

mgr Katarzyna Marciniak

**Rozprawa doktorska**

**Wpływ treningu Nordic walking z  
wykorzystaniem kijów ze zintegrowanym  
elementem oporowym na sprawność  
funkcjonalną kobiet w wieku  
powyżej 60 lat**



W formie cyklu artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych

Promotor:

prof. AWF dr hab. Rafał Stemplewski



## Spis treści

Objaśnienia stosowanych w pracy symboli.....	3
I. Autoreferat.....	4
1. Wstęp .....	6
2. Cele i hipotezy .....	10
2.1. Cele badań .....	10
2.2. Hipotezy badawcze .....	11
3. Grupa badana i metody badań .....	11
3.1. Grupa badana .....	11
3.2. Metody badań.....	16
3.2.1. Ogólny schemat badań.....	16
3.2.2. Pomiary wstępne .....	16
3.2.3. Pomiary właściwe.....	17
3.2.4. Interwencja .....	20
3.2.5. Metody statystyczne.....	23
4. Wyniki oraz ich omówienie .....	23
5. Wnioski .....	26
II. Piśmiennictwo.....	27
III. Streszczenie/Abstrakt.....	35
1. Streszczenie.....	35
2. Abstrakt.....	37
IV. Załączniki.....	39
1. Oświadczenia współautorów	
2. Publikacje	

## **Objaśnienia stosowanych w pracy symboli**

ACSM – Amerykańskie Stowarzyszenie Medycyny Sportowej (ang. *American College of Sports Medicine*)

BMI – wskaźnik masy ciała (ang. *body mass index*)

BP – Bungy Pump

B-V – punkty antropometryczne, podstawa–wierzchołek (ang. *basis–vertex*)

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

COP – środek nacisku (ang. *centre of pressure*)

DT – podwójne zadanie (ang. *dual task*)

EC – grupa eksperymentalna (ang. *experimental group*)

EC – oczy zamknięte (ang. *eyes closed*)

EO – oczy otwarte (ang. *eyes open*)

EWGSOP – Międzynarodowa Grupa Robocza ds. Sarkopenii u Osób Starszych (ang. *The European Working Group on Sarcopenia in Older People*)

HR – częstość skurczów serca (ang. *heart rate*)

H–RF – sprawność ukierunkowana na zdrowie (ang. *Health–Related Fitness*)

NW – Nordic walking

PA – aktywność fizyczna (ang. *physical activity*)

PFNW – Polska Federacja Nordic Walking

RSA – element oporowy (ang. *resistance shock absorber*)

SFT – test sprawności fizycznej osób starszych (ang. *Senior Fitness Test*)



## I. Autoreferat

Rozprawę doktorską oparto o cykl publikacji pod wspólnym tytułem: „Wpływ treningu Nordic walking z wykorzystaniem kijów ze zintegrowanym elementem oporowym na sprawność funkcjonalną kobiet w wieku powyżej 60 lat”, na którą składają się dwie prace opublikowane w czasopismach indeksowanych o zasięgu międzynarodowym. W pracach opublikowano wyniki badań eksperymentalnych, które wiązały się z oceną efektywności treningu marszowego z wykorzystaniem kijów ze zintegrowanym elementem oporowym (RSA, ang. *resistance shock absorber*) oraz kijów klasycznych, na zmiany w sprawności funkcjonalnej oraz stabilności posturalnej u starszych kobiet. Eksperyment badawczy przeprowadzono w dwóch turach, w latach 2016–2019.

1. Marciniak, K., Maciaszek, J., Cyma-Wejchenig, M., Szeklicki, R., Maćkowiak, Z., Sadowska, D., Stemplewski, R. (2020). The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Functional Fitness of Women over the Age of 60. *Int J Environ Res Public Health*, 25;17(7):2197, doi: 10.3390/ijerph17072197, IF – 3,390, punktacja MEiN – 140 pkt.
2. Marciniak, K., Maciaszek, J., Cyma-Wejchenig, M., Szeklicki, R., Stemplewski, R. The Effect Of Nordic Walking Training With Poles With An Integrated Resistance Shock Absorber On The Body Balance Of Women Over The Age Of 60. *Healthcare* 2021, 9, 267; doi:10.3390/healthcare9030267, IF – 2,645, punktacja MEiN – 40 pkt.

**Łącznie IF – 6,035, punktacja MEiN – 180 pkt.**

Prace opublikowane poza cyklem:

1. Marciniak, K., Stemplewski, R. (2015). Aktywność fizyczna a wybrane czynniki zdrowotno–funkcjonalne u kobiet w wieku 60–79 lat. *Aktywność fizyczna i żywienie – w trosce o zdrowie i jakość życia*. Poznań : Wydawnictwo Naukowe Bogucki, 91–97.
2. Cyma, M., Marciniak, K., Tomczak, M., Stemplewski, R. (2018). Postural stability and physical activity of workers working at height. *Am J Men's Health*, 12(4), 1068–1073, doi: 10.1177/1557988318774996; IF – 1,409, punktacja MEiN – 20 pkt.
3. Cyma-Wejchenig, M., Maciaszek, J., Marciniak, K., Stemplewski, R. (2020). The Effects of Cognitive Task and Change of Height on Postural Stability and

Cardiovascular Stress in Workers Working at Height. *Int J Environ Res Public Health*, 17(18):E6541, doi:10.3390/ijerph17186541; IF – 3,390, punktacja MEiN – 140 pkt.

4. Cyma-Wejchenig, M., Tarnas, J., Marciniak, K., Stemplewski, R. (2020). The Influence of Proprioceptive Training with the Use of Virtual Reality on Postural Stability of Workers Working at Height. *Sensors*, 20(13), doi: 10.3390/s20133731; IF – 3.576, punktacja MEiN – 100pkt.
5. Domaszewska, K., Koper, M., Wochn, K., Czerniak, U., Marciniak, K., Wilska, M. and Bukowska, D.(2020). The Effects of Nordic Walking With Poles With an Integrated Resistance Shock Absorber on Cognitive Abilities and Cardiopulmonary Efficiency in Postmenopausal Women. *Front. Aging Neurosci.* 12:586286. doi: 10.3389/fnagi.2020.586286; IF – 5,750, punktacja MEiN – 100 pkt.

Ogólny dorobek:

**Łącznie IF – 20,16, punktacja MEiN – 540 pkt., cytowania – 13, indeks Hirscha – 2**

## 1. Wstęp

Proces starzenia skutkuje obniżeniem potencjału biologicznego człowieka, co prowadzi do zmniejszenia sprawności fizycznej (Martone i wsp., 2017). Jednym z problemów związanych z wiekiem jest sarkopenia. W 2011 roku Międzynarodowa Grupa Robocza ds. Sarkopenii u Osób Starszych (ang. The European Working Group on Sarcopenia in Older People - EWGSOP) zdefiniowała ją jako proces stopniowego zmniejszania się masy mięśniowej z osłabieniem funkcji mięśni szkieletowych, w wyniku starzenia się (Fielding i wsp., 2011). Sarkopenia postrzegana jest jako zespół problemów geriatrycznych stanowi poważne obciążenie dla zdrowia publicznego (Schlicht, Camaione i Owen, 2001; Beaudart i Reginster, 2015; Ossowski i wsp., 2016).

Związane z sarkopenią zmiany involucyjne w układzie mięśniowym, ze względu na lokalizację proprioceptorów w ścięgnach i wrzecionkach mięśniowych, wpływają niekorzystnie na czucie głębokie i w konsekwencji na poziom równowagi ciała (Michalska i wsp., 2021). Utrzymanie równowagi wymaga koordynacji układów: mięśniowo-szkieletowego i nerwowego, a także właściwej interakcji pomiędzy nimi (Michalska i wsp., 2021). Sygnały z proprioceptorów (czucia głębokiego) znajdujących się w strukturach mięśni, ścięgien i stawów, docierając do rdzenia kręgowego dają początek reakcjom odruchowym. Współzależność propriocepcji i zwrotnych reakcji nerwowo-mięśniowych jest ważnym czynnikiem wpływającym na zachowanie czynnościowej stabilności stawów, zachowania równowagi, regulacji napięcia mięśniowego oraz koordynacji ruchowej (Lephart, 2000).

Obniżona siła mięśni kończyn dolnych, głównie mięśni prostujących staw biodrowy oraz zginających grzbietowo staw skokowy prowadzi do zwiększenia niestabilności postawy i podwyższonego ryzyka upadków (Barak, Wagenaar i Holt, 2006). Konsekwencją upadku może być utrata sprawności ruchowej, samodzielności, a nawet śmierć (Sample, 2016; Gomeñuka, 2019; Michalska i wsp., 2021).

Biorąc pod uwagę poważne konsekwencje upadków i znajomość mechanizmów regulujących równowagę, w programach interwencyjnych dla starszych osób powinny znaleźć się ćwiczenia mające znaczenie dla poprawy poziomu równowagi, w tym ukierunkowane na poprawę siły i masy mięśniowej oraz zwinności tych osób. Regularna i

dostosowana aktywność fizyczna (ang. *physical activity*, PA) jest szansą na utrzymanie sprawności oraz samodzielności w późnym okresie życia oraz przyczynia się do polepszenia sprawności funkcjonalnej, w tym równowagi ciała (Belza, 2006; Holviala, 2012; Virag i wsp. 2015). Umiarkowana PA jest zalecana dla seniorów, ponieważ ma kluczowe znaczenie dla utrzymania możliwie wysokiego poziomu zdrowia (Blair, 2009; Garber i wsp., 2011; Chase, 2013; Milanović, Pantelić i Trajković, 2013; Halaweh i wsp., 2015; Langhammer, Bergland i Rydwick, 2018; Fahey, Insel i Roth, 2018; Rivera-Torres, Fahey i Rivera, 2019). Skuteczna pomoc osobom starszym w utrzymaniu zdrowego i aktywnego życia jest bardzo potrzebna, ponieważ po 60. roku życia obserwuje się nawet czterokrotny wzrost ograniczeń fizycznych oraz dwukrotny wzrost niepełnosprawności, w porównaniu do osób młodszych (Milanović i wsp., 2013).

W raporcie American College of Sports Medicine (ACSM) stwierdza się, że regularna PA jest niezbędna dla zdrowego starzenia się, a korzyści zdrowotne z podejmowania ćwiczeń występują przez całe życie. Sugeruje się również konieczność promowania zajęć ruchowych dla osób starszych, z powodu niedostatecznej aktywności tej populacji (Chodzko-Zajko i wsp., 2009; Keogh, 2014). Chodzko-Zajko i wsp. (2009) podkreślają, że program treningowy dla seniorów powinien zawierać ćwiczenia aerobowe, wzmacniające mięśnie oraz ćwiczenia równoważne dla ograniczenia ryzyka upadków, a więc wpływać na te komponenty sprawności fizycznej, które zgodnie z koncepcją Health-Related Fitness (H-RF) są pozytywnie powiązane ze zdrowiem (Shephard i Bouchard, 1994).

Podstawową aktywnością życia codziennego, która może pomóc osobom w każdym wieku w zachowaniu samodzielności oraz swobody przemieszczania się jest chód. Przeprowadzono wiele badań w zakresie wpływu tej formy PA na sprawność fizyczną, z których wynika, że regularne spacerowanie i marsze mogą spowalniać postępujące wraz z wiekiem obniżanie się sprawności fizycznej (Sun, Norman i While, 2013; Frew i wsp., 2014; Jessen i Lund, 2017; Kilingback, Tsofliou i Clark, 2017).

Prawidłowy chód wymaga odpowiedniej siły mięśni, właściwego zakresu ruchomości we wszystkich stawach kończyn dolnych i zachowania równowagi w warunkach dynamicznych (Cadore i Izquierdo, 2013). Marsz jest zalecany w rehabilitacji, również jako profilaktyka sarkopenii, lecz spacer w wolnym tempie może nie być wystarczającym bodźcem do zmian. Większe pozytywne zmiany w sile mięśni oraz prędkości chodu zaobserwowano w wyniku zintensyfikowania PA (Sanchez-Sánchez i wsp., 2019). Szybki marsz, jako prosta i bezpieczna forma ćwiczeń jest bezsprzecznie skutecznym środkiem przeciwdziałania

negatywnym efektem siedzącego trybu życia, nawet w przypadku osób o niewystarczającej sprawności i może prowadzić do zmniejszenia częstości występowania chorób przewlekłych (Tschentscher, Niederseer i Niebauer, 2013; Ossowski i wsp., 2016). Jednakże wciąż niejasne pozostaje, czy taki bodziec jest wystarczający dla poprawy wszystkich parametrów niezbędnych do utrzymania sprawności funkcjonalnej seniorów.

Sherrington i wsp. (2008) większe efekty poprawy stabilności posturalnej zaobserwowali w programach, które zawierały ćwiczenia równoważne, ale nie obejmowały programu chodzenia. Martins i wsp. (2011) potwierdzili pozytywny wpływ treningu siłowego i aerobowego na sprawność funkcjonalną starszych osób. Wykazano także, że przeciwdziałanie sarkopenii jest możliwe dzięki wykonywaniu ćwiczeń wytrzymałościowych (Evans, 2010; Montero-Fernández i Serra-Rexach, 2013). Clemson i wsp. (2009) w swoich badaniach potwierdzili wpływ ćwiczeń siłowych na poprawę wskaźników związanych z dynamiczną równowagą ciała. Również Romsbottom i wsp. (2004) wykazali poprawę dynamicznej równowagi ciała, jak również siły mięśni kończyn dolnych po zastosowaniu ćwiczeń siłowych.

Jedną z form aktywności opartej na chodzie jest Nordic walking (NW). Wśród korzyści z zastosowania NW wskazuje się na poprawę w zakresie wytrzymałości (Virag i wsp., 2015), siły mięśni (Song i wsp., 2013; Keogh i wsp., 2014; Lee i Park, 2015), oraz równowagi ciała (Virag i wsp., 2015; Lee i Park, 2015; Franzoni i wsp., 2018). Badacze odnotowali u seniorów poprawę równowagi statycznej już po 8-12 tygodniach interwencji NW (Kocur i wsp., 2015; Franzoni i wsp., 2018; Gomeñuka i wsp., 2019). Wskazuje się, że NW, jest bardziej intensywną formą chodzenia, angażującą mięśnie dolnej i górnej części ciała. Rytmiczny i naprzemianstronny ruch całego ciała w NW, może skuteczniej zapobiegać zmianom w jakości chodu związanym z procesem starzenia się organizmu, niż zwykły marsz (Figueiredo i wsp., 2013; Mansour i wsp., 2018).

### **Uzasadnienie podjęcia badań**

Poziom sprawności funkcjonalnej, zwłaszcza rozpatrywany ze względu na upadki i niestabilność, jest kluczową kwestią dla populacji geriatrycznej (Bird i wsp., 2010; Stemplewski, 2012; Sample i wsp., 2016). Według Sample i wsp. (2016) upadki występują nawet u 33% osób starszych. Konsekwencje upadków stanowią poważne zagrożenie dla zdrowia, a nawet życia seniorów. Poważny uraz, który jest częstym następstwem upadku, może spowodować trwałą utratę samodzielności (Gomeñuka i wsp., 2019). W krajach

wysokorozwiniętych stale zwiększa się odsetek osób w podeszłym wieku wymagających całodobowej, często długoterminowej hospitalizacji, dlatego zapewnienie pomyślnej starości oraz niezależności w późnym okresie życia wydają się być ważniejsze od wydłużania ludzkiego życia. Zapewnienie profesjonalnej opieki nad osobami starszymi jest bardzo kosztowne i stanowi poważne wyzwanie dla finansów publicznych, jednakże podkreśla się społeczne i ekonomiczne korzyści z programów interwencyjnych w zakresie poprawy PA wśród seniorów (Frew i wsp., 2014).

