

mgr Jan Adamczyk

Rozprawa doktorska

**WPŁYW ĆWICZEŃ RYTMICZNYCH
METODĄ ÉMILE'A JAQUES'A-DALCROZE'A
NA STABILNOŚĆ POSTURALNĄ
W STATYCE I DYNAMICE KOBIEŃ PO 65. ROKU ŻYCIA**



Promotor:
prof. dr hab. Janusz Maciaszek





Akademia Wychowania Fizycznego
im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

mgr Jan Adamczyk

**Wpływ ćwiczeń rytmicznych metodą Émile'a Jaques'a-Dalcroze'a
na stabilność posturalną
w statyce i dynamice kobiet po 65. roku życia**

Rozprawa doktorska

Promotor:
prof. dr hab. Janusz Maciaszek

Poznań 2023

Moim Przodkom
– w szczególności Mamie i Tacie

SPIS TREŚCI

| | |
|---|----|
| DANE O KANDYDACIE | 4 |
| WYKAZ SKRÓTÓW | 5 |
| STRESZCZENIE..... | 6 |
| ABSTRACT..... | 7 |
| 1. WSTĘP | 8 |
| 2. CELE I HIPOTEZY | 12 |
| 3. CYKL PUBLIKACJI | 13 |
| 4. METODY | 14 |
| 4.1. Interwencja – metoda rytmiki Émile’a Jaques’a-Dalcroze’a | 14 |
| 4.2. Uczestniczki | 14 |
| 4.3. Protokół badawczy | 15 |
| 4.4. Pomiar – ocena stabilności posturalnej..... | 16 |
| 4.4.1. Ocena stabilności posturalnej w dynamice (publikacja 1)..... | 16 |
| 4.4.2. Ocena stabilności posturalnej w statyce (publikacja 2) | 16 |
| 4.5. Analiza statystyczna | 18 |
| 5. OMÓWIENIE WYNIKÓW | 19 |
| 5.1. Ocena stabilności posturalnej w dynamice (publikacja 1)..... | 19 |
| 5.2. Ocena stabilności posturalnej w statyce (publikacja 2) | 19 |
| 5.3. Wpływ muzyki na wyniki (publikacje 1 i 2) | 20 |
| 5.4. Ograniczenia | 20 |
| 6. WNIOSKI | 21 |
| 7. PIŚMIENNICTWO | 22 |
| PRZEBIEG PRACY NAUKOWO-ZAWODOWEJ – INFORMACJE DODATKOWE | 26 |
| ZAŁĄCZNIK 1. OŚWIADCZENIA..... | 28 |
| ZAŁĄCZNIK 2. PUBLIKACJE..... | 39 |

DANE O KANDYDACIE

Data uzyskania tytułu magistra: 8.09.2006 r.

Nazwa jednostki organizacyjnej, w której nadany został tytuł: Akademia Muzyczna im. I.J. Paderewskiego w Poznaniu.

Kandydat nie ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora.

Aktualne miejsce pracy: Pracownia Gimnastyki, Akademia Wychowania Fizycznego im. E. Piaseckiego w Poznaniu.

Zajmowane stanowisko: od 1.03.2007 r. – instruktor.

WYKAZ SKRÓTÓW

ADL (ang. *activities of daily living*) – czynności dnia codziennego

CG (ang. *control group*) – grupa kontrolna

COP (ang. *center of pressure*) – środek nacisku stóp

COP_AD (ang. *center of pressure area deviation*) – obszar odchylenia COP

COP_PL (ang. *center of pressure path length*) – długość ścieżki COP

COP_RT (ang. *center of pressure reaction time*) – czas reakcji COP

COP_TT (ang. *center of pressure total time*) – łączny czas poruszania COP

DT (ang. *dual-task*) – model podwójnego zadania

DTC (ang. *dual-task cost*) – koszt podwójnego zadania

IG (ang. *intervention group*) – grupa eksperymentalna

JDE (ang. *Jaques-Dalcroze eurhythmics*) – rytmika Émile’a Jaques’a-Dalcroze’a
n – liczebność

RCT (ang. *randomized controlled trial*) – randomizowane badanie kontrolowane

ST (ang. *single-task*) – model pojedynczego zadania

TUG (ang. *Timed Up and Go*) – test „wstań i idź”

TUG_DT (ang. *Timed Up and Go dual-task*) – TUG w warunkach podwójnego zadania

TUG_ST (ang. *Timed Up and Go single-task*) – TUG w warunkach pojedynczego zadania

STRESZCZENIE

Wstęp. Wraz z wiekiem w organizmie zachodzi szereg degeneracyjnych zmian, których skutkiem jest m.in. pogorszenie stabilności posturalnej. Wzrasta ryzyko upadków, które mogą prowadzić do ciężkich powikłań oraz śmierci. Osoby starsze poprzez odpowiednio dobrane ćwiczenia, w tym te w modelu podwójnego zadania (DT), są w stanie utrzymywać, a nawet poprawiać poziom swojej stabilności posturalnej. W pracy zbadano wpływ ćwiczeń z wykorzystaniem rytmiki Émile'a Jaques'a-Dalcroze'a (JDE) na stabilność posturalną w dynamice (publikacja 1) oraz w statyce (publikacja 2) kobiet po 65. roku życia.

Metody. Wykorzystano model randomizowanych badań kontrolowanych (RCT) w schemacie grup równoległych. Uczestniczki eksperymentu podzielono na grupę eksperymentalną (IG) oraz na grupę kontrolną (CG). Badane z IG brały udział w zajęciach z wykorzystaniem metody JDE dwa razy w tygodniu po 45 minut przez okres 12 tygodni. Odbyły się dwie sesje pomiarowe – przed programem ćwiczeń oraz po jego zakończeniu, podczas których badano stabilność posturalną w dynamice (próby w teście „wstań i idź”, publikacja 1) oraz w statyce (próby na platformie posturograficznej, publikacja 2).

Wyniki. W każdym z testów określających stabilność posturalną w dynamice wskutek uczestnictwa w programie wykorzystującym metodę JDE odnotowano istotną poprawę wyników IG względem CG, zarówno w warunkach modelu pojedynczego zadania (ST), jak i DT (publikacja 1). Również w testach oceniających stabilność posturalną w statyce uczestniczki z IG odnotowały istotną poprawę wyników względem osób z CG (publikacja 2).

Wnioski. Udział w 12-tygodniowym programie ćwiczeń metodą JDE istotnie wpływa na poprawę stabilności posturalnej u kobiet po 65. roku życia – zarówno w warunkach sztucznie stworzonych (publikacja 2), jak i zbliżonych do tych występujących w życiu codziennym (publikacja 1). Poprawie uległy parametry kontroli oraz płynności ruchów tułowia w czasie znacznych wychyleń ciała (publikacja 2), polepszył się również poziom sprawności procesów poznawczych oraz zmniejszyło ryzyko wystąpienia upadków (publikacja 1).

ABSTRACT

Introduction. With age, the body undergoes a number of degenerative changes that result in, among other things, a deterioration of postural stability. There is an increased risk of falls which can lead to severe complications and death. The elderly through appropriately selected exercises, including those in DT conditions, can maintain and even improve the level of their postural stability. This study investigated the effects of JDE exercises on postural stability in dynamics (publication 1) and statics (publication 2) in women over 65 years of age.

Methods. An RCT research model in a parallel group design was used. Participants in the experiment were divided into IG and CG. The IG subjects took part in JDE method intervention twice a week for 45 minutes each for a period of 12 weeks. Two measurement sessions took place – before and after the exercise programme, during which postural stability was tested in dynamics (TUG test trials, publication 1) and in statics (posturography platform trials, publication 2).

Results. In each of the tests assessing postural stability in dynamics there was a significant improvement in IG scores relative to CG in both ST and DT conditions as a result of participation in the JDE method programme (publication 1). Also, in tests assessing postural stability in statics, participants with IG had a significant improvement in performance relative to those with CG (publication 2).

Conclusions. Participation in a 12-week JDE exercise programme significantly improved postural stability in women over 65 years of age, both under artificially created conditions (publication 2) and conditions similar to those encountered in everyday life (publication 1). Control parameters and the smoothness of torso movements during body leaning improved (publication 2), cognitive performance also improved and the risk of falls decreased (publication 1).

1. WSTĘP

Zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego, w Polsce następuje powszechne, nieodwracalne, postępujące starzenie się populacji. W roku 2020 udział w populacji ludności w wieku 65 lat i więcej ogółem wynosił 18,6%, natomiast prognozy na rok 2050 ukazują wzrost tego wskaźnika do 32,7%. Trwanie życia w Polsce w roku 2020 wyniosło średnio 80,7 roku u kobiet oraz 72,6 roku w przypadku mężczyzn – a według prognoz na rok 2050 nastąpi wzrost w tym zakresie odpowiednio do 88,4 roku oraz 83 lat (Główny Urząd Statystyczny 2014, 2021). Wobec tak dynamicznie postępującego procesu starzenia się ludności istnieje pilna potrzeba poszukiwania rozwiązań, które pozwolą osobom starszym jak najdłużej utrzymać odpowiedni poziom sprawności funkcjonalnej.

Do ważnych aspektów godnej starości należy zachowanie samodzielności i niezależności. Nie jest to łatwe, gdyż proces starzenia się niesie za sobą wiele degeneracyjnych zmian, które wpływają na obniżenie poziomu sprawności. Wśród najistotniejszych, wpływających na codzienne funkcjonowanie znajduje się utrata masy mięśniowej połączona ze wzrostem zawartości tkanki tłuszczowej (Muscaritoli i in. 2010) oraz choroba zwyrodnieniowa stawów, dotycząca ponad 50% populacji w wieku powyżej 65. roku życia (McKenzie i Torkington 2010). Ponadto obniża się poziom sprawności funkcjonowania większości procesów poznawczych, takich jak: pamięć, logiczne wnioskowanie, wyobrażenia przestrzenne i szybkość procesów myślowych (Salthouse 2010). Obserwuje się również pogorszenie funkcjonowania zmysłów, w tym wzroku odpowiedzialnego m.in. za kontrolowanie stabilności posturalnej ciała (Osoba i in. 2019). W wieku starszym występują również: delirium, słabość, zawroty głowy oraz omdlenia – wszystkie wymienione schorzenia razem składają się na zespół geriatryczny i prowadzą do obniżenia sprawności funkcjonalnej, czyli zdolności do wykonywania podstawowych codziennych czynności samodzielnie oraz bez szybkiego i nadmiernego zmęczenia (Inouye i in. 2007; Kostić i in. 2011). Obniżona sprawność funkcjonalna przekłada się m.in. na występowanie znacznych ograniczeń w możliwościach mobilnych, szczególnie u kobiet (Aijanseppa i in. 2005), pogarsza się bowiem jakość parametrów chodu i stabilności posturalnej. Wskutek zaburzenia zdolności utrzymywania stabilności posturalnej zwiększa się również ryzyko upadków (Hsu i in. 2019; Osoba i in. 2019), które u seniorów są szczególnie niebezpieczne – ich konsekwencją często jest trwałe kalectwo, a nawet śmierć (Alamgir i in. 2012; Evans i in. 2015; Middleton i in. 2022).

Wpływ zmian degeneracyjnych w obrębie układu mięśniowo-szkieletowego na obniżenie parametrów chodu nie budzi wątpliwości. Ponieważ jednak chód to złożony proces biomechaniczny, który wymaga ciągłej kontroli ze strony mózgu (Yogev i in. 2008), wciąż trwają badania nad wpływem zmian w obrębie funkcji poznawczych na parametry chodu (MacAulay i in. 2022; da Silva i in. 2022). Wykazano ścisły związek pomiędzy parametrami chodu a rozwojem demencji – upośledzona funkcja chodu jest wskaźnikiem rozwoju otępienia w ciągu następnych około 4 lat od jej ujawnienia (Marquis i in. 2002). Terapie obejmujące sferę poznawczą mają pozytywny wpływ na parametry chodu, a co za tym idzie – zmniejszenie ryzyka upadków (Segev-Jacubovski i in. 2011). Dlatego rozsądne wydaje się modelowanie terapii pod kątem wielozadaniowości, z wykorzystaniem np. modelu podwójnego zadania (DT), ponieważ osoba ćwicząca angażuje wówczas jednocześnie zarówno stronę motoryczną, jak i sferę mentalną. Wykazano, że różnica w ja-

kości wykonania tego samego zadania jako pojedynczego zadania (ST) względem DT jest istotnie powiązana z funkcjami poznawczymi (Muir-Hunter i in. 2014) oraz ze stopniem ryzyka upadków u osób starszych (Beauchet i in. 2009; Muhaidat i in. 2014). Udowodniono pozytywne efekty treningów o charakterze wielozadaniowym, angażujących funkcje motoryczne oraz poznawcze zarówno u osób zdrowych (Schwenk i in. 2010; Wollesen i in. 2017), jak i tych z osteoporozą (Conradsson i Halvarsson 2019) czy chorobą Parkinsona (Assis i in. 2018). Jednak – jak wskazują wyniki badań – nawet tak zaprojektowany program ćwiczeń również może nie przynosić jednoznacznych efektów. Z jednej strony Jiejiao Zheng i in. (2013) dowiedli, że u osób starszych trening wykorzystujący DT, polegający na jednoczesnym wykonywaniu zadań kognitywnych w trakcie ćwiczeń fizycznych, tzw. *cognicise* – termin użyty przez Takao Suzukiego i in. (2015) – wpływa na poprawę kontroli posturalnej w wyższym stopniu niż sam trening fizyczny. Z drugiej strony Jacques Vaillant i in. (2006) nie zaobserwowali istotnych korzyści z powodu posłużenia się modelem DT. Być może różnica wynika z liczby odbytych treningów – w pierwszym przypadku badani uczestniczyli w 24 sesjach treningowych, w drugim – w 12.

Nadal brakuje ujednoczonych programów ćwiczeń w warunkach DT, które poza skutecznością byłyby jednocześnie dostępne, tanie, a przede wszystkim bezpieczne i atrakcyjne dla uczestników w starszym wieku. Brakuje też wystandaryzowanych wytycznych dotyczących konkretnych rodzajów zadań dodatkowych podczas testów DT (Yamada i in. 2011). Dokonanie takiej standaryzacji, przy jednoczesnej intensyfikacji badań z zakresu treningu w warunkach DT, może przynieść korzyści w postaci większego poznania wpływu ich wyników na ryzyko upadków u osób starszych (Sarofim 2012). Weihong Zhang i in. (2019) w swoim systematycznym przeglądzie piśmiennictwa stwierdzili, że ćwiczenia dynamiczne (w ruchu) przynoszą lepsze efekty niż te wykonywane w warunkach statycznych (oporowe i gibkościowe), a jednoczesne wykonywanie ćwiczeń angażujących sferę fizyczną i umysłową przynosi lepsze rezultaty niż rozdzielanie tych ćwiczeń. Do podobnych wniosków doszli Chenchen Yang i in. (2020), którzy na podstawie przeglądu piśmiennictwa stwierdzili, że istnieją wstępne dowody potwierdzające pozytywne skutki treningów wielozadaniowych w celu poprawy zdolności poznawczo-motorycznych u osób starszych. Jednocześnie zaznaczyli, że w wielu przypadkach efekty interwencji, które łączyły sferę poznawczą z fizyczną, były porównywalne z tymi, w których ćwiczenia rozdzielono, pod względem ich wpływu na funkcje wykonawcze, szybkość przetwarzania informacji, uwagę, nastrój i wydolność krążeniowo-oddechową. W związku z tym badacze wskazali na potrzebę dalszych badań w tym obszarze.

Trzydzieści lat temu William J. Evans i Wayne W. Campbell (1993) opublikowali artykuł, w którym wnioskowali, że nie istnieją działania farmakologiczne, które dawałyby większe nadzieje na poprawę zdrowia i utrzymanie niezależności przed długi czas u osób starszych niż ćwiczenia fizyczne. Dziś, dzięki dziesiątkom publikacji naukowych, pozytywny wpływ aktywności ruchowej na zdrowie osób starszych nie budzi wątpliwości. Jako że zmiany strukturalne i funkcjonalne związane z procesem starzenia się prowadzą do pogorszenia wydajności procesów kontrolowanych i realizowanych przez układy nerwowy i mięśniowy, przyczyniając się znacznie do ograniczenia możliwości wykonywania czynności dnia codziennego (ADL) (Haslinger i in. 2015), należy zwrócić szczególną uwagę na aktywizację ruchową osób starszych, proponując im bezpieczne, ogólnie dostępne, tanie oraz atrakcyjne formy zajęć ruchowych. M. Elaine Cress (2006) stwierdziła, że ćwiczenia umysłu i ciała stanowią doskonałą propozycję dla osób starszych dzięki:

- rozsądnemu wykorzystaniu energii, gdyż symultaniczne ćwiczenia umysłu i ciała prowadzą do zwiększenia zasobów energii poprzez obniżenie stresu i napięcia mięśniowego, co poprawia wykonanie ruchu;

- rozsądnemu wykorzystaniu czasu, ponieważ przy jednoczesnym ćwiczeniu umysłu i ciała poprawiają się zarówno funkcje poznawcze, jak i fizyczne – czas więc zostaje lepiej rozdysponowany w porównaniu z treningiem obejmującym ćwiczenia tylko fizyczne lub tylko umysłowe – a dbanie o czas jest ważne dla osób starszych, które mają trudności z wykonaniem niezbędnych codziennych czynności;
- zwiększaniu pragnienia uczestnictwa, gdyż dowiedziono, że ćwiczenia umysłu i ciała mogą zwiększać motywację do uczestnictwa w zajęciach.

Jednym z programów aktywności typu *cognicise* są zajęcia ruchowe z wykorzystaniem rytmiki według metody Émile'a Jaques'a-Dalcroze'a (JDE). Metoda ta, opracowana na początku XX wieku z myślą o dzieciach, z czasem zaczęła systematycznie zyskiwać na popularności jako nadająca się do zastosowania również u osób dorosłych oraz seniorów. Jak dotąd – nie wliczając artykułów, na których oparta jest ta rozprawa – opublikowano niewiele badań z wykorzystaniem metody JDE wśród osób starszych. Wynika z nich jednak, że tego rodzaju ćwiczenia wpływają na poprawę wyników w testach oceniających zdolności koordynacyjne u osób starszych – głównie na parametry chodu oraz stabilności posturalnej. Autorzy określają ćwiczenia JDE jako wielozadaniowe, wymuszające na ćwiczących ciągłe skupienie.

