Altmann A, Ng FS, Garg P, Pavanello S, Marwick TH, Petersen SE. Noninvasive Techniques for Tracking Biological Aging of the Cardiovascular System: JACC Family Series. JACC Cardiovasc Imaging. 2024; 17(5): 533-551.

15. Cho SJ, Stout-Delgado HW. Aging and Lung Disease. Annu Rev Physiol. 2020; 82: 433-459.

16. Schneider JL, Rowe JH, Garcia-de-Alba C, Kim CF, Sharpe AH, Haigis MC. The aging lung: Physiology, disease, and immunity. Cell. 2021; 184(8): 1990-2019.

17. Cesari M., Araujo de Carvalho I., Thiyagarajan JA, Cooper C., Martin FC., Reginster JY., Vellas B., Beard JR, Evidence for the Domains Supporting the Construct of Intrinsic Capacity, J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2018; 73(12): 1653-1660.

18. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. Age Ageing. 2019; 48(1): 16-31.

19. Malik J, Główka N, Jelonek W, Stemplewski R, Maciaszek J, et al. Effect of a juggling-based physical activity on postural stability, reaction time, and attention focus in older adults: a randomized crossover study. Eur Rev Aging Phys Act. 2024; 21(1): 15.

20. López-López S, Abuín-Porras V, Berlanga LA, Martos-Duarte M, Perea-Unceta L, Romero-Morales C, et al. Functional mobility and physical fitness are improved through a multicomponent training program in institutionalized older adults. Geroscience. 2024 Feb; 46(1): 1201-1209.

21. Ngandu T, Lehtisalo J, Solomon A, Levälahti E, Ahtiluoto S, Antikainen R, et al. A 2-year multidomain intervention of diet, exercise, cognitive training, and vascular risk monitoring versus control to prevent cognitive decline in at-risk elderly people (FINGER): a randomised controlled trial. Lancet. 2015; 385: 2255-2263.

22. Fratiglioni L, Marseglia A, Dekhtyar S. Ageing without dementia: can stimulating psychosocial and lifestyle experiences make a difference? Lancet Neurol. 2020; 19(6): 533-543.

23. Donovan NJ, Blazer D. Social isolation and loneliness in older adults: review and commentary of a National Academies report. Am J Geriatr Psychiatry. 2020; 28(12): 1233-1244.

24. Fratiglioni L, Marseglia A, Dekhtyar S. Ageing without dementia: can stimulating psychosocial and lifestyle experiences make a difference? Lancet Neurol. 2020; 19(6): 533-543.

25. World Health Organization. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Geneva: WHO; 2020.

26. López-López S, Abuín-Porras V, Berlanga LA, Martos-Duarte M, Perea-Unceta L, Romero-Morales C, et al. Functional mobility and physical fitness are improved through a multicomponent training program in institutionalized older adults. Geroscience. 2024 Feb; 46(1): 1201-1209.

27. Fraga MJ, Cader SA, Ferreira MA, et al. Effects of a 12-week multicomponent exercise program on functional fitness in older adults. Arch Gerontol Geriatr. 2020; 89: 104062.

28. de Vries NM, van Ravensberg CD, Hobbelen JSM, et al. Effects of physical exercise therapy on mobility, physical functioning, physical activity and quality of life in community-dwelling older adults: a systematic review. Ageing Res Rev. 2012; 11(1): 136-49.

1.13. Wirtualna rzeczywistość

Wirtualna Rzeczywistość (WR) to dynamicznie rozwijająca się technologia, która rozszerza możliwości diagnostyczno-terapeutyczne wykorzystywane w różnorodnych obszarach, od dziedzin technicznych aż po nauki medyczne.

WR to innowacyjne narzędzie, które znacząco wpływa na rozwój medycyny. Jest pomocne w wykonywaniu badań naukowych, rozszerza diagnostykę o dodatkowe warianty, a także jest istotnym elementem w planowaniu procesów terapeutycznych.

Technologia WR pozwala odbiorcom na zanurzenie się w obrazie, sprawiając przy tym wrażenie naturalnych doznań, dzięki czemu w warunkach symulacji osoba czuje się jak w prawdziwym świecie. Immersyjny charakter wirtualnej rzeczywistości świadczy o przekonującym substytucie świata rzeczywistego [1, 2].

Na poziom immersji można wpływać poprzez dobór odpowiedniego rodzaju sprzętu, a także ilości wykorzystanych technologii WR. Immersja to zanurzenie, które jest podstawowym aspektem wirtualnej

rzeczywistości, a dodatkowo wykorzystywany system stanowi korelację z technologią.

W wirtualnej rzeczywistości stopień immersji przyjmuje różne wartości – można wyróżnić trzy rodzaje WR: nieimmersyjną, półimmersyjną oraz całkowicie immersyjną.

Wariant nieimmersyjny to najbardziej dostępny rodzaj wirtualnej rzeczywistości. Doświadcza się w tym przypadku dwóch wymiarów, a emisja obrazu odbywa się przy użyciu ekranu komputera lub konsoli do gier. Dodatkowo użytkownik może posługiwać się takimi przyrządami jak mysz komputerowa lub kontroler.

Technologia półimmersyjna bazuje na obrazach w projekcji trójwymiarowej. W tym przypadku użytkownik odczuwa głębsze oddziaływanie na ekspozycję i interaktywność poprzez wykorzystanie symulowanego środowiska, niż ma to miejsce w przypadku poziomu nieimmersyjnego.

Zanurzenie w pełnej immersyjnej wirtualnej rzeczywistości daje najbardziej realistyczne odczucia. Użytkownik jest całkowicie wtopiony w świat wirtualny, jego aktywność, ruchy głowy czy innych części ciała są zsynchronizowane w czasie rzeczywistym z widzianym obrazem. Koordynacja wzrokowo-ruchowa wpływa na odtwarzalność i powtarzalność ruchów przekazywanych ze świata rzeczywistego do przestrzeni wirtualnej [3].

Terapia przy użyciu wirtualnej rzeczywistości niesie za sobą wiele korzyści. Szkolenia dla pilotów, funkcjonariuszy czy personelu medycznego to tylko jedna z możliwości, których dostarcza to narzędzie.

U osób w starszym wieku wykorzystanie wirtualnej rzeczywistości może nieść za sobą wiele korzyści, np. profilaktyczne, promujące zachowania prozdrowotne, a także zapobiegające chorobom cywilizacyjnym. Stosowanie WR przyczynia się do podejmowania aktywności fizycznej, która wpływa pozytywnie na ustrój organizmu [4].

Prawdą jest, że mózg jest gotowy na przyjmowanie nowych informacji przez całe życie, lecz neuroplastyczność jest mniejsza niż w wieku młodzieńczym. Dlatego też, przed przekazaniem urządzeń do samodzielnego użytku, należy zapoznać użytkownika z całym planem terapeutycznym i sprzętem, a także ocenić, jak radzi sobie funkcjonalnie, aby nie „pogubił się" w wirtualnym świecie.

Dodatkową korzyścią z włączenia treningu z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości jest podwyższenie jakości i skuteczności standardowego planu rehabilitacji skupiającego się na innych metodach fizjoterapeutycznych. Jest to urozmaicenie dotychczas stosowanej terapii (np. w klubach seniora lub DPS-ach), polegającej na prowadzeniu standardowych ćwiczeń gimnastycznych [5].

Trening z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości pozwala na wykonywanie ulubionych czynności, które z racji wieku stają się trudne do zrealizowania. Zastosowanie symulatora jazdy na nartach czy grania w kręgle to jedne z aktywności, które mogą zostać odtworzone i przywrócić wspomnienia dla seniora [4].

Ponadto wirtualna rzeczywistość w codziennym życiu wpływa na poprawę kompetencji cyfrowych. Zręczność, szybkość oraz precyzja ruchu to jedne z umiejętności, które zostają rozwinięte po wdrożeniu procesu terapeutycznego z wykorzystaniem WR.

Głównym zastosowaniem WR u seniorów jest poprawa szeroko pojętego zdrowia. Dla niektórych będzie to poprawa w obrębie mobilności i samodzielności, dla innych ważny będzie pozytywny wpływ na zdrowie psychiczne, funkcje poznawcze czy inne cechy pozwalające organizmowi na zdrowe starzenie się [6]. Trening na bieżni może być wykonywany zarówno przez osoby bez problemów zdrowotnych, ale i przez pacjentów ze schorzeniami układu nerwowego. Podczas marszu można zastosować różne poziomy immersji w środowisku wirtualnym: nieimmersyjną, z wykorzystaniem ekranu umieszczonego przed użytkownikiem, półimmersyjną, z zastosowaniem dużego ekranu lub systemu projekcyjnego zapewniającego szersze pole widzenia, oraz

w pełni immersyjną, z wykorzystaniem gogli WR (ang. Head-Mounted Display, HMD) Motywacja do treningu wzrasta i pacjenci chętniej podejmują taką formę aktywności w porównaniu do standardowego ćwiczenia na bieżni [7].

Trening równowagi to kolejna możliwość, którą daje WR, aby urozmaicić podstawowy zestaw ćwiczeń dedykowany poprawie równowagi. U seniorów, gdzie ryzyko upadku wzrasta, aby zastosować prewencję upadków, skuteczny jest trening równowagi łączący elementy WR. Wirtualna rzeczywistość ma również wpływ na poziom odczuwanego bólu. Skupia się ona na przekazywaniu informacji, koncentracji, a także przemianach ze strony układu psychosomatycznego. Przy wykorzystaniu wyższych niebolesnych sygnałów neuronowych całkowita immersja WR obniża poziom odczuwanego bólu [8].

Stosowanie programu wirtualnej rzeczywistości niesie również wyzwania dla użytkownika. Towarzyszące procesowi starzenia i postępujące procesy ograniczające możliwości funkcjonalne zarówno motoryczne, jak i poznawcze, mogą tworzyć bariery w aspekcie użytkowania nowoczesnych technologii przez emerytów.

Poziom niepełnej immersji wpływa na wrażenia odbiorcy, nie oddaje ich w pełni, co wpływa na ekologiczną użyteczność. Z kolei w systemie z pełną immersją występują pewne ograniczenia dla użytkowników z ryzykiem choroby lokomocyjnej oraz w przypadku występowania zaburzeń sensorycznych. Odbiorcy mogą źle tolerować same gogle oraz obrazy przekazywane podczas terapii. Dla osób słabo tolerujących ten najgłębszy poziom zanurzenia jest rozwiązanie – można zastosować postępowanie, które wpłynie na poziom tolerancji pełnej immersji, a jest nim strategia minimalizująca cyberchorobę [9].

W dobie internetu i jego niezwykle dynamicznego rozwoju osoby starsze często czują się zagubione, potrzebują pomocy i nauki, aby zapoznać się z nowinkami technologicznymi. Zaufanie do technologii jest ograniczone, co jest słuszne, ponieważ aktualnie w sieci internetowej jest wiele niebezpieczeństw. Zmniejszone zaufanie do rozwoju tech-

nologicznego to wynik wykluczenia, wynikający z braku przekazanego wsparcia technicznego oraz edukacyjnego w zakresie obsługi i wykorzystania nowoczesnych technologii, a także aspekt psychologiczny, czyli obawa przed nowym, lęk i niepewność [6]. Technologia WR wkracza na rynek jako narzędzie wykorzystywane w dziedzinie rehabilitacji, dlatego też niezbędne jest pozyskiwanie kompetencji kadry medycznej również w powyższym zakresie [10].

Piśmiennictwo

1. Mishra R, Narayanan MDK, Umana GE, Montemurro N, Chaurasia B, Deora H. Virtual Reality in Neurosurgery: Beyond Neurosurgical Planning. Int J Environ Res Public Health. 2022; 19(3): 1719.
2. Sun P, Zhao Y, Men J, Ma ZR, Jiang HZ, Liu CY, Feng W. Application of Virtual and Augmented Reality Technology in Hip Surgery: Systematic Review. J Med Internet Res. 2023; 25: e37599.
3. Borrego A, Latorre J, Llorens R, Alcañiz M, Noé E. Feasibility of a walking virtual reality system for rehabilitation: objective and subjective parameters. J Neuroeng Rehabil. 2016; 13: 68.
4. Winter C, Kern F, Gall D, Latoschik ME, Pauli P, Käthner I. Immersive virtual reality during gait rehabilitation increases walking speed and motivation: a usability evaluation with healthy participants and patients with multiple sclerosis and stroke. J Neuroeng Rehabil. 2021; 18(1): 68.
5. Demeco A, Zola L, Frizziero A, Martini C, Palumbo A, Foresti R, Buccino G, Costantino C. Immersive Virtual Reality in Post-Stroke Rehabilitation: A Systematic Review. Sensors (Basel). 2023; 23(3): 1712.
6. Winter C, Kern F, Gall D, Latoschik ME, Pauli P, Käthner I. Immersive virtual reality during gait rehabilitation increases walking speed and motivation: a usability evaluation with healthy participants and patients with multiple sclerosis and stroke. J Neuroeng Rehabil. 2021; 18(1): 68.
7. Huang Q, Lin J, Han R, Peng C, Huang A. Using Virtual Reality Exposure Therapy in Pain Management: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Value Health. 2022; 25(2): 288-301.
8. Sadeghi H, Jehu DA, Daneshjoo A, Shakoor E, Razeghi M, Amani A, Hakim MN, Yusof A. Effects of 8 Weeks of Balance Training, Virtual Reality Training, and Combined Exercise on Lower Limb Muscle Strength, Balance, and Functional Mobility Among Older Men: A Randomized Controlled Trial. Sports Health. 2021; 13(6): 606-612.;

9. Liao YY, Tseng HY, Lin YJ, Wang CJ, HWC. Using virtual reality-based training to improve cognitive function, instrumental activities of daily living and neural efficiency in older adults with mild cognitive impairment. Eur J Phys Rehabil Med. 2020; 56(1): 47-57.;

10. Fabio RA, Semino M, Perina M, Martini M, Riccio E, Pili G, Pani D, Chessa M. Virtual Reality as a Tool for Upper Limb Rehabilitation in Rett Syndrome: Reducing Stereotypies and Improving Motor Skills. Pediatr Rep. 2025; 17(2): 49.

Rozdział 2
Materiał i metodologia badań

2.1. Charakterystyka badanej grupy

Rekrutacja, kwalifikacja oraz badanie były realizowane w latach 2025–2026. Zgodę na przeprowadzenie tego badania naukowego wyraziła Komisja Bioetyczna *Collegium Medicum* Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach (Uchwała nr 26/2024).

Grupę badaną stanowili seniorzy w wieku 60+ uczęszczający do klubów seniora w gminach objętych projektem, w ramach którego zostało wykonane badanie. Badania zostały przeprowadzone w wybranych klubach seniora z terenu województwa świętokrzyskiego w miejscowościach: Zagnańsk-Chrusty, Styków, Raków, Radlin, Błogoszów, Kurów, Samsonów, Marzysz Drugi, Mniów, Piotrowiec, Jakubowice, Lipnik, Borków, Komórki, Strawczyn, Oblęgór, Jaworze, Zagnańsk, Staszów, Bodzentyn, Busko-Zdrój, Piekoszów, Klimontów, Jędrzejów, Ożarów, Bogoria, Szczecno, Starachowice, Skarżysko-Kamienna; w gminach miejskich, miejsko-wiejskich oraz wiejskich.

Kluby Senior+ to ośrodki, w ramach których seniorzy mają przeprowadzane różne wartościowe projekty finansowane ze środków państwa lub Unii Europejskiej. Urozmaicają one codzienne życie poprzez organizowanie różnego rodzaju warsztatów (np. dietetycznych, arteterapii, kulinarnych), spotkań tematycznych, akcji zdrowia i profilaktyki czy wycieczek krajobrazowych. Seniorzy, którzy uczęszczają na takiego rodzaju zajęcia, są przeważnie chętni do podejmowania nowych wyzwań

oraz angażowania się w projekty, czego dowodem są wyniki badań realizowanych w ramach tego projektu.

Udział w badaniu wzięły 384 osoby. Ich rekrutację do badania przeprowadzono z uwzględnieniem poniższych kryteriów włączenia: pisemnej zgody pacjenta, wieku nie mniejszego niż 60 lat, wyniku z testu MMSE równego lub przekraczającego 23 pkt., wyniku testu TUG nie mniejszego niż 10 s, wyniku testu BBS poniżej lub równego 42 pkt., pozytywnego wyniku kwestionariusza przesiewowego do oceny zawrotów głowy i zaburzeń równowagi oraz zgody lekarza prowadzącego na udział w badaniu. O braku możliwości udziału w projekcie decydowały kryteria wyłączenia: zawroty głowy pochodzenia neurologicznego, występowanie ataków paniki, negatywna reakcja na założone na głowę okulary do wirtualnej rzeczywistości, choroby i dysfunkcje oczu uniemożliwiające udział w badaniu, przebyty udar, jednoczesny udział w innym programie usprawniania, brak pisemnej zgody na udział w badaniu.

2.2. Metody, techniki i narzędzia badawcze

Przed rozpoczęciem badania każdy z respondentów został poinformowany o jego celu oraz o wykorzystaniu wyników wyłącznie do celów naukowych. Udział w badaniach miał charakter dobrowolny, a przed jego rozpoczęciem każdy uczestnik podpisał świadomą zgodę na ich przeprowadzenie.

Metodą użytą w badaniach było badanie kliniczne. Techniką użytą w trakcie badań było badanie z interwencją eksperymentalną i pomiarami przed i po. Procedura była standaryzowana w celu ujednolicenia warunków badań, tak aby wyniki były porównywalne. Jako narzędzie badawcze wykorzystane zostały standaryzowane testy służące do oceny aspektów sprawności funkcjonalnej, funkcji poznawczych, a także Międzynarodowa Skala Skuteczności w Radzeniu sobie z Upadkiem (FES-I) i Geriatryczna Skala Oceny Depresji (GDS-15).