Biorąc pod uwagę powyższe informacje, nasuwa się pytanie o formę treningu, który byłaby atrakcyjna dla seniorów, nie wiązała się z dużymi kosztami, a zawierałaby wszystkie elementy ważne dla zachowania fizycznej sprawności i zdrowia.

Trening sprawności funkcjonalnej, nazywany również treningiem neuromotorycznym (Bird i wsp., 2010; Garber i wsp., 2011), który obejmuje zdolności motoryczne, takie jak: równowaga, koordynacja, chód i zwinność oraz trening proprioceptywny powinny znaleźć zastosowanie jako część kompleksowego programu ćwiczeń dla osób starszych, szczególnie w celu poprawy równowagi, zwinności, siły mięśni i zmniejszenia ryzyka upadków (Bird i wsp., 2010). Wskazuje się, że NW to prosta i bezpieczna forma ruchu, którą można zalecać seniorom (Tschentscher, Niederseer i Niebauer, 2013; Lee i Park, 2015). W trakcie NW uczestnicy chodzą i rozmawiają ze sobą, co wymaga przetwarzania informacji wraz z utrzymaniem koordynacji, równowagi i prędkości chodzenia. Można więc przyjąć, że NW zapewnia uczestnikom trening równowagi w warunkach wykonywania podwójnego zadania. W bazach danych można znaleźć wiele publikacji dotyczących wpływu klasycznego NW na wskaźniki zdrowia osób w starszym wieku (Parkatti, Perttunen i Wacker, 2012; Takeshima i wsp., 2013; Lee i Park, 2015; Virag i wsp., 2015; Bieler i wsp., 2017).

Nową formą treningu NW jest trening z kijami RSA. Dzięki konstrukcji tych kijów, w fazie dociskania kija do podłoża mięśnie wykonują dodatkową pracę. Taki trening umożliwia przeprowadzenie treningu wytrzymałościowego oraz oporowego w jednym czasie, a więc może przynosić więcej korzyści. Jednakże dotychczas brakuje badań w podejmowanym temacie. Pośrednie wnioski można wyciągnąć z badań nad wpływem zróżnicowanego treningu na sprawność fizyczną, w tym równowagę statyczną u seniorów, lecz ich wyniki są niejednoznaczne i zróżnicowane. Z jednej strony Schlicht, Camaione i Owen (2001) wykazali poprawę parametrów, które związane są z ryzykiem upadków: siły mięśni kończyn dolnych oraz szybkości chodzenia, w wyniku zastosowania intensywnego treningu oporowego u starszych. Z drugiej strony, Behm i wsp., (2015) stwierdzili brak wpływu na siłę i

wytrzymałość mięśniową oraz równowagę zarówno statyczną, jak dynamiczną, jako efekt treningu siłowego na niestabilnych powierzchniach.

Przed rozpoczęciem własnego eksperymentu nie stwierdzono w bazach danych prac dotyczących wpływu treningu marszowego z RSA na sprawność funkcjonalną seniorów. Dotychczas nie badano wpływu tej formy treningu na podstawowe elementy sprawności, tj.: siłę mięśni, wytrzymałość, równowagę ciała, zwinność, a których poziom bezpośrednio wiąże się z możliwością dłuższego utrzymania samodzielności i dobrej jakości życia ludzi w starszym wieku.

W kontekście przeprowadzonych badań należy również podkreślić ich aspekt praktyczny, ekonomiczny i społeczny, ponieważ promocja korzystnych dla zdrowia form PA i ich wykorzystanie, może przełożyć się na lepszy poziom zdrowia publicznego, a nawet zmniejszyć obciążenie w sektorze finansów publicznych.

## 2. Cele i Hipotezy

### 2.1. Cele badań

Celem głównym pracy była ocena zmian poziomu sprawności funkcjonalnej, w tym równowagi ciała w wyniku zastosowania treningu NW z kijami klasycznymi i z RSA u kobiet po 60. roku życia

Sformułowano następujące cele szczegółowe:

- 1) Porównanie wpływu treningu Nordic walking z zastosowaniem dwóch rodzajów kijów: z RSA oraz klasycznych na sprawność funkcjonalną starszych kobiet w zakresie:
  - siły mięśni górnej części tułowia,
  - siły mięśni dolnej części tułowia,
  - wytrzymałości aerobowej,
  - zwinności starszych kobiet (*publikacja 1*).
- 2) Porównanie wpływu treningu Nordic walking z zastosowaniem kijów z RSA oraz klasycznych na poziom równowagi statycznej badanych kobiet (*publikacja 2*).

## 2.2. Hipotezy badawcze

Dla realizacji powyższych celów poddano weryfikacji następujące hipotezy dotyczące kobiet w wieku powyżej 60. roku życia:

1) Iking z kijami z RSA umożliwia uzyskanie większych pozytywnych zmian w:

- sile mięśni górnej części ciała,
- sile mięśni dolnej części ciała,
- poziomie wytrzymałości aerobowej,
- poziomie zwinności badanych osób,

niż w przypadku treningu NW z kijami klasycznymi (*publikacja 1*).

2) Trening z kijami z RSA ma większy pozytywny wpływ na poprawę poziomu równowagi statycznej badanych osób, niż NW z kijami klasycznymi (*publikacja 2*).

## 3. Grupa badana i metody badań

### 3.1. Grupa badana

Badania zostały zaakceptowane przez Komisję Bioetyczną Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu (Decyzja nr 421/16; rozszerzenie nr 1041/18). Zgodnie z Deklaracją Helsińską uczestnicy zostali poproszeni o wyrażenie świadomej pisemnej zgody na udział w badaniach. Podjęto wszelkie środki ostrożności w celu ochrony prywatności uczestników i poufności ich danych osobowych. Ponadto każdy uczestnik został powiadomiony o przysługującej mu prawie do odmowy udziału w badaniu lub wycofania zgody w dowolnym momencie, bez żadnych konsekwencji. Badani zapoznali się z procedurą eksperymentalną wraz ze wszystkimi aspektami badania, takimi jak: cele eksperymentu, metody, sekwencja testów, ryzyko związane z eksperymentem i oczekiwane korzyści, a także niedogodności, jakie może powodować.

Uczestnicy zostali zakwalifikowani do udziału w projekcie na podstawie historii medycznej i badania kardiologicznego.

#### Kryteria włączenia:

Zastosowane zostały następujące kryteria włączenia do badań:

- wiek powyżej 60. roku życia;
- brak medycznych przeciwwskazań do umiarkowanych ćwiczeń fizycznych;
- brak doświadczenia w treningu Nordic walking;
- dobry kontakt werbalny;
- możliwość udzielenia przemyślanych i logicznych odpowiedzi.



### Kryteria wykluczenia:

Wykluczono osoby z obecnością co najmniej jednego z czynników:

- regularne uczestnictwo w zajęciach rekreacyjnych i sportowych, częściej niż jeden raz w tygodniu przez ponad 20 minut, z umiarkowaną intensywnością, np.: jogging, jazda na rowerze, pływanie itp.;
- zaburzenia w obrębie układu mięśniowo-szkieletowego uniemożliwiające samodzielne poruszanie się;
- choroby, mające wpływ na zaburzenia równowagi (np. zapalenie nerwu przedśionkowego, stwardnienie rozsiane, zawroty głowy);
- cukrzyca typu 2;
- otyłość trzeciego stopnia ( $BMI > 40 \text{ kg/m}^2$ );
- stosowanie leków obniżających ciśnienie krwi.

### *Publikacja 1*

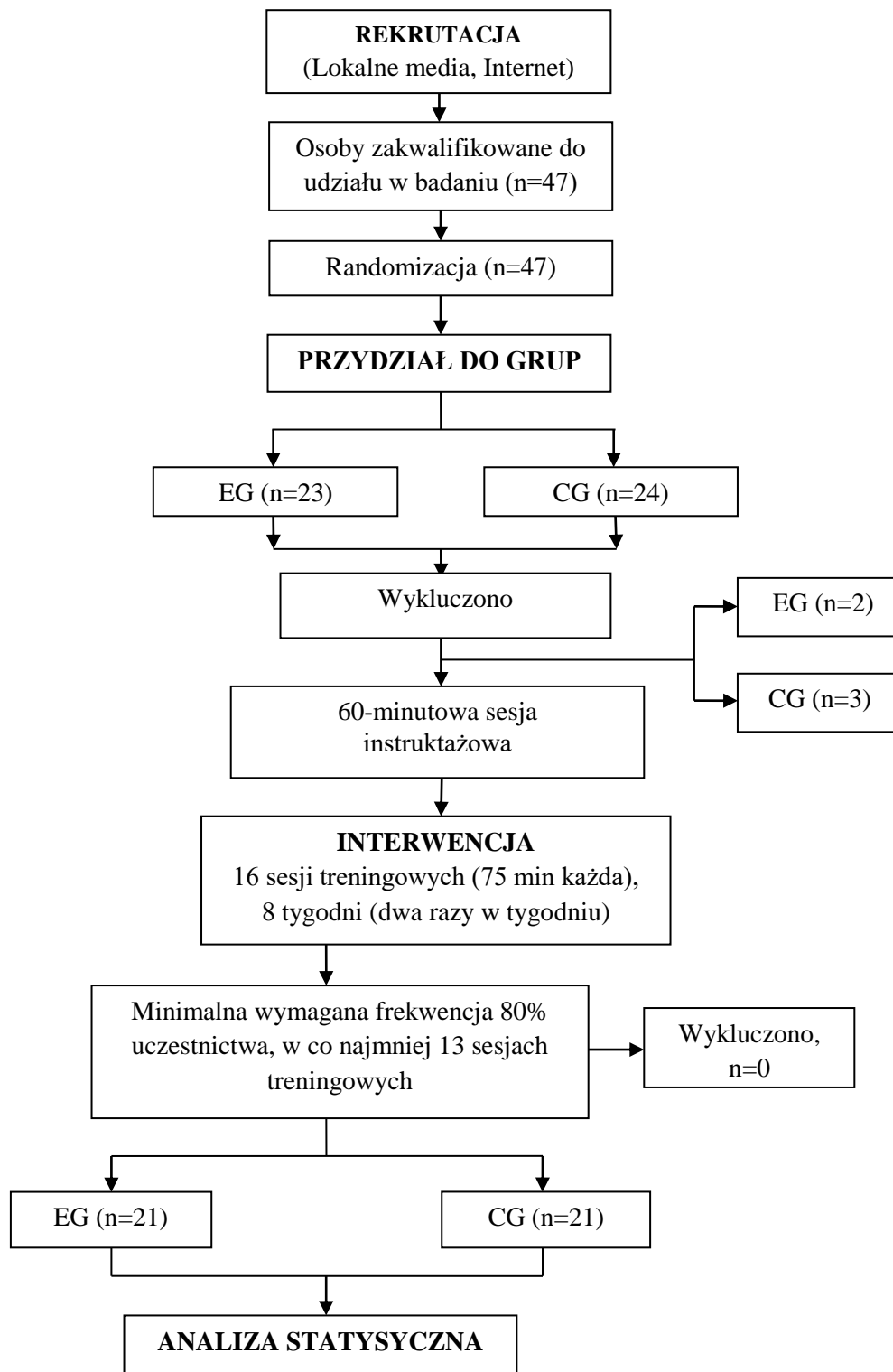
Do badań zakwalifikowano 47 kobiet w wieku od 60–71 lat. Kobiety zostały losowo przydzielone do jednej z dwóch grup za pomocą funkcji randomizacji w oprogramowaniu Excel:

- Grupa eksperymentalna (EG, ang. *experimental group*) – NW z kijami z RSA – początkowe: n = 23, końcowe: n = 21;
- Grupa kontrolna (CG, ang. *control group*) – NW z kijami klasycznymi – początkowe: n = 24, końcowe: n = 21.

2 kobiety w grupie eksperymentalnej i 3 kobiety w grupie kontrolnej zrezygnowały z uczestnictwa w badaniu bez podania przyczyny, w wyniku czego w obu grupach pozostało po 21 kobiet (rycina 1).

Kobiety nie były poinformowane, która z grup była eksperymentalna.

Przyjęto minimalną wymaganą frekwencję na zajęciach na poziomie 80%.



Źródło: *The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Functional Fitness of Women over the Age of 60.*

Rycina 1. Zmiany liczby uczestników w poszczególnych grupach (EG, CG), w trakcie procesu badawczego (*Publikacja 1*).

## *Publikacja 2*

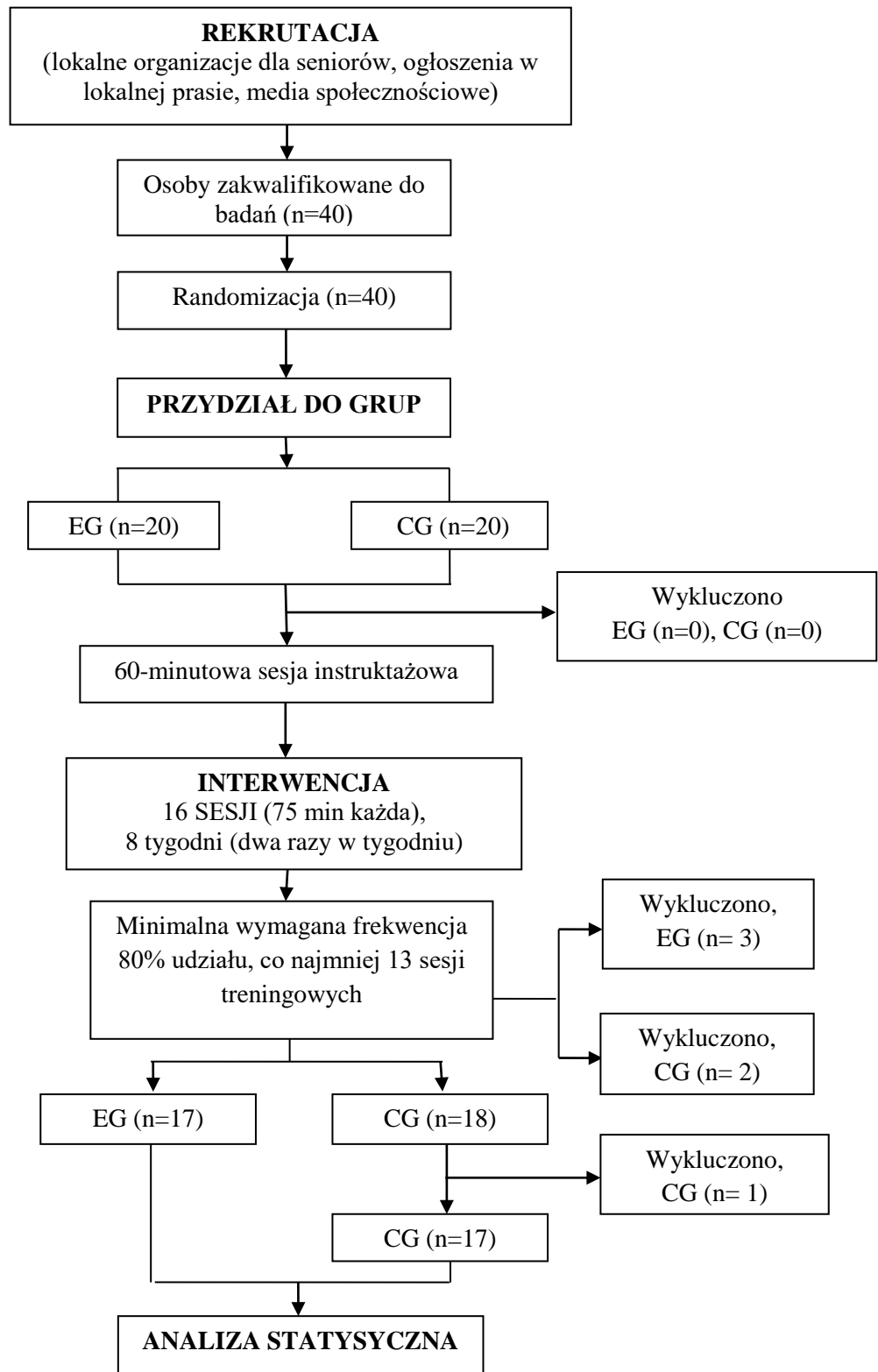
Początkowo do badania zrekrutowano 50 kobiet. Po uwzględnieniu kryteriów wykluczenia do badań zakwalifikowano 40 kobiet w wieku od 60-75 lat. Kobiety zostały podzielone losowo (program Excel) na dwie grupy:

- Grupa eksperymentalna (EG) – NW z kijami z RSA – początkowe: n = 20, końcowe: n = 17;
- Grupa kontrolna (CG) – NW z kijami klasycznymi – początkowe: n = 20, końcowe: n = 17.