Reto Kressig i in. (2005) zbadali wpływ długotrwałego uczestnictwa w zajęciach muzyczno-ruchowych z wykorzystaniem metody JDE na sprawność funkcjonalną seniorów, ze szczególnym uwzględnieniem równowagi dynamicznej w warunkach DT. Badaniami objęto 21 kobiet po 70. roku życia, z których 10, stanowiących grupę eksperymentalną, od 40 lat regularnie uczestniczyło w zajęciach JDE. Wyniki pokazały, że wskutek uczestnictwa w programie ćwiczeń obciążenie dodatkowym zadaniem w trakcie chodu nie wpłynęło na poziom równowagi w grupie eksperymentalnej, natomiast w grupie kontrolnej zaobserwowano pogorszenie wyników w warunkach DT.

Andrea Trombetti i in. (2011) zbadali wpływ udziału w 25-tygodniowym programie (1 × tyg., 60 min), opartym na ćwiczeniach muzyczno-ruchowych przy akompaniamencie pianina, z wykorzystaniem elementów metody JDE na sprawność funkcjonalną osób po 65. roku życia. Badaniami objęto 134 osoby, w tym 129 kobiet; autorzy podkreślili pionierskość i odkrywczość swoich badań przeprowadzonych na tak licznej grupie. Potwierdzono, że udział w programie wpłynął istotnie na poprawę parametrów czasowo-przestrzennych chodu zarówno w warunkach ST, jak i DT. Odnotowano poprawę równowagi statycznej i dynamicznej oraz obniżenie ryzyka upadków. Autorzy zwrócili również uwagę, że udział w programie ćwiczeń ruchowych opartych na JDE motywuje do jego kontynuacji.

Po trzech latach Mélny Hars i in. (2014) postanowili ponownie zbadać uczestników wyżej opisanego eksperymentu, korzystając z pierwotnie użytych metod. Celem była ocena trwałości efektów uzyskanych dzięki uczestnictwu w zajęciach rytmicznych z wykorzystaniem metody JDE. Wybrano 52 osoby, które podzielono na dwie grupy: 1) eksperymentalną – osoby, które przez okres 4 lat kontynuowały udział w programie ćwiczeń, n = 23, oraz 2) kontrolną – osoby, które zaprzestały udziału w zajęciach, n = 29. Analiza rezultatów ukazała istotną poprawę w grupie eksperymentalnej względem kontrolnej, dotyczącą parametrów chodu oraz stabilności posturalnej. Dodatkowo u osób z grupy eksperymentalnej zmniejszyło się ryzyko wystąpienia upadków.

Lisa Ferguson-Stegall i in. (2017) opublikowali artykuł, w którym opisali wpływ ćwiczeń z wykorzystaniem metody JDE na szybkość chodu w warunkach ST oraz DT oraz na stabilność posturalną osób pomiędzy 60. a 80. rokiem życia. Dziewięcioro uczestników uczęszczało na zajęcia przez 9 tygodni (1 × tyg., 60 min). Wyniki pokazały istotną poprawę szybkości chodu w warunkach ST oraz DT.

Niewątpliwą zaletą, elementem zarazem wyróżniającym ćwiczenia JDE, jest wykonywanie ich w dużej mierze przy akompaniamencie pianina lub fortepianu. Poza wymiarem praktycznym (muzyka nadaje tempo, określa liczbę powtórzeń, wykorzystywana jest jako zadanie dodatkowe w modelu DT) obcowanie z muzyką wykonywaną na żywo stanowi dodatkową wartość dla uczestników zajęć – pozytywny wpływ muzyki na człowieka został wielokrotnie udowodniony (Diaz Abraham i in. 2019; Lin i in. 2011; Ruscello i in. 2014). Wszystko to tworzy alternatywę wobec innych popularnych form ćwiczeń dla seniorów – zajęcia są postrzegane jako atrakcyjne, a odsetek osób rezygnujących w trakcie trwania programu niewielki.

Mając na uwadze to, że: 1) wraz z wiekiem następuje naturalny proces pogarszania się zdolności utrzymania stabilności posturalnej, prowadzący do zwiększenia się ryzyka upadków, których skutki często są bardzo poważne; 2) ograniczenia w wykonywaniu ADL w zakresie mobilności pojawiają się częściej u kobiet; 3) dzięki odpowiednio dobranym ćwiczeniom istnieje możliwość poprawy parametrów stabilności posturalnej; 4) wyniki dotychczasowych badań, m.in. z wykorzystaniem modelu DT, w tym metody JDE, są obiecujące – postanowiono ocenić wpływ programu aktywności fizycznej (programu gimnastyczno-rytmicznych ćwiczeń metodą JDE trwającego 12 tygodni) na stabilność posturalną kobiet po 65. roku życia, mierzoną w statyce oraz dynamicznie.

Obserwując zróżnicowane wyniki innych badaczy, uznano za ważne nie tylko zastosowanie odpowiedniego dla osób starszych programu treningowego, ale również sprawdzenie efektywności opracowanego programu: 1) w warunkach sztucznie stworzonych, tj. próbach laboratoryjnych pozwalających wyznaczyć precyzyjne, ale uznawane czasem za dyskusyjne parametry stabilności posturalnej, oraz 2) w zadaniach dynamicznych bardzo zbliżonych do tych z życia codziennego, w których poprzez powiązanie z równowagą koordynacyjną zdolności motoryczne obserwujemy skutek, czyli efekt motoryczny. Miało to pozwolić na szerszą analizę struktury wpływu treningu metodą JDE.

2. CELE I HIPOTEZY

Celem głównym podjętych badań było określenie wpływu uczestnictwa w 12-tygodniowym programie ćwiczeń metodą JDE na stabilność posturalną kobiet po 65. roku życia.

Cele szczegółowe:

- ocena zmian stabilności posturalnej kobiet po 65. roku życia uczestniczących w 12-tygodniowym programie ćwiczeń metodą JDE w rozróżnieniu na: 1) stabilność posturalną mierzoną w statyce w warunkach laboratoryjnych, 2) stabilność posturalną mierzoną w dynamice w warunkach symulujących czynności z życia codziennego;
- ocena wpływu udziału w 12-tygodniowym programie ćwiczeń metodą JDE kobiet po 65. roku życia na stabilność posturalną w dynamice w warunkach ST oraz DT.

Hipotezy:

- udział w 12-tygodniowym programie ćwiczeń rytmicznych metodą JDE istotnie poprawia stabilność posturalną kobiet po 65. roku życia, zarówno w statyce, jak i w dynamice;
- udział w 12-tygodniowym programie ćwiczeń rytmicznych metodą JDE istotnie poprawia zdolność do wykonania zadań motorycznych w warunkach DT względem ST u kobiet po 65. roku życia.

3. CYKL PUBLIKACJI

Niniejszą dysertację napisano na podstawie cyklu publikacji naukowych pod wspólnym tytułem *Wpływ ćwiczeń rytmicznych metodą Émile'a Jaques'a-Dalcroze'a na stabilność posturalną w statyce i dynamice kobiet po 65. roku życia*. W skład cyklu wchodziły dwie powiązane tematycznie publikacje naukowe:

1. Adamczyk J., Celka R., Stemplewski R., Ceynowa K., Kamińska P., Maciaszek J. (2020) The impact of 12-week Jaques-Dalcroze eurhythmic programme on the dynamic agility in single-dual-task conditions in older women: a randomized controlled trial. *Bio-Med Research International*, 9080697. <https://doi.org/10.1155/2020/9080697>
punktacja MEiN: 70; Impact Factor: 3,246; Impact Factor 5-letni: 3,767
2. Adamczyk J., Celka R., Stemplewski R., Ceynowa K., Maciaszek J. (2022) Effects of Jaques-Dalcroze eurhythmic program on postural stability in elderly women. *Scientific Reports*, 12, 7073. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11095-x>
punktacja MEiN: 140; Impact Factor: 4,997; Impact Factor 5-letni: 5,516

Łącznie: punktacja MEiN: 210; Impact Factor: 8,243; Impact Factor 5-letni: 9,283

Niniejszy autoreferat został opracowany w ujęciu syntetycznym – w formie zwięzłego zaprezentowania informacji zawartych i szerzej omówionych w artykułach opublikowanych w ramach cyklu. Zdecydowano się nie zamieszczać większości tabel oraz rycin występujących w źródłowych publikacjach. Zrezygnowano również z klasycznego układu pracy naukowej, zastępując rozdziały *Wyniki* oraz *Dyskusja* rozdziałem *Omówienie wyników*. Uznano bowiem za bezzasadne powtarzanie informacji, które zostały już zawarte w rzeczonych artykułach.

Autor uznał zamieszczenie powyższego wyjaśnienia za niezwykle istotne w świetle tego, że opracowywanie dysertacji na podstawie publikacji naukowych jest wciąż *novum*, a co za tym idzie – metoda przygotowania autoreferatu oraz ostateczny sposób jego oceny bywają wysoce zróżnicowane.

4. METODY

4.1. Interwencja – metoda rytmiki Émile’a Jaques’a-Dalcroze’a

Każda sesja treningowa trwała 45 minut, zajęcia odbywały się dwa razy w tygodniu przez okres 12 tygodni w sali gimnastycznej Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu. Wszystkie zajęcia zawierały ćwiczenia z wykorzystaniem metody JDE, zarówno przy żywym akompaniamencie pianina, jak i z wykorzystaniem muzyki odtwarzanej elektronicznie. Treningi prowadziła specjalistka z zakresu metody JDE. Należy zaznaczyć, że zajęcia były dla uczestników atrakcyjne (co potwierdziły wyniki ankiety przeprowadzonej po interwencji) – w trakcie programu z udziału w zajęciach zrezygnowało mniej niż 8% osób, a pozostali badani uczestniczyli w ćwiczeniach z co najmniej 90-procentową frekwencją.

Każde zajęcia składały się z trzech podstawowych części: rozgrzewka (~10 min), część główna (~30 min) oraz ćwiczenia uspokajające i oddechowe (~5 min). Ćwiczenia z wykorzystaniem metody JDE polegały przede wszystkim na odtwarzaniu przez osoby ćwiczące zadanych przebiegów muzycznych za pomocą ruchów ciała. Obok strony fizycznej równie ważna była warstwa kognitywna: uczestniczki, wykonując dane ćwiczenie ruchowe, musiały utrzymywać skupienie, aby odpowiednio reagować na dodatkowe zadania, takie jak zmiany wysokości dźwięków (np. w przypadku wysokich dźwięków uczestniczki miały za zadanie iść we wspięciu na palcach, a gdy dźwięki były niskie – w półprzysiadzie) oraz zmiany tempa, dynamiki czy też artykulacji w muzyce. Wśród wykonywanych zadań znalazły się m.in. realizacje ruchowe tematów rytmicznych, podwójna i potrójna szybkość ruchów, podwójne i potrójne zwolnienie, przekształcanie rytmiczne tematów muzycznych oraz polirytmie (np. ramiona poruszają się w innym rytmie niż nogi). Wykonywano również ćwiczenia inhibicyjno-incytacyjne (zatrzymywanie oraz wznowianie ruchu, np. należało się zatrzymać, gdy akompaniator przerywał grę, a następnie niezwłocznie wznowić chód, gdy muzyka pojawiała się ponownie), improwizację ruchową oraz ćwiczenia kształtujące kontrolę stabilności posturalnej ciała, niezależność ruchów i ich koordynację.

4.2. Uczestniczki

Nabór uczestniczek został przeprowadzony na podstawie zgłoszeń w odpowiedzi na ogłoszenia zamieszczone w lokalnej prasie oraz internecie i obejmował obszar aglomeracji poznańskiej. Kryteria kwalifikacyjne były następujące: kobiety w wieku powyżej 65. roku życia, mieszkające w środowisku domowym, bez przeciwwskazań do udziału w zajęciach ruchowych. Uczestniczki wyraziły świadomą zgodę na udział w eksperymencie, a także uzyskały co najmniej 8 punktów w Skróconym Teście Sprawności Umysłowej. Do programu nie były kwalifikowane osoby przyjmujące leki mogące zaburzać naturalną kontrolę stabilności posturalnej, korzystające ze sprzętu ortopedycznego, osoby z chorobą neurologiczną (Parkinsona lub Alzheimer), osoby z istotnymi zaburzeniami percepcji wzrokowej i/lub słuchowej oraz osoby, które podejmują lub podejmowały regularną aktywność fizyczną w ciągu ostatnich trzech lat.

Publikacja 1

Do programu zakwalifikowały się 82 kobiety. W toku randomizacji przeprowadzonej przy użyciu programu Statistica 10 (Dell Inc., Tulsa, OK, USA) uczestniczki zostały podzielone na dwie równe liczebnie grupy: eksperymentalną (IG) oraz kontrolną (CG). Końcowa analiza statystyczna dotycząca określenia wpływu JDE na stabilność posturalną w dynamice objęła łącznie 73 kobiety, w tym 34 osoby z IG oraz 39 z CG, które uczestniczyły w zajęciach z minimum 90-procentową frekwencją oraz wzięły udział w obydwu sesjach pomiarowych. Tabela 1 przedstawia charakterystykę wieku badanych.

Tabela 1. Charakterystyka wieku uczestniczek badań opisanych w publikacji 1

| | Średnia wieku | Odchylenie standardowe | Wiek minimalny | Wiek maksymalny |
|---------------------------------|---------------|------------------------|----------------|-----------------|
| Wszystkie uczestniczki (n = 73) | 69,87 | 3,23 | 65 | 79 |
| IG (n = 34) | 69,71 | 3,17 | 65 | 76 |
| CG (n = 39) | 70,03 | 3,31 | 65 | 79 |

Publikacja 2

W celu rozwiązania kolejnego problemu badawczego, tj. określenia wpływu JDE na stabilność posturalną w statyce, analizie statystycznej poddano wyniki 26 uczestniczek z IG oraz 33 z CG, które w pełni uczestniczyły w testach posturograficznych. Tabela 2 przedstawia charakterystykę wieku badanych.

Tabela 2. Charakterystyka wieku uczestniczek badań opisanych w publikacji 2

| | Średnia wieku | Odchylenie standardowe | Wiek minimalny | Wiek maksymalny |
|---------------------------------|---------------|------------------------|----------------|-----------------|
| Wszystkie uczestniczki (n = 59) | 69,84 | 3,29 | 65 | 79 |
| IG (n = 26) | 69,58 | 3,05 | 65 | 76 |
| CG (n = 33) | 70,06 | 3,51 | 65 | 79 |

4.3. Protokół badawczy

Wykorzystano model badań oparty na randomizowanych badaniach kontrolowanych (RCT) w schemacie grup równoległych. Kobiety z IG uczestniczyły w programie zajęć ruchowych, natomiast osoby z CG dostały zalecenie, aby nic nie zmieniać w ich dotychczasowym stylu życia, a w szczególności nie podejmować nowych, usystematyzowanych form aktywności fizycznej. By móc ocenić wpływ interwencji na stabilność posturalną, jej poziom u każdej uczestniczki został zmierzony dwukrotnie. Pierwsza sesja pomiarowa odbyła się w ciągu tygodnia poprzedzającego rozpoczęcie ćwiczeń, a druga w ciągu tygodnia po ich zakończeniu.

Projekt badawczy został pozytywnie zaopiniowany przez Komisję Bioetyczną przy Uniwersytecie Medycznym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu (uchwała 1046/15).

4.4. Pomiar – ocena stabilności posturalnej

4.4.1. Ocena stabilności posturalnej w dynamice (publikacja 1)

Do oceny stabilności posturalnej w dynamice wykorzystano test Timed Up and Go (TUG), opracowany i szczegółowo opisany przez Diane Podsiadlo i Sandrę Richardson (1991). Zdecydowano się przeprowadzić test w dwóch wersjach: 1) wykonanie zadania w warunkach pojedynczego zadania (TUG_ST), gdzie badana skupiała się wyłącznie na sprawnym chodzie, oraz 2) wykonanie zadania w warunkach podwójnego zadania (TUG_DT), gdzie badana, poza chodem, wykonywała jednocześnie dodatkowe zadanie umysłowe: głośne wymienianie zmniejszających się liczb od 60 co trzecią liczbę. W instrukcji przekazywanej uczestniczkom nie zostało sprecyzowane, na której czynności badana powinna skupić się bardziej. Relacja pomiędzy zmianą wyników w warunkach ST-DT, czyli tzw. koszt podwójnego zadania (DTC), jest istotnie powiązana z procesami poznawczymi (Muir-Hunter i in. 2014) oraz ze stopniem ryzyka upadków u osób starszych (Beauchet i in. 2009; Muhaidat i in. 2014).

Badana siedziała na standardowym krześle opartym o ścianę, z rękami spoczywającymi na udach oraz stopami na podłodze. W odległości trzech metrów od przedniej krawędzi siedziska znajdowała się tyczka slalomowa. Na komendę „start” badana wstawiała z krzesła (mogła posiłkować się rękami), szła w kierunku tyczki, okrążyła ją z dowolnej strony, po czym tą samą drogą wracała i siadała na krześle. Osoba badana została poinformowana, że jest to próba czasowa i powinna postarać się wykonać ją jak najszybciej, jednak nie biegnąc. Badający demonstrował poprawny przebieg testu, po czym badana wykonywała jedną niemierzoną próbę, w ramach ćwiczenia. Następnie wykonywała dwie właściwe próby w warunkach ST oraz dwie w warunkach DT. Osoba badająca stała w pobliżu toru poruszania się badanej, służąc asekuracją, gdyby pojawiło się ryzyko upadku. Na wyniki składały się: uśrednione czasy wykonania prób TUG_ST, TUG_DT, jak i różnica pomiędzy nimi (DTC), tj. różnica pomiędzy czasem wykonania zadania w warunkach DT względem warunków ST wyrażona procentowo zgodnie ze wzorem:

$$DTC (\%) = \frac{TUG_DT (s) - TUG_ST (s)}{TUG_ST (s)} \times 100$$

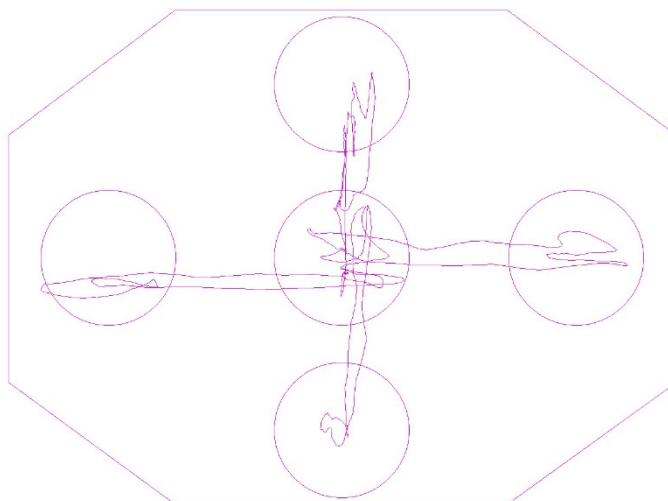
4.4.2. Ocena stabilności posturalnej w statyce (publikacja 2)

Stabilność posturalną w statyce zbadano poprzez określenie zdolności kontroli przemieszczania środka ciężkości wyrażonego jako środek nacisku stóp (COP) uczestniczek. W tym celu wykorzystano platformę posturograficzną model AccuSway Plus, wraz z oprogramowaniem Balance Trainer, firmy AMTI (Watertown, MA 02472, USA). System rejestrował zmiany położenia COP; częstotliwość próbkowania ustawiona została na 100 Hz. Zmiany położenia punktu COP są wiarygodnym parametrem oceny stabilności posturalnej oraz kontroli równowagi ciała w pozycji pionowej (Chien i Hsu 2018).