W celu oceny sprawności funkcjonalnej wykorzystano zestaw testów: test „Wstań i idź" (ang. *Timed Up and Go*, TUG) w wersji podstawowej, kognitywnej oraz manualnej; test stania na jednej nodze (ang. *The Single Leg Stance*, SLS) w wersji z otwartymi i zamkniętymi oczami; 2-minutowy test marszu w miejscu (ang. *2-Minute Step Test*, 2MST). Do weryfikacji zmian w obrębie funkcji poznawczych wykorzystano test łączenia punktów w wersji A i B (ang. *Trail Making Test part A /part B*, TMT-A/TMT-B).

Respondenci zostali przebadani dwukrotnie: podczas pierwszego punktu pomiarowego przed rozpoczęciem interwencji, a także po odbyciu 12-tygodniowego cyklu treningowego. Wykorzystano wszystkie przedstawione testy w celu weryfikacji zmian, które zaszły w trakcie programu terapeutycznego z wykorzystaniem WR.

Pierwszym etapem badań było zawarcie współpracy z Klubami Senior+ na terenie województwa świętokrzyskiego, które miały brać udział w projekcie. Następnie odbyła się kwalifikacja takich uczestników do udziału w projekcie, którzy spełniali kryteria włączenia przedstawione wyżej, a także wyrazili świadomą pisemną zgodę na udział zarówno w badaniu, jak i całym cyklu terapeutycznym. Podczas kwalifikacji wstępnej zostały zebrane dane o aktualnym stanie zdrowia, dane socjo-demograficzne: wiek, płeć, wysokość ciała i masa ciała – niezbędne do wyliczenia BMI, gmina w której uczestnik mieszka, wykształcenie, upadek w ciągu ostatnich 12 miesięcy, zawroty głowy o podłożu neurologicznym, liczba przyjmowanych leków. Dodatkowo, przy kwalifikacji do badania zostały wykorzystane: MMSE (ang. *Mini-Mental State Examination*), czyli Krótka Skala Oceny Stanu Psychicznego, a także FES-I (ang. *Falls Efficacy Scale – International*), czyli skala oceniająca strach przed upadkiem. Na zakończenie etapu kwalifikacyjnego zostały wykonane testy służące do oceny sprawności funkcjonalnej oraz funkcji poznawczych.

Kolejnym etapem dla osób spełniających kryteria włączenia było zapoznanie z okularami do WR, przedstawienie terapii z wykorzystaniem WR oraz ocena reakcji osób badanych podczas pierwszorazowego

użytkowania okularów (czy nie występują zawroty głowy, czy badany dobrze toleruje okulary, czy nie ma ataków paniki lub klaustrofobii, czy nie ma innych niepożądanych efektów stosowania okularów).

Po zakończeniu cyklu terapeutycznego z zastosowaniem gogli do WR, który trwał przez 12 tygodni (2 spotkania tygodniowo w czasie po 45 minut na sesję), zostały wykonane ponowne badania z wykorzystaniem testów służących do weryfikacji zmian, które zaszły przez czas cyklu terapeutycznego.

2.3. Narzędzia badawcze

Ocena funkcji poznawczych

TMT-A/TMT-B

Test łączenia punktów składa się z dwóch części. Test polega na łączeniu punktów znajdujących się na planszy bez odrywania długopisu od kartki. W części A należy połączyć ciągłą linią 25 elementów, w tym przypadku liczb (np. 1 z 2, 3 itd.). Część B zawiera zarówno cyfry i litery, które należy naprzemiennie ze sobą łączyć w kolejności alfabetycznej rozpoczynając od cyfry 1 (np. 1 z A, 2 z B itp.) [1].

MMSE

Krótka skala oceny stanu psychicznego składa się z 30 pytań lub zadań – za każde z nich osoba badana może otrzymać 0 lub 1 punkt. W skład obszarów poddawanych ocenie wchodzą: orientacja w czasie, orientacja w miejscu, zapamiętywanie, uwaga i liczenie, przypominanie, nazywanie, powtarzanie, rozumienie, czytanie, pisanie i rysowanie [2]. Za prawidłowe odpowiedzi i wykonane zadania osoba badana może otrzymać maksymalnie 30 pkt., gdzie wynik poniżej 24 pkt. wskazuje na występowanie otępienia, 24–27 na lekkie zaburzenie funkcji poznawczych bez otępienia, a wynik prawidłowy to 28 pkt. i więcej.

Ocena aspektów emocjonalnych

FES – I

To skala służąca do oceny strachu przed upadkiem u osób starszych. Składa się z 16 pytań dotyczących stanu zaniepokojenia przed potencjalnym upadkiem przez badanego w różnych sytuacjach dnia codziennego, jak np. podczas brania kąpieli, ubierania się czy chodzenia w zatłoczonym miejscu. Za odpowiedź można otrzymać 1–4 punktów, gdzie 16 punktów jest minimalnym wynikiem oznaczającym brak obawy przed upadkiem, a 64 maksymalnym, oznaczającym poważny strach przed wystąpieniem upadku [3,4].

GDS – 15

Geriatryczna skala oceny depresji składa się z 15 pytań dotyczących postrzegania swojego życia i świata. Osoba badana może odpowiadać na zadane pytania wyłącznie „tak" lub „nie" bez rozwijania czy interpretacji pytań, a za wynik wskazujący na możliwe wystąpienie depresji uznaje się 5 punktów i więcej [5].

Ocena sprawności fizycznej

TUG

„Wstań i idź" to test umożliwiający ocenę ryzyka upadku oraz mobilności, które wynikają z zaburzeń związanych z dysfunkcjami stabilności i równowagi podczas chodu. Osoba badana wykonuje ciąg następujących po sobie zadań. Pozycją początkową jest siedzenie na krześle z oparciem. Po usłyszeniu komendy „start" badany zmienia pozycję na stojącą, a następnie przechodzi dystans 3 metrów, wykonuje obrót o 180 stopni i wraca do krzesła zmieniając ponownie pozycję ze stojącej do siedzącej. Pomiar czasu potrzebnego do wykonania tych zadań jest wynikiem testu i został zmierzony z dokładnością do 1/100 sekundy [6].

TUG COG

„Wstań i idź" w wariancie kognitywnym to test, który oprócz oceny aspektów sprawności funkcjonalnej (jak w jego podstawowej wersji) umożliwia również sprawdzenie osoby badanej w warunkach dwuzadaniowych. Wykonanie testu jest identyczne jak w TUG, ale z dodatkowym odejmowaniem liczby 3 od liczby wyjściowej wybranej z przedziału 40–100 przez cały czas trwania testu [7].

TUG MAN

„Wstań i idź" w wariancie manualnym to test, który oprócz oceny aspektów sprawności funkcjonalnej (jak w jego podstawowej wersji) umożliwia sprawdzenie osoby badanej w warunkach dwuzadaniowych. Wykonanie testu jest identyczne jak w TUG, z dodatkiem trzymania w dominującej kończynie kubka wypełnionego wodą do połowy [7].

BBS

Skala równowagi Berga jest wykorzystywana do obiektywnego określenia możliwości badanego do bezpiecznego utrzymania równowagi podczas wykonywania specjalnie dostosowanych zadań. Skala ocenia 14 pozycji w pięciopunktowej skali od 0-4. Przyznanie 4 punktów określa najwyższy poziom zdolności w danej sytuacji, natomiast 0 oznacza wynik najniższy. Uzyskanie wyniku poniżej 45 punktów może wskazywać na podwyższone ryzyko upadku, a wynik 56 jest maksymalnym możliwym do uzyskania i wskazuje na funkcjonalną równowagę [8].

SLS OP/SLS CL

Test stania na jednej nodze wykonuje się do oceny równowagi statycznej. Test został przeprowadzony w wersji z otwartymi oczami (SLS OP) oraz z zamkniętymi oczami (SLS CL). Zadanie badanego polegało na utrzymaniu równowagi podczas stania na jego dominującej koń-

czynie dolnej [9]. Koniec testu i odmierzania czasu następuje, gdy stopa dotknie podłoża, a wynikiem testu jest uzyskany czas, podczas którego badany utrzymywał równowagę.

2MST

Test 2 minutowego marszu w miejscu zastosowano w celu oceny indywidualnej wytrzymałości tlenowej [10].

PLAN TRENINGOWY

Przygotowanie stanowiska do terapii z użyciem technologii WR zaczyna się od wyboru odpowiedniego sprzętu, który zapewnia komfort i bezpieczeństwo użytkownikom, a zwłaszcza seniorom. Podstawowym elementem są gogle do WR, pozwalające na pełne zanurzenie się w wirtualnym środowisku dzięki wysokiej jakości wyświetlaczom i sensorom śledzącym ruchy głowy. W projekcie wykorzystano gogle WR J30 Webski ze słuchawkami nausznymi do telefonu. Niezbędnym atrybutem do prowadzenia terapii są smartfony z wgraną aplikacją przeznaczoną do tego rodzaju terapii. Wykorzystano smartfony Samsung Galaxy A15 5G. Całość uzupełnia specjalistyczne oprogramowanie treningowe, które oferuje moduły ćwiczeń dostosowane do indywidualnych potrzeb i możliwości uczestników. Program został opracowany na podstawie aplikacji dostępnej w sklepie Google Play – WR Games Hub. Virtual Reality. Aplikacja spełnia wszystkie wymogi niezbędne do przeprowadzenia treningu w warunkach pełnej immersji w systemie WR, a jej kalibracja przebiega bezproblemowo.

Plan treningowy dla grupy badanej był ujednolicony i każdy z uczestników realizował go w jednym określonym schemacie. Plan treningowy został zaplanowany na okres 12 tygodni, dla każdego seniora uczestniczącego w projekcie, z intensywnością 2 spotkań tygodniowo, z których każde obejmowało 45 minut treningu w warunkach wirtualnej

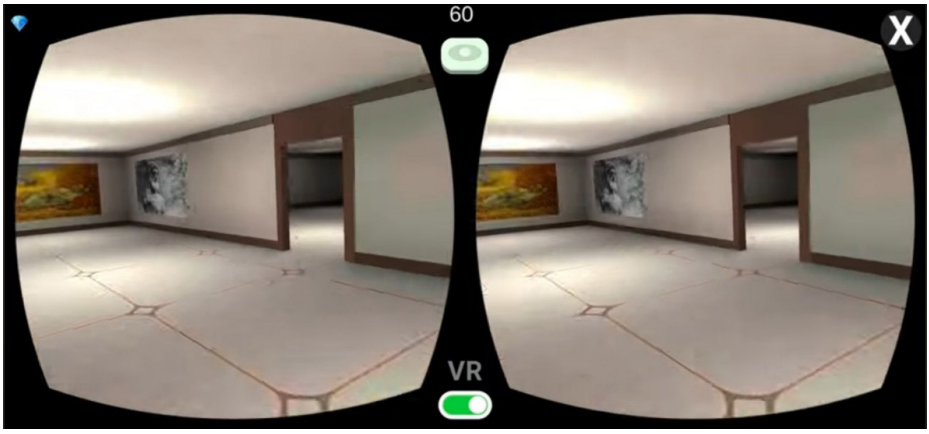
rzeczywistości. Zajęcia były prowadzone przez przeszkoloną kadrę w ramach zajęć w Klubach Senior+, wewnątrz budynku. Każdy uczestnik miał zapewnione miejsce siedzące na krześle obrotowym, tak aby zmaksymalizować efekt terapeutyczny poprzez swobodne używanie gogli w komfortowej pozycji, niezagrażającej upadkiem. W dalszym okresie w miarę przyzwyczajenia i zwiększania świadomości ruchów w warunkach immersyjnych uczestnicy, za zgodą prowadzącego, mogli przyjmować pozycję stojącą (tylko osoby, które dobrze tolerowały terapię).

Program treningowy obejmował 4 pokoje, poziom zaawansowania był dobrany dla każdego użytkownika indywidualnie. Pierwszy cykl rozpoczął się w pokojach, które miały na celu zapoznanie z systemem, opanowanie ruchów oraz stopniową adaptację do immersyjnego charakteru sprzętu. W miarę przyzwyczajenia do technologii i dobrego przysposobienia przechodzono do kolejnych pokoi, skupiających uwagę badanych na różnych zadaniach, ze zmieniającymi się strategiami i wymuszających inny sposób wykonywania konkretnych zadań. Poziom trudności wzrastał w miarę upływu czasu treningowego i osiąganych punktów w konkretnych pokojach. Program treningowy obejmował ćwiczenie w 4 pokojach. Terapia trwała 45 minut, a czas dedykowany na ćwiczenia w jednym pokoju wynosił 7,5 minuty.

Poniżej zostały przedstawione opisy poszczególnych pokoi, które zostały wykorzystane w cyklu terapeutycznym. Ta aplikacja została wybrana celowo z myślą o stworzeniu WR w ramach protokołu badania. Osoba w wirtualnym świecie kontrolowała przemieszczanie się za pomocą ruchów głowy. Wykonywanie zadań następowało również poprzez wskazywanie miejsca przemieszczenia oczami. W trakcie terapii z użyciem systemu WR uczestnik powinien zachowywać się spokojnie, kontrolować tempo działania i wykonywać ruchy zgodnie z pojawiającymi się wskazówkami, natomiast wszelkie swoje obawy zgłaszać prowadzącemu zajęcia. Zastosowanie immersyjnego środowiska WR umożliwia oddziaływanie na procesy związane z percepcją przestrzeni, reakcją na bodźce oraz planowaniem i precyzją ruchu.

Ćwiczenie 1. Spacer po muzeum sztuki

Środowisko ma postać korytarzy prowadzących do sal z dziełami sztuki. Badany poprzez ruch głowy i gałek ocznych obserwuje eksponaty, przemieszcza się w obrębie tej przestrzeni i rozpoznaje kolejne przejścia. Jest to bezpieczna i łagodna forma zapoznania się z wirtualną rzeczywistością, specyfiką immersyjnego środowiska, która pozwala na spokojne zmiany kierunku oraz orientowanie się w strukturze przestrzennej pomieszczenia, co wymaga dużego skupienia i dokładności. Celem tego zadania jest wzmacnianie orientacji topograficznej, planowanie ruchu, adaptacja do zmiennych warunków przestrzennych oraz utrzymywanie kontroli nad przebiegiem działania. Środowiska tego typu są użyteczne w ocenie i treningu funkcjonowania przestrzennego, ponieważ odwzorowują zadania zbliżone do codziennej mobilności (ryc. 1).

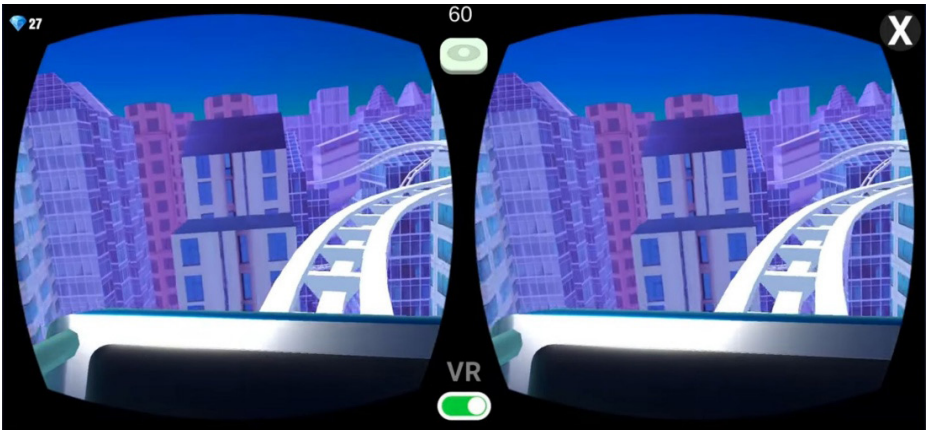


Rycina 1. Środowisko WR w formie korytarzy i sal ekspozycyjnych, wykorzystywane do treningu orientacji przestrzennej, planowania ruchu i adaptacji do zmiennych warunków otoczenia.

Ćwiczenie 2. Podróż kolejką

Ten pokój przedstawia trasę umieszczoną na znacznej wysokości, z wagonikiem jadącym po torze nad miastem. Uczestnik ma przedstawiony obraz, dający wrażenie, że badany znajduje się w wagoniku i przemieszcza się ze znaczną szybkością, z różnymi zmiennymi na torze: np. obroty, znaczna zmiana wysokości lub spirale. Zadaniem uczestnika

jest podążanie wyznaczoną drogą oraz utrzymywanie koncentracji na przebiegu trasy przy jednoczesnym kontrolowaniu własnych reakcji ruchowych. Ważne, aby badany siedział na krześle, ze względu na duże ryzyko upadku. Celem tego zadania jest przede wszystkim trening orientacji przestrzennej, kontroli posturalnej, adaptacji do bodźców wysokościowych oraz utrzymanie stabilności działania w warunkach zwiększonego obciążenia percepcyjnego. Tego typu środowiska są wykorzystywane w rehabilitacji, ponieważ pozwalają na bezpieczne oddziaływanie na mechanizmy odpowiedzialne za integrację informacji wzrokowych i przedsionkowych (ryc. 2).