5 kobiet nie ukończyło ośmioletniego okresu interwencji, w tym 1 osoba, która zrezygnowała z powodu urazu, 2 z powodu choroby i 2 z nieujawnionych powodów osobistych. Pozostałe 35 osób ukończyło szkolenie. Ostatecznie efekt interwencji oceniono u 34 kobiet, ponieważ jedna osoba (bez podania przyczyny) nie wzięła udziału w testach po programie interwencyjnym (rycina 2).

Kobiety nie zostały poinformowane, która z grup była eksperymentalna.

Minimalną frekwencję na zajęciach ustalono na poziomie 80%.



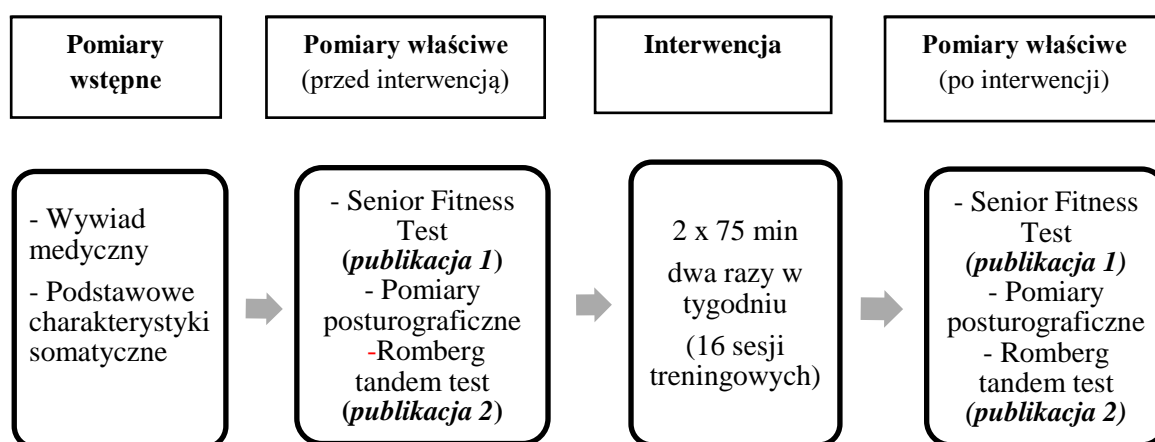
Źródło: *Effect Of Nordic Walking Training With Poles With An Integrated Resistance Shock Absorber On The Body Balance Of Women Over The Age Of 60.*

Rycina 2. Zmiany liczby uczestników w poszczególnych grupach (EG, CG), w trakcie procesu badawczego (*Publikacja 2*).

## 3.2. Metody badań

### 3.2.1. Ogólny schemat badań.

Badania przeprowadzono dwukrotnie w latach 2016–2019, według tego samego schematu (rycina 3). Całość eksperymentu została poprzedzona badaniami wstępnymi. Przed i po interwencji przeprowadzono pomiary właściwe. Interwencja oparta była o trening marszowy Nordic walking z użyciem dwóch rodzajów kijów – zawierających elastyczny element oporowy oraz klasycznych.



Rycina 3. Ogólny schemat badania.

### 3.2.2. Pomiary wstępne

Przed badaniem wykonano pomiary wskaźników somatycznych, tj. wysokości i masy ciała oraz obliczono wskaźnik masy ciała (BMI, ang. *body mass index*). Masę ciała badano w pozycji stojącej przy użyciu wagi Seca Optima z dokładnością do 1 kg. Do pomiaru wysokości ciała został użyty antropometr firmy GMP. Wysokość ciała mierzona była jako długość odcinka wyznaczonego punktami antropometrycznymi B–V (ang. *basis–vertex*) – przy postawie wyprostowanej, z opuszczonymi wzdłuż tułowia i wyprostowanymi kończynami górnymi. Pomiar został dokonany z dokładnością do 0,1 cm.

Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między grupami. Średnie wartości wieku, wysokości ciała i BMI były podobne w obu grupach.

### 3.2.3. Pomiary właściwe

#### Publikacja 1

#### **Pomiar sprawności funkcjonalnej**

W pracy wykorzystano cztery testy z baterii Senior Fitness Test (SFT), ściśle według oryginalnych zaleceń Rikli i Jones (1999), do oceny tych zdolności, które są niezbędne do utrzymania niezależności i bezpiecznego wykonywania codziennych czynności:

1. The 30-second chair stand test: test służy do oceny siły dolnej części ciała potrzebnej do chodzenia, wchodzenia po schodach, wstawania z krzesła itp.

#### *Sposób wykonania:*

- siedzenie z plecami wyprostowanymi, z przedramionami skrzyżowanymi na klatce piersiowej i stopami postawionymi płasko na podłodze,
- na sygnał „start” jak najszybsze wstawanie do pozycji wyprostowanej i powrót do pozycji siedzącej.

Wynikiem testu jest liczba pełnych cykli wykonanych w ciągu 30 sekund.

2. Arm curl test: testem ocenia się wytrzymałość górnej części ciała potrzebnej do czynności wymagających podnoszenia lub przesuwania przedmiotów.

#### *Sposób wykonania:*

- pozycja siedząca na krześle, kończyna górna (sprawniejsza) z ciężarkiem w ręce opuszczona wzdłuż tułowia,
- na sygnał „start” zginanie i prostowanie kończyny górnej w stawie łokciowym,
- w trakcie zginania staw łokciowy znajduje się blisko tułowia oraz następuje odwrócenie przedramienia i skierowaniem ręki z ciężarkiem w stronę barku,
- kobiety wykonują zadanie z ciężarkiem o masie 2,27 kg (1 lb – 0,454 kg).

Wynikiem tego testu jest liczba pełnych cykli wykonanych w ciągu 30 sekund.

3. The 2-minute step test: test stosuje się do oceny poziomu wydolności tlenowej (tolerancji wysiłku).

#### *Sposób wykonania:*

- na sygnał „start” badany rozpoczyna marsz w miejscu, unosząc naprzemiennie nogi do wyznaczonej indywidualnie wysokości połowy uda, mierzonej od grzebienia biodrowego do rzepki,
- dopuszcza się pomoc w utrzymaniu równowagi poprzez np. oparcie ręki o ścianę.

Rezultatem testu jest liczba uniesień prawego kolana do wymaganej wysokości w ciągu 2 minut.

4. *The 8-foot up and go test*: test służy do oceny zwinności/dynamicznego poziomu równowagi, niezbędnego w zadaniach wymagających szybkich manewrów, takich jak np. wsiadanie i wysiadanie z transportu publicznego.

*Sposób wykonania:*

- pozycja siedząca na krześle,
- na sygnał „start” badany wstaje i możliwie jak najszybciej pokonuje marszem wyznaczony dystans 8 stóp (2,44 m),
- ponowne zajęcie miejsca na krześle.

Wynikiem testu jest czas wykonania zadania, liczony w sekundach.

### *Publikacja II*

Do oceny zmian poziomu równowagi statycznej u badanych osób wykorzystano pomiary posturograficzne oraz Tandem Romberg test.

1. *Pomiary posturograficzne* zostały wykonane w oparciu o pomiar przemieszczeń środka nacisku (ang. *centre of pressure, COP*), przy użyciu platformy <sup>TM</sup> AccuGait (AMTI PJB-101, Watertown, MA) z oprogramowaniem Balance Trainer, która jest często wykorzystywana w badaniach osób starszych (Melzer, 2009; McNamara i wsp., 2013).

Warunki dokonywania pomiarów zostały wystandaryzowane zgodnie z poniższym opisem.

*Sposób wykonywania pomiaru:*

Platforma została umieszczona na płaskiej i stabilnej powierzchni. Podczas badania osoby stały boso, przyjmując wyprostowaną, pionową pozycję ciała, z opuszczonymi wzdłuż ciała kończynami górnymi, ze zbliżonym do naturalnego ustawieniem stóp – pięty w jednej linii, z zachowaniem około 5 cm odstępu między piętami (Stemplewski, 2012).

W tej pozycji wykonano trzy 30 sekundowe analizy posturograficzne oddzielone od siebie dwiema dwuminutowymi przerwami:

- stanie przy oczach otwartych (EO, ang. *eyes open*),
- stanie przy oczach zamkniętych (EC, ang. *eyes closed*),
- badanie stabilności ciała w warunkach podwójnego zadania (DT, ang. *dual task*).

DT – zadanie kognitywne polegało na odliczaniu wstecz co trzy, zaczynając od liczby 200 (Sample i wsp., 2016).

2. Tandem Romberg test (znany również jako Romberg sharpened test), jest narzędziem pomiarowym, które znajduje zastosowanie do oceny zmian funkcjonalnych w równowadze ciała (Lee, 1998; Herdman i Clendaniel, 2010), w zależności od poziomu propriocepcji badanych osób (Maranhão-Filho i wsp., 2011).

*Sposób wykonywania pomiaru:*

W trakcie pomiarów badani stali boso z przedramionami skrzyżowanymi na klatce piersiowej, ze stopami ustawionymi w jednej linii – stopa nogi dominującej z przodu (rycina 4). W celu ustalenia strony dominującej wydano badanemu polecenie: „proszę kopnąć w wyimaginowany przedmiot”, którego skutkiem było wykonanie zadania dominującą kończyną.

Początkowo badany stał z oczami otwartymi (EO) i wzrokiem skupionym w punkcie oddalonym o 1 metr, a następnie pozostawał w tej samej pozycji z oczami zamkniętymi (EC). Uzyskanym wynikiem była liczba sekund, podczas których badany utrzymywał pozycję bez utraty równowagi, z dopuszczeniem niewielkich oscylacji ciała (Maranhão-Filho i wsp., 2011). Za maksymalny czas pomiaru przyjęto 30 sekund. Wszyscy badani osiągnęli maksymalne wyniki w teście EO, w związku z tym w dalszej analizie wzięto pod uwagę tylko wyniki testu w warunkach EC.



Źródło: zdjęcie własne autorki



Rycina 4. Prawidłowe ustawienie stóp w teście Tandem Romberg - dominująca kończyna dolna z przodu.

### *3.2.4. Interwencja*

#### *Publikacja 1, Publikacja 2*

W publikacjach opisano efekty interwencji, która polegała na przeprowadzeniu cyklu treningów NW. Obie grupy (EG i CG) trenowały w tym samym czasie. Treningi odbywały się dwa razy w tygodniu przez 8 tygodni, w sumie 16 sesji treningowych, każda po około 75 minut. Według Park i Yu (2015), taki cykl treningowy może być wystarczający do uzyskania poprawy poziomu zdolności motorycznych.

Przed rozpoczęciem treningów uczestnicy zostali zapoznani z techniką marszu oraz sposobem bezpiecznego korzystania ze sprzętu. Kobiety z EG używały kijków z wbudowanym amortyzatorem oporowym 4 kg (Slimline Bungy Pump, Sports Progress International AB, Szwecja), natomiast kobiety z CG maszerowały z klasycznymi kijami NW (Nordic Walking Race 80% Carbon, Fizan, Włochy). Plan treningu uwzględniał zalecenia ACSM (Chodźko-Zajko i wsp., 2009). Każdy trening rozpoczynał się rozgrzewką głównych partii mięśni, dynamicznymi ćwiczeniami z wykorzystaniem kijów, w tempie dostosowanym do możliwości uczestników. Podczas rozgrzewki uczestnicy wykonywali np.: wymachy rąk, nóg, w różnych płaszczyznach i kierunkach, w różnym ustawieniu ciała.

Następnie badani chodzili alejami parku po zróżnicowanym podłożu, w tempie umożliwiającym prowadzenie swobodnej rozmowy, około 1 km w 10 min (intensywność odpowiadająca 100–120 częstości skurczu serca na minutę). Po przejściu połowy planowanego dystansu, uczestnicy zajęć wykonywali ćwiczenia o charakterze siłowym oraz trening równowagi. Trening równowagi polegał na utrzymaniu stabilnej postawy przy zmniejszonym polu podparcia i wychyleniach ciała w różnych kierunkach. Po przejściu reszty planowanego dystansu, na zakończenie treningu odbywały się ćwiczenia rozciągające głównych partii mięśni, np.: mięśni prostych uda, mięśni powierzchownych i głębokich goleni, mięśni kulszowo-goleniowych, rozciąganie mięśni grzbietu, „rolowanie kręgosłupa” itp. Długość trasy zmierzono za pomocą aplikacji Endomondo (Padulo i wsp., 2018). W trakcie spotkań stopniowo wydłużono dystans marszu z 3,5 km do 4,5 km, a także liczbę wykonywanych ćwiczeń siłowych z 8 powtórzeń na 12 powtórzeń. Przyjęto minimalną frekwencję na poziomie 80%, co wymagało udziału w co najmniej 13 sesjach szkoleniowych.

Treningi prowadziła osoba posiadająca odpowiednie kwalifikacje instruktorskie Polskiej Federacji Nordic Walking (PFNW).

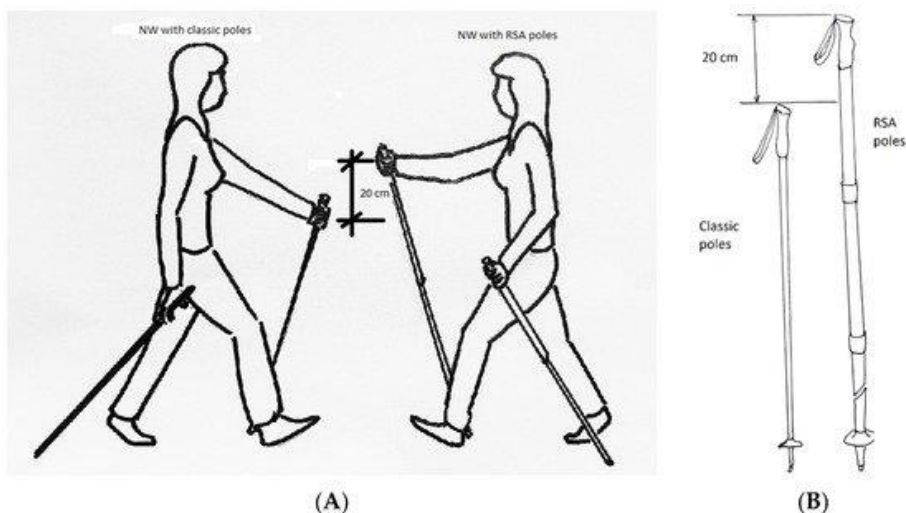
### **Technika marszu z kijami**

Marsz z kijami to cykliczny, powtarzalny i naprzemianstronny ruch całego ciała. Ruch lokomocyjny jest zgodny z poszczególnymi fazami chodu, a ruch w stawach ramiennych odbywa się w podobnym zakresie, jak podczas dynamicznego, swobodnego marszu. W trakcie marszu następuje wzmożona aktywizacja nie tylko mięśni kończyn, ale również mięśni tułowia. Czynność lokomocji z wykorzystaniem kijów rozpoczyna się wysunięciem jednej kończyny górnej z kijem w przód i osadzeniem grota kija na podłożu wraz z postawieniem pięty stopy przeciwnej, w tym samym czasie. Ręka znajdującej się z przodu kończyny górnej zaciśnięta jest na rękojeści kija wszystkimi palcami (od I–V), co automatycznie ustawia kij ukośnie w stosunku do podłoża (około 45 °). W tej fazie ruchu bierze udział nie tylko kończyna górna lecz cała obręcz barkowa, ponieważ przeniesienie ręki w przód odbywa się z równoczesnym wysunięciem łopatki. Taka pozycja ciała powoduje ustawienie tułowia w rotacji.