Platforma posturograficzna przytwierdzona była do płaskiego podłoża. Przed badaną w odległości 1,5 metra na wysokości oczu znajdował się 27-calowy monitor. Pomieszczenie było wygłuszone, co zapewniało ciszę i spokój. Na platformie znajdowały się linie określające odpowiednie odległości oraz kąty ułożenia stóp, tak aby przy każdej kolejnej próbie badana stawiała w podobny sposób. Stopy na platformie ustawiano w sposób naturalny, jedna obok drugiej na szerokość bioder, palce stóp delikatnie skierowane na zewnątrz.

Użyto protokołu wykorzystującego analizę równowagi z informacją zwrotną – badane na ekranie widziały punkt będący odzwierciedleniem ich COP. Wychylając ciało w różnych kierunkach, mogły obserwować zmiany położenia swojego COP w czasie rzeczywistym. Zadaniem uczestniczek było zrobienie tego w taki sposób, aby kierować COP w odpowiednie, zaznaczone na monitorze obszary-cele w odpowiedniej kolejności.

Mając na uwadze wynikającą z wieku badanych niejednorodność grupy w zakresie sprawności fizycznej, odległości skrajnych obszarów względem środkowego, a co za tym idzie – zakres wychyleń, zdecydowano się wyznaczyć dla każdej uczestniczki indywidualnie. W tym celu najpierw określano maksymalne wychylenia tułowia w płaszczyźnie strzałkowej oraz czołowej, a następnie oprogramowanie automatycznie wyznaczało środki obszarów w odległości 75% maksymalnego wychylenia w danym kierunku. Dzięki temu każda uczestniczka badania wychylała tułów relatywnie tak samo daleko, a wykonanie zadania znajdowało się w jej możliwościach. Wyniki zakresów maksymalnych wychyleń tułowia również zostały poddane analizie statystycznej. Sposób rozmieszczenia obszarów-celów wraz z przykładowym śladem ścieżki COP pokazano na rycinie 1.



Rycina 1. Schemat rozmieszczenia obszarów-celów wraz z przykładowym śladem ścieżki COP (zrzut ekranu z oprogramowania użytego do wykonania testu)

Test składał się z dwóch podstawowych elementów: 1) fazy ruchu punktu COP oraz 2) fazy utrzymania punktu COP. Zadanie polegało na przemieszczaniu punktu COP do poszczególnych obszarów według z góry ustalonej kolejności, przy czym należało utrzymać punkt COP wewnątrz każdego celu przez co najmniej jedną sekundę, po czym cel stawał się nieaktywny (ciemniejszy), co było sygnałem jego prawidłowego zaliczenia. W tym samym momencie podświetlał się kolejny obszar (aktywny), co było informacją, że należy tam przenieść punkt COP i ponownie utrzymać wewnątrz obszaru przez minimum jedną sekundę.

Każdej uczestniczce udzielono słownej instrukcji na temat przebiegu testu, ze szczególnym zaznaczeniem, że: 1) podczas wychyleń tułowia należy angażować jedynie staw skokowy, a stawy biodrowy oraz kolanowy powinny pozostać wyprostowane, 2) podczas testu ręce przez cały czas powinny być ułożone wzdłuż tułowia, 3) próbę należy wykonać możliwie szybko i dokładnie, przemieszczając punkt COP jak najkrótszą drogą do celu, a po jego osiągnięciu starać się utrzymać punkt COP możliwie nieruchomo w środku obszaru, aż stanie się nieaktywny (zrobi się ciemny). Uczestniczki zostały również poinformowane, że podczas wychyleń tułowia będą asekurowane przez osobę badającą. Następ-

nie osoba przeprowadzająca badanie wykonywała pokaz całej próby. Ostatnim krokiem było wykonanie dwóch prób zapoznawczych przez uczestniczki badania, po czym następowiała próba trzecia, której wyniki poddano analizie statystycznej. Tabela 3 przedstawia dane wyjściowe – opis czterech parametrów, których wyniki zostały poddane analizie statystycznej.

Tabela 3. Opis analizowanych parametrów wraz ze skrótami, jednostkami oraz zdolnościami, które badają

| Parametr | Skrót | Jednostka | Oceniana zdolność |
|--|--------|---|---|
| <i>Center of pressure path length</i> : suma długości ścieżek od pozycji startowej do przecięcia obwodu aktywnego celu | COP_PL | centymetr (cm) | dokładność przemieszczania COP (z wyłączeniem czasu utrzymania punktu COP wewnątrz celu) |
| <i>Center of pressure area deviation</i> : suma pól, w których ścieżka COP odchyła się względem linii prostej przecinającej pozycję początkową oraz końcową badanego | COP_AD | centymetr kwadratowy (cm ²) | dokładność przemieszczania COP (z uwzględnieniem czasu utrzymania punktu COP wewnątrz celu) |
| <i>Center of pressure total time</i> : czas potrzebny na wykonanie całej próby | COP_TT | sekunda (s) | szybkość przemieszczania COP |
| <i>Center of pressure reaction time</i> : uśredniony czas reakcji potrzebny na przecięcie obwodu celu, mierzony od momentu aktywowania kolejnego celu | COP_RT | sekunda (s) | czas reakcji prostej wzrokowo-ruchowej |

4.5. Analiza statystyczna

Wiek uczestniczek został przedstawiony jako średnia wraz z odchyleniem standardowym oraz wartościami minimalnymi i maksymalnymi. Normalność rozkładów wyników została sprawdzona za pomocą testu Shapiro–Wilka. Na podstawie wyników testów stabilności posturalnej przeprowadzona została dwuczynnikowa analiza wariancji (ANOVA). Dla określenia wielkości efektu zastosowano analizę eta kwadrat. W przypadku stwierdzenia istotnych efektów głównych lub interakcji pomiędzy przydziałem do grupy badawczej a sesją pomiarową (grupa*czas) przeprowadzono test *post-hoc* Tukeya. Różnice pomiędzy grupami w obszarze pojedynczej sesji badawczej oraz pomiędzy sesjami badawczymi w obszarze danej grupy określono za pomocą testu U Manna–Whitneya z poprawką na ciągłość. Poziom istotności statystycznej został ustawiony na 5%. Obliczenia wykonano za pomocą programu Statistica 13.4 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA).

5. OMÓWIENIE WYNIKÓW

5.1. Ocena stabilności posturalnej w dynamice (publikacja 1)

Zbadano wpływ wykonywania ćwiczeń metodą JDE na stabilność posturalną mierzoną w dynamice u senierek. W każdym z trzech testów (TUG_ST, TUG_DT, DTC) odnotowano istotną interakcję grupa*czas, to znaczy pomiędzy IG a CG względem pierwszej i drugiej sesji pomiarowej, co pozwoliło stwierdzić, że udział w zaproponowanym programie ćwiczeń istotnie poprawił stabilność posturalną w dynamice ($p < 0,001$). U osób z CG wyniki uległy pogorszeniu – można tłumaczyć to tym, że u osób starszych, szczególnie tych prowadzących sedenteryjny tryb życia, zdolność kontrolowania równowagi pogarsza się wraz z wiekiem (Silva Borges i in. 2014), podobnie jak pogarszają się funkcje kognitywne mózgu (Su Xian Chong i in. 2019). W warunkach ST u żadnej z grup nie odnotowano istotnych zmian między pierwszym a drugim pomiarem, podczas gdy w warunkach DT taka różnica wystąpiła. Można zatem przypuszczać, że to właśnie funkcje kognitywne w większej mierze niż fizyczne decydują o pogorszeniu wyników w warunkach DT w CG. W przypadku zmiennej TUG_ST u uczestniczek z IG nie zaobserwowano istotnej poprawy wyniku wskutek udziału w programie JDE, choć przy $p = 0,058$ w analizie *post-hoc* można mówić o wyraźnej tendencji.

Eksperyment miał na celu potwierdzić i wzbogacić stan wiedzy o pozytywnym wpływie metody JDE na stabilność posturalną w dynamice u senierek. Niewątpliwie atutem przeprowadzonych badań są: 1) wykorzystanie protokołu RTC, 2) duża grupa badawcza oraz 3) istotna statystycznie interakcja badanych zmiennych u IG względem CG w relatywnie krótkim czasie.

5.2. Ocena stabilności posturalnej w statyce (publikacja 2)

Przeprowadzone na platformie posturograficznej próby z tzw. sprzężeniem zwrotnym, na początku i na końcu eksperymentu, pokazały, w jakim stopniu dobrze zaprogramowany trening z użyciem metody JDE może przyczynić się do zwiększenia efektywności wykorzystania wzroku w celu utrzymania ciała w stabilnym położeniu. Z ogólnego obrazu wychwiań tułowia badanych kobiet wynika, że wszystkie analizowane parametry się poprawiły.

Szczegółowej ocenie zostały poddane parametry określające szybkość ruchu przemieszczającego się COP, dokładność oraz czas reakcji wzrokowo-ruchowej. W przypadku oceny precyzji ruchu analizowano dwa parametry: 1) COP_PL, który określa dokładność kontroli COP w fazie ruchu, oraz 2) COP_AD, który dodatkowo wskazuje na zdolność utrzymania ciała w narzuconym położeniu. W obu przypadkach stwierdzono istotnie statystyczną interakcję pomiędzy przydziałem do grupy a sesją pomiarową. Mimo że test *post-hoc* wykazał istotną zmianę – poprawę wyników IG tylko w przypadku COP_PL – kierunek zmian wyników obu analizowanych parametrów jest odwrotny w IG w stosunku do CG. Oznacza to, że trening JDE wpłynął pozytywnie na zdolność do kontroli wychyleń ciała w trakcie narzuconych ruchów na platformie posturograficznej. Manuel Hernandez i in. (2012) zaobserwowali, że starsze kobiety, wychylając całe ciało (przemieszczając

swój COP), wykonują dodatkowe, mniejsze ruchy (ang. *submovements*). W odniesieniu do naszych badań można więc wnioskować, że w przypadku IG ćwiczenia metodą JDE ograniczyły liczbę ruchów, przez co w większym stopniu wpłynęły na płynność i precyzję fazy ruchu niż na utrzymanie COP w narzuconym położeniu (wewnątrz celu na ekranie monitora).

Z przeprowadzonego eksperymentu, na podstawie zmian wszystkich analizowanych parametrów wynika, że trening z wykorzystaniem JDE przyczynił się do poprawy zarówno precyzji, jak i prędkości wolicjonalnych przemieszczeń COP w próbie oceniającej stabilność posturalną w statyce ze sprzężeniem zwrotnym. Ruchy wykonywane przez badane z IG były mniej obszerne i wykonywane z większą precyzją. Dzięki wolnym, lecz trudnym koordynacyjnie ruchom, nauczanym i stosowanym przez okres 12 tygodni treningowych, wyraźnie poprawiła się kontrola nad całym ciałem oraz, jak można przypuszczać, propriocepcja.

5.3. Wpływ muzyki na wyniki (publikacje 1 i 2)

Jako że program ćwiczeń w znacznej mierze opierał się na wykorzystaniu muzyki, należy rozważyć również jej wpływ na uzyskane wyniki. Brad Hagen i in. (2003) dowiedli, że grupa seniorów ćwicząca przy muzyce, w porównaniu z grupą kontrolną ćwiczącą bez muzyki, uzyskała lepsze wyniki w obszarach równowagi, zakresu ruchów w stawach, zdolności kognitywnych, oceny behawioralnej oraz satysfakcji z życia. Podobne pozytywne wyniki uzyskały Janet Hamburg i Alicia Clair (2003) – ich program polegał na dobieraniu muzyki o rytmie odpowiadającym rytmowi wykonywanych ćwiczeń. Po pięciu tygodniach ćwiczeń u seniorów odnotowano istotną poprawę równowagi, gibkości, koordynacji oraz orientacji przestrzennej. Badania wskazują również na inne, poza zdolnościami motorycznymi, pozytywne zmiany pod wpływem ćwiczeń przy muzyce, możliwe do uzyskania przez seniorów. Cynthia Teel i in. (1999) odnotowały niezwykle ważny w tej grupie osób wysoki wskaźnik uczestnictwa w takich zajęciach (>89%). Dodatkowo osoby badane w samoocenie stwierdziły u siebie wysoką motywację do ćwiczeń, zwiększoną świadomość postawy, poprawę równowagi oraz zwiększoną łatwość w nawiązywaniu kontaktu z innymi uczestnikami zajęć. Natomiast Frederick Carrick i in. (2007) w swoim RCT dowodzą, że nawet samo słuchanie muzyki może poprawić stabilność posturalną oraz obniżyć ryzyko wystąpienia upadku. Wszystkie wymienione powyżej cechy mogły przełożyć się na uzyskanie lepszych wyników przez uczestniczki naszych eksperymentów z IG.

5.4. Ograniczenia

Przeprowadzone badania obarczone są ograniczeniami. Przede wszystkim nie można wskazać zmian, jakie zachodziły w strukturach nerwowych uczestniczek, jako że nie przeprowadzono diagnostyki obrazowej mózgu. Takie dane mogłyby pokazać, co dokładnie jest przyczyną pozytywnych zmian wśród uczestniczek z IG oraz negatywnych u tych z CG – i pozwoliłyby podjąć próbę określenia proporcji pomiędzy wpływem sfery fizycznej i sfery kognitywnej. Dodatkowo, w kolejnych badaniach, wskazane byłoby stworzenie dodatkowych grup kontrolnych: 1) wykonujących wyłącznie ćwiczenia fizyczne oraz 2) wykonujących wyłącznie ćwiczenia kognitywne. Wówczas można by dokładniej porównać i określić mechanizmy wpływu metody JDE na stabilność posturalną.

6. WNIOSKI

Udział w 12-tygodniowym programie ćwiczeń rytmicznych metodą JDE u kobiet po 65. roku życia istotnie wpływa na poprawę stabilności posturalnej mierzonej w dynamice w warunkach zbliżonych do tych występujących w życiu codziennym (publikacja 1).

Udział w 12-tygodniowym programie ćwiczeń rytmicznych metodą JDE u kobiet po 65. roku życia istotnie wpływa na stabilność posturalną mierzoną w statyce poprzez poprawę kontroli oraz płynności ruchów tułowia w czasie znacznych wychyleń ciała (publikacja 2).

Udział w 12-tygodniowym programie ćwiczeń rytmicznych metodą JDE u kobiet po 65. roku życia istotnie wpływa na poprawę poziomu sprawności funkcjonowania procesów poznawczych oraz zmniejszenie ryzyka wystąpienia upadków (publikacja 1).

Z uwagi na bezpieczeństwo oraz atrakcyjność zajęć metodą JDE, jak również z powodu obiecujących wyników dotychczasowych badań, należy zaproponować ten program jako alternatywę dla szeroko dostępnych, popularnych programów ruchowych. Jednocześnie powinno się zgłębiać wiedzę na temat mechanizmu wpływu ćwiczeń JDE nie tylko na stabilność posturalną, lecz również na pozostałe elementy sprawności funkcjonalnej seniorów.

7. PIŚMIENICTWO

- Aijanseppa S., Notkola I.-L., Tjihuis M., van Staveren W., Kromhout D., Nissinen A. (2005) Physical functioning in elderly Europeans: 10 year changes in the north and south: the HALE project. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 59, 413–419. <https://doi.org/10.1136/jech.2004.026302>
- Alamgir H., Muazzam S., Nasrullah M. (2012) Unintentional falls mortality among elderly in the United States: time for action. *Injury*, 43 (12), 2065–2071. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2011.12.001>
- Assis G.G. de, Silva T.A. da, Dantas P.M.S. (2018) Dual-task exercise as a therapy for executive motor function in Parkinson's disease. *Human Movement*, 19 (1), 57–63. <https://doi.org/10.5114/hm.2018.73613>
- Beauchet O., Annweiler C., Dubost V., Allali G., Kressig R.W., Bridenbaugh S., Berrut G., Assal F., Herrmann F. (2009) Stops walking when talking: a predictor of falls in older adults? *European Journal Of Neurology*, 16 (7), 786–795. <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2009.02612.x>
- Carrick F., Oggero E., Pagnacco G. (2007) Posturographic changes associated with music listening. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 13 (5). <https://doi.org/10.1089/acm.2007.7020>
- Chien J.E., Hsu W.L. (2018) Effects of dynamic perturbation-based training on balance control of community-dwelling older adults. *Scientific Reports*, 8 (1), 1–8. <https://doi.org/doi:10.1038/s41598-018-35644-5>
- Conradsson D., Halvarsson A. (2019) The effects of dual-task balance training on gait in older women with osteoporosis: a randomized controlled trial. *Gait Posture*, 68, 562–568. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.01.005>
- Cress M.E. (2006) Assessing physical performance in older adults. W: Poon L.W., Chodsko-Zajko W., Tomporowski P.D. (eds.), *Active Living, Cognitive Functioning, and Aging*, Vol. 1, 113–132. Champaign: Human Kinetics.
- Diaz Abraham V., Shifres F., Justel N. (2019) Cognitive benefits from a musical activity in older adults. *Frontiers in Psychology*, 10: 652. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00652>
- Evans D., Pester J., Vera L., Jeanmonod D., Jeanmonod R. (2015) Elderly fall patients triaged to the trauma bay: age, injury patterns, and mortality risk. *The American Journal of Emergency Medicine*, 33 (11), 1635–1638. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2015.07.044>
- Evans W.J., Campbell W.W. (1993) Sarcopenia and age-related changes in body composition and functional capacity. *The Journal of Nutrition*, 123 (2 Suppl), 465–468. https://doi.org/10.1093/jn/123.suppl_2.465
- Ferguson-Stegall L., Vang M., Wolfe A.S., Thomsen K.M. (2017) A 9-week Jaques-Dalcroze eurhythmic intervention improves single and dual-task gait speed in community-dwelling older people. *Journal of Physical Activity and Health*, 14 (9), 740–744. <https://doi.org/10.1123/jpah.2017-0416>
- Główny Urząd Statystyczny (2014) Sytuacja demograficzna osób starszych i konsekwencje starzenia się ludności Polski w świetle prognozy na lata 2014–2050. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ludnosc/ludnosc/sytuacja-demograficzna-osob->