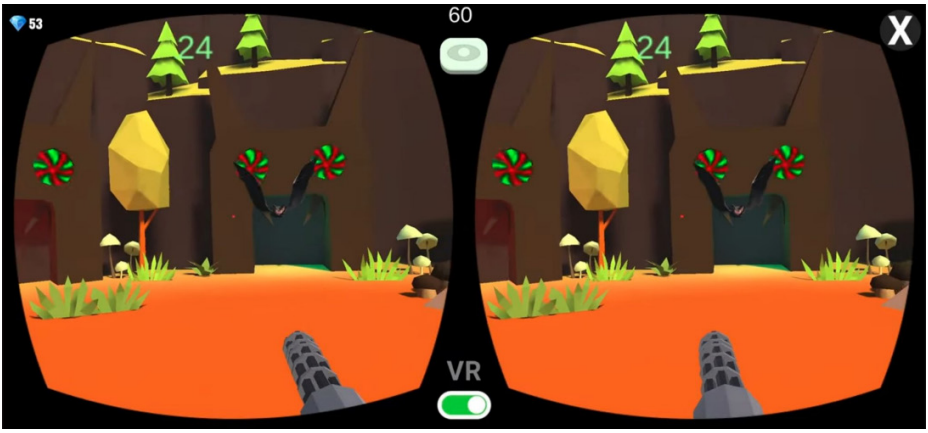


Rycina 2. Środowisko WR symulujące przejazd wagonikiem po wysoko położonej trasie, wykorzystywane do treningu orientacji przestrzennej, kontroli posturalnej i adaptacji do bodźców wzrokowych.

Ćwiczenie 3. Tunele z nietoperzami

Ten pokój ma charakter bardziej dynamiczny i wymaga szybkich reakcji na pojawiające się bodźce. Uczestnik musi obserwować otoczenie, lokalizować cele (w tym przypadku nietoperze) oraz wykonywać precyzyjne ruchy nakierowane na ich trafienie. Celem jest uzbieranie jak największej liczby punktów. W miarę wzrostu liczby punktów symulacja zaczyna przyspieszać i zwiększać liczbę nietoperzy, dzięki czemu ćwiczenie stale progresuje. Zadanie to angażuje zarówno uwagę selektywną, jak i koordynację wzrokowo-ruchową, a także szybkość reagowania na zmieniające się elementy otoczenia. Do celów ćwiczeń w tym po-

koju można zaliczyć usprawnianie precyzji ruchów, czasu reakcji oraz kontroli nad ruchem celowanym. Zadanie może również być stosowane do wspierania ćwiczeń koncentracji uwagi i sprawnego przetwarzania bodźców wzrokowych, co wpływa na efektywność treningu funkcji wykonawczych, która ma przełożenie na neurorehabilitację (ryc. 3).

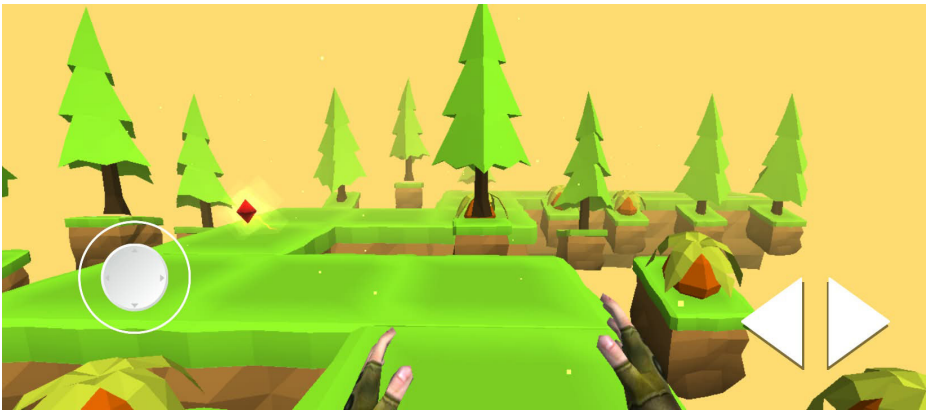


Rycina 3. Ćwiczenie w środowisku WR ukierunkowane na trening szybkości reakcji, uwagi selektywnej i koordynacji wzrokowo-ruchowej.

Ćwiczenie 4. Wirtualna ścieżka

Ten pokój ma charakter dynamiczny i jest ukierunkowany na ćwiczenia koordynacji ruchowej, równowagi oraz kontroli ruchu podczas zmiany kierunku poruszania się. Uczestnik pokonuje wyznaczoną wirtualną ścieżkę, wykonując kolejne obroty zgodnie z przebiegiem zadania. Ćwiczenia mają charakter progresywny poprzez większą liczbę przeszkód, prędkość poruszania się oraz ilość zakrętów zwiększającą się z każdym następnym poziomem. Początkowo uczestnicy wykonywali obroty w pozycji siedzącej na krześle obrotowym, co pozwalało na bezpieczne przyzwyczajenie się do ruchu obrotowego w WR. W kolejnych treningach, wraz ze wzrostem pewności i kontroli ruchowej, przechodzili do wykonywania zadania w pozycji stojącej z asekuracją. Ćwiczenie angażuje mechanizmy odpowiedzialne za utrzymanie równowagi, koordynację ruchową oraz orientację przestrzenną. Jego celem jest doskona-

lenie stabilności posturalnej, równowagi dynamicznej i kontroli ruchu. Ponadto, podczas ćwiczeń w pozycji stojącej, dzięki przyjęciu bezpiecznej pozycji z ugiętymi nogami i w rozkroku, uczestnik dodatkowo trenował siłę mięśniową kończyn dolnych (ryc. 4).



Rycina 4. Trening w środowisku WR polegający na pokonywaniu wirtualnej ścieżki z wykonywaniem obrotów, ukierunkowany na doskonalenie koordynacji ruchowej i równowagi dynamicznej (obraz scalony, perspektywa osoby wykonującej ćwiczenie).

2.4. Analiza statystyczna

Dla wszystkich zmiennych jakościowych obliczono liczebności oraz odsetki (%) w całej badanej grupie, a także w podgrupach wyodrębnionych według płci, wieku, miejsca zamieszkania, statusu związku, statusu zamieszkania oraz poziomu wykształcenia. Analizy przeprowadzono oddzielnie dla obu tur badania.

Zależności pomiędzy zmiennymi jakościowymi oceniano z wykorzystaniem nieparametrycznego testu chi-kwadrat Pearsona.

Dla zmiennych ilościowych normalność rozkładu oceniano za pomocą testu Shapiro-Wilka. Następnie obliczano miary tendencji centralnej i rozproszenia, w tym średnią arytmetyczną i odchylenie standardowe (SD) dla zmiennych o rozkładzie zbliżonym do normalnego oraz medianę i rozstęp międzykwartylowy (IQR) dla zmiennych o rozkładzie

asymetrycznym. W wybranych przypadkach przedstawiano również dominantę (modę) oraz jej liczebność.

W celu oceny różnic w zakresie zmiennych ilościowych pomiędzy dwiema grupami stosowano test t-Studenta dla prób niezależnych lub test U Manna-Whitneya, w zależności od spełnienia założeń dotyczących normalności rozkładu. W przypadku porównań obejmujących więcej niż dwie grupy wykorzystywano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA) lub nieparametryczny test Kruskala-Wallisa.

Jeżeli uzyskano istotne statystycznie różnice, przeprowadzano analizę post hoc. Po analizie wariancji ANOVA stosowano test Bonferroniego, natomiast po teście Kruskala-Wallisa wykonywano test Dunna z korekcją Bonferroniego.

Zmiennymi zależnymi były wyniki uzyskane w poszczególnych domenach jakości życia w drugiej turze badania, natomiast zmiennymi niezależnymi były czynniki społeczno-demograficzne oraz odpowiadające im wyniki uzyskane w pierwszej turze badania. Dla wszystkich zmiennych jakościowych określono kategorie referencyjne.

Przed przeprowadzeniem analiz sprawdzono założenia modeli, w tym normalność i homoscedastyczność reszt oraz obecność obserwacji odstających na podstawie analizy reszt studentyzowanych.

Dla każdego modelu obliczono kryteria dopasowania: Akaike Information Criterion (AIC), corrected Akaike Information Criterion (AICC) oraz Bayesian Information Criterion (BIC). Za poziom istotności statystycznej przyjęto wartość $p < 0,05$.

Piśmiennictwo:

1. Corrigan JD, Hinkeldey NS. Relationships between parts A and B of the Trail Making Test. J Clin Psychol 1987; 43: 402-409.
2. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. J Psychiatr Res, 1975; 12: 189-98.
3. https: //sites.manchester.ac.uk/fes-i/

4. Żak M, Makara-Studzińska M, Mesterhazy A, Mesterhazy J, Jagielski P, Januszko-Szakiel A, Sikorski T, Jaworski P, Miszczuk R, Brola W. Validation of FES-I and Short FES-I Scales in the Polish Setting as the Research Tools of Choice to Identify the Fear of Falling in Older Adults. Int J Environ Res Public Health. 2022; 19(24): 16907.
5. Yesavage JA, Sheikh JI. "9/Geriatric depression scale (GDS) recent evidence and development of a shorter version." Clinical gerontologist 5.1-2 1986: 165-173.
6. Podsiadlo D, Richardson S. The Timed Up & Go: A test of basic functional mobility for frail elderly persons. J Am Geriatr Soc. 1991; 39(2): 142-8.
7. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. Phys Ther. 2000; 80(9): 896-903.
8. Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, Maki B. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. Can J Public Health. 1992; 83 Suppl 2: S7-11.
9. Jacobs JV, Horak FB, Tran VK, Nutt JG. Multiple balance tests improve the assessment of postural stability in subjects with Parkinson's disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2006; 77(3): 322-6.
10. Rikli R, Roberta E, Jessie Jones C. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. J Aging Phys. 1999; 7(2): 129-161.

Rozdział 3
Wyniki badań

3.1. Charakterystyka grupy

Na początku analizy wyników badań własnych wykonano charakterystykę pod względem zmiennych. W analizie zostały uwzględnione takie parametry jak: płeć, wiek, wskaźnik Body Mass Index, gmina, w której mieszka badany, wykształcenie, upadek w ciągu ostatnich 12 miesięcy, liczba przyjmowanych leków. W badanej grupie obejmującej 384 osoby większość stanowiły kobiety. Do tej kategorii należały 332 osoby, co odpowiadało 86,5% całej próby. Mężczyzn było natomiast 52, czyli 13,5% badanych. Uzyskane wyniki wskazują na wyraźną przewagę kobiet w analizowanej grupie.

Analiza wieku wykazała, że najliczniejszą grupę tworzyły osoby w wieku 70–79 lat, które stanowiły 45,1% badanych (173 osoby). Średni wiek badanych wynosił 72 lata.

Większość uczestników badania mieszkała w gminach miejsko-wiejskich i miejskich – 66,9% (257 osób). Wyniki wskazują, że badana grupa była zdominowana przez kobiety, osoby w wieku 70–79 lat, respondentów z wykształceniem średnim oraz mieszkańców gmin miejskich (tabela 1).

Tabela 1. Częstości według płci, wieku, wykształcenia i miejsca zamieszkania

	N	%	% skum.
Płeć			
Kobieta	332	86,5	86,5
Mężczyzna	52	13,5	100,0
Wiek			
60–69 lat	153	39,8	39,8
70–79 lat	173	45,1	84,9
80 lat i więcej	58	15,1	100,0
Wykształcenie			
Podstawowe	43	11,2	11,2
Zawodowe	82	21,4	32,6
Średnie	173	45,1	77,6
Wyższe	86	22,4	100,0
Gmina			
Miejsko-wiejska i miejska	257	66,9	66,9
Wiejska	127	33,1	100,0

Charakterystyka antropometryczna badanej grupy

Analiza wskaźnika masy ciała wykazała, że najliczniejszą grupę stanowili pacjenci z nadwagą (NW) – 139 osób, co stanowiło 36,2% całej badanej populacji. Wyniki sugerują wysoką częstość występowania zaburzeń masy ciała w analizowanej populacji (tabela 2).

Tabela 2. Częstości BMI

BMI	Liczebności	% całości	% skumulowany
Norma	65	16,9%	16,9%
NW	139	36,2%	53,1%
OI	62	16,1%	69,3%
OII	47	12,2%	81,5%
OIII	71	18,5%	100,0%

Norma – waga prawidłowa; NW – nadwaga; OI – otyłość I stopnia; OII – otyłość II stopnia; OIII – otyłość III stopnia

W badanej grupie najczęściej występował wynik prawidłowy — 242 osoby, co stanowi około 63,0% całej próby (Tabela 3).

Tabela 3. Częstości MMSE

Częstości MMSE	Liczebności	% całości	% skumulowany
Wynik prawidłowy	242	63,0%	63,0%
Łagodne zaburzenia poznawcze (bez wyraźnego otępienia)	142	37,0%	100,0%

W analizie statystyk opisowych dla skal BBS (Berg Balance Scale) oraz MMSE (Mini-Mental State Examination) oceniono poziom sprawności fizycznej oraz funkcji poznawczych badanych osób w pierwszym pomiarze (tabela 4).

Tabela 4. Statystyki opisowe dla testów BBS (Berg Balance Scale) oraz MMSE (Mini-Mental State Examination)

Test	Średnia	Me	SD	W	Min	Maks
BBS	35,3	35,0	3,88	15,03	24	42
MMSE	27,0	27,0	1,78	3,16	23	30

W skali BBS średni wynik wyniósł 35,3 pkt (SD = 3,88) przy medianie 35,0 pkt oraz zakresie wyników od 24 do 42 pkt. Uzyskane wartości wskazują na umiarkowany poziom sprawności równoważnej w badanej grupie, przy stosunkowo niewielkim zróżnicowaniu wyników pomiędzy uczestnikami, co potwierdza umiarkowaną wartość wariancji (15,03). W przypadku skali MMSE średni wynik wyniósł 27,0 pkt (SD = 1,78) przy medianie również wynoszącej 27,0 pkt oraz zakresie od 23 do 30 pkt. Otrzymane wyniki wskazują na ogólnie prawidłowy poziom funkcji poznawczych w badanej grupie, przy niewielkim rozproszeniu wyników, co potwierdza niska wariancja (3,16).

Podsumowując, analiza statystyk opisowych wskazuje, że badana grupa charakteryzuje się relatywnie dobrym poziomem funkcji poznawczych oraz umiarkowaną sprawnością równoważną, przy jednocześnie niewielkiej zmienności wyników w obu skalach.

3.2. Wyniki sprawności fizycznej, funkcji poznawczych i aspektów emocjonalnych w pierwszym etapie badania

Analiza korelacji przeprowadzona dla zmiennych opisujących sprawność fizyczną oraz funkcjonowanie poznawcze i emocjonalne w pierwszym etapie badania wykazała głównie zależności o słabym i umiarkowanym nasileniu (tabela 5).

Tabela 5. Korelacje pomiędzy zmiennymi sprawności fizycznej, funkcji poznawczych i aspektów emocjonalnych w pierwszym etapie badania

Test	MMSE	FES-I	GDS-15	BBS	TUG	TUG COG	TUG MAN	SLS OP	SLS CS	TMT-A	TMT-B	2MST
MMSE												
FES-I	**-0,28**											
GDS-15	-0,02	0,06										
BBS	0,05	0,04	0,03									
TUG	**-0,19**	0,17	**0,10**	-0,04								
TUG COG	**0,11**	0,10	**0,14**	0,08	**0,32**							
TUG MAN	-0,04	0,22	**0,14**	-0,01	**0,63**	**0,42**						
SLS OP	**0,15**	-0,05	-0,03	0,03	**-0,19**	-0,10	-0,16					
SLS CS	**0,24**	-0,09	-0,09	0,07	**-0,30**	0,02	**-0,25**	**0,54**				
TMT-A	**-0,16**	0,07	0,03	-0,00	**0,16**	0,08	**0,18**	-0,17	-0,19			
TMT-B	**-0,33**	0,06	0,02	-0,08	**0,19**	-0,00	0,08	**-0,18**	**-0,15**	**0,60**		
2MST	-0,08	0,04	-0,00	0,04	0,05	-0,02	0,06	0,07	0,02	-0,10	-0,03	

Pogrubiony czarny kolor oznacza istotne statystycznie korelacje na poziomie p<0,05

Najsilniejsze dodatnie korelacje odnotowano pomiędzy poszczególnymi wariantami testu TUG. Czas wykonania podstawowego testu TUG istotnie dodatnio korelował z TUG MAN (r=0,63) oraz TUG COG (r=0,32), co wskazuje, że osoby osiągające słabsze wyniki w standardowym te-

ście mobilności uzyskiwały również dłuższe czasy podczas wykonywania zadań z komponentem poznawczym i manualnym. Dodatkowo stwierdzono umiarkowaną dodatnią zależność pomiędzy TUG COG i TUG MAN (r=0,42). Uzyskane wyniki sugerują współwystępowanie ograniczeń mobilności z obciążeniem funkcji wykonawczych i koordynacyjnych.

Istotną statystycznie zależność zaobserwowano również pomiędzy próbami równowagi jednonóż wykonywanymi przy oczach otwartych i zamkniętych. Korelacja między SLS OP i SLS CS była dodatnia i umiarkowanie silna (r=0,54), co może wskazywać na względnie spójny poziom kontroli posturalnej niezależnie od warunków sensorycznych.

Ponadto wynik testu TMT-A dodatnio korelował z TMT-B (r=0,60), co potwierdza związek pomiędzy szybkością przetwarzania informacji, uwagą oraz funkcjami wykonawczymi.