Kolejny ruch to odbicie się kijem od podłoża z równoczesnym przetoczeniem stopy z pięty na palce (propulsją) i odepchnięciem się z przodostopia, po czym następuje przeniesienie podporu na stronę przeciwną z towarzyszącą rotacją tułowia w przeciwną stronę. W wyniku pochylenia ciała do przodu następuje zwiększenie pracy mięśni kończyn i tułowia, czego efektem jest zwiększenie tempa marszu.

Kije z RSA posiadają wbudowany amortyzator o całkowitej długości 20 cm, co zmienia ustawienie kończyn górnych w trakcie marszu. Różnicę w ustawieniu ciała w trakcie marszu, wynikającą z różnic w długości kijów (RSA i klasycznych) przedstawiono na rycinie 5. Maszerując z RSA ćwiczący nie mają stabilnego podparcia w przeciwieństwie do osób używających w marszu kijów klasycznych, ponieważ kije skracają się w kontakcie z podłożem. Podczas dociskania RSA do podłoża mięśnie wykonują dodatkową pracę pokonując opór stawiany przez elastyczny amortyzator kija. Dociśnięcie amortyzatora powoduje zmianę długości kija, który w chwili maksymalnego skrócenia osiąga długość tradycyjnego kija NW. Zwolnienie nacisku powoduje odkształcenie kija do pierwotnej długości z tą samą siłą, co może powodować wrażenie zmian w równowadze ciała.

Na rycinie 6 przedstawiono konstrukcję kija RSA oraz instrukcję regulacji długości kija do wysokości użytkownika, regulacji pasków oraz prawidłowe ustawienie ciała w trakcie marszu.



Źródło: *The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Body Balance of Women over the Age of 60*

Rycina 5. Schemat przedstawiający różnicę w ustawieniu kończyn górnych w NW z kijami RSA a klasycznymi kijami (A) oraz budowa kijów (B).



Źródło internetowe (online): [www.bungypump.se/de/walking](http://www.bungypump.se/de/walking) (za zgodą osoby figurującej na zdjęciu)

Rycina 6. Podstawowe informacje nt. kijów RSA:

#### **Szczegóły konstrukcyjne**

- A. część stała kija;
- B. amortyzator o długości 20 cm;
- C. część regulowana kija (umożliwia dostosowanie długości kija do wysokości osoby ćwiczącej).

#### **Instrukcja użytkowania**

1. Prawidłowa wysokość kija z RSA;
- 2.3. Pasek na rękę regulowany jest do wielkości dłoni;
4. Ustawienie kijów podczas marszu ukośnie do tyłu (w przybliżeniu pod kątem 45 °).

### 3.2.5. Metody statystyczne

#### 3.2.5. Metody statystyczne

Obliczenia wykonano przy użyciu oprogramowania Statistica v. 13.0 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA). Istotność statystyczną przyjęto na poziomie  $p \leq 0,05$ . Główne obliczenia do oceny zmiennych zależnych oparto na metodzie dwuczynnikowej analizy wariancji ANOVA ( $F$  – test). Przeprowadzono analizę z czynnikiem powtarzanego pomiaru (czynnik „czas” – przed i po treningu) oraz z dwoma poziomami czynnika międzygrupowego („grupa” – EG i CG). Obliczono efekty interakcji („czas  $\times$  grupa”), efekty główne („czas” i „grupa”) oraz w każdym przypadku oceniono wielkość efektu, eta–kwadrat. Wielkość efektu wskazuje procent wariancji wyjaśniony przez poszczególne efekty zmiennej zależnej. Szczegółowego porównania dokonano przy użyciu testu *post-hoc* Scheffe (*Publikacja 1*) oraz porównania *post-hoc* Bonferroniego (*Publikacja 2*).

## 4. Wyniki oraz ich omówienie

### Publikacja 1

The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Functional Fitness of Women over the Age of 60. *Int J Environ Res Public Health*, 25;17(7):2197, doi:10.3390/ijerph17072197.

Celem badania była ocena zmian poziomu sprawności funkcjonalnej w zakresie siły dolnej i górnej części tułowia, wytrzymałości aerobowej oraz zwinności, w wyniku zastosowania treningu marszowego z kijami RSA, u zdrowych kobiet po 60. roku życia.

Zaobserwowano statystycznie istotny efekt czasu dla wszystkich parametrów sprawności funkcjonalnej: siły mięśni dolnej części ciała ( $F = 14,42, p < 0,001, \eta^2 = 0,27$ ), siły i wytrzymałości mięśni górnej części ciała ( $F = 44,20, p < 0,001, \eta^2 = 0,52$ ), wytrzymałości aerobowej ( $F = 26,54, p < 0,001, \eta^2 = 0,40$ ) i zwinności ( $F = 88,27, p < 0,001, \eta^2 = 0,69$ ).

W badaniu siły mięśni dolnej części ciała mierzonej testem *The 30-second chair stand test* wartości po treningu w EG były istotnie wyższe niż wartości początkowe (Scheffe *post-hoc*  $p < 0,01$ ). Nie stwierdzono jednakże różnic między grupami, prawdopodobnie ze względu na

podobne obciążenie treningowe dolnych części ciała dla obu rodzajów treningu, jak również zastosowania w trakcie sesji treningowych tego samego rodzaju ćwiczeń koordynacyjnych.

W teście *Arm curl* do oceny siły mięśni górnej części ciała zaobserwowano znaczący efekt interakcji ( $F = 5,98, p < 0,05, \eta^2 = 0,13$ ). Wartości po treningu były wyższe niż wartości przed treningiem w grupach, odpowiednio o 24% i 12%. Różnica pomiędzy wartościami potreningowymi w grupach EC i CG była istotna statystycznie ( $p < 0,001$ ) na korzyść grupy EG. Uzyskany wynik zwiększenia siły mięśni górnej części ciała, może mieć związek z koniecznością pokonywania oporu stawianego przez amortyzator kija (RSA) w trakcie marszu. Podobny pozytywny wpływ na siłę mięśni podczas porównywania NW i treningu oporowego zaobserwowali Song i wsp. (2013). W innych badaniach można również znaleźć potwierdzenie na skuteczność treningu oporowego w poprawie siły mięśniowej (Schlicht, Camaione i Owen, 2001; Oesen i wsp., 2015).

W ocenie wytrzymałości mierzonej testem *2 minute Step – in Place Test* wykazano istotnie większą poprawę zaobserwowaną u uczestników maszerujących z RSA. Wykazano efekt interakcji ( $F = 14,47, p < 0,001, \eta^2 = 0,27$ ), ze wzrostem wartości po treningu o 21% w EG ( $p < 0,001$ ). Badania innych autorów wykazują pozytywny wpływ treningu marszowego na wytrzymałość aerobową (Takeshima i wsp., 2013; Holviala i wsp., 2012). Do pomiaru wytrzymałości zastosowano test zgodnie z wytycznymi Rikli i Jones (1999). Przyjęto zatem, że wynik określa poprawę zdolności osób badanych do podejmowania wysiłku i jest związany z poprawą ogólnej kondycji.

W badaniu zwinności mierzonej testem *The\_8-foot up and go test* podobnie jak w przypadku badania siły dolnej części ciała nie stwierdzono różnic między grupami, być może również ze względu na podobne obciążenie treningowe dolnych części ciała oraz zastosowanie tego samego rodzaju ćwiczeń koordynacyjnych. Tym samym nie potwierdzono postawionej hipotezy dotyczącej tego zagadnienia. Natomiast w obu grupach wartości po treningu były istotnie niższe niż wartości początkowe ( $p < 0,001$ ). W teście oceniającym zwinność badanych kobiet stwierdzono poprawę wyników odpowiednio o 16% i 12% w EG i CG.

Uzyskane efekty główne czasu w zakresie: siły, wytrzymałości i zwinności zarówno dla EG, jak i CG są podobne do tych z innych badań, w których u osób starszych zastosowano mieszane programy ćwiczeń obejmujące trening z ćwiczeniami aerobowymi i oporowymi (Belza i wsp., 2006; Keogh i wsp., 2014; Virag i wsp., 2015; Ossowski i wsp., 2016; Todde i wsp., 2016).

To badanie jest według posiadanej wiedzy pierwszym, w którym dokonano porównania efektów marszu z nowymi kijami zawierającymi element oporowy do marszu z klasycznymi kijami, dlatego nie ma możliwości porównania uzyskanych wyników do innych podobnych badań. Jednakże w wyniku niniejszego eksperymentu stwierdzono poprawę wskaźników sprawności funkcjonalnej, uważanych za istotne dla zdrowia seniorów.

## Publikacja 2

The Effect Of Nordic Walking Training With Poles With An Integrated Resistance Shock Absorber On The Body Balance Of Women Over The Age Of 60. *Healthcare* 2021, 9, 267; doi:10.3390/healthcare9030267.

Celem badania była ocena wpływu treningu z wykorzystaniem RSA na poziom równowagi statycznej u zdrowych, starszych kobiet.

W pracy oceniono poziom równowagi na platformie pomiarowej w różnych warunkach: z EO, EC, jak i podczas wykonywania dodatkowego zadania kognitywnego.

Do oceny zmian wykorzystano również Tandem Romberg test, podczas którego badani stali w zmniejszonym polu podparcia oraz z redukcją bodźców wzrokowych (EC). Założono, że chodzenie z kijami RSA odbywa się z dodatkowym oporem, w porównaniu do pracy wykonywanej podczas treningu z kijami klasycznymi. Dodatkowe bodźce mogły mieć większy, pozytywny wpływ na zmiany w równowadze badanych kobiet niż w klasycznym NW.

W przypadku badań posturograficznych nie zaobserwowano statystycznie istotnego efektu interakcji, ani głównego efektu „czasu” dla większości zmiennych. Ponadto, nie stwierdzono innych istotnych tendencji w zróżnicowaniu międzygrupowym.

Odnotowano jedynie znaczącą wartość czynnika powtarzanego pomiaru „czas”, w warunkach EC dla obszaru 95% przemieszczeń COP. Wiazało się to z wyższymi wynikami w CG po treningu. Możliwe, że uzyskany wynik jest tylko „artefaktem” związanym ze stosunkowo niższą rzetelnością tego parametru w porównaniu ze średnią prędkością przemieszczenia COP (Stemplewski i wsp., 2013)

W wyniku badania próbą Tandem Romberg stwierdzono istotny statystycznie efekt główny „czas”. Obie grupy poprawiły swoje wyniki po interwencji w stosunku do wartości wyjściowych. Natomiast nie stwierdzono istotnego efektu interakcji „czas x grupa”. Nie stwierdzono również istotnego statystycznie efektu głównego dla czynnika międzygrupowego. Według Maranhão-Filho i wsp., (2011) test Romberga związany jest z

poziomem propriocepcji, co może wskazywać na pozytywny wpływ eksperymentu na poprawę równowagi u osób starszych. Jednakże uzyskane w teście funkcjonalnym wyniki mogą wiązać się z poprawą ogólnej kondycji uczestników zaobserwowanej w poprzednim badaniu (*Publikacja 1*). Efekty interwencji nie pozwoliły na wykazanie istotnego wpływu rodzaju kijów na zmiany w równowadze ciała w testach posturograficznych oraz w testach funkcjonalnych. Tym samym nie potwierdzono hipotezy o większym wpływie NW z kijami RSA na poprawę poziomu równowagi badanych osób. Jednakże, gdy w teście funkcjonalnym Romberga zastosowano ograniczenie podstawy podparcia (Romberg sharpened) w warunkach oczu zamkniętych, w obu grupach stwierdzono statystycznie istotny główny efekt „czasu”. Biorąc pod uwagę, że wyniki tego badania są związane z możliwością wykrycia braków w propriocepcji, może to wskazywać na korzystny wpływ chodzenia na równowagę statyczną u kobiet, na skutek poprawy percepcji i przetwarzania informacji sensorycznych. Może to być wynikiem interwencji, niezależnie od rodzaju zastosowanego szkolenia.

## 5. Wnioski

1. Po 8 tygodniach treningu stwierdzono poprawę wskaźników sprawności funkcjonalnej w zakresie: siły mięśniowej górnej i dolnej części ciała, wytrzymałości oraz zwinności. W przypadku wytrzymałości i siły mięśni górnej części ciała większy efekt zaobserwowano w EG, co mogło być wynikiem zwiększenia intensywności wysiłku poprzez pokonywanie w trakcie marszu oporu stawianego przez amortyzator kija RSA (*Publikacja 1*).
2. W testach posturograficznych nie wykazano wpływu rodzaju kijów na poziom równowagi badanych kobiet. W teście Tandem Romberg zaobserwowano statystycznie istotny główny efekt „czasu” w obu grupach, co mogło wskazywać na pozytywny wpływ szkolenia na poziom percepcji i przetwarzania informacji sensorycznych u badanych kobiet. Efekty eksperymentu mogą wskazywać na korzystny wpływ NW na równowagę statyczną u kobiet, jednakże konieczne są dalsze badania z wydłużonymi czasami interwencji i trudniejszymi zadaniami podczas testów posturograficznych (*Publikacja 2*).