- starszych-i-konsekwencje-starzenia-sie-ludnosci-polski-w-swietle-prognozy-na-la-ta-2014-2050,18,1.html (dostęp: 20.10.2022).
- Główny Urząd Statystyczny (2021) Sytuacja demograficzna Polski do 2020 r. Zgony i umieralność. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ludnosc/ludnosc/sytuacja-demograficzna-polski-do-2020-roku-zgony-i-umieralnosc,40,1.html> (dostęp: 20.10.2022).
- Hagen B., Armstrong-Esther C., Sandilands M. (2003) On a happier note: validation of musical exercise for older persons in long-term care settings. *International Journal of Nursing Studies*, 40 (4). [https://doi.org/10.1016/s0020-7489\(02\)00093-7](https://doi.org/10.1016/s0020-7489(02)00093-7)
- Hamburg J., Clair A. (2003) The effects of a movement with music program on measures of balance and gait speed in healthy older adults. *Journal of music therapy*, 40 (3). <https://doi.org/10.1093/jmt/40.3.212>
- Hars M., Herrmann F.R., Fielding R.A., Reid K.F., Rizzoli R., Trombetti A. (2014) Long-term exercise in older adults: 4-year outcomes of music-based multitask training. *Calcified Tissue International*, 95(5), 393–404. <https://doi.org/10.1007/s00223-014-9907-y>
- Haslinger W., Müller L., Sarabon N., Raschner C., Kern H., Löfler S. (2015) A novel device to preserve physical activities of daily living in healthy older people. *Journal of Aging and Physical Activity*, 23 (4). <https://doi.org/10.1123/japa.2013-0262>
- Hernandez M., Ashton-Miller J., Alexander N. (2012) The effect of age, movement direction, and target size on the maximum speed of targeted COP movements in healthy women. *Human Movement Science*, 31 (5), 1213–1223. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.11.002>
- Hsu C.L., Best J.R., Voss M.W., Handy T.C., Beauchet O., Lim C., Liu-Ambrose T. (2019) Functional neural correlates of slower gait among older adults with mild cognitive impairment. *The Journals of Gerontology: Series A*, 74 (4), 513–518. <https://doi.org/10.1093/gerona/gly027>
- Inouye S.K., Studenski S., Tinetti M.E., Kuchel G.A. (2007) Geriatric syndromes: clinical, research and policy implications of a core geriatric concept. *Journal of the American Geriatrics Society*, 55 (5), 780–791. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2007.01156.x>
- Kostić R., Uzunović S., Pantelić S., Đurašković R. (2011) A comparative analysis of the indicators of the functional fitness of the elderly. *Facta universitatis. Series physical education and sport*, 9 (2), 161–171.
- Kressig R., Allali G., Beauchet O. (2005) Long-term practice of Jaques Dalcroze eurythmics prevents age-related increase of gait variability under dual task. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53 (4), 728–729. https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53228_2.x
- Lin Y., Chu H., Yang C.Y., Chen C.H., Chen S.G., Chang H.J. i in. (2011) Effectiveness of group music intervention against agitated behavior in elderly persons with dementia. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 26 (7), 670–678. <https://doi.org/10.1002/gps.2580>
- MacAulay R., Boeve A., D'Errico L., Halpin A., Szeles D., Wagner M. (2022) Slower gait speed increases risk of falling in older adults with depression and cognitive complaints. *Psychology, Health & Medicine*, 27 (7), 1576–1581. <https://doi.org/10.1080/13548506.2021.1903056>
- Marquis S., Moore M.M., Howieson D.B., Sexton G., Payami H., Kaye J.A., Camicioli R. (2002) Independent predictors of cognitive decline in healthy elderly persons. *Archives of Neurology*, 59 (4), 601–606. <https://doi.org/10.1001/archneur.59.4.601>
- McKenzie S., Torkington A. (2010) Osteoarthritis – management options in general practice. *Australian Family Physician*, 39 (9), 622–625.

- Middleton R., Poveda J., Orfila Pernas F., Martinez Laguna D., Diez Perez A., Nogués X., i in. (2022) Mortality, falls, and fracture risk are positively associated with frailty: a SIDIAP cohort study of 890 000 patients. *The Journals of Gerontology: Series A*, 77 (1). <https://doi.org/10.1093/gerona/glab102>
- Muhaidat J., Kerr A., Evans J.J., Pilling M., Skelton D.A. (2014) Validity of simple gait-related dual-task tests in predicting falls in community-dwelling older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95, 58–64. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.07.027>
- Muir-Hunter S.W., Clark J., McLean S., Pedlow S., Van Hemmen A., Montero Odasso M., Overend T. (2014) Identifying balance and fall risk in community-dwelling older women: the effect of executive function on postural control. *Physiotherapy Canada*, 66 (2), 179–186. <https://doi.org/10.3138/ptc.2013-16>
- Muscaritoli M., Anker S.D., Argiles J., Aversa Z., Bauer J.M., Biolo G. i in. (2010) Consensus definition of sarcopenia, cachexia and pre-cachexia: joint document elaborated by Special Interest Groups (SIG) “cachexia-anorexia in chronic wasting diseases” and “nutrition in geriatrics”. *Clinical Nutrition*, 29 (2), 154–159. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2009.12.004>
- Osoba M.Y., Rao A.K., Agrawal S.K., Lalwani A.K. (2019) Balance and gait in the elderly: a contemporary review. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, 4 (1), 143–153. <https://doi.org/10.1002/lio2.252>
- Podsiadlo D., Richardson S. (1991) The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39 (2), 142–148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>
- Ruscello B., D’ottavio S., Padua E., Tonelli C., Pantanella L. (2014) The influence of music on exercise in a group of sedentary elderly women: an important tool to help the elderly to stay active. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 54(4), 536–544.
- Salthouse T.A. (2010) Selective review of cognitive aging. *Journal of International Neuropsychological Society*, 16 (5), 754–760. <https://doi.org/10.1017/s1355617710000706>
- Sarofim M. (2012) Predicting falls in the elderly: do dual-task tests offer any added value? A systematic review. *Australian Medical Student Journal*, 3(2), 13–19.
- Schwenk M., Zieschang T., Oster P., Hauer K. (2010) Dual-task performances can be improved in patients with dementia: a randomized controlled trial. *Neurology*, 74(24), 1961–1968. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181e39696>
- Segev-Jacobovskii O., Herman T., Yogev-Seligmann G., Mirelman A., Giladi N., Hausdorff J.M. (2011) The interplay between gait, falls and cognition: can cognitive therapy reduce fall risk? *Expert Review Neurotherapeutics*, 11 (7), 1057–1075. <https://doi.org/10.1586/ern.11.69>
- da Silva L., Moreira N., Rodacki A. (2022) Are the spatiotemporal gait parameters at different walking speeds capable of predicting variations in cognitive status by the minimal state examination? *Journal of Mental Health*. <https://doi.org/10.1080/09638237.2022.2091761>
- Silva Borges E.G., Souza Vale R.G., Cader S.A., Leal S., Miguel F., Pernambuco C.S., Dantas E.H. (2014) Postural balance and falls in elderly nursing home residents enrolled in a ballroom dancing program. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 59 (2), 312–316. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2014.03.013>
- Su Xian Chong J., Kei Ng K., Tandii J., Wang C., Poh J.H., Lo J.C. i in. (2019) Longitudinal changes in the cerebral cortex functional organization of healthy elderly. *The Journal of Neuroscience*, 39 (28), 5534–5550. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.1451-18.2019>

- Suzuki T., Makizako H., Doi T., Park H., Lee S., Tsutsumimoto K. i in. (2015) Community-based intervention for prevention of dementia in Japan. *The Journal of Prevention of Alzheimer's Disease*, 2(1), 71–76. <https://doi.org/10.14283/jpad.2015.42>
- Teel C., Carson P., Hamburg J., Clair A.A. (1999) Developing a movement program with music for older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 7, 400–413.
- Trombetti A., Hars M., Herrmann F.R., Kressig R.W., Ferrari S., Rizzoli R. (2011) Effect of music-based multitask training on gait, balance, and fall risk in elderly people: a randomized controlled trial. *Archives Of Internal Medicine*, 171 (6), 525–533. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2010.446>
- Vaillant J., Vuillerme N., Martigné P., Caillat-Mioussé J., Parisot J., Nougier V., Juvin R. (2006) Balance, aging, and osteoporosis: effects of cognitive exercises combined with physiotherapy. *Joint Bone Spine*, 73 (4). <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2005.07.003>
- Wollesen B., Mattes K., Schulz S., Bischoff L.L., Seydell L., Bell J.W., von Duvillard S.P. (2017) Effects of dual-task management and resistance training on gait performance in older individuals: a randomized controlled trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 9, 415. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00415>
- Yamada M., Aoyama T., Arai H., Nagai K., Tanaka B., Uemura K. i in. (2011) Dual-task walk is a reliable predictor of falls in robust elderly adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 59 (1), 163–164. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2010.03206.x>
- Yang C., Moore A., Mpofu E., Dorstyn D., Li Q., Yin C. (2020) Effectiveness of combined cognitive and physical interventions to enhance functioning in older adults with mild cognitive impairment: a systematic review of randomized controlled trials. *The Gerontologist*, 60 (8), e633-e642. <https://doi.org/10.1093/geront/gnz149>
- Yogev G., Hausdorff J.M., Giladi N. (2008) The role of executive function and attention in gait. *Movement Disorders*, 23 (3), 329–472. <https://doi.org/10.1002/mds.21720>
- Zhang W., Low L.F., Gwynn J.D., Clemson L. (2019) Interventions to improve gait in older adults with cognitive impairment: a systematic review. *Journal of the American Geriatrics Society*, 67 (2), 381–391. <https://doi.org/10.1111/jgs.15660>
- Zheng J., Pan Y., Hua Y., Shen H., Wang X., Zhang Y. i in. (2013) Strategic targeted exercise for preventing falls in elderly people. *The Journal of International Medical Research*, 41 (2). <https://doi.org/10.1177/0300060513477297>

PRZEBIEG PRACY NAUKOWO-ZAWODOWEJ – INFORMACJE DODATKOWE

Publikacje naukowe

Gronek P., Boraczyński M., Nogueira Haas A., Adamczyk J., Pawlaczyk M., Czarny W., Clark C., Czerniak U., Demuth A., Celka R., Wycichowska P., Gronek J., Król-Zielińska M. (2021) Body adaptation to dance: a gerontological perspective. *Aging and Disease*, 12 (3), 902–913. <https://doi.org/10.14336/AD.2020.1107>
punktacja MEiN: 140; Impact Factor: 9,968

Gronek P., Banasiewicz T., Borejsza-Wysocki M., Celka R., Adamczyk J., Boraczyński M., Clark C., Tarnas M., Wiza A., Gronek J. (2020) On the road to recovery: do I/D polymorphisms in the ACE gene have a part to play? *Research & Investigations in Sports Medicine*, 6 (2), 489–495. <https://doi.org/10.31031/RISM.2020.06.000634>
punktacja MNiSW: 5

Adamczyk J., Celka R., Wotkowiak T., Zieliński W. (2017) Ocena zmian wyników prób w testach wstań–usiądź oraz wstań–idź u kobiet po sześćdziesiątym roku życia uczestniczących w zajęciach gimnastycznych. Badanie pilotażowe. W: Makarczuk A., Maszorek-Szymali A., Kowalska J.E., Kaźmierczak A. (red.), *Biospołeczne uwarunkowania uczestnictwa w kulturze fizycznej i zdrowotnej osób w różnym wieku*, 109–118. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego. <https://doi.org/10.18778/8088-329-1.10>
punktacja MNiSW: 20

Celka R., Adamczyk J., Zieliński W., Stanoch M. (2017) Poziom podstawowych cech budowy somatycznej oraz sprawności fizycznej młodych tancerek klasycznych na tle rówieśniczek uprawiających akrobatykę sportową – charakterystyka porównawcza. W: Makarczuk A., Maszorek-Szymali A., Kowalska J.E., Kaźmierczak A. (red.), *Biospołeczne uwarunkowania uczestnictwa w kulturze fizycznej i zdrowotnej osób w różnym wieku*, 191–207. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego. <https://doi.org/10.18778/8088-329-1.15>
punktacja MNiSW: 20

Majewska M., Pietrzykowska B., Szyszka D., Adamczyk J. (2017) Rola ćwiczeń i przyborów wykorzystywanych w zajęciach ruchowych z osobami starszymi. W: Makarczuk A., Maszorek-Szymali A., Kowalska J.E., Kaźmierczak A. (red.), *Biospołeczne uwarunkowania uczestnictwa w kulturze fizycznej i zdrowotnej osób w różnym wieku*, 83–94. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego. <https://doi.org/10.18778/8088-329-1.08>
punktacja MNiSW: 20

Łącznie: punktacja MEiN/MNiSW: 205; Impact Factor: 9,968

Udział w konferencjach

XII Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Kultura fizyczna w służbach mundurowych – wczoraj – dziś – jutro”, 27.10.2022 r., Poznań.

V Spotkania Zespołów Rytmiki – Międzynarodowe Triennale Choreografii Muzyki, 17–18.01.2017 r., Poznań; wystąpienie *Ćwiczenia z zakresu metody rytmiki Émile’a Jacques’a-Dalcroze’a w badaniach dotyczących sprawności funkcjonalnej seniorów*.

X Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Biospołeczne skutki służby wojskowej jako podstawa doskonalenia przyszłych programów wychowania fizycznego i sportu”, 11–12.06.2015 r., Poznań.

IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Kultura fizyczna i zdrowotna w życiu współczesnego człowieka”, 27.03.2015 r., Łódź; wystąpienie: *Ocena zmian wyników prób w testach wstań–idź oraz wstań–usiądź u kobiet po sześćdziesiątym roku życia*.

Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Muzyka, terapia, edukacja. Praktyka, nauka, sztuka”, 15–16.07.2014 r., Katowice.

ZAŁĄCZNIK 1. OŚWIADCZENIA

mgr Jan Adamczyk

Poznań, 06.10.2022 r.

Pracownia Gimnastyki
Akademia Wychowania Fizycznego
im. E. Piaseckiego w Poznaniu

Oświadczenie współautora

Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

Adamczyk, J., Celka, R., Stemplewski, R., Ceynowa, K., Kamińska, P. & Maciaszek, J. (2020). The Impact of 12-Week Jaques-Dalcroze Eurhythmics Programme on the Dynamic Agility in Single-Dual-Task Conditions in Older Women: a Randomized Controlled Trial. *BioMed Research International*, Vol 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/9080697>,

wchodzącej w skład mojej rozprawy doktorskiej, dotyczył następujących obszarów: koncepcja badań, metodologia badań, walidacja użytych metod, nadzór nad integralnością pracy, przegląd literatury, napisanie wersji roboczej, redagowanie odpowiedzi na recenzje, zarządzanie projektem badawczym. Mój łączny udział w przygotowaniu publikacji oceniam na około 60%.



dr Roman Celka

Poznań, 26.10.2022 r.

Pracownia Gimnastyki
Akademia Wychowania Fizycznego
im. E. Piaseckiego w Poznaniu

Oświadczenie współautora

Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

Adamczyk, J., Celka, R., Stemplewski, R., Ceynowa, K., Kamińska, P. & Maciaszek, J. (2020). The Impact of 12-Week Jaques-Dalcroze Eurhythmics Programme on the Dynamic Agility in Single-Dual-Task Conditions in Older Women: a Randomized Controlled Trial. *BioMed Research International*, Vol 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/9080697>,

wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej Pana mgr Jana Adamczyka, dotyczył następujących obszarów: analiza formalna pracy oraz nadzór nad integralnością pracy. Mój łączny udział w przygotowaniu publikacji oceniam na około 5%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie wyżej wymienionej pracy przez Pana mgr Jana Adamczyka jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie cyklu prac opublikowanych w czasopiśmie naukowych.



Zakład Cyfrowych Technologii
w Aktywności Fizycznej
Akademia Wychowania Fizycznego
im. E. Piaseckiego w Poznaniu

Oświadczenie współautora

Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

Adamczyk, J., Celka, R., Stemplewski, R., Ceynowa, K., Kamińska, P. & Maciaszek, J. (2020). The Impact of 12-Week Jaques-Dalcroze Eurhythmics Programme on the Dynamic Agility in Single-Dual-Task Conditions in Older Women: a Randomized Controlled Trial. *BioMed Research International*, Vol 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/9080697>,

wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej Pana mgr Jana Adamczyka, dotyczył następujących obszarów: metodologia badań, analiza formalna pracy, przegląd literatury oraz recenzja i poprawki wersji roboczej. Mój łączny udział w przygotowaniu publikacji oceniam na około 10%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie wyżej wymienionej pracy przez Pana mgr Jana Adamczyka jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie cyklu prac opublikowanych w czasopismach naukowych.



prof. AMP dr hab. Kinga Ceynowa

Poznań, 11.10.2022 r.

Katedra Rytmiki i Improwizacji Fortepianowej
Akademia Muzyczna
im. I. J. Paderewskiego w Poznaniu

Oświadczenie współautora

Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

Adamczyk, J., Celka, R., Stemplewski, R., Ceynowa, K., Kamińska, P. & Maciaszek, J. (2020). The Impact of 12-Week Jaques-Dalcroze Eurhythmics Programme on the Dynamic Agility in Single-Dual-Task Conditions in Older Women: a Randomized Controlled Trial. *BioMed Research International*, Vol 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/9080697>,

wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej Pana mgr Jana Adamczyka, dotyczył analizy struktury oraz jakości przeprowadzonej interwencji. Mój łączny udział w przygotowaniu publikacji oceniam na około 5%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie wyżej wymienionej pracy przez Pana mgr Jana Adamczyka jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie cyklu prac opublikowanych w czasopismach naukowych.



mgr Paulina Kamińska

Poznań, 06.10.2022 r.

Akademia Wychowania Fizycznego
im. E. Piaseckiego w Poznaniu

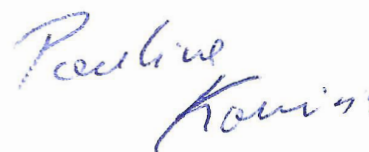
Oświadczenie współautora

Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

Adamczyk, J., Celka, R., Stemplewski, R., Ceynowa, K., Kamińska, P. & Maciaszek, J. (2020). The Impact of 12-Week Jaques-Dalcroze Eurhythmics Programme on the Dynamic Agility in Single-Dual-Task Conditions in Older Women: a Randomized Controlled Trial. *BioMed Research International*, Vol 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/9080697>,

wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej Pana mgr Jana Adamczyka, dotyczył nadzoru nad integralnością pracy. Mój łączny udział w przygotowaniu publikacji oceniam na około 3%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie wyżej wymienionej pracy przez Pana mgr Jana Adamczyka jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie cyklu prac opublikowanych w czasopiśmie naukowych.



prof. dr hab. Janusz Maciaszek

Poznań, 06.10.2022 r.