W zakresie zależności pomiędzy funkcjami poznawczymi a sprawnością fizyczną odnotowano ujemną korelację pomiędzy wynikiem MMSE a TMT-B (r=-0,33), co wskazuje, że wyższy poziom funkcji poznawczych wiązał się z krótszym czasem wykonania bardziej złożonego zadania neuropsychologicznego. Podobnie MMSE wykazywał słabą dodatnią zależność z próbą SLS CS (r=0,24) oraz słabą ujemną zależność z FES-I (r=-0,28), co może sugerować, że lepsze funkcjonowanie poznawcze współwystępowało z większą stabilnością posturalną i mniejszym nasileniem obawy przed upadkiem. Pozostałe współczynniki korelacji miały niewielkie wartości i nie osiągnęły istotności statystycznej. Dotyczyło to między innymi zależności z wynikami skali depresji GDS-15, testem równowagi BBS oraz próbą wydolnościową 2MST. Otrzymane rezultaty wskazują, że w badanej grupie największe znaczenie miały wzajemne powiązania pomiędzy parametrami mobilności funkcjonalnej, równowagi oraz funkcji wykonawczych, natomiast zależności pomiędzy sprawnością fizyczną a nastrojem i wydolnością były słabsze lub nieobecne.

3.3. Wyniki sprawności fizycznej, funkcji poznawczych i aspektów emocjonalnych w drugim etapie badania

Analiza korelacji przeprowadzona w drugim etapie badania (tabela 6) wykazała przede wszystkim zależności o słabym i umiarkowanym nasileniu pomiędzy parametrami sprawności fizycznej, funkcji poznawczych oraz aspektów emocjonalnych.

Tabela 6. Korelacje pomiędzy zmiennymi sprawności fizycznej, funkcji poznawczych i aspektów emocjonalnych w drugim etapie badania

	TUG	TUG COG	TUG MAN	SLS OP	SLS CS	TMT-A	TMT-B	2MST	FES-I	GDS-15
TUG										
TUG COG	0,27									
TUG MAN	0,53	0,28								
SLS OP	-0,18	-0,13	-0,19							
SLS CS	**-0,20**	0,02	**-0,26**	**0,41**						
TMT-A	**0,14**	**0,21**	**0,19**	-0,02	0,00					
TMT-B	0,08	**0,20**	**0,16**	**-0,13**	0,09	**0,21**				
2MST	0,02	0,02	0,02	0,07	0,16	-0,08	0,02			
FES-I	**0,12**	0,02	**0,21**	-0,04	-0,09	0,00	-0,03	0,07		
GDS-15	**0,12**	0,06	0,04	-0,06	**-0,22**	-0,07	-0,05	0,01	0,10	

Najwyższe wartości współczynników korelacji odnotowano pomiędzy poszczególnymi wariantami testu Timed Up and Go (TUG). Czas wykonania podstawowej wersji testu TUG dodatnio korelował z TUG man (r=0,53) oraz w mniejszym stopniu z TUG cog (r=0,27). Oznacza to, że osoby osiągające dłuższy czas wykonania standardowego testu mobilności uzyskiwały również słabsze wyniki podczas wykonywania zadań z dodatkowym obciążeniem manualnym i poznawczym. Dodatnia zależność pomiędzy TUG cog i TUG man (r=0,28) może wskazywać na częściowe współwystępowanie trudności związanych z podzielnością uwagi, koordynacją ruchową oraz kontrolą motoryczną.

W zakresie oceny równowagi stwierdzono umiarkowaną dodatnią korelację pomiędzy próbami stania jednonóż przy oczach otwartych i zamkniętych (SLS OP oraz SLS CS; r=0,41). Wynik ten sugeruje względnie stabilny poziom kontroli posturalnej niezależnie od warunków sensorycznych.

Jednocześnie obserwowano słabe ujemne zależności pomiędzy wynikami prób równoważnych a parametrami testów TUG, co może wskazywać, że lepsza stabilność posturalna wiązała się z większą sprawnością funkcjonalną i krótszym czasem wykonania zadań lokomocyjnych.

Analiza zależności pomiędzy funkcjami poznawczymi a sprawnością fizyczną wykazała dodatnią korelację pomiędzy testami TMT-A i TMT-B (r=0,21), co potwierdza współwystępowanie procesów związanych z szybkością przetwarzania informacji, koncentracją uwagi oraz funkcjami wykonawczymi. Jednocześnie korelacje pomiędzy wynikami TMT a testami sprawności fizycznej pozostawały słabe, co może sugerować częściową niezależność funkcji poznawczych od parametrów mobilności w badanej grupie.

W odniesieniu do komponentu emocjonalnego nie stwierdzono wyraźnych zależności pomiędzy nasileniem objawów depresyjnych ocenianych skalą GDS-15 a większością parametrów sprawności fizycznej. Zaobserwowano jedynie słabą ujemną korelację pomiędzy GDS-15 a SLS CS (r=-0,22), co może sugerować, że większe nasilenie objawów depresyjnych współwystępowało z gorszą stabilnością posturalną podczas próby wykonywanej przy oczach zamkniętych. Podobnie zależności pomiędzy FES-I a pozostałymi zmiennymi były niewielkie, co wskazuje na ograniczony związek pomiędzy obawą przed upadkiem a ocenianymi parametrami sprawności w drugim etapie badania.

W przypadku próby wysiłkowej 2MST nie odnotowano istotnych korelacji z analizowanymi zmiennymi. Może to wskazywać, że wydolność wysiłkowa oceniana tym testem stanowi względnie niezależny komponent funkcjonowania badanych osób.

Całościowo uzyskane wyniki sugerują, że w drugim etapie badania największe znaczenie miały wzajemne zależności pomiędzy parametrami mobilności funkcjonalnej oraz równowagi, natomiast związki pomiędzy sprawnością fizyczną, funkcjami poznawczymi i stanem emocjonalnym były słabsze i mniej wyraźne.

3.4. Wyniki równania regresji dla zmiennych w drugim etapie badań – testy sprawności fizycznej (TUG, TUG COG, TUG MAN, SLS OP, SLS CS, 2MST)

W przeprowadzonej analizie regresji oceniano czynniki wpływające na wynik testu TUG uzyskany w drugim etapie badania (tabela 7).

Tabela 7. Wyniki równania regresji dla TUG w drugim etapie badania (gdzie TUG był zmienną zależną a wynik TUG – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi).

Zmienna	Poziom	Parametr B	SE	GU dolna 95,0%	GU górna 95,0%	Statystyka Walda	p
TUG	**1 etap**	0,83	0,04	0,76	0,90	555,58	**0,000**
Gmina	miejsko-wiejska	0,09	0,08	-0,06	0,25	1,40	0,237
Płeć	kobiety	0,15	0,11	-0,06	0,36	2,05	0,152
Wiek	60-69 lat	-0,00	0,11	-0,21	0,21	0,00	0,999
	70-79 lat	0,06	0,11	-0,15	0,27	0,28	0,597
Wykształcenie	podstawowe i zawodowe	-0,08	0,10	-0,29	0,12	0,65	0,419
	średnie	-0,03	0,10	-0,22	0,16	0,11	0,735
Stan cywilny	wolny/a	-0,12	0,13	-0,37	0,13	0,89	0,345
Zamieszkuje	sam/a	-0,03	0,15	-0,33	0,27	0,04	0,848
	z partnerem/ką	-0,16	0,16	-0,48	0,16	0,91	0,340

Ref: Płeć – mężczyźni; wiek: ≥80 lat; wykształcenie: wyższe; stan cywilny: w związku; zamieszkuje: z dziećmi

TUG (COG), gdzie TUG (COG) W DRUGIM ETAPIE był zmienną zależną a wynik TUG (COG) – 1 etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi.

Zmienną zależną był czas wykonania testu TUG w drugim pomiarze, natomiast jako predyktory uwzględniono wynik TUG z pierwszego etapu oraz wybrane zmienne społeczno-demograficzne, takie jak płeć, wiek, poziom wykształcenia, miejsce zamieszkania, stan cywilny i sposób zamieszkiwania. Do analizy zastosowano model log-normalny z funkcją identycznościową. Najsilniejszym i jedynym istotnym statystycznie predyktorem wyniku TUG w drugim etapie okazał się rezultat uzyskany podczas pierwszego pomiaru. Współczynnik regresji dla TUG (1 etap) wyniósł B = 0,83 ($p < 0,001$), co oznacza, że wzrost czasu wykonania testu w pierwszym etapie wiązał się ze zwiększeniem czasu wykonania TUG również w drugim etapie badania. Wysoka wartość parametru regresji wskazuje na dużą stabilność wyników mobilności funkcjonalnej w czasie. Można zatem przypuszczać, że poziom sprawności lokomocyjnej badanych osób pozostawał względnie trwałą cechą, utrzymującą się pomiędzy kolejnymi etapami obserwacji. Pozostałe zmienne społeczno-demograficzne nie wykazały istotnego związku z wynikiem TUG w drugim etapie badania. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy kobietami a mężczyznami, choć kobiety osiągały nieznacznie wyższe wartości czasu wykonania testu (B = 0,15). Również miejsce zamieszkania nie różnicowało istotnie wyników badanych — osoby mieszkające na terenach miejsko-wiejskich uzyskiwały jedynie nieznacznie wyższe czasy TUG w porównaniu z mieszkańcami terenów wiejskich. W analizie wieku, przyjmując osoby powyżej 80. roku życia jako kategorię referencyjną, nie wykazano istotnych różnic pomiędzy poszczególnymi grupami wiekowymi. Zarówno osoby w wieku 60–69 lat, jak i 70–79 lat prezentowały porównywalne wyniki mobilności funkcjonalnej w drugim etapie badania. Podobnie poziom wykształcenia nie wpływał istotnie na rezultat TUG. Osoby z wykształceniem podstawowym, zawodowym oraz średnim uzyskiwały wyniki zbliżone do osób z wykształceniem wyższym. Nie zaobserwowano również zależności pomiędzy stanem cywilnym a sprawnością funkcjonalną. Osoby pozostające poza związkiem osiągały nieco niższe wartości czasu TUG niż osoby będące w związku, jednak różnica ta nie była istotna statystycznie. Analogicznie sposób zamieszkiwania

nie wpływał istotnie na wyniki badanych. Zarówno osoby mieszkające samotnie, jak i z partnerem lub partnerką prezentowały porównywalny poziom sprawności funkcjonalnej względem osób mieszkających z dziećmi. Uzyskane wyniki sugerują, że najważniejszym czynnikiem determinującym poziom mobilności funkcjonalnej w drugim etapie badania był wcześniejszy poziom sprawności oceniany testem TUG. Zmienne społeczno-demograficzne nie odgrywały istotnej roli prognostycznej, co może wskazywać, że zmiany sprawności funkcjonalnej w badanej grupie miały charakter bardziej indywidualny i były silniej związane z wcześniejszym stanem funkcjonalnym niż z cechami społeczno-demograficznymi badanych osób.

Tabela 8. Wyniki równania regresji dla TUG (COG) w drugim etapie badania

Zmienna	Poziom	Parametr B	SE	GU dolna 95,0%	GU górna 95,0%	Statystyka Walda	p
TUG (COG)	**1 etap**	**0,83**	**0,05**	**0,73**	**0,94**	**231,87**	**0,000**
Gmina	miejsko-wiejska	0,22	0,17	-0,11	0,54	1,70	0,193
Płeć	kobiety	-0,04	0,22	-0,47	0,39	0,03	0,859
Wiek	60-69 lat	0,31	0,22	-0,12	0,75	2,00	0,158
	70-79 lat	0,09	0,22	-0,35	0,53	0,16	0,691
Wykształcenie	podstawowe i zawodowe	0,13	0,22	-0,29	0,55	0,36	0,548
	średnie	0,06	0,20	-0,34	0,45	0,08	0,774
Stan cywilny	**wolny/a**	**-0,67**	**0,26**	**-1,19**	**-0,15**	**6,44**	**0,011**
Zamieszkuje	sam/a	0,51	0,32	-0,12	1,13	2,50	0,113
	z partnerem/ką	**-0,87**	**0,34**	**-1,54**	**-0,20**	**6,42**	**0,011**

Ref: płeć: mężczyźni; wiek: ≥80 lat; wykształcenie: wyższe; stan cywilny: w związku; zamieszkuje: z dziećmi

W przedstawionym modelu regresji analizowano czynniki wpływające na wynik testu TUG cognitive (TUG COG) uzyskany w drugim etapie badania (tabela 8). Zmienną zależną był czas wykonania testu TUG

COG podczas drugiego pomiaru, natomiast do grupy zmiennych niezależnych włączono wynik TUG COG z pierwszego etapu oraz wybrane cechy społeczno-demograficzne badanych. Analizę przeprowadzono z wykorzystaniem modelu log-normalnego, co pozwoliło na dokładniejszą ocenę zależności pomiędzy zmiennymi przy uwzględnieniu charakteru rozkładu danych. Uzyskane wyniki wskazują, że najsilniejszym predyktorem wyniku TUG COG w drugim etapie był wcześniejszy rezultat osiągnięty w pierwszym pomiarze. Współczynnik regresji dla TUG COG z pierwszego etapu wyniósł $B = 0{,}83$ ($p < 0{,}001$), co świadczy o bardzo silnym i stabilnym związku pomiędzy wynikami uzyskanymi w obu etapach badania. Oznacza to, że osoby osiągające dłuższy czas wykonania zadania z komponentem poznawczym podczas pierwszego pomiaru uzyskiwały również słabsze wyniki w kolejnym etapie obserwacji. Wynik ten może wskazywać na utrzymywanie się względnie stałego poziomu sprawności funkcjonalno-poznawczej w czasie.

Wśród analizowanych zmiennych społeczno-demograficznych istotne statystycznie zależności odnotowano dla stanu cywilnego oraz sposobu zamieszkiwania. Osoby pozostające samotne osiągały istotnie niższe wartości TUG COG w porównaniu z osobami pozostającymi w związku ($B = -0{,}67$; $p = 0{,}011$). Może to sugerować, że badani niepozostający w relacji partnerskiej wykonywali zadanie sprawniej lub charakteryzowali się lepszą zdolnością do jednoczesnego wykonywania czynności ruchowych i poznawczych. Istotny związek wykazano również dla osób mieszkających z partnerem lub partnerką. W porównaniu z osobami mieszkającymi z dziećmi uzyskiwały one niższe wyniki czasu wykonania testu TUG COG ($B = -0{,}87$; $p = 0{,}011$). Pozostałe zmienne społeczno-demograficzne nie osiągnęły poziomu istotności statystycznej. Nie wykazano istotnych różnic pomiędzy kobietami i mężczyznami w zakresie wyników TUG COG, mimo że kobiety uzyskiwały nieznacznie krótszy czas wykonania zadania. Również miejsce zamieszkania nie wpływało istotnie na poziom sprawności ocenianej testem TUG COG. Osoby zamieszkujące gminy miejsko-wiejskie osiągały wprawdzie nieco wyższe wyniki czasu wykonania testu, jednak zależność ta nie była istotna statystycznie. Nie stwierdzono również istotnego wpływu

wieku ani poziomu wykształcenia na wynik testu TUG COG w drugim etapie badania. Zarówno osoby młodsze, jak i starsze prezentowały zbliżony poziom funkcjonowania w zadaniu wymagającym jednoczesnego zaangażowania procesów ruchowych i poznawczych. Podobnie poziom wykształcenia nie różnicował wyników badanych osób.

Całościowa analiza sugeruje, że wynik TUG (COG) w drugim etapie był przede wszystkim determinowany wcześniejszym poziomem sprawności funkcjonalno-poznawczej. Dodatkowo znaczenie mogły odgrywać wybrane aspekty funkcjonowania społecznego, szczególnie związane z relacjami interpersonalnymi i sposobem wspólnego zamieszkiwania. Wyniki te mogą wskazywać, że codzienne wsparcie społeczne oraz aktywność wynikająca z funkcjonowania w relacjach interpersonalnych mają potencjalny wpływ na utrzymanie sprawności poznawczo-ruchowej u osób starszych.

Tabela 9. Wyniki równania regresji dla TUG MAN w drugim etapie badania (gdzie TUG MAN w drugim etapie był zmienną zależną, a wynik TUG MAN – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi).

Zmienna	Poziom	Parametr B	SE	GU dolna 95,0%	GU górna 95,0%	Statystyka Walda	p
TUG (MAN)	**1 etap**	**1,03**	**0,02**	**0,99**	**1,07**	**3029,73**	**0,000**
Gmina	**miejsko-wiejska**	**-0,18**	**0,05**	**-0,28**	**-0,08**	**12,52**	**0,000**
Płeć	kobiety	-0,00	0,07	-0,14	0,13	0,00	0,958
Wiek	**60-69 lat**	**0,14**	**0,07**	**0,01**	**0,28**	**4,40**	**0,036**
	70-79 lat	0,01	0,07	-0,13	0,15	0,02	0,888
Wykształcenie	**podstawowe i zawodowe**	**-0,20**	**0,07**	**-0,33**	**-0,07**	**8,78**	**0,003**
	średnie	0,02	0,06	-0,10	0,15	0,15	0,696
Stan cywilny	wolny/a	-0,09	0,08	-0,25	0,07	1,15	0,284
Zamieszkuje	sam/a	-0,10	0,10	-0,29	0,10	1,01	0,316
	z partnerem/ką	-0,06	0,11	-0,27	0,15	0,36	0,546

Ref: płeć: mężczyźni; wiek: ≥80 lat; wykształcenie: wyższe; stan cywilny: w związku; zamieszkuje: z dziećmi

W analizie regresji oceniano czynniki wpływające na wynik testu TUG MAN uzyskany w drugim etapie badania (tabela 9). Zmienną zależną był czas wykonania testu TUG MAN podczas drugiego pomiaru, natomiast do modelu włączono wynik TUG MAN z pierwszego etapu oraz wybrane zmienne społeczno-demograficzne. Analizę przeprowadzono z wykorzystaniem modelu log-normalnego z funkcją identycznościową.