## II. Piśmiennictwo

1. Martone, A.M.; Marzetti, E.; Calvani, R.; Picca, A.; Tosato, M.; Santoro, L.; Di Giorgio, A.; Nesci, A.; Sisto, A.; Landi, F. Exercise and protein intake: A synergistic approach against sarcopenia. *BioMed Res Int*, **2017**, 2017, 2672435, doi: 10.1155/2017/2672435. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
2. Fielding, R.A.; Vellas, B.; Evans, W.J.; Bhasin, S.; Morley, J.E.; Newman, A.B.; van Kan, G.A.; Andrieu, S.; Beruille, D.; Cederholm, T.; Chandler, J.; Meynard, C.D.; Donini, L.; Harris, T.; Kannt, A.; Guibert, F.K.; Onder, G.; Papanicolaou, D.; Rolland, Y.; Rooks, D.; Siebert, C.; Souhami, E.; Verlaan, S.; Zamboni, M. Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International Working Group on Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc*, **2011**, 12, 249–256, doi.org/10.1016/j.jamda.2011.01.003.
3. Schlicht J., Camaione D.N., Owen S.V. Effect of intense strength training on standing balance, walking speed, and sit-to-stand performance in older adults. *J Gerontol Ser A Biol Sci Med Sci*, **2001**, 56, 281–286, doi: 10.1093/gerona/56.5.M281. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
4. Beudart, C.; Reginster, J.Y.; Petermans, J.; Gillain, S.; Quabron, A.; Locquet, M.; Slomian, J.; Buckinx, F.; Bruyère, O. Quality of life and physical components linked to sarcopenia: The Sarco PhAge study. *Exp Gerontol*, **2015**, 69, 103–110, doi: 10.1016/j.exger.2015.05.003. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
5. Ossowski, Z.M.; Skrobot, W.; Aschenbrenner, P.; Cesnaitiene, V.J.; Smaruj, M. Effects of short-term Nordic walking training on sarcopenia-related parameters in women with low bone mass: A preliminary study. *Clin Interv Aging*, **2016**, 11, 1763–1771, doi: 10.2147/CIA.S118995. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
6. Michalska, J.; Kamieniarz, A.; Sobota, G.; Stania, M.; Juras, G.; Słomka, K. Age-related changes in postural control in older women: Transitional tasks in step initiation. *BMC Geriatr*, **2021**, 21, 17. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Lephart, S. M.; Fu, F.H. Proprioception and neuromuscular control in joint stability. *Human Kinetics*, 2000.
8. Barak, Y.; Wagenaar, R.C.; Holt, K.G. Gait characteristics of elderly people with a history of falls: A dynamic approach. *Phys Ther*, **2006**, 86, 1501–1510. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]



9. Sample, R.B.; Jackson, K.; Kinney, A.L.; Wiebke, S.; Diestelkamp, W.S.; Reinert, S.S.; Bigelow, K.E. Manual and Cognitive Dual Tasks Contribute to Fall-Risk Differentiation in Posturography Measures. *J Appl Biomechan*, **2016**, *32*, 541–547. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
10. Gomeñuka, N.A.; Oliveira, H.B.; Silva, E.S.; Costa, R.R.; Kanitz, A.C.; Liedtke, G.V.; Schuch, F.B.; Peyre-Tartaruga, L.-A. Effects of Nordic walking training on quality of life, balance and functional mobility in elderly: A randomized clinical trial. *PLoS ONE*, **2019**, *14*, 0211472. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
11. Belza, B.; Shumway Cook, A.; Phelan, E.A.; Williams, B.; Snyder, S.J.; LoGerfo, J.P. The Effects of a Community-Based Exercise Program on Function and Health in Older Adults: The Enhance Fitness Program. *J Appl Gerontol*, **2006**, *25*, 291–306, doi: 10.1177/0733464806290934. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
12. Holviala, J.; Kraemer, W.J.; Sillanpää, E.; Karppinen, H.; Avela, J.; Kauhanen, A.; Häkkinen, A.; Häkkinen, K. Effects of strength, endurance and combined training on muscle strength, walking speed and dynamic balance in aging men. *Eur. J Appl Physiol*, **2012**, *112*, 1335–1347, doi: 10.1007/s00421-011-2089-7. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
13. Virag, A.; Karoczi, C.K.; Jakab, Á.; Vass, Z.; Kovács, É.; Gondos, T. Short-term and long-term effects of nordic Walking on balance, functional mobility, muscle strength and aerobic endurance among Hungarian community-living people: A feasibility study. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, **2014**, *55*, 1285–1292. [[Google Scholar](#)] [[PubMed](#)]
14. Blair, S.N. Physical inactivity: The biggest public health problem of the 21st century. *Br J Sports Med*, **2009**, *43*, 1–2. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
15. Garber, C.E.; Blissmer, B.; Deschenes, M.R.; Franklin, B.A.; Lamonte, M.J.; Lee, I.M.; Swain, D.P. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. *Med Sci Sports Exerc*, **2011**, 1334–1359, doi: 10.1249/MSS.0b013e318213fefb. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
16. Chase, J.A.D. Physical Activity Interventions among Adults: A Literature Review. *Res Theory Nurs Pract*, **2013**, *27*, 53–80. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Milanović, Z.; Pantelić, S.; Trajković, N.; Sporiš, G.; Kostić, R.; James, N. Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clin Interv Aging*, **2013**, *8*, 549–556. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

18. Halaweh, H.; Willen, C.; Grimby-Ekman, A.; Svantesson, U. Physical Activity and Health-Related Quality of Life among Community Dwelling Elderly. *J Clin Med Res*, **2015**, *7*, 845–852. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
19. Langhammer, B.; Bergland, A.; Rydwick, E. The Importance of Physical Activity Exercise among People. *Biomed Res Int*, **2018**, 7856823. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
20. Fahey, T.D.; Insel, P.; Roth, T. *Fit & Well: Core Concepts and Labs in Physical Fitness and Wellness*; McGraw Hill: New York, NY, USA, **2018**, ISBN 10:1260397130. [[Google Scholar](#)]
21. Rivera-Torres, S.; Fahey, T.D.; Rivera, M.A. Adherence to Exercise Programs in Adults: Informative Report. *Gerontol Geriatr Med*, **2019**, *5*, 1–10. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
22. Chodzko-Zajko, W.J.; Proctor, D.N.; Fiatarone Singh, M.A.; Minson. C.T.; Nigg. C.R.; Salem, G.J.; Skinner, J.S. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*, **2009**, *41*, 1523, doi: 10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] . [[Google Scholar](#)]
23. Keogh, J.; Rice, J.; Taylor, D.; Kilding, A. Objective benefits, participant perceptions and retention rates of a New Zealand community-based, older-adult exercise programme. *J Prim Health Care*, **2014**, *6*, 1172–6164, doi: 10.1071/HC14114. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
24. Shephard, R. J.; Bouchard, C. Population evaluations of health related fitness from perceptions of physical activity and fitness. *Can J Appl Physio.*, **1994**, *19*, 151–73, doi: 10.1139/h94-012. [[PubMed](#)]
25. Sun, F.; Norman, I.J.; While, A.E. Physical activity in older people: A systematic review. *BMC Public Health*, **2013**, *13*, 449–466, doi: 10.1186/1471-2458-13-449. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
26. Frew, E.J.; Bhatti, M.; Win, K.; Sitch A.; Lyon A.; Pallan, M.; Adab P. Cost-effectiveness of a community-based physical activity programme for adults (Be Active) in the UK: An economic analysis within a natural experiment. *Br J Sports Med*, **2014**, *48*, 207–212, doi: 10.1136/bjsports-2012-091202. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
27. Jessen, J.D.; Lund, H.H. Study protocol: Effect of playful training on functional abilities of older adults—A randomized controlled trial. *BMC Geriatr.*, **2017**, *17*:27,

- doi: 10.1186/s12877-017-0416-5. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
28. Kilingback, C.; Tsofliou, F.; Clark, C. Older people's adherence to community-based group exercise programmes: A multiple-case study. *BMC Public Health*, **2017**, 17:115, doi: 10.1186/s12889-017-4049-6. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
29. Cadore, E.L.; Izquierdo, M. How to simultaneously optimize muscle strength, power, functional capacity, and cardiovascular gains in the elderly: An update. *Age*, **2013**, 35, 2329–2344, doi: 10.1007/s11357-012-9503-x. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
30. Sánchez-Sánchez, J.L.; Mañas, A.; García-García, F.J.; Ara, I.; Carnicero, J.A.; Walter, S.; Mañas, L.R. Sedentary behaviour, physical activity, and sarcopenia among older adults in the TSHA: Isotemporal substitution model. *J. Cachexia Sarcopenia Muscle*, **2019**, 10, 188–198, doi: 10.1002/jcsm.12369. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
31. Tschentscher, M.; Niederseer, D.; Niebauer, J. Health benefits of Nordic walking: A systematic review. *Am J Prev Med*, **2013**, 44, 76–84, doi: 10.1016/j.amepre.2012.09.043. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
32. Sherrington, C.; Whitney, J.C.; Lord, S.R.; Herbert, R.D.; Cumming, R.G.; Close, J.C. Effective exercise for the prevention of falls: A systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc*, **2008**, 56, 2234–2243, doi: 10.1111/j.1532-5415.2008.02014.x. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
33. Martins, R.A.; Coelho-e-Silva, M.J.; Pindus, D.M.; Verissimo, M.T. Effects of strength and aerobic-based training on functional fitness, mood and the relationship between fatness and mood in older adults. *J Sports Med Phys Fit*, **2011**, 51, 489–496, doi: 10.1186/s11556-017-0189-z. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
34. Evans, W.J. Skeletal muscle loss: Cachexia, sarcopenia and inactivity. *Am J Clin Nutr*, **2010**, 91, 1123–1127, doi: 10.3945/ajcn.2010.28608A. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
35. Montero-Fernández N., Serra-Rexach J.A. Role of exercise on sarcopenia in the elderly. *Eur J Phys Rehabil Med*, **2013**, 49, 131–143. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
36. Clemson, L.; Singh, M.F.; Bundy, A.; Cumming, R.G.; Weissel, E.; Munro, J.; Manollaras, K.; Black, D. LIFE Pilot Study: A randomised trial of balance strenght

- training embedded in daily life activity to reduce falls in older adults. *Aust Occup Ther J*, **2010**, 57, 42–50, doi: 10.1111/j.1440-1630.2009.00848.x. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
37. Ramsbottom, R.; Ambler, A.; Potter, J.; Jordan, B.; Nevill, A.; Williams, C. The effect of 6 months training on leg power, balance, and functional mobility of independently living adults over 70 years old. *J Aging Phys Act*, **2004**, 12, 497–510, doi: 10.1123/japa.12.4.497. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
38. Song, M.S.; Yoo, Y.K.; Choi, C.H.; Kim, N.C. Effects of nordic walking on body composition, muscle strength, and lipid profile in elderly women. *Asian Nurs Res Korean Soc Nurs Sci*, **2013**, 7, 1–7. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
39. Lee, H.S.; Park, J.H. Effects of Nordic walking on physical functions and depression in frail people aged 70 years and above. *J Phys Ther Sci*, **2015**, 27, 2453–2456. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
40. Franzoni, L.T.; Monteiro, E.P.; Oliveira, H.B.; da Rosa, R.G.; Costa, R.R.; Rieder, K.; Martinez, F.G.; Peyré-Tartaruga, L.A. A 9-Week Nordic and Free Walking Improve Postural Balance in Parkinson’s Disease. *Sports Med Int Open*, **2018**, 2, 28–34. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
41. Kocur, P.; Wiernicka, M.; Wilski, M.; Kamińska, E.; Furmaniuk, L.; Flis- Masłowska, M.; Lewandowski, J. Does Nordic walking improves the postural control and gait parameters of women between the age 65 and 74: A randomized trial. *J Phys Ther Sci*, **2015**, 27, 3733–3737. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
42. Figueiredo, S.; Finch, L.; Mai, J.; Ahmed, S.; Huang, A.; Mayo, N.-E. Nordic walking for geriatric rehabilitation: A randomized pilot trial. *Disabil Rehabil*, **2013**, 35, 968–975. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
43. Mansour, K.B.; Gorce, P.; Rezzoug, N. The impact of Nordic walking training on the gait of the elderly. *J Sport Sci Med*, **2018**, 38, 2368–2374. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
44. Bird, M.; Hill, K.D.; Ball, M.; Hetherington, S.; Williams, A.D. The long-term benefits of a multi-component exercise intervention to balance and mobility in healthy older adults. *Arch Gerontol Geriatr* [Epub ahead of print], 2010, doi.org/10.1016/j.archger.2010.03.021.

45. Stemplewski, R. Effect of moderate physical exercise on postural control among 65–74 years old man. *Arch Gerontol Geriatr*, **2012**, *54*, 279–283. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
46. Sample, R.B.; Jackson, K.; Kinney, A.L.; Wiebke, S.; Diestelkamp, W.S.; Reinert, S.S.; Bigelow, K.E. Manual and Cognitive Dual Tasks Contribute to Fall-Risk Differentiation in Posturography Measures. *J Appl Biomechan*, **2016**, *32*, 541–547. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
47. Frew, E.J.; Bhatti, M.; Win, K.; Sitch, A.; Lyon, A.; Pallan, M.; Adab, P. Cost-effectiveness of a community-based physical activity programme for adults (Be Active) in the UK: An economic analysis within a natural experiment. *Br J Sports Med*, **2014**, *48*, 207–212, doi: 10.1136/bjsports-2012-091202. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
48. Parkatti, T.; Perttunen, J.; Wacker, P. Improvements in functional capacity from nordic Walking: A randomized-controlled trial among elderly people. *J Aging Phys Act*, **2012**, *20*, 93–105. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
49. Takeshima, N.; Islam, M.M.; Rogers, M.E.; Rogers, N.L.; Sengoku, N.; Koizumi, D.; Kitabayashi, Y.; Imai, A.; Naruse, A. Effects of nordic walking compared to conventional walking and band-based resistance exercise on fitness in older adults. *J Sport Sci Med*, **2013**, *12*, 422–430. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
50. Bieler, T.; Siersma, V.; Magnusson, S.P.; Kjaer, M.; Christensen, H.E.; Beyer, N. In hip osteoarthritis, Nordic Walking is superior to strength training and home based exercise for improving function. *Scand J Med Sci Sports*, **2017**, *27*, 873–886. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
51. Behm, D.G.; Muehlbauer, T.; Kibele, A.; Granacher, U. Effects of Strength Training Using Unstable Surfaces on Strength, Power and Balance Performance Across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med*, **2015**, *45*, 1645–1669. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
52. Rikli, R.E.; Jones, C.J. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J. Aging Phys Act*, **1999**, *7*, 129–161. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
53. Melzer, I.; Marx, R.; Kurz, I. Regular exercise in the elderly is effective to preserve the speed of voluntary stepping under single-task condition but not under dual-task

- condition. A case-control study. *Gerontology*, **2009**, *55*, 49–57. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
54. McNamara, A.J.; Pavol, M.J.; Gunter, K.B. Meeting physical activity guidelines through community-based group exercise: “Better bones and balance”. *J Aging Phys Act*, **2013**, *21*, 155–166. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
55. Lee, C.T. Sharpening the Sharpened Romberg. *SPUMS J.*, **1998**, *28*, 125–132. [[Google Scholar](#)]
56. Herdman, S.J.; Clendaniel, R.A. *Vestibular Rehabilitation: A Competency-Based Course*; Department of Rehabilitation Medicine; Emory Physical Therapy Association: Atlanta, GA, USA, **2010**, Available online: [https://www.emorydpt.org/wp-content/uploads/2017/05/Vestibular2018\\_PlanningOnly\\_4.21.2017.pdf](https://www.emorydpt.org/wp-content/uploads/2017/05/Vestibular2018_PlanningOnly_4.21.2017.pdf) (accessed on 22 February 2021).
57. Maranhão-Filho, P.A.; Maranhão, E.T.; da Silva, M.M.; Lima, M.A. Rethinking the neurological examination I: Static balance assessment. *Arq Neuro Psiquiatr*, **2011**, *69*, 954–958. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
58. Park, S.D.; Yu, S.H. The effects of Nordic and general walking on depression disorder patients’ depression, sleep, and body composition. *J Phys Ther Sci*, **2015**, *27*, 2481–2485. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
59. Padulo, J.; Iuliano, E.; Iacono, A.D.; Milić, M.; Rizzi, M.; Ardigo, L.P. Nordic walking versus natural walking: An easy approach to comparing metabolic demands. *Int J Perf Anal Sport*, **2018**, *18*, 686–692. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
60. Oesen, S.; Halper, B.; Hofmann, M.; Jandrasits, W.; Franzke, B.; Strasser, E.M. Effects of elastic band resistance training and nutritional supplementation on physical performance of institutionalised elderly—A randomized controlled trial. *Exp Gerontol*, **2015**, *72*, 99–108. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
61. Todde, F.; Melis, F.; Mura, R.; Pau, M.; Fois, F.; Magnani, S.; Ibba, G.; Crisafulli, A., Tocco, F. A 12-Week Vigorous Exercise Protocol in a Healthy Group of Persons over 65: Study of Physical Function by means of the Senior Fitness Test. *BioMed Res Int*, **2016**, 2016, doi: 10.1155/2016/7639842. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
62. Stemplewski, R.; Maciaszek, J.; Tomczak, M.; Szeklicki, R.; Sadowska, S.; Osiński, W. Habitual physical activity as a determinant of the effect of moderate physical

exercise on postural control in older men. *Am J Mens Health*, **2013**, 7, 58–65. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

### III. Streszczenie/Abstract

#### Streszczenie

**Wstęp.** Poziom sprawności funkcjonalnej jest kluczową kwestią dla populacji geriatrycznej. Nordic walking (NW) to prosta i bezpieczna forma ruchu, którą można zalecać seniorom dla poprawy sprawności funkcjonalnej. Nową formą jest NW z kijami ze zintegrowanym elementem oporowym (RSA), który daje możliwość przeprowadzenia w jednym czasie treningu aerobowego oraz pracy z oporem. Taki trening może być bardziej korzystny dla seniorów, niż NW z kijami klasycznymi.