Zakład Nauk o Aktywności Fizycznej
i Promocji Zdrowia
Akademia Wychowania Fizycznego
im. E. Piaseckiego w Poznaniu

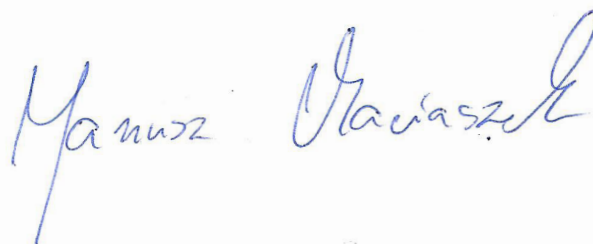
Oświadczenie współautora

Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

Adamczyk, J., Celka, R., Stemplewski, R., Ceynowa, K., Kamińska, P. & Maciaszek, J. (2020). The Impact of 12-Week Jaques-Dalcroze Eurhythmics Programme on the Dynamic Agility in Single-Dual-Task Conditions in Older Women: a Randomized Controlled Trial. *BioMed Research International*, Vol 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/9080697>,

wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej Pana mgr Jana Adamczyka, dotyczył następujących obszarów: koncepcja badań, metodologia badań, przegląd literatury, recenzja i poprawki wersji roboczej, nadzór nad integralnością pracy, zarządzanie projektem badawczym. Mój łączny udział w przygotowaniu publikacji oceniam na około 15%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie wyżej wymienionej pracy przez Pana mgr Jana Adamczyka jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie cyklu prac opublikowanych w czasopismach naukowych.



mgr Jan Adamczyk

Poznań, 06.10.2022 r.

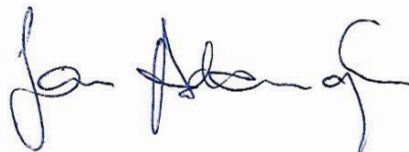
Pracownia Gimnastyki
Akademia Wychowania Fizycznego
im. E. Piaseckiego w Poznaniu

Oświadczenie współautora

Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

Adamczyk, J., Celka, R., Stemplewski, R., Ceynowa, K. & Maciaszek, J. (2022). Effects of Jaques–Dalcroze eurhythmics program on postural stability in elderly women. *Scientific Reports* 12, 7073. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11095-x>,

wchodzącej w skład mojej rozprawy doktorskiej, dotyczył następujących obszarów: koncepcja badań, metodologia badań, walidacja użytych metod, nadzór nad integralnością pracy, przegląd literatury, napisanie wersji roboczej, redagowanie odpowiedzi na recenzje, zarządzanie projektem badawczym. Mój łączny udział w przygotowaniu publikacji oceniam na około 65%.



dr Roman Celka

Poznań, 06.10.2022 r.

Pracownia Gimnastyki
Akademia Wychowania Fizycznego
im. E. Piaseckiego w Poznaniu

Oświadczenie współautora

Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

Adamczyk, J., Celka, R., Stemplewski, R., Ceynowa, K. & Maciaszek, J. (2022). Effects of Jaques–Dalcroze eurhythmics program on postural stability in elderly women. *Scientific Reports* 12, 7073. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11095-x>,

wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej Pana mgr Jana Adamczyka, dotyczył następujących obszarów: metodologia badań, analiza formalna pracy oraz nadzór nad integralnością. Mój łączny udział w przygotowaniu publikacji oceniam na około 5%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie wyżej wymienionej pracy przez Pana mgr Jana Adamczyka jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie cyklu prac opublikowanych w czasopismach naukowych.



Zakład Cyfrowych Technologii
w Aktywności Fizycznej
Akademia Wychowania Fizycznego
im. E. Piaseckiego w Poznaniu

Oświadczenie współautora

Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

Adamczyk, J., Celka, R., Stemplewski, R., Ceynowa, K. & Maciaszek, J. (2022). Effects of Jaques–Dalcroze eurhythmics program on postural stability in elderly women. *Scientific Reports* 12, 7073. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11095-x>,

wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej Pana mgr Jana Adamczyka, dotyczył następujących obszarów: walidacja użytych metod, analiza formalna pracy, przegląd literatury, recenzja i poprawki wersji roboczej oraz nadzór nad integralnością. Mój łączny udział w przygotowaniu publikacji oceniam na około 10%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie wyżej wymienionej pracy przez Pana mgr Jana Adamczyka jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie cyklu prac opublikowanych w czasopiśmie naukowych.



prof. AMP dr hab. Kinga Ceynowa

Poznań, 06.10.2022 r.

Katedra Rytmiki i Improwizacji Fortepianowej
Akademia Muzyczna
im. I. J. Paderewskiego w Poznaniu

Oświadczenie współautora

Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

Adamczyk, J., Celka, R., Stemplewski, R., Ceynowa, K. & Maciaszek, J. (2022). Effects of Jaques–Dalcroze eurhythmics program on postural stability in elderly women. *Scientific Reports* 12, 7073. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11095-x>,

wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej Pana mgr Jana Adamczyka, dotyczył analizy struktury oraz jakości przeprowadzonej interwencji. Mój łączny udział w przygotowaniu publikacji oceniam na około 5%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie wyżej wymienionej pracy przez Pana mgr Jana Adamczyka jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie cyklu prac opublikowanych w czasopismach naukowych.



prof. dr hab. Janusz Maciaszek

Poznań, 24.10.2022 r.

Zakład Nauk o Aktywności Fizycznej
i Promocji Zdrowia
Akademia Wychowania Fizycznego
im. E. Piaseckiego w Poznaniu

Oświadczenie współautora

Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

Adamczyk, J., Celka, R., Stemplewski, R., Ceynowa, K. & Maciaszek, J. (2022). Effects of Jaques–Dalcroze eurhythmics program on postural stability in elderly women. *Scientific Reports* 12, 7073. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11095-x>,

wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej Pana mgr Jana Adamczyka, dotyczył następujących obszarów: koncepcja badań, metodologia badań, przegląd literatury, recenzja i poprawki wersji roboczej, nadzór nad integralnością, zarządzanie projektem badawczym. Mój łączny udział w przygotowaniu publikacji oceniam na około 15%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie wyżej wymienionej pracy przez Pana mgr Jana Adamczyka jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie cyklu prac opublikowanych w czasopiśmie naukowych.



Research Article

The Impact of 12-Week Jaques-Dalcroze Eurhythmics Programme on the Dynamic Agility in Single-Dual-Task Conditions in Older Women: A Randomized Controlled Trial

Jan Adamczyk ¹, Roman Celka ¹, Rafał Stemplewski ², Kinga Ceynowa ³,
 Paulina Kamińska ⁴ and Janusz Maciaszek ²

¹Department of Dance and Gymnastics, Faculty of Sport Sciences, Poznań University of Physical Education, 61-871 Poznań, Poland

²Department of Physical Activity Sciences and Health Promotion, Faculty of Sport Sciences, Poznań University of Physical Education, 61-871 Poznań, Poland

³Faculty of Compositions, Conducting, Theory of Music and Eurhythmics, Academy of Music in Poznań, 61-808 Poznań, Poland

⁴Graduate School for Sports Sciences, Poznań University of Physical Education, 61-871 Poznań, Poland

Correspondence should be addressed to Jan Adamczyk; adamczyk@awf.poznan.pl

Received 6 February 2020; Revised 30 April 2020; Accepted 3 June 2020; Published 3 July 2020

Guest Editor: Nan Zeng

Copyright © 2020 Jan Adamczyk et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Background. Progressive degenerative changes in the body of elderly people lead to a decrease in physical and mental fitness. Seniors have a problem with performing tasks that involve both physical and mental health at the same time. The risk of falls increases, the consequences of which in old age may be particularly dangerous. It was decided to investigate the impact of performing exercises involving both physical and mental spheres on the dynamic agility in older women. **Methods.** 73 women (69.9 ± 3.2) were divided into two groups: intervention (IG, $n = 34$) and control (CG, $n = 39$). Individuals with IG participated in the Jaques-Dalcroze Eurhythmics exercise programme for 12 weeks, twice a week for 45 minutes each. Dynamic agility was determined by the Timed Up and Go test, which was conducted both in single-task (TUG_ST) and dual-task (TUG_DT) conditions, where the participant was simultaneously counting down from 60 every 3. The percentage difference between the results of both tests (dual-task cost, DTC) was also determined. Both groups had two measurement sessions: one week before the start of the exercise programme and one week after the end of exercise programme. **Results.** After 12 weeks of exercise, IG participants obtained significantly better results in TUG_DT ($p < 0.001$) and DTC ($p = 0.003$) tests. During this time, CG participants had significantly worse results in TUG_DT ($p < 0.001$) and DTC ($p < 0.001$) tests. In the TUG_ST test, neither IG nor CG achieved a significant change in the result. In each test, a significant interaction between the group assignment and the measurement session was observed: TUG_ST: $F = 11.523$, $\eta^2_p = 0.139$, $p = 0.001$; TUG_DT: $F = 60.227$, $\eta^2_p = 0.458$, $p < 0.001$; DTC: $F = 32.382$, $\eta^2_p = 0.313$, $p < 0.001$. **Conclusion.** JDE exercises with a frequency of twice a week, for about 12 weeks, have a significant impact on the improvement of the dynamic agility control in women over 65 years of age.

1. Introduction

With age, a number of degenerative changes occur in the body of seniors. Among the most common is muscle mass loss combined with an increase in body fat [1] and osteoarthritis, which affects more than 50% of the population over 65 years of age [2]. Most cognitive functions, such as memory, logical reasoning, spatial imagination, and the speed of thought processes, are decreasing [3]. There is also a deteriora-

tion in the sensory functions, including vision responsible for maintaining body equilibrium [4]. Additionally, in old age, delirium, frailty, dizziness, and fainting are often observed—all of these disorders combine to form a geriatric syndrome and lead to a decrease in functional fitness, i.e., the ability to perform basic daily activities on their own and without rapid and excessive fatigue [5, 6]. Reduced functional efficiency translates into a deterioration in walking performance and body balance; it also increases the risk

of falls [4, 7], which are particularly dangerous for seniors—mortality from falls increases [8, 9].

Gait is a complex biomechanical process that requires continuous brain control [10]. The influence of degenerative changes in the musculoskeletal system on the reduction of gait parameters is beyond doubt. However, studies on the influence of changes in cognitive functions are still in progress. There is a close correlation between gait parameters and dementia development—impaired gait function is an indicator of dementia development in the next 4 years [11]. Cognitive therapies have a positive effect on gait parameters and thus reduce the risk of falls [12].

Knowing that gait parameters and fall risk are influenced by both biomechanical and cognitive processes, it seems reasonable to model the therapy in terms of multitasking (dual-task, DT), where the exercising person simultaneously involves both processes. It has been shown that the difference in the quality of single-task (ST) performance compared to DT is significantly related to cognitive functions [13] and the risk of falls in elderly people [14, 15]. Positive effects of multitasking training involving motor and cognitive functions have been demonstrated in both healthy individuals [16, 17] and those with osteoporosis [18] and Parkinson's disease [19]. At the same time, some studies indicate a lack of improvement in both the physical and cognitive spheres under the influence of DT training [20].

There is a lack of uniform exercise programmes in DT conditions, which, apart from being effective, would be simultaneously available, cheap, and above all safe and attractive for older participants. There is also a lack of standardized guidelines for specific types of additional tasks during DT tests [21]. Such standardization and intensification of DT experiments may bring benefits in the form of a better understanding of the impact of their results on the risk of falling in the elderly [22]. [23] concluded in their systematic review that dynamic exercises (in motion) bring better results than in static conditions (resistance and flexibility), while the simultaneous performance of exercises involving the physical and mental spheres brings better results than performing them separately.

Jaques-Dalcroze Eurhythmics (JDE) is one of still little studied forms of exercises involving both spheres at the same time. To the best of our knowledge, four papers have been published so far describing the impact of JDE on motor skills in older people. Since the results of these studies present JDE as a prospectively effective therapy to improve functional performance in older people, but they are inconclusive at the same time, the authors of this paper decided to study the impact of JDE performance over a 12-week period, twice a week, on the dynamic agility of women over 65 years of age, including multitasking.

2. Methods

2.1. Participants. The selection of participants was conducted on the basis of advertisements in the local press and on the Internet and covered the area of Poznań agglomeration (Poznań metropolitan area, Greater Poland Voivodeship, West Poland). Qualification criteria included women aged

65+ community-dwelling. Candidates had no contraindications to participate in physical activities and agreed to participate in the experiment. The participants whose results were analysed obtained at least 8 points in the Abbreviated Mental Test Score (AMTS) [24]. Individuals taking medication that disrupts natural control of body equilibrium, using orthopaedic equipment, people with Parkinson's or Alzheimer's disease, people with significant visual and/or auditory perception impairment, and people who undertake or have undertaken regular organized physical activity in the last three years were not qualified for the programme.

As shown in Figure 1, 93 individuals have registered and 82 have qualified for the programme. In the course of randomization carried out using the STATISTICA 10 computer programme (Dell Inc. Tulsa OK., USA), the participants were divided into two equal groups: intervention group (IG) and control group (CG). The final statistical analysis included 73 women (mean \pm standard deviation): age 69.9 ± 3.2 years, including 34 with IG (69.7 ± 3.2) and 39 with CG (70.0 ± 3.3). None of the participants had previously experienced JDE, even in theory.

2.2. Protocol. The women with IG participated in the physical activity programme, while the CG participants were recommended not to change anything in their existing lifestyle, and in particular not to undertake new, systematized forms of physical activity. The degree of dynamic agility in each participant was assessed twice. The first measurement session (baseline) took place during the week preceding the beginning of exercise and the second one (12-week follow-up) during the week following the end of exercise. The experimenters who made measurements were not aware if participants belonged to the experimental or control group.

The research project was positively assessed by the Bioethics Committee at the Karol Marcinkowski Medical University in Poznań (Resolution 1046/15).

2.3. Exercise Programme. Activities were held twice a week for a period of 12 weeks for 45 minutes. Each training session included exercises in the field of rhythmic using the Jaques-Dalcroze Eurhythmics method with piano accompaniment and music played electronically. The activities were conducted by a JDE specialist.

The JDE exercises consisted mainly of recreating the musical course with the use of body movements. Their main idea was to simultaneously engage the motor and cognitive function. Among the exercises conducted were among others movement exercises of rhythmic themes, double and triple speed of movements, double and triple slowing down, rhythmic transformation of themes, and polyrhythms. Apart from rhythmic exercises, inhibition and stimulation of movement, exercises reflecting dynamic, agogic, and articulatory courses in music, improvisation of movements, and exercises shaping independence of movements and their coordination were performed.

2.4. Measurements. The Timed Up and Go (TUG) test, described by [25], was used to assess dynamic agility. Each participant received a verbal instruction followed by a show

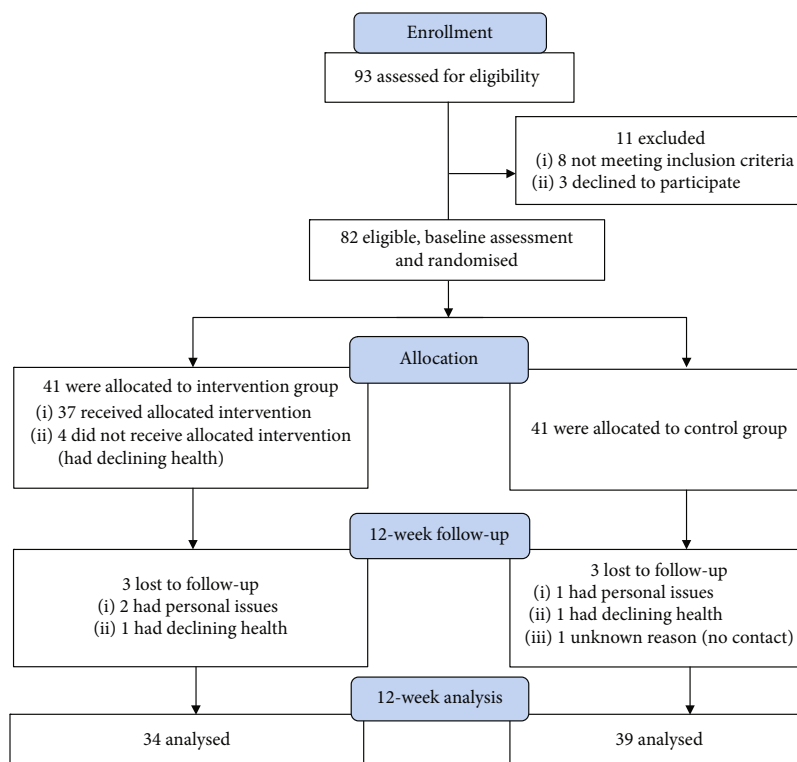


FIGURE 1: Flowchart for enrollment, randomization, and follow-up of study participants.

and one training round. The participants then proceeded to the proper tests: first in single-task (TUG_ST) and then in dual-task (TUG_DT) conditions, where the participant counted down loudly from 60 every 3. No explicit instruction for prioritization of either task was given.

The outcome measures consist of TUG_ST, TUG_DT, and the difference between them (dual-task cost, DCT), expressed as a percentage according to the equation: $DTC(\%) = ((TUG_DT(\text{sec}) - TUG_ST(\text{sec})) / TUG_ST(\text{sec})) \times 100$.

2.5. Statistical Analysis. All the data were screened and revised regarding missing, skewed, and outlier information. The results of descriptive statistics were presented as averages along with the standard deviation (mean \pm SD). The results of TUG tests were shown as averages and confidence intervals of 95%. Intergroup differences were determined using the Mann-Whitney U test (with correction for continuity). A repeated two-factor analysis of variance (ANOVA) was carried out. In the case of significant main effects or interactions, Tukey's post hoc test was conducted. The statistical significance level was set at 5%. All calculations were conducted with STATISTICA 10 (Dell Inc. Tulsa, OK).

3. Results

Table 1 details the results for the two groups in the two periods. The direction of changes in the results obtained by IG and CG before and after the intervention is presented in

Figure 2. Significant interaction effects between the group assignment and the measurement session were shown for all measurements (TUG_ST: $F = 11.523$, $\eta^2_p = 0.139$, $p = 0.001$; TUG_DT: $F = 60.227$, $\eta^2_p = 0.458$, $p < 0.001$; DTC: $F = 32.382$, $\eta^2_p = 0.313$, $p < 0.001$). The results of the post hoc test show significant differences in the TUG_DT test between the first and second measurement for IG ($p < 0.001$) and CG ($p < 0.001$). Also in the case of DTC, the significant difference between the first and second measurement for IG ($p = 0.003$) and CG ($p < 0.001$) was found. In the TUG_ST test, post hoc analysis did not show any significant differences (significance of follow-up changes in relation to baseline for IG: $p = 0.058$). No significant main effects were observed.