Najsilniejszym predyktorem wyniku TUG MAN w drugim etapie badania okazał się rezultat uzyskany w pierwszym pomiarze. Współczynnik regresji dla TUG MAN z pierwszego etapu wyniósł B = 1,03 ($p < 0,001$), co świadczy o bardzo silnym związku pomiędzy wynikami osiąganymi w obu etapach badania. Oznacza to, że osoby prezentujące gorszą sprawność podczas wykonywania zadania z komponentem manualnym w pierwszym etapie utrzymywały podobny poziom funkcjonowania również podczas kolejnego pomiaru. Tak wysoka wartość współczynnika regresji może wskazywać na dużą stabilność sprawności funkcjonalnej związanej z wykonywaniem czynności wymagających jednoczesnej kontroli ruchowej i manipulacyjnej.

Wśród analizowanych czynników społeczno-demograficznych istotny wpływ odnotowano dla miejsca zamieszkania. Osoby mieszkające na terenach miejsko-wiejskich osiągały istotnie niższe wartości TUG MAN w porównaniu z mieszkańcami terenów wiejskich (B = -0,18; $p < 0,001$). Wynik ten może sugerować korzystniejszy poziom sprawności funkcjonalnej w grupie osób zamieszkujących obszary o bardziej zróżnicowanej infrastrukturze społecznej i środowiskowej.

Istotną zależność wykazano również dla wieku. W porównaniu z osobami w wieku powyżej 80 lat, badani w wieku 60–69 lat uzyskiwali wyższe wartości czasu wykonania testu TUG MAN (B = 0,14; $p = 0,036$). Zależność ta może wskazywać na obecność indywidualnych różnic funkcjonalnych w badanej grupie, które nie zawsze przebiegają zgodnie z typowym schematem pogarszania sprawności wraz z wiekiem. Natomiast grupa osób w wieku 70–79 lat nie różniła się istotnie od grupy referencyjnej.

Znaczenie prognostyczne wykazał również poziom wykształcenia. Osoby posiadające wykształcenie podstawowe lub zawodowe osiągały istotnie niższe wyniki TUG MAN w porównaniu z osobami z wykształceniem wyższym (B = -0,20; p = 0,003). Wynik ten może sugerować związek pomiędzy stylem życia, codzienną aktywnością oraz doświadczeniem zawodowym a utrzymaniem sprawności funkcjonalnej w starszym wieku. W przypadku osób z wykształceniem średnim nie stwierdzono istotnych różnic względem grupy referencyjnej. Nie wykazano natomiast istotnego wpływu płci, stanu cywilnego ani sposobu zamieszkiwania na wynik TUG MAN w drugim etapie badania. Zarówno kobiety, jak i mężczyźni prezentowali porównywalny poziom sprawności funkcjonalnej w zadaniu wymagającym dodatkowego komponentu manualnego. Podobnie osoby mieszkające samotnie lub z partnerem nie różniły się istotnie od osób mieszkających z dziećmi.

Tabela 10. Wyniki równania regresji dla SLS OP w drugim etapie badania (gdzie SLS OP w drugim etapie badania był zmienną zależną a wynik SLS OP – pierwszy etap badania oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi)

Zmienna	Poziom	Parametr B	SE	GU dolna 95,0%	GU górna 95,0%	Statystyka Walda	p
SLS OP	**1 etap**	**0,87**	**0,02**	**0,84**	**0,90**	**3231,87**	**0,000**
Gmina	miejsko-wiejska	-0,04	0,13	-0,29	0,22	0,07	0,787
Płeć	kobiety	-0,11	0,18	-0,46	0,23	0,41	0,522
Wiek	**60-69 lat**	**0,51**	**0,18**	**0,16**	**0,85**	**8,07**	**0,005**
	70-79 lat	**0,37**	**0,18**	**0,02**	**0,73**	**4,21**	**0,040**
Wykształcenie	podstawowe i zawodowe	-0,04	0,17	-0,38	0,30	0,06	0,802
	średnie	0,23	0,16	-0,09	0,54	2,04	0,153
Stan cywilny	wolny/a	-0,05	0,21	-0,47	0,37	0,06	0,814
Zamieszkuje	sam/a	-0,16	0,26	-0,67	0,34	0,40	0,530
	z partnerem/ką	-0,13	0,27	-0,67	0,40	0,24	0,625

Ref: płeć: mężczyźni; wiek: ≥80 lat; wykształcenie: wyższe; stan cywilny: w związku; zamieszkuje: z dziećmi

Do analizy zastosowano model log-normalny z funkcją identyczno-ściową (tabela 10). Najsilniejszym predyktorem wyniku SLS OP w drugim etapie badania był rezultat uzyskany podczas pierwszego pomiaru. Współczynnik regresji dla SLS OP z pierwszego etapu wyniósł B = 0,87 ($p < 0,001$), co świadczy o bardzo wysokiej stabilności zdolności utrzymywania równowagi w czasie. Oznacza to, że osoby osiągające lepsze wyniki w próbie równoważnej podczas pierwszego etapu najczęściej utrzymywały podobny poziom sprawności także podczas kolejnego pomiaru. Uzyskany rezultat sugeruje, że kontrola posturalna stanowi względnie trwały element funkcjonowania badanych osób.

Istotne statystycznie zależności stwierdzono również w odniesieniu do wieku badanych. W porównaniu z osobami w wieku powyżej 80 lat, uczestnicy w wieku 60–69 lat osiągali istotnie wyższe wyniki w próbie SLS OP (B = 0,51; $p = 0,005$). Podobną zależność odnotowano także dla grupy 70–79 lat (B = 0,37; $p = 0,040$). Wyniki te wskazują, że młodsze grupy seniorów charakteryzowały się lepszą stabilnością posturalną oraz większą zdolnością utrzymania równowagi podczas wykonywania próby jednonóż.

Pozostałe zmienne społeczno-demograficzne nie wykazały istotnego wpływu na wynik SLS OP w drugim etapie badania. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy kobietami i mężczyznami, choć kobiety uzyskiwały nieco niższe wartości próby równoważnej. Również miejsce zamieszkania nie różnicowało poziomu równowagi badanych osób. Osoby zamieszkujące gminy miejsko-wiejskie osiągały wyniki porównywalne do mieszkańców terenów wiejskich. Brak istotnych zależności odnotowano także dla poziomu wykształcenia, stanu cywilnego oraz sposobu zamieszkiwania.

Tabela 11. Wyniki równania regresji dla SLS CS w drugim etapie badania (gdzie SLS CS w drugim etapie badania był zmienną zależną a wynik SLS CS – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi)

Zmienna	Poziom	Parametr B	SE	GU dolna 95,0%	GU górna 95,0%	Statystyka Walda	p
SLS CS	1 etap	0,82	0,02	0,78	0,86	1681	0,000
Gmina	miejsko-wiejska	-0,03	0,05	-0,13	0,06	0,36	0,549
Płeć	kobiety	-0,09	0,06	-0,21	0,04	2,25	0,134
Wiek	**60-69 lat**	**0,16**	**0,06**	**0,03**	**0,28**	**7,71**	**0,008**
	70-79 lat	-0,01	0,06	-0,13	0,12	0,03	0,868
Wykształcenie	podstawowe i zawodowe	0,04	0,06	-0,08	0,17	0,44	0,505
	średnie	-0,02	0,06	-0,13	0,10	0,11	0,739
Stan cywilny	wolny/a	-0,04	0,08	-0,19	0,11	0,25	0,617
Zamieszkuje	sam/a	0,03	0,09	-0,15	0,21	0,11	0,739
	z partnerem/ką	-0,04	0,10	-0,23	0,16	0,16	0,689

Ref: płeć: mężczyźni; wiek: ≥80 lat; wykształcenie: wyższe; stan cywilny: w związku; zamieszkuje: z dziećmi

W analizie wykorzystano model log-normalny z funkcją identyczno-ściową. Oznacza to, że oceniano wpływ zmiennych społeczno-demograficznych na wynik SLS SC, przy czym wartości parametrów B pokazują kierunek i siłę zależności

Analiza wykazała, że spośród uwzględnionych w modelu zmiennych istotne statystycznie znaczenie miała kategoria wieku 60–69 lat. Dla tej kategorii uzyskano dodatni współczynnik regresji B = 0,16 (SE = 0,06), a statystyka Walda wyniosła około 7,11, przy p ≈ 0,008. Oznacza to, że przy kontrolowaniu pozostałych zmiennych uwzględnionych w modelu przynależność do grupy osób w wieku 60–69 lat była istotnie związana ze zmienną zależną. Dodatni znak współczynnika B wskazuje na dodatni kierunek tej zależności. W regresji logistycznej

dokładna interpretacja wielkości efektu powinna być jednak dokonywana na podstawie wartości Exp (B), czyli ilorazu szans, a nie samego współczynnika B.

W przypadku miejsca zamieszkania nie stwierdzono istotnego statystycznie związku. Dla kategorii „gmina miejsko-wiejska" współczynnik wyniósł B = −0,03 przy SE = 0,05, natomiast statystyka Walda wyniosła około 0,36, a p ≈ 0,549. Wynik ten nie daje podstaw do stwierdzenia istotnej statystycznie zależności między tą kategorią miejsca zamieszkania a zmienną zależną.

Tabela 12. Wyniki równania regresji dla 2MST w drugim etapie badania (gdzie 2MST w drugim etapie badania był zmienną zależną a wynik 2MST – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi)

Zmienna	Poziom	Parametr B	SE	GU dolna 95,0%	GU górna 95,0%	Statystyka Walda	p
2MST	1 etap	0,71	0,02	0,67	0,76	923,21	0,000
Gmina	miejsko-wiejska	0,56	0,20	0,18	0,95	8,10	0,004
Płeć	kobiety	0,00	0,26	-0,51	0,51	0,00	0,986
Wiek	**60-69 lat**	**-0,69**	**0,26**	**-1,21**	**-0,18**	**6,97**	**0,008**
	70-79 lat	-0,09	0,27	-0,61	0,43	0,12	0,725
Wykształcenie	podstawowe i zawodowe	0,46	0,26	-0,04	0,96	3,20	0,073
	średnie	-0,21	0,24	-0,68	0,25	0,81	0,368
Stan cywilny	wolny/a	0,14	0,31	-0,48	0,75	0,19	0,663
Zamieszkuje	sam/a	0,10	0,38	-0,64	0,85	0,08	0,782
	z partnerem/ką	0,27	0,41	-0,53	1,06	0,43	0,511

Ref: płeć: mężczyźni; wiek: ≥80 lat; wykształcenie: wyższe; stan cywilny: w związku; zamieszkuje: z dziećmi

Najsilniejszym predyktorem wyniku 2MST w drugim etapie był wynik uzyskany w pierwszym etapie badania (B = 0,71; SE = 0,02; p < 0,001). Oznacza to, że wyższy wynik 2MST w pierwszym pomiarze wiązał się istotnie z wyższym wynikiem uzyskanym w drugim etapie.

Istotny statystycznie wpływ wykazał również typ gminy. Osoby mieszkające w gminach miejsko-wiejskich osiągały wyższe wyniki 2MST w drugim etapie w porównaniu do osób z gmin referencyjnych (B = 0,56; SE = 0,20; p = 0,004).

W odniesieniu do wieku stwierdzono, że osoby w wieku 60–69 lat uzyskiwały istotnie niższe wyniki niż osoby w wieku ≥80 lat (B = -0,69; SE = 0,26; p = 0,008). Natomiast grupa 70–79 lat nie różniła się istotnie od grupy referencyjnej (p = 0,725).

Nie wykazano istotnego wpływu płci, poziomu wykształcenia, stanu cywilnego ani sposobu zamieszkiwania na wynik 2MST w drugim etapie (p > 0,05). Zaobserwowano jedynie tendencję statystyczną dla osób z wykształceniem podstawowym lub zawodowym, które osiągały wyższe wyniki niż osoby z wykształceniem wyższym (B = 0,46; p = 0,073).

3.5. Wyniki równania regresji dla zmiennych w drugim etapie badań – funkcje poznawcze (TMT-A, TMT-B)

Najsilniejszym czynnikiem determinującym wynik TMT-A w drugim pomiarze okazał się wcześniejszy poziom wykonania tego samego testu. Współczynnik regresji dla TMT-A z pierwszego etapu wyniósł B = 0,52 (p < 0,001), co wskazuje na wyraźną zależność pomiędzy wynikami w obu etapach badania. Oznacza to, że osoby potrzebujące więcej czasu na wykonanie zadania w pierwszym pomiarze utrzymywały podobny poziom spowolnienia również w drugim etapie, co świadczy o względnej stabilności tempa przetwarzania informacji oraz sprawności wzrokowo-ruchowej w czasie.

Tabela 13. Wyniki równania regresji dla TMT-A w drugim etapie badania (gdzie TMT-A w drugim etapie badania był zmienną zależną a wynik TMT-A – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi)

Zmienna	Poziom	Parametr B	SE	GU dolna 95,0%	GU górna 95,0%	p
TMT-A	**1 etap**	**0,52**	**0,06**	**0,41**	**85,72**	**0,000**
Gmina	miejsko-wiejska	0,91	0,68	-0,42	1,78	0,182
Płeć	kobiety	0,88	0,90	-0,87	0,98	0,323
Wiek	60-69 lat	-1,25	0,91	-3,04	1,88	0,171
	70-79 lat	1,01	0,91	-0,78	1,23	0,268
Wykształcenie	podstawowe i zawodowe	-0,25	0,88	-1,97	0,08	0,781
	średnie	-0,18	0,82	-1,79	0,05	0,825
Stan cywilny	wolny/a	0,68	1,08	-1,44	0,40	0,527
Zamieszkuje	sam/a	-1,52	1,30	-4,07	1,35	0,245
	z partnerem/ką	0,22	1,40	-2,52	0,03	0,873

Ref: płeć: mężczyźni; wiek: ≥80 lat; wykształcenie: wyższe; stan cywilny: w związku; zamieszkuje: z dziećmi

W odniesieniu do zmiennych społeczno-demograficznych nie stwierdzono istotnych statystycznie zależności, jednak można zauważyć pewne tendencje o zróżnicowanym kierunku (tabela 13). Miejsce zamieszkania (gmina miejsko-wiejska) wiązało się z nieznacznie dłuższym czasem wykonania testu w porównaniu do osób z terenów referencyjnych, jednak efekt ten nie osiągnął istotności statystycznej. Podobnie płeć nie różnicowała wyników – kobiety uzyskiwały wartości zbliżone do mężczyzn. W analizie wieku obserwowano zróżnicowanie wyników, choć bez istotności statystycznej. Osoby w wieku 60–69 lat wykonywały test nieznacznie szybciej niż osoby w grupie referencyjnej, natomiast w grupie 70–79 lat nie odnotowano wyraźnych różnic. Może to sugerować, że w zakresie prostszych funkcji poznawczo-wykonawczych, jakimi obciążony jest TMT-A, różnice wiekowe w tej próbie nie były dominującym czynnikiem wyjaśniającym zmienność wyników.

Poziom wykształcenia również nie wpływał istotnie na czas wykonania testu. Podobnie stan cywilny oraz sposób zamieszkiwania nie wykazywały istotnych efektów różnicujących. Wyniki modelu wskazują, że kluczowym determinantem sprawności w zakresie TMT-A w drugim etapie badania był wcześniejszy poziom wykonania tego samego testu, co podkreśla jego wysoką stabilność pomiarową w czasie.

Tabela 14. Wyniki równania regresji dla TMT-B w drugim etapie badania (gdzie TMT-B w drugim etapie badania był zmienną zależną a wynik TMT-B – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi)

Zmienna	Poziom	Parametr B	SE	GU dolna 95,0%	GU górna 95,0%	Statystyka Walda	p
TMT-B	**1 etap**	**0,70**	**0,07**	**0,56**	**0,84**	**102,10**	**0,000**
Gmina	**miejsko-wiejska**	**4,24**	**1,51**	**1,27**	**7,20**	**7,85**	**0,005**
Płeć	kobiety	0,35	1,99	-3,56	4,26	0,03	0,860
Wiek	**60-69 lat**	**-10,63**	**2,02**	**-14,58**	**-6,68**	**27,81**	**0,000**
	70-79 lat	0,27	2,04	-3,72	4,26	0,02	0,893
Wykształcenie	podstawowe i zawodowe	2,49	1,97	-1,36	6,35	1,61	0,205
	średnie	0,85	1,83	-2,73	4,44	0,22	0,641
Stan cywilny	wolny/a	2,59	2,41	-2,14	7,32	1,15	0,283
Zamieszkuje	sam/a	-1,10	2,91	-6,80	4,60	0,14	0,705
	z partnerem/ką	2,86	3,12	-3,26	8,97	0,84	0,360

Ref: płeć: mężczyźni; wiek: ≥80 lat; wykształcenie: wyższe; stan cywilny: w związku; zamieszkuje: z dziećmi

Najsilniejszym predyktorem wyniku TMT-B w drugim etapie okazał się rezultat uzyskany podczas pierwszego pomiaru. Współczynnik regresji dla TMT-B z pierwszego etapu wyniósł B = 0,70 ($p < 0,001$), co świadczy o wyraźnej stabilności funkcji poznawczych ocenianych za pomocą tego testu w czasie. Oznacza to, że osoby osiągające wyższe czasy wykonania zadania w pierwszym etapie badania uzyskiwały również słabsze wyniki podczas kolejnego pomiaru. Może to wskazy-

wać na utrzymywanie się względnie stałego poziomu funkcji wykonawczych, uwagi podzielnej oraz szybkości przetwarzania informacji u badanych osób. Istotny statystycznie wpływ odnotowano również dla miejsca zamieszkania. Osoby mieszkające na terenach miejsko-wiejskich osiągały wyższe wyniki TMT-B niż mieszkańcy terenów wiejskich ($B = 4{,}24$; $p = 0{,}005$), co oznaczało dłuższy czas wykonania zadania i potencjalnie niższą sprawność funkcji wykonawczych. Wynik ten może sugerować wpływ różnic środowiskowych, stylu życia lub poziomu codziennej aktywności poznawczej na funkcjonowanie neuropsychologiczne badanych. Znaczącą zależność stwierdzono także w odniesieniu do wieku uczestników. W porównaniu z osobami powyżej 80. roku życia badani w wieku 60–69 lat osiągali istotnie niższe wartości TMT-B ($B = -10{,}63$; $p < 0{,}001$), co wskazuje na sprawniejsze funkcjonowanie poznawcze w młodszej grupie seniorów. Krótszy czas wykonania testu może odzwierciedlać lepszą koncentrację uwagi, większą szybkość przetwarzania informacji oraz wyższą efektywność funkcji wykonawczych. Natomiast osoby w wieku 70–79 lat nie różniły się istotnie od grupy referencyjnej.