**Cel badań.** Celem badań była ocena wpływu treningu NW z zastosowaniem dwóch rodzajów kijów: z RSA oraz klasycznych na wybrane parametry sprawności funkcjonalnej, w tym na poziom równowagi kobiet po 60. roku życia.

**Metody badań.** W badaniu wzięły udział starsze, zdrowe kobiety, w przedziale wiekowym 60–75 lat, które zostały przydzielone do dwóch grup: eksperymentalnej (EG) i kontrolnej (CG), w oparciu o rodzaj użytych w treningu NW kijów. Grupa EG korzystała z kijów RSA, które zawierają elastyczny element oporowy o sile oporu 4 kg, a kobiety z CG chodziły z kijami klasycznymi. Główne pomiary poziomu sprawności funkcjonalnej i równowagi ciała zostały przeprowadzone dwukrotnie, przed i po interwencji, która polegała na cyklu treningów NW. Treningi odbywały się dwa razy w tygodniu przez 8 tygodni- 16 sesji treningowych x 75 minut. Obie grupy (EG i CG) brały udział w treningu w tym samym czasie. Przed badaniami wykonano pomiary podstawowych wskaźników somatycznych. Do oceny wybranych parametrów sprawności funkcjonalnej (siły mięśni górnej oraz dolnej części ciała, wytrzymałości aerobowej oraz zwinności) wykorzystano cztery testy z baterii Senior Fitness Test. Do oceny zmian poziomu równowagi statycznej u badanych kobiet wykorzystano platformę posturograficzną typu AccuGait™- analizowano całkowitą długość ścieżki i pole przemieszczeń środka nacisku ciała (COP) oraz test funkcjonalny Tandem Romberg. Testy posturograficzne przeprowadzono w różnych warunkach: przy oczach otwartych, zamkniętych oraz z dodatkowym zadaniem kognitywnym.

**Wyniki.** Zaobserwowano statystycznie istotny efekt czasu dla wszystkich zbadanych parametrów sprawności funkcjonalnej. W teście *Arm curl* do oceny siły mięśni górnej części ciała zaobserwowano znaczący efekt interakcji. Różnica pomiędzy wartościami potreningowymi w grupach EG i CG była istotna statystycznie, z większym wzrostem wartości po treningu w EG ( $p < 0,001$ ). W ocenie wytrzymałości mierzonej testem *2 minute Step – in Place Test* zaobserwowano istotnie większą poprawę u uczestników maszerujących



z RSA. Wykazano istotny efekt interakcji, z większym wzrostem wartości po treningu w EG ( $p < 0,001$ ). W przypadku badań posturograficznych nie zaobserwowano statystycznie istotnego efektu interakcji, ani głównego efektu "czasu" dla większości zmiennych. Zarejestrowano jedynie znaczącą wartość współczynnika powtarzającego się pomiaru "czas", w warunkach EC dla obszaru 95% przemieszczeń COP.

W wyniku badania próbą Tandem Romberg stwierdzono istotny statystycznie efekt główny „czas”. Jednakże nie stwierdzono istotnego statystycznie efektu interakcji.

**Wnioski.** Trening NW jest skuteczną formą aktywności dla poprawy sprawności osób w starszym wieku. Pokonywanie w trakcie marszu oporu stawianego przez amortyzator kija z RSA zwiększa intensywność wysiłku i skutkuje większą, niż w przypadku kijów klasycznych poprawą wytrzymałości i siły mięśni górnej części ciała. W testach posturograficznych nie wykazano wpływu rodzaju kijów na poziom równowagi badanych kobiet. W teście funkcjonalnym Tandem Romberg zaobserwowano istotnie statystyczną poprawę równowagi w obu grupach. Efekty eksperymentu mogą wskazywać na korzystny wpływ NW na równowagę statyczną u kobiet, jednakże konieczne są dalsze badania z wydłużonymi czasami interwencji i trudniejszymi zadaniami w trakcie testów posturograficznych.

## Abstract

**Introduction.** Functional fitness level is a key issue for the geriatric population. Nordic walking (NW) is a simple and safe form of exercise that can be recommended to seniors to improve functional fitness. A new form is NW with poles with an integrated resistance shock absorber (RSA), which provides the opportunity to perform aerobic training and resistance training at the same time. Such training may be more beneficial for seniors than NW with classic poles.

**Aim.** The aim of the study was to evaluate the effect of NW training with two types of poles: with RSA and classical on selected parameters of functional fitness, including the level of balance in women over the age of 60.

**Methods.** The study group consisted of elderly, healthy women, aged 60-75 years, who were randomly assigned to two groups: experimental (EG) and control (CG), based on the type of poles used in NW training. EG group used RSA poles, which contain a flexible element with a resistance force of 4 kg, and CG women walked with classical poles. The main measurements of functional fitness level and body balance were conducted twice, before and after the intervention NW training. Workouts took place twice a week for 8 weeks, 16 training sessions x 75 minutes. Both groups (EG and CG) participated in training at the same time. Before the study basic somatic indices were measured. Four tests from the Senior Fitness Test battery were used to assess selected functional fitness parameters (upper and lower body strength, aerobic endurance and agility). The AccuGait™ posturography platform and Tandem Romberg functional test was used to assess changes in static balance in female subjects. Posturography tests were performed under different conditions: with eyes open, closed, and with an additional cognitive task.

**Results.** A statistically significant effect of time was observed for all examined parameters of functional performance. A significant interaction effect was observed in the Arm curl test to assess upper body muscle strength. The difference between post-training values in the EG and CG groups was statistically significant, with a greater increase in post-training values in EG ( $p < 0.001$ ). In the endurance assessment measured by the 2 minute Step - in Place Test, a significantly greater improvement was observed in participants marching with RSA. There was a significant interaction effect, with a greater increase in values after training in EG ( $p < 0.001$ ). For posturography testing, no statistically significant interaction effect or main effect of "time" was observed for most variables. Only a significant coefficient of repeated measure "time" was recorded, under EC conditions for the 95% COP displacement area. A statistically

significant main effect of "time" was found from the Tandem Romberg test. However, no statistically significant interaction effect was found.

**Conclusions.** NW is an effective form of activity for improving fitness in the elderly. Overcoming the resistance of the RSA pole during walking increases the intensity of the exercise and results in a greater improvement in endurance and upper body strength than with classic poles. Posturography tests showed no effect of pole type on the balance levels of the female subjects. In the Tandem Romberg functional test, a significant statistical improvement in balance was observed in both groups. The effects of the experiment may indicate a beneficial effect of NW on static balance in women, however, further studies with longer intervention times and more difficult tasks during posturography tests are needed.

## **V. Załączniki**

1. Oświadczenia współautorów

2. Publikacje

- Publikacja nr 1: The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Functional Fitness of Women over the Age of 60.
- Publikacja nr 2: The Effect Of Nordic Walking Training With Poles With An Integrated Resistance Shock Absorber On The Body Balance Of Women Over The Age Of 60.



Article

# The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Functional Fitness of Women over the Age of 60

Katarzyna Marciniak <sup>1</sup>, Janusz Maciaszek <sup>1,\*</sup>, Magdalena Cyma-Wejchenig <sup>1</sup>,  
Robert Szeklicki <sup>1</sup>, Zuzanna Maćkowiak <sup>1</sup>, Dorota Sadowska <sup>2</sup> and Rafał Stemplewski <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Poznan University of Physical Education, 61-871 Poznan, Poland; katarzyna.anna.m@gmail.com (K.M.); magdalenacyma@gmail.com (M.C.-W.); szeklicki@awf.poznan.pl (R.S.); zuzannamackowiak84@gmail.com (Z.M.); stemplewski@awf.poznan.pl (R.S.)

<sup>2</sup> National Research Institute, 03-301 Warsaw, Poland; sadowska.dorota@hotmail.com

\* Correspondence: jmaciaszek@awf.poznan.pl

Received: 27 February 2020; Accepted: 24 March 2020; Published: 25 March 2020



**Abstract:** Inadequate levels of physical activity among older people lead to a gradual decline in self-reliance and consequent dependence on other people. The aim of the study was to evaluate the impact of Nordic walking training with poles with an integrated resistance shock absorber on the functional fitness of older women. Forty-two women ( $M_{age} = 64.7 \pm 3.15$  years) were randomly assigned into the experimental group—training with poles with an integrated resistance shock absorber, EG ( $n = 21$ ) and the control active group—training with classic poles, CG ( $n = 21$ ). Functional fitness was measured with the Senior Fitness Test before and after an intervention lasting for 8 weeks (2 training sessions  $\times$  75 minutes per week). Two-way ANOVA revealed statistically significant interaction effects for aerobic endurance ( $F = 14.47$ ,  $p < 0.001$ ) and upper body strength ( $F = 5.98$ ,  $p < 0.05$ ), indicating greater improvement in the experimental group. Nordic walking training both with classic poles and with poles with an integrated resistance shock absorber is beneficial for older people and improves functional fitness over a short time period. However, the poles with an integrated resistance shock absorber provide additional resistance effort during marching, which causes increased muscle activation and results in improved muscle strength and aerobic endurance. Based on these results, it can be concluded that this kind of training could be applied in the complex health programs of seniors.

**Keywords:** physical activity; Nordic walking; functional fitness; Senior Fitness Test; functional training; aging

## 1. Introduction

One of the basic activities of everyday life is walking, which might be crucial in delaying decline in physical fitness and prevent limitation in self-reliance and consequent dependence on other people [1–6]. Nordic walking (NW) is one of the physical activities that can positively influence the walking ability. Proper physiological gait requires adequate body coordination and the synchronization of individual muscle groups. Gait quality depends on the proper range of mobility in all joints of the lower limbs as well as the muscle strength necessary to ensure optimum control over joint movements. Muscle strength decreases with age due to a decrease in the size and number of muscle fibers as a result of sarcopenia [7,8].

Considering the impact of sarcopenia-related changes on functional fitness, marching is recommended for older people as a form of prevention and rehabilitation [9,10]. The open question

remains whether such a stimulus is sufficient. Sánchez-Sánchez et al. [11] noted the unclear impact of walking on the health of older people. However, other studies have shown that endurance exercises can even attenuate sarcopenia [12,13]. Martins et al. [14] compared the effects of strength training and aerobic training, confirming the positive effect of both types of training on the functional fitness of older people.

According to Sherrington et al. [15], a balance exercise program for seniors demonstrates an improved response compared to that of aerobic exercise. Clemson et al. [16] in turn confirmed the effect of strength and balance exercises on the improvement of the indicators related to the dynamic balance of the body. The research by Ramsbottom et al. [17], which incorporated twenty-four weeks of strength training, also showed increased muscle strength in the lower limbs and dynamic body balance. Additionally, Martone et al. [18] showed the effectiveness of strength training in the maintenance of adequate body mass and strength among seniors.

Given this information, it is important to determine the type of training that would include all critical elements of physical fitness and thereby influence the maintenance of fitness levels or slow down aging processes. It is equally important that physical activities could promote social contact between people. NW is a popular type of physical activity among older people. The use of walking poles causes additional muscle involvement during walking [19]. The results of Lee and Park [20] confirmed a greater improvement in body balance and leg strength in the NW training group compared to that in the group doing general exercises.

Additionally, Parkatti et al. [21] concluded that NW training significantly influenced the functional fitness of older people. They reported that the application of 60 minutes of NW training conducted over a 9-week period results in statistically significant improvement in the strength of the lower and upper limbs and the flexibility of the body among older people, as measured by the Senior Fitness Test (SFT).

The new form of NW is training with modified poles, which allows combining aerobic and strength training. These modified poles contain a built-in resistance shock absorber (RSA). An elastic tape between two permanent elements in RSA poles allows additional resistance to be obtained by increasing the overall intensity of exercise, actual  $VO_2$ , and calorie consumption. One can expect that the effect of this kind of activity could be similar to those obtained during training with elastic bands, which is a popular form of training. Oesen et al. [22] showed that low-intensity resistance exercises using elastic bands are safe and beneficial in improving the functional performance of institutionalized seniors. Usually, in combined training, endurance and resistance exercises are provided alternately. It is a question of whether the effect of training with RSA poles will be different, taking into account that elements of resistance training are simultaneously performed with endurance activity. It might be necessary to take into account potential interference phenomena that occur in concurrent training and may lead to decreased strength gain. However, this interference does not impair cardiovascular adaptation [23].

According to the authors' best knowledge, no research has been published thus far on the effect of NW training with RSA poles on functional fitness in seniors.

The purpose of the study was to evaluate the effect of NW with RSA poles on the functional fitness of women over the age of 60 years. We hypothesized that training with RSA poles is more beneficial than Nordic walking with classic poles for the functional fitness of older women in terms of the strength of the upper and lower limb muscles, aerobic endurance, and agility.

## 2. Methods

### 2.1. Participants

The study included 42 women aged over 60 years ( $M_{\text{age}} = 64.7$  years, age range: 60–71 years). All women were informed in detail of the study and gave their written consent to the experimental

procedure. Before the implementation of the research project, the local Bioethical Committee granted its approval (no. 421/16).

The recruitment was carried out using ads in social media such as the local newspapers and the Internet. During the interview, the questions regarding the following were asked: age; type of medication taken, illness, and lifestyle.