4. Discussion

The influence of JDE exercises on the dynamic agility in seniors was investigated. In each of the three tests (TUG_ST, TUG_DT, and DTC), a significant interaction effect between the assignment to the group and the measurement session was observed: the participation in proposed exercise programme significantly improved the dynamic agility ($p < 0.001$). In CG participants, the results deteriorated—this can be explained by the fact that in older people, especially those with sedentary lifestyles, the ability to control body equilibrium decreases with age

TABLE 1: Descriptive data (means and 95% confidence interval (CI)) of the time, in seconds, to perform the Timed Up and Go test without (TUG_ST) and with (TUG_DT) dual-task and the dual-task cost (DTC), in percent, at the baseline and at the 12-week follow-up in both the intervention group and the control group. Significance of differences between groups shown as p-value.

| | | Baseline | | 12-week follow-up | |
|--------|--------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|
| TUG_ST | Intervention | 6.98 (6.63-7.33) | $p = 0.951$ | 6.71 (6.38-7.04) | $p = 0.039$ |
| | Control | 6.94 (6.64-7.23) | | 7.15 (6.84-7.46) | |
| TUG_DT | Intervention | 8.14 (7.57-8.71) | $p = 0.102$ | 7.40 (6.90-7.91) | $p = 0.001$ |
| | Control | 7.45 (7.14-7.76) | | 8.17 (7.79-8.54) | |
| DTC | Intervention | 16.14 (12.33-19.96) | $p = 0.001$ | 10.21 (5.86-14.55) | $p = 0.011$ |
| | Control | 7.76 (5.14-10.39) | | 14.43 (11.45-17.40) | |

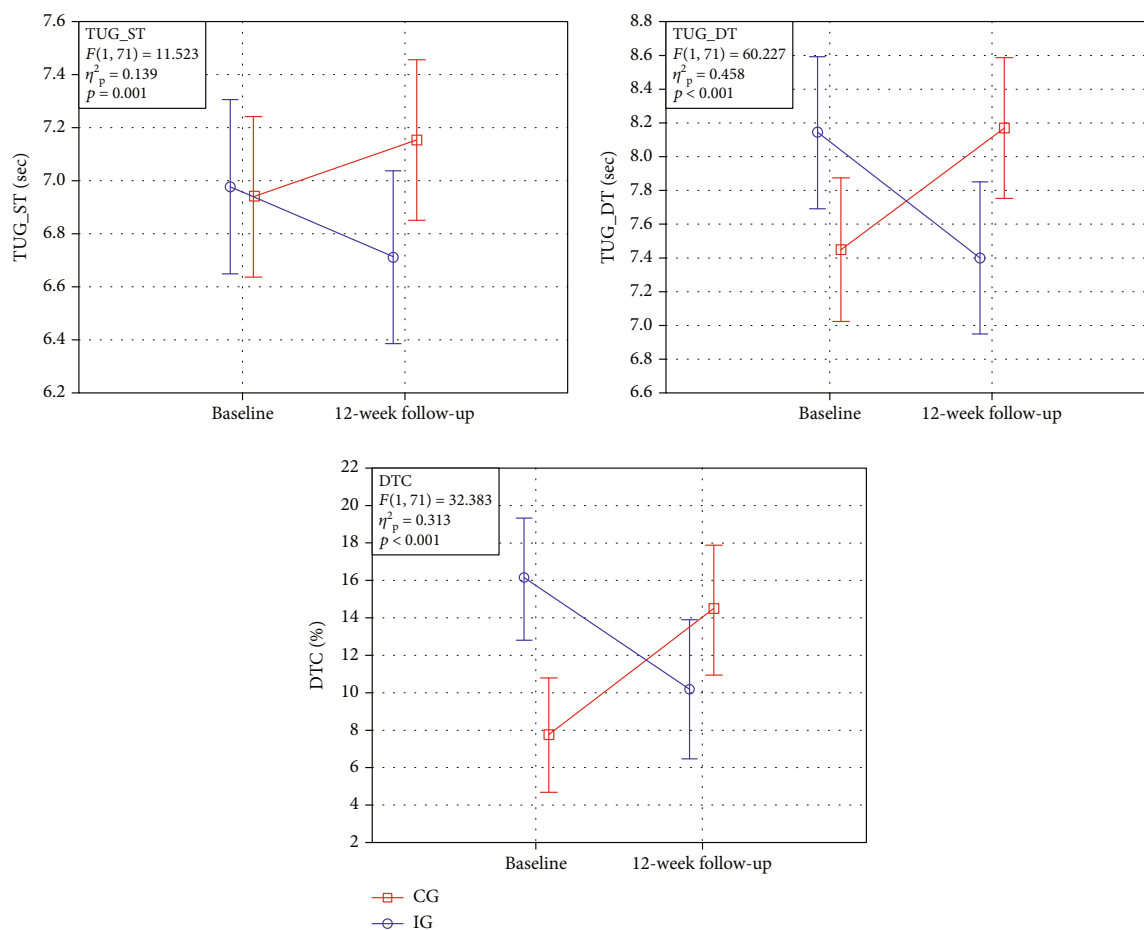


FIGURE 2: Pre- and postintervention dynamic agility results for Timed Up and Go test in single-task conditions (TUG_ST), Timed Up and Go test in dual-task conditions (TUG_DT), and dual-task cost (DTC).

[26], similarly to the cognitive functions of the brain [27]. Under ST conditions, none of the groups showed any significant changes between the first and second measurements, while under DT conditions such a difference occurred. It can be assumed that cognitive functions, to a greater extent

than physical functions, determine the deterioration of results in DT conditions in CG.

In the aforementioned study [28], people practicing the JDE method for 9 weeks once a week significantly increased their walking speed both in ST and in DT, but in contrast

to our results, the DTC index did not change. The improvement of DTC results in our participants may be due to a 3-week longer duration of the programme, its higher intensity, or both. All these possibilities are partly confirmed by World Health Organization data on physical activity of older people at an increased risk of falling, which recommend 3 or more times a week exercise. It seems that the principle “the more the better” works here—even up to 6 times a week for 45 minutes each session of moderate-intensity training is recommended [29]. Therefore, in an easy way, by increasing the frequency of dedicated training programmes, it is possible to improve the effectiveness of proposed therapies.

In the case of the TUG_ST variable, our CG participants did not see any significant improvement in the outcome of their participation in the JDE programme, although at $p = 0.058$, it is possible to refer to a trend. In another study [30], older people improved their performance by about 5% ($p = 0.02$) thanks to their participation in the 6-month JDE test in the TUG_ST test. The difference in results may be due to the difference in the duration of programme—ours was half as long. An additional reason may be a significant difference in the average age of respondents, which translates into significantly different average results obtained in the TUG test. In Trobetti et al., the average age was 75 years and the average TUG_ST test result was 10.25 seconds. In our study, it was, respectively, 70 years and 6.7 seconds.

The aim of this paper was to confirm and enrich the knowledge on the positive influence of the JDE method on the functional efficiency of seniors. Undoubtedly, the strengths of this study are the use of a random controlled trial protocol (RTC), a large research group, and a statistically significant interaction of IG variables with CG in each investigated trait in a relatively short period of time.

The studies carried out are subject to limitations. Above all, it is not possible to determine the changes that occurred in the nervous structures of participants, as no imaging diagnostics of the brain was carried out. Such data could show exactly what is behind the positive changes in IG and negative changes in CG—the proportions between the physical and cognitive spheres could be determined. Furthermore, there were some difficulties with interpreting results, caused by significant differences between results of IG and CG regarding DTC at the baseline, despite properly carried out randomization. Perhaps, increasing the number of participants would level that difference. Additionally, in subsequent studies, it would be advisable to create additional control groups: (1) performing only physical exercises and (2) performing only cognitive exercises. Then, it will be possible to compare and determine more precisely the mechanisms of impact of the JDE method on the dynamic agility of the body.

To sum up, this is the first randomized controlled trial showing a significant effect of JDE exercises, which take place twice a week for 12 weeks and improve dynamic agility control in women over 65 years of age. At the same time, it is worth emphasizing that JDE exercises are attractive for participants, which seem to be a good prognosis for planning and testing effective physical activity programmes for seniors.

Data Availability

The datasets analysed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- [1] M. Muscaritoli, S. D. Anker, J. Argilés et al., “Consensus definition of sarcopenia, cachexia and pre-cachexia: joint document elaborated by Special Interest Groups (SIG) “cachexia-anorexia in chronic wasting diseases” and “nutrition in geriatrics”,” *Clinical Nutrition*, vol. 29, no. 2, pp. 154–159, 2010.
- [2] S. McKenzie and A. Torkington, “Osteoarthritis - management options in general practice,” *Australian Family Physician*, vol. 39, no. 9, pp. 622–625, 2010.
- [3] T. A. Salthouse, “Selective review of cognitive aging,” *Journal of the International Neuropsychological Society*, vol. 16, no. 5, pp. 754–760, 2010.
- [4] M. Y. Osoba, A. K. Rao, S. K. Agrawal, and A. K. Lalwani, “Balance and gait in the elderly: a contemporary review,” *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, vol. 4, no. 1, pp. 143–153, 2019.
- [5] S. K. Inouye, S. Studenski, M. E. Tinetti, and G. A. Kuchel, “Geriatric syndromes: clinical, research and policy implications of a core geriatric concept,” *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 55, no. 5, pp. 780–791, 2007.
- [6] R. Kostic, S. Uzunovic, S. Pantelic, and R. Duraskovic, “A comparative analysis of the indicators of the functional fitness of the elderly,” *Facta Universitatis-Series: Physical Education and Sport*, vol. 9, no. 2, pp. 161–171, 2011.
- [7] C. L. Hsu, J. R. Best, M. W. Voss et al., “Functional neural correlates of slower gait among older adults with mild cognitive impairment,” *The Journals of Gerontology Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 74, no. 4, pp. 513–518, 2019.
- [8] H. Alamgir, S. Muazzam, and M. Nasrullah, “Unintentional falls mortality among elderly in the United States: time for action,” *Injury*, vol. 43, no. 12, pp. 2065–2071, 2012.
- [9] D. Evans, J. Pester, L. Vera, D. Jeanmonod, and R. Jeanmonod, “Elderly fall patients triaged to the trauma bay: age, injury patterns, and mortality risk,” *The American Journal of Emergency Medicine*, vol. 33, no. 11, pp. 1635–1638, 2015.
- [10] G. Yogev-Seligmann, J. M. Hausdorff, and N. Giladi, “The role of executive function and attention in gait,” *Movement Disorders*, vol. 23, no. 3, pp. 329–342, 2008.
- [11] S. Marquis, M. M. Moore, D. B. Howieson et al., “Independent predictors of cognitive decline in healthy elderly persons,” *Archives of Neurology*, vol. 59, no. 4, pp. 601–606, 2002.
- [12] O. Segev-Jacobovski, T. Herman, G. Yogev-Seligmann, A. Mirelman, N. Giladi, and J. M. Hausdorff, “The interplay between gait, falls and cognition: can cognitive therapy reduce fall risk?,” *Expert Review of Neurotherapeutics*, vol. 11, no. 7, pp. 1057–1075, 2014.
- [13] S. W. Muir-Hunter, J. Clark, S. McLean et al., “Identifying balance and fall risk in community-dwelling older women: the effect of executive function on postural control,” *Physiotherapy Canada*, vol. 66, no. 2, pp. 179–186, 2014.

- [14] O. Beauchet, C. Annweiler, V. Dubost et al., "Stops walking when talking: a predictor of falls in older adults?," *European Journal of Neurology*, vol. 16, no. 7, pp. 786–795, 2009.
- [15] J. Muhaidat, A. Kerr, J. J. Evans, M. Pilling, and D. A. Skelton, "Validity of simple gait-related dual-task tests in predicting falls in community-dwelling older adults," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 95, no. 1, pp. 58–64, 2014.
- [16] M. Schwenk, T. Zieschang, P. Oster, and K. Hauer, "Dual-task performances can be improved in patients with dementia: a randomized controlled trial," *Neurology*, vol. 74, no. 24, pp. 1961–1968, 2010.
- [17] B. Wollesen, K. Mattes, S. Schulz et al., "Effects of dual-task management and resistance training on gait performance in older individuals: a randomized controlled trial," *Frontiers in Aging Neuroscience*, vol. 9, 2017.
- [18] D. Conradsson and A. Halvarsson, "The effects of dual-task balance training on gait in older women with osteoporosis: a randomized controlled trial," *Gait & Posture*, vol. 68, pp. 562–568, 2019.
- [19] G. G. de Assis, T. A. da Silva, and P. M. S. Dantas, "Dual-task exercise as a therapy for executive motor function in Parkinson's disease," *Human Movement*, vol. 2018, no. 1, pp. 57–63, 2018.
- [20] J. H. Ansai, L. P. de Andrade, M. S. de Souza Buto et al., "Effects of the addition of a dual task to a supervised physical exercise program on older adults' cognitive performance," *Journal of Aging and Physical Activity*, vol. 25, no. 2, pp. 234–239, 2017.
- [21] M. Yamada, T. Aoyama, H. Arai et al., "Dual-task walk is a reliable predictor of falls in robust elderly adults," *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 59, no. 1, pp. 163–164, 2011.
- [22] M. Sarofim, "Predicting falls in the elderly: do dual-task tests offer any added value? A systematic review," *Australian Medical Student Journal*, vol. 3, pp. 13–19, 2012.
- [23] W. Zhang, L. F. Low, J. D. Gwynn, and L. Clemson, "Interventions to improve gait in older adults with cognitive impairment: a systematic review," *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 67, no. 2, pp. 381–391, 2019.
- [24] S. Jitapunkul, I. Pillay, and S. Ebrahim, "The abbreviated mental test: its use and validity," *Age and Ageing*, vol. 20, no. 5, pp. 332–336, 1991.
- [25] D. Podsiadlo and S. Richardson, "The timed 'up & go': a test of basic functional mobility for frail elderly persons," *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 39, no. 2, pp. 142–148, 1991.
- [26] E. G. da Silva Borges, R. G. de Souza Vale, S. A. Cader et al., "Postural balance and falls in elderly nursing home residents enrolled in a ballroom dancing program," *Archives of Gerontology and Geriatrics*, vol. 59, no. 2, pp. 312–316, 2014.
- [27] J. S. X. Chong, K. K. Ng, J. Tandil et al., "Longitudinal changes in the cerebral cortex functional organization of healthy elderly," *The Journal of Neuroscience*, vol. 39, no. 28, pp. 5534–5550, 2019.
- [28] L. Ferguson-Stegall, M. Vang, A. S. Wolfe, and K. M. Thomssen, "A 9-week Jaques-Dalcroze eurhythmics intervention improves single and dual-task gait speed in community-dwelling older people," *Journal of Physical Activity & Health*, vol. 14, no. 9, pp. 740–744, 2017.
- [29] WHO, "Physical activity and older adults," 2015, November 2019, https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_olderadults/en/.
- [30] A. Trombetti, M. Hars, F. R. Herrmann, R. W. Kressig, S. Ferrari, and R. Rizzoli, "Effect of music-based multitask training on gait, balance, and fall risk in elderly people: a randomized controlled trial," *Archives of Internal Medicine*, vol. 171, no. 6, pp. 525–533, 2011.



OPEN

Effects of Jaques–Dalcroze eurhythmics program on postural stability in elderly women

Jan Adamczyk^{1✉}, Roman Celka¹, Rafał Stemplewski², Kinga Ceynowa³ & Janusz Maciaszek²

Decreased postural stability is observed in older adults. There is an increased risk of falls, which may lead to serious complications and death. Elderly people can maintain and even improve their postural stability through properly selected exercises. This study investigated the effect of exercise using the Emil Jaques–Dalcroze’s Eurhythmics (JDE) method on the postural stability of women over 65 years of age. The study model was based on a randomized controlled trial—parallel group design. Fifty-nine women (69.85 ± 3.29) were divided into two groups: intervention (IG, $n = 26$) and control (CG, $n = 33$). The IG subjects participated in a JDE exercise programme for 12 weeks, twice a week for 45 min each. Postural stability was determined using a test on the AMTI AccuSway Plus posturography platform, recording centre of pressure (COP) point displacement. A biofeedback model was used. Accuracy, speed and reaction time of movements were assessed. Two measurement sessions were conducted in both groups: 1 week before starting the exercise programme and immediately afterwards. After 12 weeks of exercise, subjects from IG scored significantly better in the test of accuracy ($p < 0.05$) and speed ($p < 0.05$) of movements. Additionally, for parameters determining accuracy of movements, an interaction between allocation to a group and a measurement session was shown (group \times time). A 12-week exercise program using the JDE method improves the postural stability of women over 65 years of age by improving the parameters of speed and accuracy of torso movements.

Older people experience decreased postural stability^{1,2}, which causes, among others, problems in performing Activities of Daily Living (ADL)^{3,4}. This in turn has a negative impact on both the psychological and physical spheres⁵, as well as increase the risk of falls^{3,6}. The risk of serious complications due to falls is high⁷.

The elderly can maintain or improve their current level of postural control through well-chosen physical exercises that influence the mechanisms regulating postural control, including improved muscle strength of the lower extremity, flexibility and reaction time^{8–11}. At the same time, there is evidence of heterogeneity in the response of exercisers to regular physical activity¹². By one hand Bierbaum et al.¹³ indicated the effectiveness of only balance exercises suggesting that strength exercises do not have the intended effect. On the other hand, Burke et al.¹⁴ found that balance and strength exercises have the expected effect of improving postural stability in older women.

Postural stability is the ability to control the position of the body in space in order to move while maintaining balance¹⁵. The process of maintaining postural stability is extremely complex, involving the visual along with the central and peripheral nervous systems and the musculoskeletal system, which responds to stimuli. The quality of these responses depends on motor skills and proprioception¹⁶ as well as cognitive condition¹⁷. Taking this into account, it seems that when choosing exercises to improve postural stability, not only the physical but also the mental sphere should be involved. However, as the research results show, even such a designed exercise programme may also fail to provide inconclusive effects. Zheng et al.¹⁸ showed that in older people, training using a dual-task, involving simultaneous performance of cognitive tasks during physical exercise, so-called “cognicise”—a term used by Suzuki et al.¹⁹—improves postural control to a higher extent than physical training alone. Meanwhile, Vaillant et al.²⁰ observed no significant benefit from additional cognitive exercise. Perhaps the difference in results is due to the number of training sessions performed: in the former case the subjects participated in 24 training sessions, in the latter only in 12.