Pozostałe zmienne społeczno-demograficzne nie wykazały istotnego związku z wynikiem TMT-B w drugim etapie badania. Nie stwierdzono różnic pomiędzy kobietami i mężczyznami ani pomiędzy osobami o różnym poziomie wykształcenia. Chociaż osoby z wykształceniem podstawowym i zawodowym uzyskiwały nieco wyższe wartości czasu wykonania testu, zależność ta nie osiągnęła poziomu istotności statystycznej. Również stan cywilny oraz sposób zamieszkiwania nie wpływały istotnie na wyniki TMT-B. Uzyskane wyniki wskazują, że poziom funkcji wykonawczych ocenianych testem TMT-B w drugim etapie badania był przede wszystkim związany z wcześniejszym poziomem sprawności poznawczej oraz wiekiem uczestników.

3.6. Wyniki równania regresji dla zmiennych w drugim etapie badań – aspekty emocjonalne (FES-I, GDS-15)

Tabela 15. Wyniki równania regresji dla FES-I w drugim etapie badania (gdzie FES-I w drugim etapie badania był zmienną zależną a wynik FES-I – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi)

Zmienna	Poziom	Parametr B	SE	GU dolna 95,0%	GU górna 95,0%	Statystyka Walda	p
FES-I	1 etap	1,03	0,04	0,95	1,12	556,15	0,000
Gmina	miejsko-wiejska	-0,19	0,28	-0,74	0,36	0,45	0,500
Płeć	kobiety	0,06	0,37	-0,67	0,79	0,03	0,874
Wiek	**60-69 lat**	**-1,28**	**0,38**	**-2,02**	**-0,54**	**11,60**	**0,001**
	70-79 lat	0,10	0,38	-0,65	0,84	0,07	0,798
Wykształcenie	podstawowe i zawodowe	0,39	0,37	-0,33	1,11	1,13	0,287
	średnie	-0,63	0,34	-1,30	0,05	3,33	0,068
Stan cywilny	**wolny/a**	**1,10**	**0,45**	**0,22**	**1,99**	**6,01**	**0,014**
Zamieszkuje	**sam/a**	**-1,21**	**0,54**	**-2,28**	**-0,15**	**4,99**	**0,025**
	z partnerem/ką	0,84	0,58	-0,30	1,99	2,10	0,147

Ref: płeć: mężczyźni; wiek: ≥80 lat; wykształcenie: wyższe; stan cywilny: w związku; zamieszkuje: z dziećmi

Najsilniejszym predyktorem wyniku FES-I w drugim etapie był wynik FES-I uzyskany w pierwszym etapie badania (B = 1,03; SE = 0,04; p < 0,001). Oznacza to, że wyższy poziom obaw przed upadkiem w pierwszym pomiarze wiązał się z wyższym wynikiem FES-I w drugim etapie. Spośród analizowanych zmiennych społeczno-demograficznych istotne statystycznie okazały się wiek, stan cywilny oraz sposób zamieszkiwania. Osoby w wieku 60–69 lat uzyskiwały istotnie niższe wyniki FES-I w porównaniu z osobami w wieku ≥80 lat (B = -1,28; p = 0,001), co sugeruje mniejsze nasilenie obaw przed upadkiem w młodszej grupie seniorów. Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic dla grupy wieku 70–79 lat. Osoby stanu wolnego charakteryzowa-

ły się wyższym wynikiem FES-I w porównaniu z osobami pozostającymi w związku (B = 1,10; p = 0,014), co może wskazywać na większe obawy przed upadkiem w tej grupie. Jednocześnie osoby mieszkające samotnie osiągały niższe wyniki FES-I niż osoby mieszkające z dziećmi (B = -1,21; p = 0,025). Nie wykazano istotnych różnic dla osób mieszkających z partnerem/partnerką. Pozostałe zmienne, takie jak płeć, typ gminy oraz poziom wykształcenia, nie były istotnie związane z wynikiem FES-I w drugim etapie badania (p > 0,05), choć dla osób z wykształceniem średnim obserwowano tendencję do niższych wyników FES-I w porównaniu z osobami z wykształceniem wyższym (p = 0,068).

Tabela 16. Wyniki równania regresji dla GDS-15 w drugim etapie badania (gdzie GDS-15 w drugim etapie badania był zmienną zależną a wynik GDS-15 – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi)

Zmienna	Poziom	Parametr B	SE	GU dolna 95,0%	GU górna 95,0%	Statystyka Walda	p
GDS-15	1 etap	0,54	0,05	0,44	0,64	121,39	0,000
Gmina	miejsko-wiejska	-0,06	0,06	-0,18	0,07	0,80	0,371
Płeć	kobiety	-0,00	0,08	-0,17	0,16	0,00	0,978
Wiek	**60-69 lat**	**0,14**	**0,08**	**-0,03**	**0,30**	**2,68**	**0,102**
	70-79 lat	-0,03	0,08	-0,20	0,13	0,15	0,695
Wykształcenie	podstawowe i zawodowe	0,06	0,08	-0,10	0,22	0,46	0,500
	średnie	0,04	0,08	-0,11	0,19	0,27	0,604
Stan cywilny	**wolny/a**	**-0,04**	**0,10**	**-0,24**	**0,16**	**0,16**	**0,691**
Zamieszkuje	**sam/a**	**0,12**	**0,12**	**-0,12**	**0,35**	**0,96**	**0,327**
	z partnerem/ką	-0,19	0,13	-0,44	0,07	2,09	0,148

Ref: Płeć: mężczyźni; wiek: ≥80 lat; wykształcenie: wyższe; stan cywilny: w związku; zamieszkuje: z dziećmi.

Uzyskane wyniki wskazują, że jedynym istotnym predyktorem wyniku GDS-15 w drugim etapie był wynik GDS-15 uzyskany w pierw-

szym etapie badania (B = 0,54; p < 0,001) (tabela 16). Oznacza to, że wyższy poziom objawów depresyjnych w pierwszym pomiarze wiązał się z wyższym poziomem objawów depresyjnych w kolejnym etapie badania. Zależność ta była umiarkowanie silna i wyraźna statystycznie.

Nie wykazano natomiast istotnego wpływu zmiennych społeczno-demograficznych na wynik GDS-15 w drugim etapie. Mieszkanie w gminie miejsko-wiejskiej nie różnicowało poziomu depresji w porównaniu z innymi typami gmin (p = 0,371). Kobiety osiągały wyniki bardzo zbliżone do mężczyzn (p = 0,978), co sugeruje brak zależności pomiędzy płcią a nasileniem objawów depresyjnych w analizowanej grupie.

W odniesieniu do wieku zaobserwowano tendencję do wyższych wyników w grupie osób w wieku 60–69 lat w porównaniu z osobami w wieku ≥80 lat, jednak zależność ta nie osiągnęła poziomu istotności statystycznej (p = 0,102). Osoby w wieku 70–79 lat również nie różniły się istotnie od grupy referencyjnej.

Nie stwierdzono również istotnych zależności dla poziomu wykształcenia. Zarówno osoby z wykształceniem podstawowym i zawodowym, jak i średnim, uzyskiwały wyniki porównywalne do osób z wykształceniem wyższym. Podobnie stan cywilny nie wpływał istotnie na poziom depresji – osoby wolne nie różniły się od osób pozostających w związku.

Analiza sytuacji mieszkaniowej także nie wykazała istotnych różnic. Osoby mieszkające samotnie oraz z partnerem/partnerką osiągały wyniki zbliżone do osób mieszkających z dziećmi, mimo że w przypadku osób mieszkających z partnerem/partnerką widoczna była tendencja do niższych wyników GDS-15 (B = -0,19; p = 0,148).

3.7. Ocena sprawności fizycznej oraz funkcji poznawczych – porównanie przed i po terapii

Tabela 17. Wyniki testów sprawności funkcjonalnej, funkcji poznawczych oraz aspektów emocjonalnych

Zmienne	I etap		II etap		P
	X±sd	Me; Iqr	X±sd	Me; Iqr	
TUG	12,75±2,17	12,64; 2,25	11,39±2,04	11,00; 11,00	**<0,001**
TUG cog	17,57±3,94	17,81; 3,49	14,74±2,73	14,70; 3,90	**<0,001**
TUG man	13,63±2,76	13,65; 2,41	12,40±2,50	12,00; 2,02	**<0,001**
2MST	70,81±6,34	71,10; 10,00	77,15±7,58	77,31; 11,39	**<0,001**
SLS OP	8,09±7,34	7,00; 3,98	9,45±8,66	8,25; 5,07	**<0,001**
SLS CS	2,65±1,96	2,56; 1,43	3,02±2,14	2,87; 1,61	**<0,001**
BBS	35,29±3,88	35,00; 7,00			
TMT-A	57,58±13,17	56,20; 13,26	47,19±10,83	47,56; 12,96	**<0,001**
TMT-B	111,56±30,92	104,44; 30,69	87,56±19,44	88,00; 19,13	**<0,001**
MMSE	26,98±1,78	27,00; 2,00			
FES-I	23,84±7,87	22,00; 14,00	20,78±5,76	18,29; 9,00	**<0,001**
GDS-15	4,78±1,26	5,00; 1,00	4,35±1,14	4,00; 1,35	**<0,001**

Test kolejności par Wilcoxona

W analizie porównawczej sprawności fizycznej i funkcji poznawczych pomiędzy I i II etapem badania zastosowano test kolejności par Wilcoxona dla prób zależnych (tabela 17). Wyniki wskazują na wyraźne, istotne statystycznie zmiany pomiędzy pomiarami w większości analizowanych zmiennych, co świadczy o dynamicznym charakterze zmian funkcjonalnych w badanej grupie.

W zakresie sprawności fizycznej uzyskano zróżnicowany obraz zmian. Czas wykonania testu TUG oraz jego wariantów (TUG cog i TUG man) uległ istotnemu skróceniu w drugim etapie ($p < 0,001$), co wskazuje

na poprawę mobilności funkcjonalnej oraz zdolności do wykonywania zadań z dodatkowym obciążeniem poznawczym i manualnym. Jednocześnie zaobserwowano istotne zwiększenie czasu utrzymywania równowagi w próbie SLS OP oraz SLS CS ($p < 0,001$), co może świadczyć o poprawie kontroli posturalnej i stabilności w warunkach statycznych.

W zakresie wydolności fizycznej ocenianej testem 2MST również odnotowano istotną poprawę ($p < 0,001$), co sugeruje wzrost tolerancji wysiłkowej oraz ogólnej sprawności krążeniowo-oddechowej badanych osób. Wyniki testu Wilcoxona wskazują na istotne statystycznie zmiany w większości parametrów sprawności fizycznej, poznawczej i emocjonalnej pomiędzy pierwszym a drugim etapem badania.

W zakresie funkcji poznawczych odnotowano istotną poprawę w czasie wykonania testów TMT-A oraz TMT-B ($p < 0,001$). W obu przypadkach obserwowano skrócenie czasu realizacji zadań w drugim etapie badania, co sugeruje poprawę szybkości przetwarzania informacji, koncentracji uwagi oraz funkcji wykonawczych.

W odniesieniu do aspektów emocjonalnych zaobserwowano korzystne zmiany. Istotnie zmniejszył się poziom obawy przed upadkiem oceniany skalą FES-I ($p < 0,001$), co może świadczyć o wzroście pewności w zakresie poruszania się i wykonywania codziennych aktywności. Podobnie odnotowano istotne obniżenie nasilenia objawów depresyjnych w skali GDS-15 ($p < 0,001$), co może wskazywać na poprawę samopoczucia psychicznego w czasie trwania badania.

Rozdział 4
Dyskusja i wnioski

Badanie wykazało poprawę większości analizowanych parametrów w testach, które zostały dobrane do oceny sprawności fizycznej, funkcji poznawczych oraz aspektów emocjonalnych w stosunku do wyników zebranych podczas początkowych testów poprzedzających cykl interwencji terapeutycznej. Wykazano, które funkcje uległy największej poprawie po zakończeniu terapii z wykorzystaniem systemu HMD, który jest na poziomie pełnej immersji w wirtualnej rzeczywistości.

Ponadto, aby ocenić początkowy ogólny poziom funkcji poznawczych, wykorzystano test MMSE, który miał istotny wpływ w kontekście kwalifikacji do terapii, ze względu na zastosowane kryteria włączenia: wynik testu MMSE > 23pkt. Elementami, które decydowały o włączeniu do badania i stanowiły również istotny czynnik w analizie statystycznej, były skale i testy BBS, FES-I, GDS-15. Sprawność fizyczna została poddana dwukrotnej ocenie przez szereg testów, takich jak: TUG, TUG COG, TUG MAN, SLS OP, SLS CS, 2MST.

W pracy zbadano również, czy i w jakim stopniu zaszły zmiany w zakresie sprawności poznawczej poprzez dwukrotne wykonanie testu TMT-A oraz TMT-B.

Wyniki przedstawionych powyżej testów były jednym z elementów wykorzystanych do kwalifikacji badanych do projektu. Test MMSE wykazał, że większość włączonych w projekt osiągnęła wynik prawidłowy (63%), natomiast pozostała grupa (37%) zmagała się z łagodnymi

zaburzeniami w obrębie funkcji poznawczych, co nie wpłynęło na negatywne odbieranie terapii (tabela 3).

BBS to narzędzie do oceny równowagi u osób starszych, które w badaniu było wykorzystane jako kryterium włączenia. Średni wynik w grupie seniorów to 35,3 pkt, który świadczy o poziomie umiarkowanego deficytu równowagi. Lima i wsp. [1] przeanalizowali w swoim artykule wyniki literatury dotyczące skali równowagi Berga, podkreślając, że niższy wynik BBS jest typowy dla populacji z większym ryzykiem upadku. W tym przeglądzie średnie wyniki dla osób starszych z ryzykiem upadku wahały się między 44–51 pkt. Kryterium włączenia w większości badań analizowanych w przeglądzie był również test MMSE, gdzie osoby starsze w grupie badanej miały wynik w normie, świadczący o sprawności w obrębie funkcji poznawczych (tabela 4).

Podczas badania dokładnej ocenie zostały poddane aspekty sprawności fizycznej. Początkowe pomiary były niezbędne do oceny późniejszych efektów przeprowadzonej interwencji. Analiza korelacji przeprowadzona w pierwszym etapie badania ujawniła szereg zależności pomiędzy sprawnością fizyczną, funkcjami poznawczymi, a także aspektami emocjonalnymi u osób starszych. Najsilniejsze korelacje widoczne były w parametrach mobilności funkcjonalnej, szczególnie w kontekście aktywności dwuzadaniowej. Silne dodatnie korelacje pomiędzy czasem wykonania podstawowego testu TUG a jego wariantami poznawczym i manualnym (odpowiednio r = 0,32 oraz r = 0,63) wskazują, że osoby prezentujące gorszą mobilność w warunkach standardowych uzyskiwały również słabsze wyniki w zadaniach wymagających dodatkowego obciążenia poznawczego lub koordynacyjnego (tabela 5).

Podobną zależność odnotowano pomiędzy TUG COG i TUG MAN (r = 0,42), co potwierdza współwystępowanie deficytów w zakresie funkcji wykonawczych i kontroli ruchu. Wyniki te są zgodne z obserwacjami przedstawionymi przez Kasiukiewicz i wsp. [2], którzy wykazali, że testy dual-task stanowią czuły marker złożonych interakcji pomiędzy funkcjami poznawczymi a motorycznymi u osób starszych. Autorzy pod-

kreślają, że wydłużony czas wykonania TUG w warunkach podwójnego zadania może odzwierciedlać zarówno obniżoną rezerwę poznawczą, jak i trudności w alokacji uwagi podczas wykonywania zadań ruchowych. Zbieżność wyników sugeruje, że w badanej grupie ograniczenia mobilności mogą być ściśle powiązane z obciążeniem funkcji wykonawczych, co jest szczególnie istotne w kontekście ryzyka upadków i utraty samodzielności.

Istotne zależności odnotowano również w zakresie równowagi statycznej. Umiarkowana dodatnia korelacja pomiędzy próbami SLS OP i SLS CS (r = 0,54) wskazuje na względnie stabilny poziom kontroli posturalnej niezależnie od warunków sensorycznych. Wynik ten potwierdza, że zdolność do utrzymania równowagi jednonóż jest cechą stosunkowo spójną, a jej zaburzenia mogą mieć charakter globalny, a nie sytuacyjny. Podobne obserwacje dotyczące spójności parametrów równowagi w różnych warunkach sensorycznych przedstawiono również w literaturze, gdzie podkreśla się, że deficyty kontroli posturalnej u osób starszych często wynikają z ogólnego osłabienia integracji sensoryczno-motorycznej.