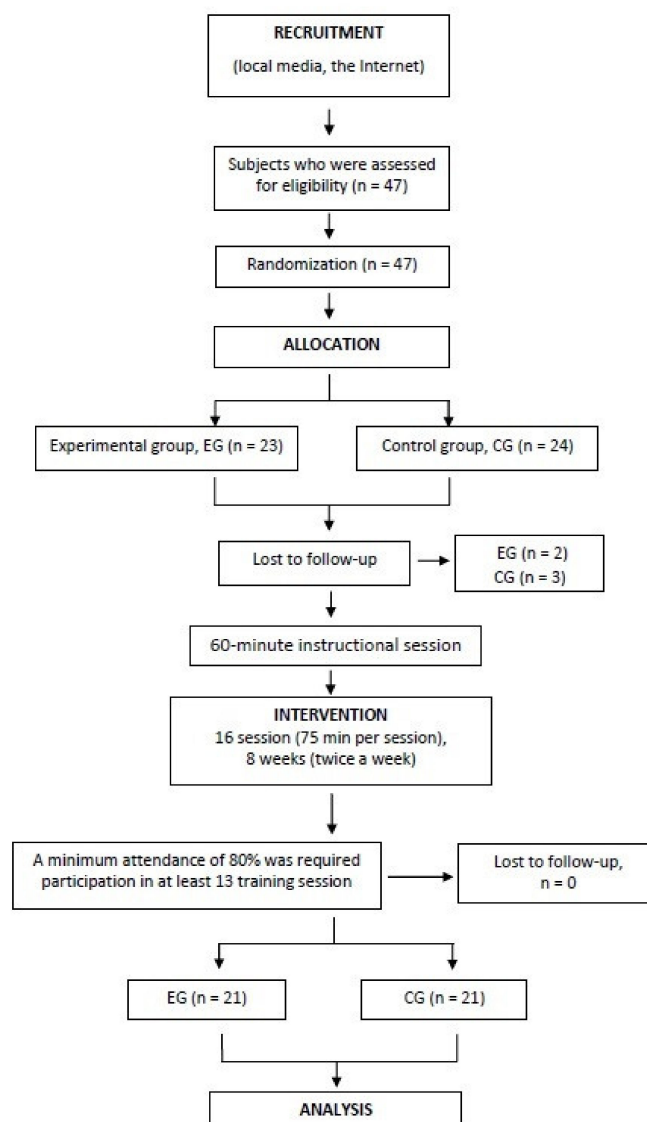
The following inclusion criteria were taken into account: age above 60; no medical restrictions on participation; no experience in marching training or other regular sports activities (more than once a week for more than 20 minutes with moderate–vigorous intensity, e.g., jogging, cycling, swimming, etc.). Subjects with the presence of at least one of the factors: musculoskeletal disorders that prevent independent movement, dizziness, diabetes type 2, obesity, and use of blood pressure-lowering drugs were excluded. Before the research program was implemented, the women provided a primary care physician’s certificate of no contraindications to moderate exercise.

Forty-seven women were randomly (Excel software) assigned to the study into two groups:

Experimental group (EG)—Nordic walking with RSA poles—initial  $n = 23$ ;

Control group (CG)—Nordic walking with classic poles—initial  $n = 24$ .

Before the study, 2 women in the experimental group and 3 women in the control group resigned from the trial without a reason, resulting in 21 women in both groups (Figure 1).



**Figure 1.** Flowchart of the study participants.

None of the subjects had experience in NW with RSA or classic poles. All people were familiarized with the planned, detailed course of study, schedule, and program of classes. The informative material also contained an outline of the exercises that should be implemented during training sessions. Each exercise was thoroughly described and illustrated by an image (printed summary with photos). The subjects' characteristics of both groups are shown in Table 1.

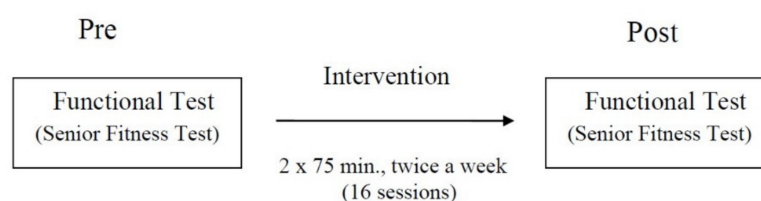
**Table 1.** Average values and standard deviations for the general characteristics of the participants before the start of the experiment.

Measure	EG ( <i>n</i> = 21)		CG ( <i>n</i> = 21)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Age (years)	64.24	2.86	65.14	3.43
Body height (cm)	160.57	4.80	160.57	7.36
Body weight (kg)	71.90	11.52	66.57	9.89
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27.86	4.10	25.84	3.56

BMI—body mass index; EG—experimental group, CG—control group.

## 2.2. Procedure

A general overview of the experiment is shown in Figure 2.



**Figure 2.** General overview of the experiment.

**Intervention.** Both groups trained at the same time, twice a week for 8 weeks, for a total of 16 training sessions. Women from the CG used classic NW poles (Nordic Walking Race 80% Carbon, Fizan, Italy), while the experimental group used poles with a built-in resistance shock absorber—elastic resistance of 4 kg (Slimline Bungy Pump, Sports Progress International AB, Sweden).

Each training session began with 10–15 minutes of warm-up, during which all participants performed vigorous body movements, such as sweeping legs, and arms, climbing feet, bending knees, and elbows. After half of the planned distance of walking (about 1.7–2.2 km with a speed of about 6 km/h), participants did strength exercises and balance training (15 minutes). Strength exercises were based on overcoming the elastic resistance of the shock absorber of the RSA sticks in various positions of the body. Balance exercises were performed in the conditions of a reduced base of support, for example, standing on one leg. After going the rest of the distance, stretching exercises took place (15 minutes). During the whole intervention, the distance and number of exercises performed were gradually increased (from 3.5 to 4.5 km while walking; from 8 repetitions to 12 repetitions for exercises, respectively). The training plan included American College of Sports Medicine (ACSM) recommendations for adults and healthy older people: 1 set of 8–10 exercises for major muscle groups at least 2 days a week with 8–12 repetitions for each exercise [1].

Classes were held in accordance with the principles of Nordic walking training, and the trainer (K.M.) had the appropriate qualifications of instructor and trainer (International Nordic Walking Association). Participants were familiarized with the technique of marching and the use of equipment during an additional 60-minute instructional session before starting the experiment. All participants were instructed to achieve an exercise intensity corresponding to heart rate 100–120 bpm. The participant was supposed to walk as fast as possible but at speeds that still allowed them to speak. Before each session, five randomly selected women received a heart rate monitor (Polar monitor) to control the

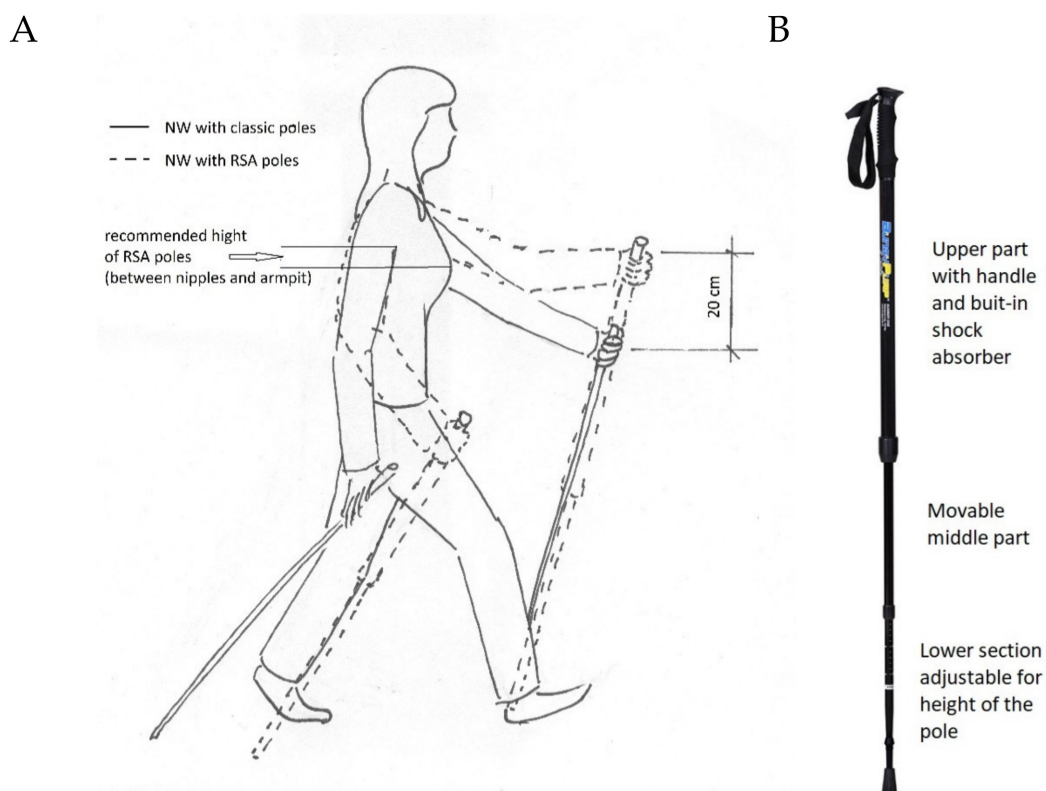


intensity of the exercise. The training took place in a city park. Subjects were walking along the park's inner lanes. The length of the gap was measured using the Endomondo application.

A minimum attendance of 80% was adopted, which required participation in at least 13 training sessions.

**The technique of marching with RSA poles.** The marching technique with RSA poles is similar to that of classic NW. In both cases, the body's movement is compatible with the individual phases of the gait, but limbs work with more power and in a wider range of motion than that in free walking. Unlike the NW poles, RSA poles do not give the exercising person stable support. Fitted against the facing resistance, they bend in contact with the ground. The rhythmic, alternate movement of the limbs and the repulsion of the poles from the ground increase the speed of the walk and require proper coordination from the exercising person. The stance of the walking pole must be oblique to the rear (approximately  $45^\circ$ ). As a result of acceleration, the body is tilted forward with the center of gravity being shifted to the body and a noticeable increase in the workings of the limbs and trunk. Release of the pressure from the RSA might cause a sensation of changes in body balance.

**Technical description of RSA poles.** The Slimline 4, which was used for the intervention, has a trekking handle with a strap that can attach to the hands. The bottom of the pole comprises two parts. One of these parts hides inside the pole, and the other part is used to adjust the length. The adjustment mechanism is simple. The pole lock is made by tightening the top of the screw with the plastic cap. To adjust the length of the poles, consider the length of the shock absorber and add approximately 20 cm more than the NW poles. The correct height of the RSA poles is set midway between the points defined by the nipples and armpit. The construction of the RSA poles slightly modifies body position during walking in comparison to that of classic NW (Figure 3).



**Figure 3.** Correct position of upper limbs during Nordic walking with classic and resistant shock absorber (RSA) poles (A) and structure of RSA pole (B).

**Measurement of functional fitness.** There was blinding of all assessors who measured functional fitness. The main researcher (K.M.) and the researcher calculating results (R.S.) were excluded from

measurements. Functional fitness was measured before (D.S., J.M.) and after (M.C.-W., Z.M.) the experiment (pre, post) with use of the SFT. Both phases of the study (pre, post) were completed at a similar time during the morning hours. The SFT, which was used in this study, has been shown to have content and construct validity as well as good test–retest reliability [24–26].

Four tests from the SFT were performed to evaluate these performance measures that are necessary to maintain independence and safe daily activities:

- A. The 30-second chair stand test: assessment of the lower body strength needed for walking, climbing stairs, getting up from a chair, etc. The result of the test is the number of full stand-ups from the chair within 30 seconds with upper limbs crossed on the chest.
- B. Arm curl test: assessment of upper body strength needed for activities requiring lifting or moving of objects. The result of this test is the number of full bends in the elbow in 30 seconds with a weight of 2.27 kg.
- C. The 2-minute step test: estimation of aerobic capacity. The result was the number of full steps taken in place in 2 minutes—the number of right knee repetitions to the required height.
- D. The 8-foot up and go test: agility score/dynamic balance level in tasks requiring fast maneuvers such as getting in and out of public transport.

Tests were used strictly according to the original recommendations of Rikli and Jones [24].

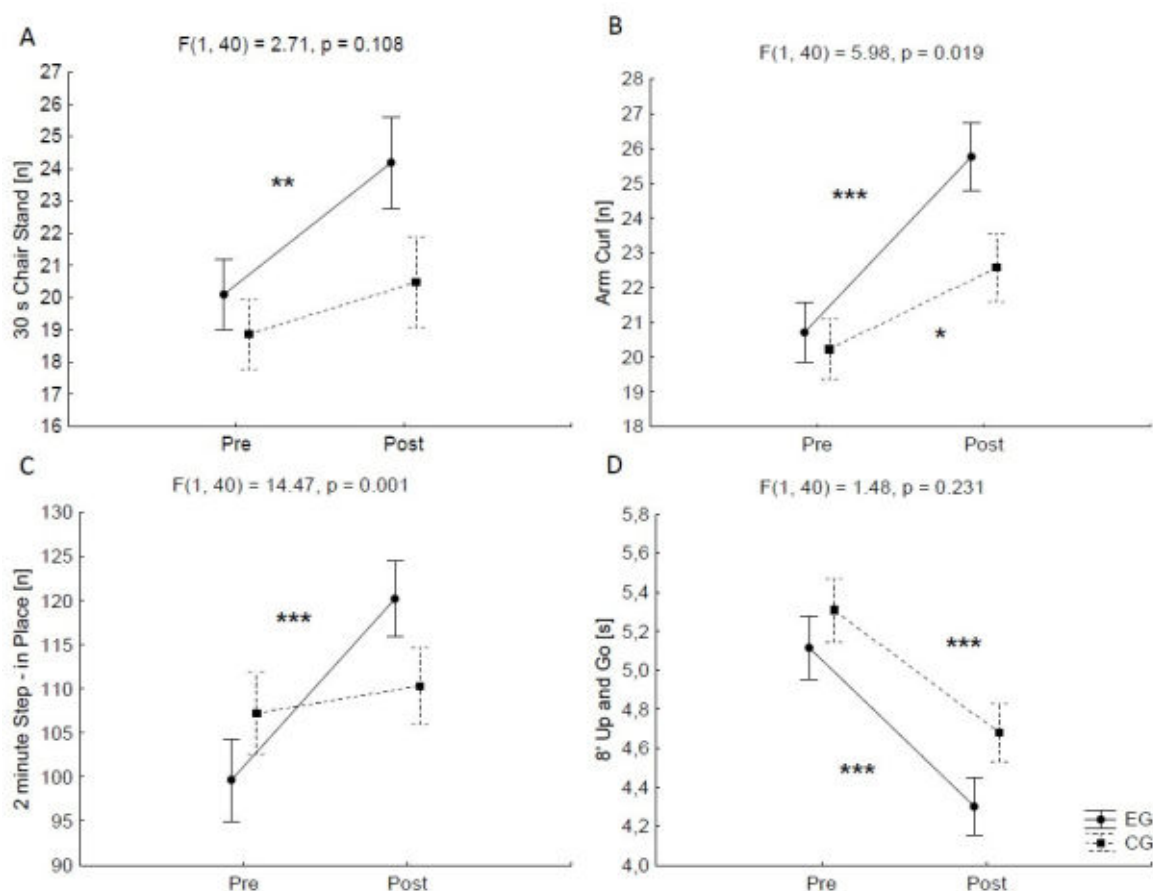
### 2.3. Statistics

Statistical analyses were computed using Statistica v. 13.0 software (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA). Statistical significance was defined as  $p \leq 0.05$ . The main calculations for assessing the variance of dependent variables were based on two-way ANOVA ( $F$ -test) analysis methods. An analysis was made with repeated measurements before and after training (“time” factor with two levels—pre and post) with two levels of an intergroup factor (“group”—EG and CG) being taken into account. For interaction effects (“time  $\times$  group”) and main effects (“time” and “group”), the eta-squared effect size was calculated. The effect size indicates the percent of variance explained by particular effects of the dependent variable. To compare the average values of dependent variables (pre–post within each group), Scheffe detailed post hoc comparisons were conducted. There was also a calculated percentage of differences between pre- and post-training.

## 3. Results

A statistically significant time effect for all parameters of functional fitness was observed: 30-second chair stand ( $F = 14.42$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.27$ ), arm curl ( $F = 44.20$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.52$ ), 2-minute step ( $F = 26.54$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.40$ ), and 8-foot up and go ( $F = 88.27$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.69$ ). In the 30-second chair stand test (Figure 4A), there was an increase in post-training values of 20% for the EG (Scheffe post hoc  $p < 0.01$ ). In the 8-foot up and go test (Figure 4D), a decrease of 16% and 12%, respectively, for in EG and CG, was found. In both cases, post-training values were significantly lower than initial values ( $p < 0.001$ ).