¹Department of Dance and Gymnastics, Faculty of Sport Sciences, Poznan University of Physical Education, 61-871 Poznań, Poland. ²Department of Physical Activity Sciences and Health Promotion, Faculty of Sport Sciences, Poznan University of Physical Education, 61-871 Poznań, Poland. ³Faculty of Compositions, Conducting, Theory of Music and Eurhythmics, Academy of Music in Poznań, 61-808 Poznań, Poland. ✉email: adamczyk@awf.poznan.pl

| Parameter | Abbr. | Unit | Ability |
|---|--------|--------------------------------------|---|
| COP Path Length: sum of path lengths from the Subject Start Position to the intersection of the active target perimeter | COP_PL | Centimetre (cm) | Accuracy of COP displacement (excluding the time to maintain the COP within the target) |
| COP Area Deviation: sum of areas where the COP path deviates from the straight line that intersects the Subject Start and End Positions | COP_AD | Square centimetre (cm ²) | Accuracy of COP displacement (including the time to maintain the COP within the target) |
| COP Total Time: time taken to complete the entire trial | COP_TT | Seconds (s) | Movement rate of the COP |
| COP Reaction Time: average reaction time to cross the perimeter of target, measured from the activation of the next target | COP_RT | Seconds (s) | Simple visual-motor reaction time |

Table 1. Description of the characteristics analysed with abbreviations, units, and abilities under study.

One of the cognitive exercise programmes is rhythmic according to the Emil Jaques-Dalcroze's Eurhythmics method (JDE). This method, originally developed for children, has been gaining popularity in recent years also for the elderly, but to the best of our knowledge only a few studies involving its use have been published so far^{21–25}. The results show that JDE improves coordination in older adults, mainly in gait and dynamic balance. The authors describe the JDE exercises as multitasking, forcing the exercisers to focus constantly. It has been proved that exercises that consist in performing cognitive and physical tasks simultaneously provide better results than those performed separately²⁶. An additional, undoubted advantage distinguishing JDE exercises is the fact that they are performed largely to the accompaniment of the piano. Apart from the practical dimension (music sets the tempo, number of repetitions, etc.), contact with live music is extremely valuable for the participants of training—the positive influence of listening to music on a person has been proven many times. It has also been proven that adding music to exercise can (a) improve exercise capacity and increase patients' motivation to participate in cardiac and pulmonary exercise rehabilitation programs; (b) lead to improved balance, greater ability to perform activities of daily living, and improved life satisfaction in elderly individuals; (c) enhance adherence and function of individuals suffering from neurological diseases such as Alzheimer's and Parkinson's; and (d) sustain these benefits if continued on a long-term basis²⁷. All of this creates an interesting alternative to other popular forms of exercise for seniors. Trainings are perceived as attractive and the drop-out rate during the programme is low²².

Yang et al.²⁸ in their systematic review conclude that there is preliminary evidence supporting the positive effects of multitasking training to improve cognitive-motor skills in older people. At the same time, they point out that in many cases, the effects of interventions that combined cognitive and physical training were comparable to those that practiced these elements separately, in terms of their effects on executive function, processing speed, attention, mood and cardiorespiratory fitness. The authors point to the need for further research in this field.

In the present study, based on the experiments described above, it was decided to evaluate the effect of an exercise programme based on a 12-week gymnastic-rhythmic exercise programme using the JDE method on the postural stability of women over 65 years of age.

Materials and methods

A study model based on randomized controlled trial—parallel group design was used. The manuscript conforms to the CONSORT Guidelines.

Participants. Participants were recruited through advertisements in local newspapers and on the Internet, and covered the Poznań Metropolitan Area, Poland. Eligibility criteria were community-dwelling women aged 65+. Candidates had no contraindications to participation in physical activity and gave informed consent to participate in the experiment. Participants scored at least 8 on the Abbreviated Mental Ability Test²⁹. Subjects taking medications that may interfere with natural control of postural stability, users of orthopaedic equipment, patients with neurological disease (Parkinson's or Alzheimer's), with significant visual and/or auditory perception impairment, and subjects who undertake or have undertaken regular physical activity in the past 3 years were not eligible for the programme.

Following randomization using the computer program Statistica 13.4 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA), the participants were divided into two groups: Intervention Group (IG) and Control Group (CG).

Research protocol. The participants' postural stability was investigated by determining their ability to control the displacement of the body's centre of pressure (COP). For this purpose, the Balance Platform model AccuSway Plus was used, together with the Balance Trainer software. The system recorded changes in COP position in the anteroposterior (AP) and mediolateral (ML) directions. The sampling rate was set at 100 Hz. The COP is a reliable parameter for evaluating postural stability and upright balance control³⁰. The results of the four COP parameters described in Table 1 were statistically analysed.

Trial design. Two measurement sessions were held: the first (baseline) took place during the week before starting the exercise programme and the second (12-week follow-up) straight after its finish (March and June 2016 respectively). Women from IG participated in the exercise programme, while women from CG were advised not to change anything about their current lifestyle, and in particular not to undertake any new structured physical activity. The participants, the JDE specialist as well as those conducting the measurements were unaware of the purpose of this study and the fact of belonging to any group.

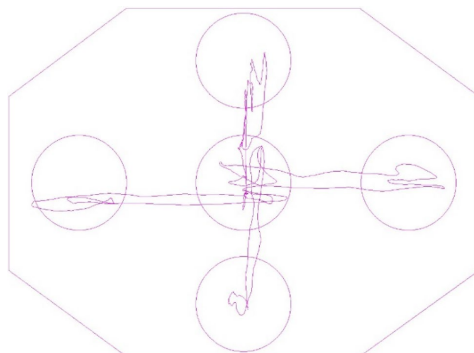


Figure 1. Diagram of the targets deployment with an example of the COP path trace (a screenshot from the software used for the tests).

The research project as well as all the experiments were positively assessed and approved by the Bioethics Committee at the Poznan University of Medical Sciences (Resolution 1046/15).

The trial has been registered on 20/08/2021 at ClinicalTrials.gov (Identifier: NCT05015777).

Training programme. Training sessions took place twice a week for 45 min each over a period of 12 weeks and were held in the university gymnasium. Each training included rhythmic exercises using the Jaques–Dalcroze Eurhythmics method with piano accompaniment and electronically played music. Training sessions were conducted by a JDE specialist.

Each class consisted of three parts: warm-up (~ 10 min), main part (~ 30 min) and cool down (~ 5 min). Exercises with the use of the JDE method consist mainly in the repetition of preset musical sequences using body movements. In addition to the physical layer, the cognitive layer was equally important: while performing a given movement exercise, participants had to focus in order to react appropriately to additional tasks, such as changes in sound pitch of the piece (e.g. while pitch was high they had to walk on their toes, when low—in a half squat) as well as changes of dynamic, agogic and articulatory sequences in music. Exercises included movements based on rhythmic themes where participants had to adjust the speed of their movement to the tempo of the music, rhythmic transformation of themes and polyrhythms (the arms move in a different rhythm than the legs). There were also inhibition-icitation exercises (inhibition and stimulation of movement, i.e. stopping moving when the music stops and resuming movement when the accompaniment starts again), improvisation of movements and exercises developing control of body balance, independence of movements and their coordination²⁵.

Balance platform test. Participants had to perform a movement task while standing on a posturographic platform. A Feedback Balance Analysis protocol was used—the subjects saw a point on the screen that was a reflection of their COP. By tilting their body in different directions, they could observe changes in the position of their COP in real time. The participants' task was to do it in such a way as to direct their COP into the appropriate targets marked on the screen, in the right order (Fig. 1).

Taking into account the natural heterogeneity of the group in terms of physical fitness due to the age of subjects, the distances of extreme areas in relation to the central area, and thus the range of deflection, were decided to be determined for each participant individually. For this purpose, first the maximum deflections of each subject in the AP and ML directions were determined, and then the software automatically determined the centres of targets at a distance of 75% of the maximum deflection in a given direction. This ensured that each subject leaned their torso relatively the same range and that the task was within their capabilities. The results of maximum torso lean ranges were also statistically analysed.

The test consisted of two main elements: (1) the COP point movement phase and (2) the COP point maintain phase. The task consisted of the COP point movement into individual targets (in a predetermined order), each time the COP point had to be maintained inside the area of each target for at least one second, after which the target became inactive (darker), which was a signal of its correct passing. At the same time, the next (active) target would light up, indicating that the COP point had to be moved into that target, where it again had to be held for a minimum of one second, and so on. Each time the extreme target was passed, it was necessary to return into the central target. A similar trial measuring changes in postural stability in a biofeedback model under the influence of training has already been used in other experiments^{31,32}.

The posturographic platform was fixed to a flat surface, in front of the subject at a distance of 1.5 m at eye level was placed a 27 inch monitor. The room was soundproofed to ensure peace and quiet. On the platform there were lines specifying the proper distances and angles of feet placement in order to ensure that the subject

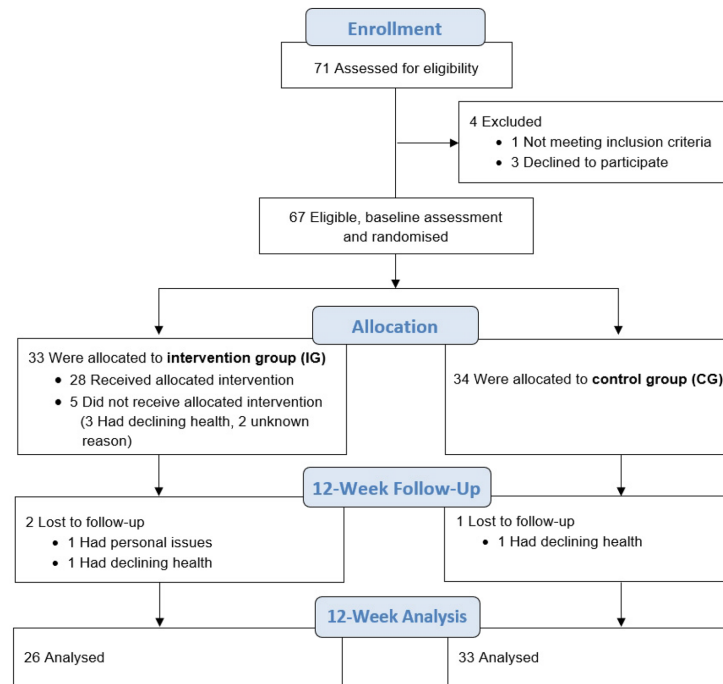


Figure 2. Flowchart for enrolment, randomization, and follow-up of study participants.

stood in the same place during each subsequent trial. The feet on the platform were placed naturally, one next to the other at hip width, with the toes gently pointing outwards.

Each participant was given verbal instructions on how to perform the test, with particular emphasis on the fact that the test had to be carried out as quickly and accurately as possible, moving the COP point by the shortest possible route to the target, and once reached, trying to keep the COP point as still as possible in the centre of target until it became inactive (turned dark). The person conducting the test next performed a demonstration of the entire trial. The final step was for the subjects to perform two pre-test trials, followed by a third trial, the results of which were statistically analysed.

Statistical analysis. The results of descriptive statistics were presented as means with standard deviation (mean \pm SD). Postural stability test results were presented as means and confidence intervals at the 95% level. A two-factor analysis of variance (ANOVA) was conducted. An eta square analysis was used to determine effect size. The post-hoc Tukey test was conducted in case of significant main or interaction effects. Differences between groups in the single study session area and between study sessions in the group area were determined using the Mann–Whitney U test with correction for continuity. Statistical significance level was set at 5%. All calculations were carried out using Statistica 13.4 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA)²⁵.

Ethical approval. All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institutional and/or national research committee and with the 1964 Helsinki Declaration and its later amendments or comparable ethical standards.

Informed consent. Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Results

A total of 71 subjects were initially accepted for the programme, of whom 67 were qualified for the study. The final statistical analysis included a total of 59 women (Fig. 2). Table 2 presents characteristics describing the participants, including their age and the results of measurements of somatic characteristics. No significant differences were observed between IG and CG in any of the traits studied. Table 3 shows the results of postural stability tests from both groups at both times in the form of means along with 95% confidence intervals. There

| | ALL | IG | CG |
|--|---------------|---------------|---------------|
| Participants, <i>n</i> | 59 | 26 | 33 |
| Age, \bar{x} (SD), years | 69.85 (3.29) | 69.58 (3.05) | 70.06 (3.51) |
| Height, \bar{x} (SD), cm | 159.93 (5.48) | 159.04 (5.05) | 160.6 (5.78) |
| Weight, \bar{x} (SD), kg | 73.3 (12.41) | 72.57 (12.37) | 73.28 (12.68) |
| BMI, \bar{x} (SD), kg/m ² | 28.73 (5.08) | 28.74 (5.00) | 28.47 (5.22) |
| Education level, <i>n</i> (%) | | | |
| Secondary | 31 (52.5) | 10 (38.5) | 21 (63.6) |
| Higher | 17 (28.8) | 11 (42.3) | 6 (18.8) |
| Vocational | 6 (10.2) | 3 (11.5) | 3 (9.1) |
| PhD | 4 (6.8) | 2 (7.7) | 2 (6.1) |
| Primary | 1 (1.7) | 0 (0) | 1 (3) |
| Marital status, <i>n</i> (%) | | | |
| Married | 25 (42.4) | 12 (46.2) | 13 (39.4) |
| Widow | 22 (37.3) | 8 (30.7) | 14 (42.4) |
| Single | 5 (8.5) | 1 (3.9) | 4 (12.2) |
| Divorcée | 4 (6.8) | 3 (11.5) | 1 (3) |
| Separation | 3 (5.1) | 2 (7.7) | 1 (3) |
| Weekly PA frequency, <i>n</i> (%) | | | |
| 3–4×/week | 17 (28.8) | 7 (26.9) | 10 (30.3) |
| Every day | 16 (27.1) | 8 (30.8) | 8 (24.2) |
| None | 12 (20.3) | 6 (23.1) | 6 (18.2) |
| 1–2×/week | 8 (13.6) | 3 (11.5) | 5 (15.2) |
| 5–6×/week | 6 (10.2) | 2 (7.7) | 4 (12.1) |

Table 2. Descriptive characteristics of the female participants, whose results were statistically analysed. *IG* Intervention Group, *CG* Control Group, *n* number of observations, \bar{x} mean, *SD* standard deviation, *PA* physical activity.

| | Baseline | | 12-Week follow-up |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| *COP_PL, cm | | | |
| IG | 97.58 (89.67–105.50) | – <i>p</i> = 0.01→ | 86.41 (82.21–90.62) |
| CG | 90.81 (85.07–96.55) | | 92.21 (84.05–100.38) |
| *COP_AD, cm² | | | |
| IG | 105.40 (86.88–123.92) | | 88.91 (79.81–98.01) |
| CG | 91.25 (75.78–106.71) | | 95.84 (80.50–111.19) |
| COP_TT, s | | | |
| IG | 29.39 (27.50–31.28) | – <i>p</i> < 0.01→ | 24.79 (23.53–26.06) |
| CG | 29.36 (27.84–30.89) | – <i>p</i> < 0.01→ | 26.02 (24.75–27.29) |
| COP_RT, s | | | |
| IG | 1.05 (0.93–1.18) | | 0.97 (0.9–1.04) |
| CG | 1.11 (1.0–1.22) | | 0.98 (0.88–1.08) |

Table 3. Descriptive data—means and 95% confidence interval (CI) of COP_PL (cm), COP_AD (cm²), COP_TT (s) and COP_RT (s) at the baseline and at the 12-week follow-up in both intervention and control group. *COP_PL* path length of the centre of pressure, *COP_AD* area deviation of the centre of pressure, *COP_TT* total time of the centre of pressure activity, *COP_RT* reaction time of the centre of pressure, *IG* Intervention Group, *CG* Control Group. Test marked with *—there was significant interaction (*p* < 0.05) between group and measurement session (Group × Time interaction). Differences within group between baseline and 12-week follow-up are indicated as *p* value.

were no significant differences between the *IG* and *CG* groups at the baseline in any of the parameters tested. A statistically significant interaction between group allocation and measurement session (group × time interaction) was found for the parameters *COP_PL* ($F_{(1,57)} = 6.743$, *p* = 0.012, $\eta^2_p = 0.106$) and *COP_AD* ($F_{(1,57)} = 5.215$, *p* = 0.026, $\eta^2_p = 0.084$). Post-hoc tests of the *COP_PL* parameter showed significant changes (*p* = 0.016) for *IG* between the first and second measurement sessions. Figure 3 shows graphs of the direction of change in the analysed parameters along with the strength of effects and significance.

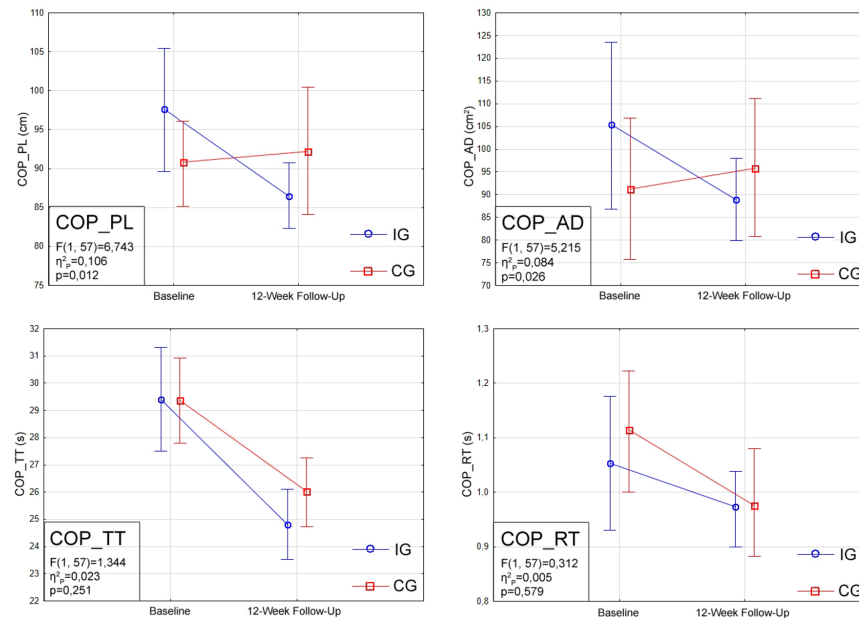


Figure 3. Pre- and postintervention static balance results for Centre of Pressure Path Length (COP_PL), Centre of Pressure Deviation Area Deviation (COP_AD), Centre of Pressure Total Time (COP_TT) and Centre of Pressure Reaction Time (COP_RT).