W zakresie funkcji poznawczych istotna ujemna korelacja pomiędzy MMSE a TMT-B (r = –0,33) potwierdza, że wyższy poziom ogólnego funkcjonowania poznawczego wiąże się z lepszą wydolnością funkcji wykonawczych. Jednocześnie dodatnia korelacja pomiędzy TMT-A i TMT-B (r = 0,60) wskazuje na spójność procesów i szybkości przetwarzania informacji. Wyniki te są zgodne z doniesieniami Kasiukiewicz i wsp. [2], którzy wykazali, że osoby z obniżonym poziomem funkcji poznawczych osiągają gorsze wyniki zarówno w testach neuropsychologicznych, jak i w zadaniach dwuzadaniowych, co potwierdza współzależność procesów poznawczych i motorycznych.

W drugim etapie badania zaobserwowano przede wszystkim słabe i umiarkowane zależności pomiędzy parametrami sprawności fizycznej, funkcji poznawczych i aspektów emocjonalnych. Najwyższe wartości współczynników korelacji dotyczyły ponownie wariantów testu TUG (tabela 6), co jest zgodne z wynikami Akin i wsp. [3], którzy

podkreślają, że aktywności dwuzadaniowe – zarówno o charakterze motoryczno-poznawczym, jak i motoryczno-motorycznym – angażują podobne mechanizmy kontroli ruchu i uwagi. W ich badaniu różne formy treningu dwuzadaniowego wpływały na równowagę i funkcjonalność chodu, co potwierdza, że warianty TUG są ze sobą funkcjonalnie powiązane, a ich wyniki odzwierciedlają złożoną integrację procesów motorycznych i poznawczych.

W wynikach badań własnych dodatnie korelacje pomiędzy TUG, TUG COG i TUG MAN (od r = 0,27 do r = 0,53) wskazują, że osoby o gorszej mobilności w warunkach podstawowych osiągały również słabsze wyniki w zadaniach z dodatkowym obciążeniem (tabela 6). Wyniki te są spójne z obserwacjami Akina i wsp. [3], którzy wykazali, że obciążenie poznawcze lub manualne podczas wykonywania zadań ruchowych może ujawniać ukryte deficyty kontroli posturalnej i koordynacji. Autorzy podkreślają również, że aktywności dwuzadaniowe są szczególnie wrażliwe na zmiany w funkcjonowaniu osób starszych, co zostało przedstawione w wynikach własnych.

W zakresie równowagi statycznej umiarkowana dodatnia korelacja pomiędzy SLS OP i SLS CS (r = 0,41) wskazuje na względnie stabilny poziom kontroli posturalnej niezależnie od warunków sensorycznych. Akin i wsp. [3] również zwracają uwagę na fakt, że równowaga jest komponentem stosunkowo odpornym na krótkotrwałe zmiany, a jej ocena w różnych warunkach może ujawniać jedynie subtelne różnice. Słabe ujemne korelacje pomiędzy wynikami prób równoważnych a czasem wykonania TUG sugerują, że lepsza stabilność posturalna wiązała się z większą sprawnością funkcjonalną – co jest zgodne z literaturą dotyczącą starzenia się sprawności w wymiarze równoważnym (tabela 6).

W odniesieniu do funkcji poznawczych dodatnia korelacja pomiędzy TMT–A i TMT–B (r = 0,21) potwierdza współwystępowanie procesów związanych z szybkością przetwarzania informacji i funkcjami wykonawczymi (Tabela 6). Jednak brak silniejszych zależności pomiędzy TMT a parametrami mobilności może sugerować, że w drugim etapie badania funkcje poznawcze nie były już tak ściśle powiązane z wy-

nikami testów motorycznych. Akin i wsp. [3] również zauważają, że wpływ obciążenia poznawczego na parametry ruchowe może być zmienny i zależy od rodzaju zadania oraz indywidualnych możliwości uczestników.

W zakresie aspektów emocjonalnych brak wyraźnych korelacji pomiędzy GDS–15 a większością parametrów sprawności fizycznej jest zgodny z obserwacjami Akin i wsp., którzy nie odnotowali istotnych zmian w obawie przed upadkiem (FES-I) ani w parametrach emocjonalnych po treningu dwuzadaniowym [3]. Słaba ujemna korelacja pomiędzy GDS–15 a SLS CS (r = –0,22) może sugerować, że większe nasilenie objawów depresyjnych wiązało się z gorszą stabilnością posturalną w warunkach ograniczonego dopływu informacji wzrokowych, jednak zależność ta pozostaje słaba (tabela 6).

Brak istotnych korelacji pomiędzy 2MST a pozostałymi zmiennymi wskazuje, że wydolność wysiłkowa stanowi względnie niezależny komponent funkcjonowania osób starszych (tabela 6). Wynik ten jest zgodny z literaturą, w której podkreśla się, że testy wydolnościowe odzwierciedlają przede wszystkim ogólną kondycję krążeniowo-oddechową, a nie funkcje wykonawcze czy kontrolę posturalną.

W badaniu Ansai wraz ze wsp. [4] podkreślono, że osoby o gorszej mobilności wyjściowej wykazują większe trudności w zadaniach podwójnych, co jest spójne z obserwowaną w niniejszym badaniu dodatnią korelacją pomiędzy TUG a TUG MAN (r = 0,53) oraz TUG COG (r = 0,27) (Tabela 6). Autorzy wskazują również, że obciążenie poznawcze podczas chodu może ujawniać deficyty funkcji wykonawczych, jednak ich wpływ na parametry motoryczne nie zawsze jest silny — co znajduje odzwierciedlenie w słabych korelacjach pomiędzy TMT-A/B a wynikami testów sprawności fizycznej w drugim etapie badania.

W zakresie równowagi umiarkowana korelacja pomiędzy próbami SLS OP i SLS CS (r = 0,41) sugeruje względnie stabilny poziom kontroli posturalnej niezależnie od warunków sensorycznych (tabela 6). Ansai i wsp. [4] zwracają również uwagę na równowagę statyczną i dynamiczną,

które są powiązane, ale nie w sposób bezpośredni – co tłumaczy słabe ujemne korelacje pomiędzy SLS a wynikami TUG w niniejszym badaniu. Wyniki te wskazują, że równowaga jednonóż i mobilność funkcjonalna odzwierciedlają różne aspekty kontroli posturalnej.

W odniesieniu do funkcji poznawczych dodatnia korelacja pomiędzy TMT–A i TMT–B ($r = 0,21$) potwierdza współwystępowanie procesów wykonawczych i szybkości przetwarzania informacji (tabela 6). Jednak brak silniejszych zależności pomiędzy TMT a parametrami mobilności jest zgodny z obserwacjami Ansai i wsp. [4], którzy wskazują, że wpływ funkcji poznawczych na mobilność może być bardziej widoczny w populacjach z większymi deficytami poznawczymi, natomiast u osób o względnie dobrym poziomie funkcji poznawczych zależności te są słabsze.

Wyniki regresji potwierdzają, że najsilniejszym predyktorem mobilności po interwencji był poziom mobilności wyjściowej, co jest zgodne z modelem stabilności funkcjonalnej opisanym przez Ansai i wsp. [4]. Autorzy podkreślają, że wyjściowy poziom sprawności jest kluczowym czynnikiem determinującym odpowiedź na interwencję, a zmienne demograficzne mają ograniczone znaczenie prognostyczne — co znajduje pełne odzwierciedlenie w niniejszym badaniu, gdzie żaden z czynników społeczno-demograficznych nie osiągnął istotności statystycznej.

Analiza regresji przeprowadzona dla próby stania jednonóż przy oczach otwartych (SLS OP) w drugim etapie badania wykazała, że najsilniejszym i kluczowym predyktorem wyniku po interwencji był wynik SLS OP z pierwszego etapu. Wysoki współczynnik regresji ($B = 0,87$; $p < 0,001$) wskazuje na bardzo dużą stabilność tej umiejętności w czasie. Oznacza to, że zdolność utrzymania równowagi jednonóż jest cechą mocno zakorzenioną w indywidualnym profilu motorycznym i w największym stopniu zależy od poziomu wyjściowego (tabela 10). Wynik ten jest zgodny z ustaleniami Muir i wsp. [5], którzy podkreślają, że równowaga statyczna u osób starszych charakteryzuje się wyso-

ką powtarzalnością i jest silnie związana z wcześniejszym poziomem sprawności.

W modelu regresji istotne okazały się również zmienne związane z wiekiem. Osoby w wieku 60–69 lat (B = 0,51; p = 0,005) oraz 70–79 lat (B = 0,37; p = 0,040) osiągały lepsze wyniki w porównaniu z grupą ≥ 80 lat (tabela 10). Wynik ten potwierdza dobrze udokumentowaną w literaturze zależność, że zdolność do utrzymania równowagi jednonóż pogarsza się wraz z wiekiem, co Muir i wsp. [5] opisują jako jeden z najważniejszych czynników ryzyka zaburzeń równowagi i upadków. Wraz z wiekiem dochodzi do osłabienia siły mięśniowej, pogorszenia integracji sensorycznej oraz spadku szybkości reakcji, co może tłumaczyć gorsze wyniki w najstarszej grupie badanych.

Pozostałe zmienne społeczno-demograficzne – płeć, wykształcenie, stan cywilny, miejsce zamieszkania czy struktura gospodarstwa domowego – nie osiągnęły istotności statystycznej (tabela 10). Oznacza to, że w badanej grupie czynniki te nie wpływały na zdolność utrzymania równowagi jednonóż. Wynik ten jest zgodny z analizą Muir i wsp. [5], którzy wskazują, że choć czynniki środowiskowe i społeczne mogą wpływać na ogólne funkcjonowanie osób starszych, to równowaga statyczna zależy przede wszystkim od czynników fizjologicznych, takich jak siła mięśniowa, propriocepcja i integracja sensoryczna.

Co interesujące, analiza regresji dla próby stania jednonóż przy oczach zamkniętych (SLS CS) w drugim etapie badania wykazała, że najsilniejszym predyktorem wyniku po interwencji był wynik SLS CS z pierwszego etapu. Wysoki współczynnik regresji (B = 0,82; p < 0,001) wskazuje na bardzo dużą stabilność tej umiejętności w czasie (tabela 11). Oznacza to, że zdolność utrzymania równowagi w warunkach eliminacji kontroli wzrokowej jest cechą mocno zależną od indywidualnych zasobów sensoryczno-motorycznych i w największym stopniu odzwierciedla poziom wyjściowy. Wynik ten jest zgodny z ustaleniami Kim i Kim [6], którzy podkreślają, że równowaga jednonóż przy oczach zamkniętych jest szczególnie wrażliwa na deficyty propriocepcji

i integracji sensorycznej, a jej poziom jest silnie powiązany z wcześniejszą sprawnością.

W modelu regresji istotnym czynnikiem okazał się również wiek. Osoby w wieku 60–69 lat osiągały istotnie lepsze wyniki (B = 0,16; p = 0,014) w porównaniu z grupą ≥80 lat, podobnie do wyników grupy analizy regresji dla testu SLS OP (tabele 10, 11). Wynik ten potwierdza, że wraz z wiekiem dochodzi do pogorszenia kontroli posturalnej w warunkach braku informacji wzrokowych. Kim i Kim [6] wykazali, że osoby starsze mają większe trudności z utrzymaniem równowagi przy oczach zamkniętych, co wynika z osłabienia propriocepcji, spowolnienia reakcji korekcyjnych oraz zmniejszonej zdolności do kompensacji sensorycznej. Zbieżność ta potwierdza, że wiek jest jednym z kluczowych czynników różnicujących zdolność utrzymania równowagi w warunkach sensorycznie wymagających.

Pozostałe zmienne społeczno-demograficzne – płeć, wykształcenie, stan cywilny, miejsce zamieszkania czy struktura gospodarstwa domowego – nie osiągnęły istotności statystycznej. Oznacza to, że w badanej grupie czynniki te nie wpływały na wynik SLS CS. Wynik ten jest zgodny z literaturą, w której podkreśla się, że równowaga statyczna przy oczach zamkniętych zależy przede wszystkim od procesów fizjologicznych, a nie od cech społeczno-demograficznych. Kim i Kim [6] również wskazują, że różnice w równowadze w warunkach braku kontroli wzrokowej wynikają głównie z czynników biologicznych, takich jak starzenie się układu nerwowego i mięśniowego.

Analiza regresji dla testu 2MST w drugim etapie badania wykazała, że najsilniejszym predyktorem wyniku po interwencji był wynik 2MST z pierwszego etapu (B = 0,71; p < 0,001). Wysoka wartość współczynnika regresji potwierdza, że wydolność tlenowa i ogólna sprawność krążeniowo-oddechowa są cechami stosunkowo stabilnymi i w największym stopniu zależą od poziomu wyjściowego (tabela 12). Wynik ten jest zgodny z ustaleniami Bohannona i Wanga [7], którzy wskazują, że 2MST jest silnie determinowany wcześniejszą kondycją fizyczną,

a zmiany w tym zakresie wymagają dłuższej lub bardziej intensywnej interwencji.

W modelu regresji istotnym czynnikiem okazało się również miejsce zamieszkania. Osoby mieszkające w gminach miejsko-wiejskich osiągały istotnie lepsze wyniki (B = 0,56; p = 0,004) w porównaniu z mieszkańcami miast (tabela 12). Wynik ten może odzwierciedlać różnice w poziomie codziennej aktywności fizycznej – Bohannon i Wang [7] podkreślają, że regularna aktywność o umiarkowanej intensywności, typowa dla stylu życia w mniejszych miejscowościach, sprzyja lepszym wynikom w testach wydolnościowych.

Istotnym predyktorem okazał się również wiek. Osoby w wieku 60–69 lat osiągały lepsze wyniki (B = 0,69; p = 0,008) w porównaniu z grupą ≥80 lat (tabela 12). Wynik ten potwierdza, że wraz z wiekiem dochodzi do stopniowego spadku wydolności tlenowej, co jest zgodne z literaturą. Bohannon i Wang [7] wskazują, że 2MST jest szczególnie wrażliwy na zmiany związane ze starzeniem się układu krążeniowo-oddechowego i mięśniowego, co tłumaczy gorsze wyniki w najstarszej grupie badanych.

Wyniki analiz regresji dla testów TMT-A i TMT-B w drugim etapie badania wskazują, że najsilniejszym i kluczowym predyktorem wyników po interwencji był wynik uzyskany w pierwszym etapie. Zarówno w TMT-A (B = 0,52; p < 0,001) (tabela 13), jak i w TMT-B (B = 0,70; p < 0,001) (tabela 14) obserwuje się wyraźną stabilność funkcji wykonawczych i szybkości przetwarzania informacji. Wynik ten jest zgodny z ustaleniami Sánchez-Cubillo i wsp. [8], którzy podkreślają, że oba testy TMT charakteryzują się wysoką powtarzalnością, a ich wyniki w dużej mierze odzwierciedlają utrwalony profil poznawczy jednostki.

W modelu TMT-B istotnym czynnikiem okazało się miejsce zamieszkania – osoby mieszkające w gminach miejsko-wiejskich osiągały wyższe wartości TMT-B, tj. dłuższy czas wykonania i potencjalnie gorszą sprawność wykonawczą (B = 4,24; p = 0,005) (tabela 14). Może to odzwierciedlać różnice w poziomie codziennej aktywności, stylu

życia oraz ekspozycji na zróżnicowane bodźce środowiskowe, które jak wskazują Sánchez-Cubillo i wsp. [8], mogą wspierać utrzymanie funkcji wykonawczych.

W przypadku TMT-B istotnym predyktorem był również wiek. Osoby w wieku 60–69 lat osiągały znacznie lepsze wyniki (B = –10,63; p < 0,001) w porównaniu z grupą ≥80 lat (tabela 14). Wynik ten potwierdza, że złożone funkcje wykonawcze, takie jak skupianie uwagi i elastyczność poznawcza, ulegają pogorszeniu wraz z wiekiem. Sánchez-Cubillo wraz ze wsp. [8] wskazują, że TMT-B jest szczególnie wrażliwy na procesy starzenia się, co zostało przedstawione w wynikach badań własnych.

W modelu TMT – A żadne zmienne społeczno-demograficzne nie osiągnęły istotności statystycznej (tabela 13). Oznacza to, że szybkość przetwarzania informacji i proste funkcje skupiające uwagę są w badanej grupie przede wszystkim zależne od indywidualnego profilu poznawczego, a nie od czynników społecznych. Wynik ten jest zgodny z literaturą, w której podkreśla się, że TMT-A mierzy głównie tempo pracy poznawczej, które jest mniej podatne na wpływ zmiennych środowiskowych.

Analiza regresji dla FES-I w drugim etapie badania wykazała, że najsilniejszym predyktorem poziomu lęku przed upadkiem po interwencji był wynik FES-I z pierwszego etapu (B = 1,03; p < 0,001). Wysoka wartość współczynnika regresji wskazuje na bardzo dużą stabilność tego wskaźnika w czasie (tabela 15). Oznacza to, że lęk przed upadkiem jest cechą względnie trwałą i w największym stopniu zależy od wcześniejszego poziomu obaw. Wynik ten jest zgodny z ustaleniami Park i wsp. [9], którzy podkreślają, że FES-I odzwierciedla utrwalone przekonania i doświadczenia związane z upadkami, a zmiana tego stanu wymaga dłuższej i bardziej ukierunkowanej interwencji.

W modelu regresji istotnym czynnikiem okazał się wiek. Osoby w wieku 60–69 lat wykazywały istotnie niższy poziom lęku przed upadkiem (B = –1,28; p = 0,001) w porównaniu z grupą ≥80 lat (tabela 15). Wynik ten potwierdza, że lęk przed upadkiem nasila się wraz z wiekiem, co

Park wraz ze wsp. [9] opisują jako konsekwencję narastających zaburzeń w obrębie równowagi, większej liczby chorób współistniejących oraz obniżonego poczucia kontroli nad własnym ciałem.

Istotnym predyktorem okazał się również stan cywilny. Osoby wolne wykazywały wyższy poziom lęku (B = 1,10; p = 0,014), natomiast osoby mieszkające samotnie – niższy (B = –1,21; p = 0,025) (tabela 15). Wynik ten może wskazywać, że subiektywne poczucie samotności, a nie sama struktura gospodarstwa domowego, odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu obaw przed upadkiem. Park i wsp. [9] podkreślają, że brak wsparcia emocjonalnego i społecznego zwiększa lęk, natomiast osoby mieszkające samotnie, ale funkcjonujące aktywnie, mogą wykazywać większą samodzielność i mniejszy poziom obaw.

Analiza regresji dla GDS-15 w drugim etapie badania wykazała, że najsilniejszym predyktorem poziomu depresyjności po interwencji był wynik GDS-15 z pierwszego etapu (B = 0,54; p < 0,001) (tabela 16). Wysoka wartość współczynnika regresji wskazuje na ustabilizowanie objawów depresyjnych w czasie. Oznacza to, że nasilenie obniżonego nastroju i objawów depresyjnych w badanej grupie było przede wszystkim odzwierciedleniem wcześniejszego stanu emocjonalnego. Wynik ten jest zgodny z ustaleniami Kok i Reynoldsa [10], którzy podkreślają, że zachowania i myśli depresyjne u osób starszych mają często charakter przewlekły i są silnie związane z utrwalonymi wzorcami emocjonalnymi oraz stanem zdrowia.

W modelu regresji żadne ze zmiennych społeczno-demograficznych – płeć, wykształcenie, stan cywilny, miejsce zamieszkania czy struktura gospodarstwa domowego – nie osiągnęły istotności statystycznej (tabela 16). Oznacza to, że w badanej grupie czynniki te nie wpływały na poziom depresyjności po interwencji. Wynik ten jest zgodny z literaturą, w której podkreśla się, że depresja w wieku starszym zależy przede wszystkim od czynników biologicznych, zdrowotnych i psychologicznych, a wpływ zmiennych demograficznych jest ograniczony. Kok i Reynolds [10] wskazują, że choć samotność i niski status społeczny

mogą zwiększać ryzyko depresji, to same zmienne demograficzne rzadko są jej bezpośrednimi predyktorami.

W modelu zaobserwowano nieistotną tendencję do wyższego wyniku GDS-15 w grupie 60–69 lat względem ≥80 lat (B = 0,14; p = 0,102), co może sugerować, że młodsi uczestnicy badania wykazywali nieco lepszy dobrostan emocjonalny niż osoby ≥80 lat (tabela 16). Zgodnie z doniesieniami Kok i Reynoldsa [10], nasilenie objawów depresyjnych wzrasta wraz z wiekiem, co wiąże się z większą liczbą chorób przewlekłych, ograniczeniami funkcjonalnymi oraz poczuciem utraty kontroli.

Wnioski

Zastosowanie Wirtualnej Rzeczywistości w rehabilitacji pacjentów w wieku senioralnym jest skuteczną formą poprawy:

- sprawności fizycznej (wzrost tolerancji wysiłkowej oraz ogólnej sprawności krążeniowo-oddechowej);

- funkcji poznawczych (poprawa szybkości przetwarzania informacji, koncentracji uwagi oraz funkcji wykonawczych);

- aspektów emocjonalnych (zmniejszenie poziomu obawy przed upadkiem, wzrost pewności w zakresie poruszania się i wykonywania codziennych aktywności; obniżenie nasilenia objawów depresyjnych, poprawa samopoczucia psychicznego).

Najważniejszym czynnikiem determinującym poziom mobilności funkcjonalnej w drugim etapie badania dla testu TUG jest wcześniejszy poziom sprawności oceniany powyższym testem. Zmienne społeczno-demograficzne nie odgrywają istotnej roli prognostycznej, co może wskazywać, że zmiany sprawności funkcjonalnej w badanej grupie miały charakter bardziej indywidualny i były silniej związane z wcześniejszym stanem funkcjonalnym niż z cechami społeczno-demograficznymi badanych osób.

Osoby osiągające lepsze wyniki w próbie równoważnej (SLS OP, SLS CS) podczas pierwszego etapu utrzymują podobny poziom sprawności także podczas kolejnego pomiaru. Uzyskany rezultat sugeruje, że kontrola posturalna stanowi względnie trwały element funkcjonowania badanych osób. Spośród czynników społeczno-demograficznych istotną rolę odgrywa wiek badanych.

Wyższy poziom obaw przed upadkiem w pierwszym pomiarze wiązał się z wyższym wynikiem FES-I w drugim etapie. Spośród analizowanych zmiennych społeczno-demograficznych istotny okazał się wiek, stan cywilny oraz sposób zamieszkiwania.

Wyższy poziom objawów depresyjnych w pierwszym pomiarze wiązał się z wyższym poziomem objawów depresyjnych w kolejnym etapie badania. Zmienne społeczno-demograficzne okazały się nieistotne.

Nadwaga i otyłość stanowią poważny problem w grupie osób starszych. Zaledwie 17% badanych wykazuje prawidłowe wartości BMI.

Poziom funkcji poznawczych w grupie osób starszych, oceniany skalą MMSE (Mini-Mental State Examination), wskazuje na ogólnie prawidłowy poziom badanej funkcji.

Piśmiennictwo

1. Lima CA, Perracini M, Nogueira E, Ricci N. The berg balance scale as a screening test to predict falls in older adults: a systematic review. Innov Aging. 2017; 1(Suppl 1): 433.
2. Kasiukiewicz A, Magnuszewski L, Swietek M, Wojszel ZB. The Performance of Dual-Task Tests Can Be a Combined Neuro-Psychological and Motor Marker of Mild Cognitive Impairment, Depression and Dementia in Geriatric Patients-A Cross-Sectional Study. J Clin Med. 2021; 10(22): 5358.
3. Akin H, Senel A, Taskiran H, Kaya Mutlu E. Do motor-cognitive and motor-motor dual task training effect differently balance performance in older adults? Eur Geriatr Med. 2021; 12(2): 371-378.

4. Ansai JH, Andrade LP, Rossi PG, Takahashi AC, Vale FAC, Rebelatto JR. Cognitive and motor dual task gait training improves gait and balance in older adults with mild cognitive impairment. Gait Posture. 2017; 53: 181-186.
5. Muir SW, Berg K, Chesworth B, Speechley M. Quantifying the magnitude of risk for balance impairment in older adults: a systematic review and meta-analysis. J Clin Epidemiol. 2010; 63(4): 389-406.
6. Kim M, Kim Y. Age-related differences in postural control during single-leg stance with eyes closed in community-dwelling older adults. BMC Geriatr. 2021; 21(1): 348.
7. Bohannon RW, Wang YC. Two-minute step test performance and its determinants in older adults: A systematic review and meta-analysis. Arch Gerontol Geriatr. 2022; 99: 104606.
8. Sánchez-Cubillo I, Periáñez JA, Adrover-Roig D, et al. Trail Making Test performance in older adults: determinants, cognitive correlates, and normative data. Aging Neuropsychol Cogn. 2023; 30(4): 681-699.
9. Park JH, Cho H, Shin JH, et al. Fear of falling and its clinical correlates in community-dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis. BMC Geriatr. 2021; 21(1): 116.
10. Kok RM, Reynolds CF. Depression in older adults: epidemiology, assessment, and treatment. Psychiatr Clin North Am. 2022; 45(2): 233-249.

Spis tabel

Tabela 1. Częstości według płci, wieku, wykształcenia i miejsca zamieszkania 46

Tabela 2. Częstości BMI 46

Tabela 3. Częstości MMSE 47

Tabela 4. Statystyki opisowe dla testów BBS (Berg Balance Scale) oraz MMSE (Mini-Mental State Examination) 47

Tabela 5. Korelacje pomiędzy zmiennymi sprawności fizycznej, funkcji poznawczych i aspektów emocjonalnych w pierwszym etapie badania 48

Tabela 6. Korelacje pomiędzy zmiennymi sprawności fizycznej, funkcji poznawczych i aspektów emocjonalnych w drugim etapie badania 50

Tabela 7. Wyniki równania regresji dla TUG w drugim etapie badania (gdzie TUG był zmienną zależną a wynik TUG – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi) 52

Tabela 8. Wyniki równania regresji dla TUG (COG) w drugim etapie badania 54

Tabela 9. Wyniki równania regresji dla TUG MAN w drugim etapie badania (gdzie TUG MAN w drugim etapie był zmienną zależną, a wynik TUG MAN – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi) 56

Tabela 10. Wyniki równania regresji dla SLS OP w drugim etapie badania (gdzie SLS OP w drugim etapie badania był zmienną zależną, a wynik SLS OP – pierwszy etap badania oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi) 58

Tabela 11. Wyniki równania regresji dla SLS CS w drugim etapie badania (gdzie SLS CS w drugim etapie badania był zmienną zależną a wynik SLS CS – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi) 60

Tabela 12. Wyniki równania regresji dla 2MST w drugim etapie badania (gdzie 2MST w drugim etapie badania był zmienną zależną a wynik 2MST – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi) 61

Tabela 13. Wyniki równania regresji dla TMT-A w drugim etapie badania (gdzie TMT-A w drugim etapie badania był zmienną zależną a wynik TMT-A – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi) 63

Tabela 14. Wyniki równania regresji dla TMT-B w drugim etapie badania (gdzie TMT-B w drugim etapie badania był zmienną zależną a wynik TMT-B – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi) 64

Tabela 15. Wyniki równania regresji dla FES-I w drugim etapie badania (gdzie FES-I w drugim etapie badania był zmienną zależną a wynik FES-I – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi) 66

Tabela 16. Wyniki równania regresji dla GDS-15 w drugim etapie badania (gdzie GDS-15 w drugim etapie badania był zmienną zależną a wynik GDS-15 – pierwszy etap oraz zmienne społeczno-demograficzne były zmiennymi niezależnymi) 67

Tabela 17. Wyniki testów sprawności funkcjonalnej, funkcji poznawczych oraz aspektów emocjonalnych 69

Spis rycin

Rycina 1. Środowisko WR w formie korytarzy i sal ekspozycyjnych, wykorzystywane do treningu orientacji przestrzennej, planowania ruchu i adaptacji do zmiennych warunków otoczenia 39

Rycina 2. Środowisko WR symulujące przejazd wagonikiem po wysoko położonej trasie, wykorzystywane do treningu orientacji przestrzennej, kontroli posturalnej i adaptacji do bodźców wzrokowych 40

Rycina 3. Ćwiczenie w środowisku WR ukierunkowane na trening szybkości reakcji, uwagi selektywnej i koordynacji wzrokowo-ruchowej. 41

Rycina 4. Trening w środowisku WR polegający na pokonywaniu wirtualnej ścieżki z wykonywaniem obrotów, ukierunkowany na doskonalenie koordynacji ruchowej i równowagi dynamicznej (obraz scalony, perspektywa osoby wykonującej ćwiczenie). 42

Biogramy autorów



dr n. kf. Małgorzata BISKUP – adiunkt badawczo-dydaktyczny w *Collegium Medicum* Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Członek zespołu badawczego realizującego projekt „Implementacja innowacyjnych metod poprawiających sprawność funkcjonalną i jakość życia osób 60+" w ramach Programu Nauka dla Społeczeństwa II.



dr n. med. Agata MICHALSKA – adiunkt badawczo-dydaktyczny w *Collegium Medicum* Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Członek zespołu badawczego realizującego projekt „Implementacja innowacyjnych metod poprawiających sprawność funkcjonalną i jakość życia osób 60+" w ramach Programu Nauka dla Społeczeństwa II.



dr n. społ. Renata MISZCZUK – adiunkt badawczo-dydaktyczny na Wydziale Pedagogiki i Psychologii Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Członek zespołu badawczego realizującego projekt „Implementacja innowacyjnych metod poprawiających sprawność funkcjonalną i jakość życia osób 60+" w ramach Programu Nauka dla Społeczeństwa II.



mgr Piotr PALUCH – absolwent kierunku fizjoterapia na Wydziale Nauk o Zdrowiu Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Członek zespołu badawczego realizującego projekt „Implementacja innowacyjnych metod poprawiających sprawność funkcjonalną i jakość życia osób 60+" w ramach Programu Nauka dla Społeczeństwa II.



dr n. o zdr. Tomasz SIKORSKI – adiunkt badawczo-dydaktyczny w *Collegium Medicum* Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Członek zespołu badawczego realizującego projekt „Implementacja innowacyjnych metod poprawiających sprawność funkcjonalną i jakość życia osób 60+" w ramach Programu Nauka dla Społeczeństwa II.



mgr Aleksandra TOMALA – absolwentka kierunku fizjoterapia na Wydziale Nauk o Zdrowiu, studentka Szkoły Doktorskiej Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Członek zespołu badawczego realizującego projekt „Implementacja innowacyjnych metod poprawiających sprawność funkcjonalną i jakość życia osób 60+" w ramach Programu Nauka dla Społeczeństwa II.



prof. dr hab. Marek ŻAK – profesor nauk medycznych i nauk o zdrowiu w dyscyplinie nauki o zdrowiu, specjalista fizjoterapii. Profesor w *Collegium Medicum* Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Kierownik projektu „Implementacja innowacyjnych metod poprawiających sprawność funkcjonalną i jakość życia osób 60+" realizowanego w ramach Programu Nauka dla Społeczeństwa II.


Wydawnictwo
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego
w Kielcach



MAREK ŻAK – profesor nauk medycznych i nauk o zdrowiu w dyscyplinie nauki o zdrowiu, doktor habilitowany, specjalista fizjoterapii. Kierownik Zakładu Rehabilitacji Klinicznej, Collegium Medicum, Uniwersytetu Jana Kochanowskiego (UJK) w Kielcach, Zastępca Dyrektora Instytutu Nauk o Zdrowiu ds. Nauki na Wydziale Nauk o Zdrowiu, Collegium Medicum, UJK w Kielcach.
Od ponad 30 lat pracuje jako fizjoterapeuta z osobami w starszym wieku. Jest autorem i współautorem ponad 120 prac naukowych m.in. z zakresu fizjoterapii i rehabilitacji oraz współredaktorem książek z serii „Wielkie Problemy Geriatryczne" tom 1, tom 2, tom 3, „Wielka Fizjoterapia" tom 2 oraz współredaktorem polskiego wydania książki *Geriatric Physical Therapy* (*Fizjoterapia kliniczna w geriatrii*).
Przewodniczył Zespołowi Ekspertów, który opracował dla fizjoterapeutów kompleksowy program kształcenia w zakresie opieki geriatrycznej, realizowany przez Ministerstwo Zdrowia. Ekspert w Zespole ds. opieki długoterminowej oraz w Zespole ds. gerontologii Ministerstwa Zdrowia. Członek międzynarodowego zespołu naukowców *Experts in Prevention and Occupational Health group* (EXPOH). Brał udział w międzynarodowych projektach badawczych, m.in. *Comparison of Longitudinal European Studies on Aging* (CLESA), oraz *European Public Health Programme*, w ramach European Network for Safety among Elderly (EUNESE). Opracował autorski program postępowania fizjoterapeutycznego dla osób starszych, prezentowany, m.in. w USA, na zaproszenie *National Institutes of Health* (NIH) w Bethesda, Maryland, oraz w krajach Unii Europejskiej. Przewodniczący sekcji Fizjoterapii w Geriatrii Polskiego Towarzystwa Fizjoterapii. Kierownik projektu *„Implementacja innowacyjnych metod poprawiających sprawność funkcjonalną i jakość życia osób 60+"* realizowanego w ramach Programu Nauka dla Społeczeństwa II.



MAŁGORZATA BISKUP – adiunkt badawczo-dydaktyczny w Collegium Medicum Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, doktor nauk o kulturze fizycznej. Na co dzień pracuje w Zakładzie Rehabilitacji Klinicznej w Instytucie Nauk o Zdrowiu na Wydziale Nauk o Zdrowiu, Collegium Medicum, UJK w Kielcach oraz Świętokrzyskim Centrum Onkologii w Kielcach. Kierownik licznych grantów i projektów badawczych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz projektów profilaktycznych realizowanych przez Świętokrzyskie Centrum Onkologii, współfinansowanych ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego. Fizjoterapeutka z kilkunastoletnim doświadczeniem zawodowym specjalizująca się między innymi w fizjoterapii geriatrycznej i onkologicznej. Autorka i współautorka publikacji w renomowanych czasopismach naukowych. Od dwóch lat uczestniczy w pracach interdyscyplinarnego zespołu badawczego realizującego projekt *„Implementacja innowacyjnych metod poprawiających sprawność funkcjonalną i jakość życia osób 60+"* w ramach Programu Nauka dla Społeczeństwa II.



TOMASZ SIKORSKI – adiunkt badawczo-dydaktyczny w Collegium Medicum Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Doktor nauk medycznych i nauk o zdrowiu w dyscyplinie nauki o zdrowiu, fizjoterapeuta. Autor i współautor wielu publikacji polsko- i anglojęzycznych. Uczestnik projektów badawczych oraz naukowych o charakterze krajowym oraz międzynarodowym. W pracy zawodowej koncentruje się na usprawnianiu osób starszych z wykorzystaniem nowoczesnych technologii, a szczególne zainteresowania naukowe to wirtualna rzeczywistość (WR) i jej zastosowanie w fizjoterapii. Od trzech lat uczestniczy w pracach interdyscyplinarnego zespołu badawczego realizującego projekt *„Implementacja innowacyjnych metod poprawiających sprawność funkcjonalną i jakość życia osób 60+"* w ramach Programu Nauka dla Społeczeństwa II.

wydawnictwo.ujk.edu.pl
kupksiazke.ujk.edu.pl
wyd@ujk.edu.pl
41 349 72 65

ISBN 978-83-8377-103-8