Discussion

The biofeedback trials conducted on the posturography platform showed that the training with the JDE method can contribute to increasing the efficiency of using vision in order to keep the body in a stable position. The overall image of torso leaning of the female subjects shows that all analysed parameters improved. Parameters determining the speed of movement of the moving COP, accuracy, and visuomotor reaction time were evaluated in detail. For the assessment of movement precision, two parameters were analysed: (1) COP_PL, which determines the accuracy of COP control during the movement phase, and (2) COP_AD, which additionally indicates the ability to maintain the body in a forced position. In both cases, a significant statistical interaction was found between group allocation and measurement session. Although the post-hoc test showed a significant change—improvement in IG performance—only in the case of COP_PL, the direction of change in the performance of both analysed parameters is opposite in the IG group compared to the CG. This means that JDE training had a positive effect on the ability to control body leaning during forced movements on the posturographic platform. Hernandez et al.³³ observed that older women leaning their whole body (moving their COP) performed additional corrective submovements. It can be concluded here that, in the case of IG, the JDE exercises reduced their number, thus affecting the smoothness and precision of movement phase more than maintaining the COP in a forced position (inside the target on the monitor screen).

In order to study not only the correctness of movements but also their speed, the total time to perform this forced trial (COP_TT) was measured. It was assumed that the lower the score, the faster and therefore better the COP movements performed. In order to exclude misinterpretation of this result, which could arise in a situation in which the subject reacts too slowly to the target deactivation signal (significantly prolonging the maintenance phase), it was also decided to analyse the reaction time (COP_RT) which was needed to leave the target after passing it. No significant group × time interaction was found in any of the above parameters, but detailed statistical analysis showed a significant improvement in speed parameters in the 12-week Follow-Up for both groups. It is possible that, despite the fact that subjects from both groups (including CG) were not allowed to change their level of physical activity and perform balance exercises at home on their own, they performed body leaning trials. It could have affected the ability to lean the body in different directions, resulting in changes of COP_TT and COP_RT parameters, probably more easily trainable, in both groups. Additionally, there may have been a learning effect. Furthermore, perhaps these two parameters are too sensitive to the effects of any training and should only be used in combination with other posturographic parameters (e.g. COP_PL and COP_AD).

From the experiment, based on the changes in all analysed parameters, it is evident that the training with JDE resulted in an improvement in both the precision and speed of volitional movements of the COP in the test with biofeedback. The movements performed by subjects in the IG group were less extensive and thus performed

with greater precision. With the slow but coordinational challenging movements, learned and applied over a period of 12 training weeks, the whole-body control and proprioception were clearly improved. Furthermore, studies on the organization and control of human movements³³ show that it is not only the condition of internal organs directly involved in the movements, or even the quality of nerve connections, that is important. Apart from the automatism of the body's functioning, there are structures of the cortex of brain where the decision is made—whether or not to perform a movement despite sufficient data from the receptors. Information from the receptors is constantly flowing into the brain, but making the right response is a matter of choice, and the decision is made in the appropriate centres³⁴. It is likely that the exercises, often complex in terms of coordination, resulted in an increase in confidence in the control of movements of the whole body and enabled faster and better choices of the correct, accurate movement. The JDE training method is similar to Tai-Chi and dance in its use of coordinative elements, which also have a significant influence on the control of movements—thus leading to greater postural stability^{35,36}. The JDE also requires adequate control of individual muscle activity. Hence, in women undergoing JDE training, an improvement in performance was noted in the standing test on the posturographic platform with feedback. This improvement should be associated with an increased ability to use visual stimuli in order to gather information necessary to hold the body in the desired position. The torso leaning of older women aimed at keeping the body upright on the platform in such a way that the COP was in one specific position became more controlled and precise after 12 weeks of training.

As the exercise program was based on the use of music, its influence on the results should also be considered. Hagen et al.³⁷ found that a group of seniors who exercised with music, compared to a control group that exercised without music, had better results in the areas of balance, joint range of motion, cognitive ability, behavioural assessment and life satisfaction. Similar positive results were obtained by Hamburg and Clair³⁸—the exercise program consisted of a selection of music that matched the rhythm of exercises being performed. After 5 weeks of exercise, seniors reported significant improvements in balance, flexibility, coordination, and spatial orientation. The study also points to other positive changes in exercise with music besides motor skills that can be achieved by seniors. Teel et al.³⁹ reported an extremely important high participation rate in such activities (> 89%) in this group of people. In addition, self-reported high motivation to exercise, increased postural awareness, improved balance and increased social interaction were reported by the participants. Meanwhile, Carrick et al.⁴⁰ in their randomized controlled trial show that even just listening to music can improve postural stability and reduce the risk of falls. All of the above characteristics may have contributed to better outcomes for the IG participants in this study.

This randomized, long-term experiment based on the JDE method obviously has some limitations: (1) In order to draw conclusions about changes in brain structures due to JDE training, it would be necessary to determine in which brain regions there was an increase in activity. For this purpose functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) should be used, which was not the case in this study. (2) It should be noted that the model of study consisting of individual determination of the distance of extreme targets from the centre makes it impossible to compare the subjects' results with each other (and thus to define standards) due to the different distances that the COP point has to cover. However, the creation of such standards would be of little scientific or practical interest. To create such comparisons, it would be necessary to adopt a qualifying criterion for subjects to achieve a given minimum of torso lean in each of the four directions and then set the end of extreme targets at that distance—but this, in turn, would significantly reduce the standardization of this type of measurement. (3) The lack of calculation of sample size. In determining the minimum number of participants we relied on other similar studies. It is advisable that for subsequent studies, the number of participants should be determined based on the pilot study conducted earlier. (4) In designing the study, we decided to use only the platform test as the outcome measure. We assumed that the biofeedback protocol assesses changes in the physical and cognitive spheres simultaneously, i.e. those affected by the JDE exercises. However, in order to obtain more comprehensive results, additional tests such as the Mini Balance Evaluation System Test, Timed Up and Go, One Leg Stand as well as balance and falls confident skills tests should be used in future studies. (5) Comparing the intervention group only with a control group whose participants do not participate in any activities. To better control for the strength of social interaction effects, future studies should include not only the control group as here, but also a social intervention group such as a book or cards club or other type of social gathering that does not involve physical activity or exercise. (6) Participants should have had an extra day before baseline, dedicated to familiarisation process on the platform, to educate them and have them practise before the actual baseline test day.

Conclusions

A 12-week exercise programme using the JDE method improves postural stability in the dynamics of women over 65 years of age, by improving the smoothness of torso movements during body leaning similar to those occurring in everyday life, thereby improving the performance of ADLs and reducing the risk of falls. This form of exercise is safe, effective and attractive for seniors. Due to its nature (dance, music, rhythm, whole body movements) this form can be used in activating and improving people who do not like traditional gymnastics on a daily basis. The obtained results may be particularly interesting for people conducting physical activities in nursing homes and centres for the elderly, where the proposed forms of therapy must be characterised by high attractiveness and ease of evoking positive emotions.

In the light of the small number of publications to date that have examined the effects of JDE on older adults, further research is needed to better understand the mechanism by which these exercises affect functional fitness in elderly people.

Data availability

The data presented in this study are available on reasonable request from the corresponding author.

Received: 15 June 2021; Accepted: 11 April 2022
 Published online: 30 April 2022

References

- Leightley, D. *et al.* Postural stability during standing balance and sit-to-stand in master athlete runners compared with nonathletic old and young adults. *J. Aging Phys. Act.* **25**(3), 345–350. <https://doi.org/10.1123/japa.2016-0074> (2017).
- Alsubaie, S. F. The postural stability measures most related to aging, physical performance, and cognitive function in healthy adults. *BioMed Res. Int.* <https://doi.org/10.1155/2020/5301534> (2020).
- Bukova, A. *et al.* Awareness of patients suffering from selected chronic diseases of the importance of physical activity in treating their disorders. *Phys. Act. Rev.* **7**, 234–239 (2019).
- Sabashi, K. *et al.* Dynamic postural control correlates with activities of daily living and quality of life in patients with knee osteoarthritis. *BMC Musculoskelet. Disord.* **22**(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04164-1> (2021).
- Miyawaki, T., Kumamoto, K., Shimoda, K., Tozato, F. & Iwaya, T. Relationship among motor function, ADL disability, and psychological concerns in elderly people with locomotive disorders. *J. Orthop. Sci.* **22**(2), 339–344. <https://doi.org/10.1016/j.jos.2016.12.010> (2017).
- Hamed, A., Bohm, S., Mersmann, F. & Arampatzis, A. Exercises of dynamic stability under unstable conditions increase muscle strength and balance ability in the elderly. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **28**(3), 961–971. <https://doi.org/10.1111/sms.13019> (2018).
- Alamgir, H., Muazzam, S. & Nasrullah, M. Unintentional falls mortality among elderly in the United States: Time for action. *Injury Ther.* **73**(4), 254–262. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2011.12.001> (2012).
- Taheri, M., Irandoust, K. & Moddaberi, S. The effects of weight-bearing exercise on postural control and fatigue index of elderly males. *Int. Arch. Health Sci.* **6**(4), 122–125 (2019).
- Alfieri, F. *et al.* Effectiveness of an exercise program on postural control in frail older adults. *Clin. Interv. Aging.* <https://doi.org/10.2147/CIA.S36027> (2012).
- Stemplewski, R., Maciaszek, J., Salamon, A., Tomczak, M. & Osinski, W. Effect of moderate physical exercise on postural control among 65–74 years old men. *Arch. Gerontol. Geriatr.* **54**(3), e279–283. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2012.02.012> (2012).
- Judge, J., Lindsey, C., Underwood, M. & Winsemius, D. Balance improvements in older women: Effects of exercise training. *Phys. Ther.* **73**(4), 254–262. <https://doi.org/10.1093/ptj/73.4.254> (1993).
- Bouchard, C. & Rankinen, T. Individual differences in response to regular physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.* **33**(6 Suppl), S446–S451. <https://doi.org/10.1097/00005768-200106001-00013> (2001).
- Bierbaum, S., Peper, A. & Arampatzis, A. Exercise of mechanisms of dynamic stability improves the stability state after an unexpected gait perturbation in elderly. *Age (Dordr.)* **35**(5), 1905–1915. <https://doi.org/10.1007/s11357-012-9481-z> (2013).
- Burke, T. N., Franca, F. J. R., de Menezes, S. R. F., Cardoso, V. I. & Marques, A. P. Postural control in elderly persons with osteoporosis: Efficacy of an intervention program to improve balance and muscle strength. A randomized controlled trial. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* **89**(7), 549–556. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e3181ddcd2d> (2020).
- Woollacott, M. & Shumway-Cook, A. Attention and the control of posture and gait: A review of an emerging area of research. *Gait Posture* **16**, 1–14. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(01\)00156-4](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(01)00156-4) (2002).
- Goudarzian, M., Rahimi, M., Karimi, N., Samadi, A., Ajudani, R., Sahaf, R., & Ghavi, S. Mobility, balance, and muscle strength adaptations to short-term whole body vibration training plus oral creatine supplementation in elderly women [Research Article]. *Asian J. Sports Med.* **8**(1). <https://doi.org/10.5812/asjms.36793> (2017).
- Cieslik, B., Chamela-Bilińska, D., Ostrowska, B. & Szczepańska-Gieracha, J. Postural instability in cognitively impaired elderly during forward and backward body leans. *J. Phys. Ther. Sci.* **31**(7), 573–577. <https://doi.org/10.1589/jpts.31.573> (2019).
- Zheng, J. *et al.* Strategic targeted exercise for preventing falls in elderly people. *J. Int. Med. Res.* **41**(2), 418–426. <https://doi.org/10.1177/0300060513477297> (2013).
- Suzuki, T. *et al.* Community-based intervention for prevention of dementia in Japan. *J. Prev. Alzheimer's Dis.* **2**(1), 71–76. <https://doi.org/10.14283/jpad.2015.42> (2015).
- Vaillant, J. *et al.* Balance, aging, and osteoporosis: Effects of cognitive exercises combined with physiotherapy. *Joint Bone Spine* **73**(4), 414–418. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2005.07.003> (2006).
- Kressig, R., Allali, G. & Beauchet, O. Long-term practice of Jaques Dalcroze eurhythmics prevents age-related increase of gait variability under dual task. *J. Am. Geriatr. Soc.* **53**(4), 728–729. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53228.2.x> (2005).
- Trombetti, A. *et al.* Effect of music-based multitask training on gait, balance, and fall risk in elderly people: A randomized controlled trial. *Arch. Intern. Med.* **171**(6), 525–533. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2010.446> (2011).
- Hars, M. *et al.* Long-term exercise in older adults: 4-year outcomes of music-based multitask training. *Calcif. Tissue Int.* **95**(5), 393–404. <https://doi.org/10.1007/s00223-014-9907-y> (2014).
- Ferguson-Stegall, L., Vang, M., Wolfe, A. S. & Thomsen, K. M. A 9-week Jaques–Dalcroze eurhythmics intervention improves single and dual-task gait speed in community-dwelling older people. *J. Phys. Act. Health* **14**(9), 740–744. <https://doi.org/10.1123/jpah.2017-0416> (2017).
- Adamczyk, J. *et al.* The impact of 12-week Jaques–Dalcroze eurhythmics programme on the dynamic agility in single-dual-task conditions in older women: A randomized controlled trial. *BioMed Res. Int.* <https://doi.org/10.1155/2020/9080697> (2020).
- Tait, J., Duckham, R., Milte, C., Main, L. & Daly, R. Influence of sequential vs. simultaneous dual-task exercise training on cognitive function in older adults. *Front. Aging Neurosci.* <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00368> (2017).
- Ziv, G. & Lidor, R. Music, exercise performance, and adherence in clinical populations and in the elderly: A review. *J. Clin. Sport Psychol.* **5**(1), 1–23 (2011).
- Yang, C. *et al.* Effectiveness of combined cognitive and physical interventions to enhance functioning in older adults with mild cognitive impairment: A systematic review of randomized controlled trials. *Gerontologist* **60**(8), e633–e642. <https://doi.org/10.1093/geront/gnz149> (2020).
- Jitapunkul, S., Pillay, I. & Ebrahim, S. The abbreviated mental test: Its use and validity. *Age Ageing* **20**(5), 332–336. <https://doi.org/10.1093/ageing/20.5.332> (1991).
- Chien, J.-E. & Hsu, W.-L. Effects of dynamic perturbation-based training on balance control of community-dwelling older adults. *Sci. Rep.* **8**(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35644-5> (2018).
- Maciaszek, J., Borawska, S. & Wojcikiewicz, J. Influence of posturographic platform biofeedback training on the dynamic balance of adult stroke patients. *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* **23**(6), 1269–1274. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2013.10.029> (2014).
- Maciaszek, J., Osinski, W. & Szeclicki, R. Age, BMI, psychomotor and functional fitness as determinants of static and dynamic balance in elderly men with osteopenia or osteoporosis. *Stud. Phys. Cult. Tour.* **13**(1), 25–32 (2006).
- Hernandez, M., Ashton-Miller, J. & Alexander, N. The effect of age, movement direction, and target size on the maximum speed of targeted COP movements in healthy women. *Hum. Mov. Sci.* **31**(5), 1213–1223. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.11.002> (2012).
- Brass, M. & Haggard, P. To do or not to do: The neural signature of self-control. *J. Neurosci.* **27**(34), 9141–9145. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0924-07.2007> (2007).

35. Xu, D., Li, J. & Hong, Y. Tai Chi movement and proprioceptive training: A kinematics and EMG analysis. *Res. Sports Med.* **11**(2), 129–144 (2003).
36. Miura, A., Fujii, S., Yamamoto, Y. & Kudo, K. Motor control of rhythmic dance from a dynamical systems perspective: A review. *J. Dance Med. Sci.* **19**(1), 11–21. <https://doi.org/10.12678/1089-313X.19.1.11> (2015).
37. Hagen, B., Armstrong-Esther, C. & Sandilands, M. On a happier note: Validation of musical exercise for older persons in long-term care settings. *Int. J. Nurs. Stud.* **40**(4), 347–357. [https://doi.org/10.1016/s0020-7489\(02\)00093-7](https://doi.org/10.1016/s0020-7489(02)00093-7) (2003).
38. Hamburg, J. & Clair, A. The effects of a movement with music program on measures of balance and gait speed in healthy older adults. *J. Music Ther.* **40**(3), 212–226. <https://doi.org/10.1093/jmt/40.3.212> (2003).
39. Teel, C., Carson, P., Hamburg, J. & Clair, A. A. Developing a movement program with music for older adults. *J. Aging Phys. Act.* **7**, 400–413 (1999).
40. Carrick, F., Oggero, E. & Pagnacco, G. Posturographic changes associated with music listening. *J. Altern. Complement. Med.* **13**(5), 519–526. <https://doi.org/10.1089/acm.2007.7020> (2007).

Author contributions

Conceptualization, J.A. and J.M.; methodology, J.A., J.M. and R.C.; validation, J.A. and R.S.; formal analysis, R.S. and R.C. and K.C.; investigation, J.A., K.C. and J.M.; resources, J.A., J.M. and R.S.; data curation, J.A.; writing—original draft preparation, J.A.; writing—review and editing, J.M. and R.S.; supervision, J.M., R.S. and R.C.; project administration, J.A. and J.M.; All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Competing interests

The authors declare no competing interests.

Additional information

Correspondence and requests for materials should be addressed to J.A.

Reprints and permissions information is available at www.nature.com/reprints.

Publisher's note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

© The Author(s) 2022



prof. dr hab. Janusz Maciaszek

Urodzony w 1967 r. w Poznaniu, od 1992 r. pracuje w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu, obecnie w Zakładzie Nauk o Aktywności Fizycznej i Promocji Zdrowia. Zainteresowania naukowe: znaczenie nadmiernej szczupłości, otyłości i aktywności fizycznej dla sprawności fizycznej osób w różnym wieku, wpływ deprywacji snu na sprawność funkcjonalną. Wykazał pozytywny wpływ treningu fizycznego tai-chi na sprawność funkcjonalną mężczyzn w wieku starszym, pacjentów z osteoporozą, nadciśnieniem, hiperglikemią, a także podejmował badania nad wpływem treningu *biofeedback* na sprawność funkcjonalną pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu.



mgr Jan Adamczyk

Urodzony w 1981 r. w Poznaniu, uzyskał tytuł zawodowy magistra sztuki w Akademii Muzycznej w Poznaniu. W 2007 r. rozpoczął pracę w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu na stanowisku instruktora w ówczesnym Zakładzie Gimnastyki. Zainteresowania naukowe: aktywność fizyczna oraz sprawność funkcjonalna osób starszych, ze szczególnym uwzględnieniem stabilności posturalnej. Zajmuje się badaniami dotyczącymi wpływu na seniorów ćwiczeń w modelu wielozadaniowości, wykorzystując do tego celu elementy rytmiki Émile'a Jaques'a-Dalcroze'a oraz nowatorską metodę *cognicise*, łączącą trening fizyczny oraz umysłowy.