At the same time, the interaction effect was observed for the 2-minute step test ( $F = 14.47$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.27$ ). An increase in post-training values of 21% in the EG ( $p < 0.001$ ) was observed (Figure 4C). A significant interaction effect was also noticed for strength and endurance of the upper body in the arm curl test ( $F = 5.98$ ,  $p < 0.05$ ,  $\eta^2 = 0.13$ ), with significant post-training changes in the EG ( $p < 0.001$ ) and the CG ( $p < 0.05$ ). Post-training values were higher than pre-training values by 24% and 12%, respectively (Figure 4B).



**Figure 4.** Mean values and standard error of measurements for 30-second chair stand, arm curl, 2-minute step in place and 8-foot up and go tests ((A–D), respectively) for the “time” factor (pre–post) in the experimental and control groups (EG and CG, respectively). \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$  (Scheffe post hoc test).

#### 4. Discussion

Exercises for older people must be simple and easy to imitate and should not involve a high financial cost if the goal is to maintain continuous participation in the classes. Marching with RSA poles combines elements of an aerobic workout with resistance training which is under ACSM recommendations [1]. In addition, this form of physical activity can be conducted in groups, which is important for the development of social contacts. According to the recommendations of the ACSM, a training plan for healthy older people should include aerobic exercises that influence endurance, resistance, and exercise to improve flexibility.

The most important effect of the current experiment is an improvement in the evaluated variables related to functional fitness in a short time period (8 weeks; only 16 training sessions). However, NW with RSA poles seems to provide a greater overall benefit. As a result of the experiment, statistically significant interaction effects were observed in the case of a 2-minute step test and arm curl test, indicating a greater improvement in the EG. The effects of the experiment confirm the improvement of performance parameters that are considered important for seniors’ health, i.e., aerobic endurance and muscle strength.

Marching with RSA poles is a new form of the popular activity of Nordic walking, and comparable data are limited. The obtained results might be compared to those of other studies involving training with aerobic and resistance exercises among older people. As observed in this research, the main time effects of marching training for both the EG and the CG on strength, endurance and agility are similar to those of other studies in which mixed exercise programs were employed [10,25,27–29].

As noted above, in the actual study, a higher improvement in endurance measured with the use of a 2-minute step test was observed in participants marching with RSA poles. Generally, other research has shown a positive effect of marching training on aerobic capacity [19,30]. However, a more recent study by Ozaki et al. [31] showed the crucial role of the intensity of walking in combined training. The authors suggested that the overall intensity of training should reach an effective level (50%  $\text{VO}_2$  max) for aerobic capacity improvement [32], which might explain the results obtained in our study. Although both groups (EG and CG) participated in the same exercise program and covered the planned distance at the same time, participants marching with RSA poles had to do additional work, each time overcoming the elastic resistance of 4 kg. The walking speed (and consequently the distance) of the participants could have been slightly different corresponding to the adopted intensity level.

In the analysis of the obtained results, it should be taken into account that characteristics of gait with the use of various NW poles (as well as without poles) might be different as in case of gait realized on a different surface. Shi et al. [33] observed differences in the structure of movement during over-ground walking and treadmill walking. They found shorter stride length, less stride time, and a reduced correlation between gait and upper trunk features on a treadmill. A similar situation might have occurred in our study. It is an open question whether there is a difference in the kinematics of gait with or without NW poles as well as whether applied training influenced on biomechanical characteristics of gait realized in everyday life. Shi et al. [33] suggested that changes in gait in nonstandard conditions might be related to fall risk prevention, which is very important among older people. Undoubtedly, it is an important direction for future studies.

Improved strength is usually reported as an effect of resistance training [34]. However, the results of research related to the effect of marching training on muscle strength are not consistent. Takeshima et al. [19] showed a positive effect of NW and resistance exercises and no effect for marching without poles. Similarly, Lee and Park [20] compared the effect of NW training with generalized exercises, which resulted in a greater improvement in lower body muscle strength in the NW group. There was no significant change in the strength of the upper body muscles. On the other hand, Song et al. [34,35] observed a similar positive effect on upper limb strength when comparing NW and resistance training. The current study has confirmed the hypothesis of a greater impact of NW with RSA poles on upper body strength, which may be related to the need to work with upper-extremity resistance. When individuals feel the pressure of the cradle shock, concentric work of the muscles of the brachial extensors is performed. On the other hand, there were no differences in training effects between groups on the strength of the lower body and agility, possibly due to the similar training load of the lower body parts for both types of training as well as the same type of coordination exercises used. It is also possible that the interference effect occurred, and the potential increase of muscle strength was lowered.

## 5. Limitations

This study has several limitations. First, all the participants were females in the current study. From this perspective, research on the participation of men is needed. Second, there was no comparison to strength training alone, which might be useful for the exclusion of potential interference effects. Third, not all environmental factors were controlled, such as the quality of food, caloric intake, lifestyle, and other activities. On the other hand, to lower the potential Hawthorne effect, an active control group was employed. Next, the differences in biomechanical characteristics of gait with NW poles and RSA poles and potential changes in gait structure as the effect of applied training were not investigated. This would make the analysis of results obtained in functional tests clearer as well as indicate possible benefits in the context of fall risk decrease.

## 6. Conclusions

In the experiment, significant improvement in functional fitness was observed in both groups after only 16 training sessions. However, to the best of our knowledge, this is the first time that

NW with RSA poles, which combines classic NW and resistance exercises, seems to provide greater overall benefits in endurance and upper body strength. Participants marching with RSA poles had to do additional work with their upper extremities, thus increasing the overall exercise intensity in comparison to that of classic NW. Moreover, NW with RSA poles probably makes it easier to reach the physiologically effective level of exercise intensity in training among elderly women.

NW with RSA poles should be considered an engaging form of physical activity that is beneficial and fulfills ACSM criteria for exercise among elderly women.

**Author Contributions:** Conceptualization: K.M., R.S. (Rafal Stemplewski), and J.M.; methodology: K.M. and R.S. (Rafal Stemplewski); project administration: K.M.; funding acquisition: K.M.; investigation: K.M., R.S. (Robert Szeklicki), R.S. (Rafal Stemplewski), J.M., D.S., M.C.-W., and Z.M.; formal analysis: R.S. (Rafal Stemplewski); writing—original draft preparation: K.M., R.S. (Rafal Stemplewski), and J.M.; writing—review and editing: R.S. (Robert Szeklicki), M.C.-W., D.S., and Z.M. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding

**Conflicts of Interest:** The authors declare that they have no conflict of interest.

## References

1. Chodzko-Zajko, W.J.; Proctor, D.N.; Fiatarone Singh, M.A.; Minson, C.T.; Nigg, C.R.; Salem, G.J.; Skinner, J.S. Exercise and physical activity for older adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2009**, *41*, 1523. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Blair, S.N. Physical inactivity: The biggest public health problem of the 21st century. *Br. J. Sports Med.* **2009**, *43*, 1–2. [[PubMed](#)]
3. Jessen, J.D.; Lund, H.H. Study protocol: Effect of playful training on functional abilities of older adults—A randomized controlled trial. *BMC Geriatr.* **2017**, *17*, 27. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Sun, F.; Norman, I.J.; While, A.E. Physical activity in older people: A systematic review. *BMC Public Health* **2013**, *13*, 449–466. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Frew, E.J.; Bhatti, M.; Win, K.; Sitch, A.; Lyon, A.; Pallan, M.; Adab, P. Cost-effectiveness of a community-based physical activity programme for adults (Be Active) in the UK: An economic analysis within a natural experiment. *Br. J. Sports Med.* **2014**, *48*, 207–212. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
6. Kilingback, C.; Tsofliou, F.; Clark, C. Older people's adherence to community-based group exercise programmes: A multiple-case study. *BMC Public Health* **2017**, *17*, 115. [[CrossRef](#)]
7. Beaudart, C.; Reginster, J.Y.; Petermans, J.; Gillain, S.; Quabron, A.; Locquet, M.; Slomian, J.; Buckinx, F.; Bruyère, O. Quality of life and physical components linked to sarcopenia: The SarcoPhAge study. *Exp. Gerontol.* **2015**, *69*, 103–110. [[CrossRef](#)]
8. Fougere, B.; Vellas, B.; van Kan, G.A.; Cesari, M. Identification of biological markers for better characterization of older subjects with physical frailty and sarcopenia. *Transl. Neurosci.* **2015**, *6*, 103–110. [[CrossRef](#)]
9. Tschentscher, M.; Niederseer, D.; Niebauer, J. Health benefits of Nordic walking: A systematic review. *Am. J. Prev. Med.* **2013**, *44*, 76–84. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
10. Ossowski, Z.M.; Skrobot, W.; Aschenbrenner, P.; Cesnaitiene, V.J.; Smaruj, M. Effects of short-term Nordic walking training on sarcopenia-related parameters in women with low bone mass: A preliminary study. *Clin. Interv. Aging* **2016**, *11*, 1763–1771. [[CrossRef](#)]
11. Sánchez-Sánchez, J.L.; Mañas, A.; García-García, F.J.; Ara, I.; Carnicero, J.A.; Walter, S.; Mañas, L.R. Sedentary behaviour, physical activity, and sarcopenia among older adults in the TSHA: Isotemporal substitution model. *J. Cachexia Sarcopenia Muscle* **2019**, *10*, 188–198. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
12. Evans, W.J. Skeletal muscle loss: Cachexia, sarcopenia and inactivity. *Am. J. Clin. Nutr.* **2010**, *91*, 1123–1127. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Montero-Fernández, N.; Serra-Rexach, J.A. Role of exercise on sarcopenia in the elderly. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* **2013**, *49*, 131–143. [[PubMed](#)]
14. Martins, R.A.; Coelho-e-Silva, M.J.; Pindus, D.M.; Verissimo, M.T. Effects of strength and aerobic-based training on functional fitness, mood and the relationship between fatness and mood in older adults. *J. Sports Med. Phys. Fit.* **2011**, *51*, 489–496. [[CrossRef](#)]



15. Sherrington, C.; Whitney, J.C.; Lord, S.R.; Herbert, R.D.; Cumming, R.G.; Close, J.C. Effective exercise for the prevention of falls: A systematic review and meta-analysis. *J. Am. Geriatr. Soc.* **2008**, *56*, 2234–2243. [[CrossRef](#)]
16. Clemson, L.; Singh, M.F.; Bundy, A.; Cumming, R.G.; Weisell, E.; Munro, J.; Manollaras, K.; Black, D. LIFE Pilot Study: A randomised trial of balance strength training embedded in daily life activity to reduce falls in older adults. *Aust. Occup. Ther. J.* **2010**, *57*, 42–50. [[CrossRef](#)]
17. Ramsbottom, R.; Ambler, A.; Potter, J.; Jordan, B.; Nevill, A.; Williams, C. The effect of 6 months training on leg power, balance, and functional mobility of independently living adults over 70 years old. *J. Aging Phys. Act.* **2004**, *12*, 497–510. [[CrossRef](#)]
18. Martone, A.M.; Marzetti, E.; Calvani, R.; Picca, A.; Tosato, M.; Santoro, L.; Di Giorgio, A.; Nesci, A.; Sisto, A.; Landi, F.; et al. Exercise and protein intake: A synergistic approach against sarcopenia. *BioMed Res. Int.* **2017**, *2017*, 2672435. [[CrossRef](#)]
19. Takeshima, N.; Islam, M.M.; Rogers, M.E.; Rogers, N.L.; Sengoku, N.; Koizumi, D.; Kitabayashi, Y.; Imai, A.; Naruse, A. Effects of nordic walking compared to conventional walking and band-based resistance exercise on fitness in older adults. *J. Sport Sci. Med.* **2013**, *12*, 422–430.
20. Lee, H.S.; Park, J.H. Effects of Nordic walking on physical functions and depression in frail people aged 70 years and above. *J. Phys. Ther. Sci.* **2015**, *27*, 2453–2456. [[CrossRef](#)]
21. Parkatti, T.; Perttunen, J.; Wacker, P. Improvements in functional capacity from nordic Walking: A randomized-controlled trial among elderly people. *J. Aging Phys. Act.* **2012**, *20*, 93–105. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
22. Oesen, S.; Halper, B.; Hofmann, M.; Jandrasits, W.; Franzke, B.; Strasser, E.M. Effects of elastic band resistance training and nutritional supplementation on physical performance of institutionalised elderly—A randomized controlled trial. *Exp. Gerontol.* **2015**, *72*, 99–108. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Cadore, E.L.; Izquierdo, M. How to simultaneously optimize muscle strength, power, functional capacity, and cardiovascular gains in the elderly: An update. *Age* **2013**, *35*, 2329–2344. [[CrossRef](#)]
24. Rikli, R.E.; Jones, C.J. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J. Aging Phys. Act.* **1999**, *7*, 129–161. [[CrossRef](#)]
25. Virag, A.; Karoczi, C.K.; Jakab, Á.; Vass, Z.; Kovács, É.; Gondos, T. Short-term and long-term effects of nordic walking on balance, functional mobility, muscle strength and aerobic endurance among Hungarian community-living older people: A feasibility study. *J. Sports Med. Phys. Fit.* **2015**, *55*, 1285–1292.
26. Bieler, T.; Siersma, V.; Magnusson, S.P.; Kjaer, M.; Christensen, H.E.; Beyer, N. In hip osteoarthritis, Nordic Walking is superior to strength training and home based exercise for improving function. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2017**, *27*, 873–886. [[CrossRef](#)]
27. Todde, F.; Melis, F.; Mura, R.; Pau, M.; Fois, F.; Magnani, S.; Ibba, G.; Crisafulli, A.; Tocco, F. A 12-Week Vigorous Exercise Protocol in a Healthy Group of Persons over 65: Study of Physical Function by means of the Senior Fitness Test. *BioMed Res. Int.* **2016**, *2016*. [[CrossRef](#)]
28. Belza, B.; Shumway Cook, A.; Phelan, E.A.; Williams, B.; Snyder, S.J.; LoGerfo, J.P. The Effects of a Community-Based Exercise Program on Function and Health in Older Adults: The Enhance Fitness Program. *J. Appl. Gerontol.* **2006**, *25*, 291–306. [[CrossRef](#)]
29. Keogh, J.; Rice, J.; Taylor, D.; Kilding, A. Objective benefits, participant perceptions and retention rates of a New Zealand community-based, older-adult exercise programme. *J. Prim. Health Care* **2014**, *6*, 1172–1164. [[CrossRef](#)]
30. Holviala, J.; Kraemer, W.J.; Sillanpää, E.; Karppinen, H.; Avela, J.; Kauhanen, A.; Häkkinen, A.; Häkkinen, K. Effects of strength, endurance and combined training on muscle strength, walking speed and dynamic balance in aging men. *Eur. J. Appl. Physiol.* **2012**, *112*, 1335–1347. [[CrossRef](#)]
31. Ozaki, H.; Kitada, T.; Nakagata, T.; Naito, H. Combination of body mass-based resistance training and high intensity walking can improve both muscle size and VO<sub>2</sub> peak in untrained older women. *Geriatr. Gerontol. Int.* **2017**, *17*, 779–784. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
32. Garber, C.E.; Blissmer, B.; Deschenes, M.R.; Franklin, B.A.; Lamonte, M.J.; Lee, I.M.; Swain, D.P. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2011**, *43*, 1334–1359. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

33. Shi, L.; Duan, F.; Yang, Y.; Sun, Z. The Effect of Treadmill Walking on Gait and Upper Trunk through Linear and Nonlinear Analysis Methods. *Sensors* **2019**, *19*, 2204. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. Schlicht, J.; Camaione, D.N.; Owen, S.V. Effect of intense strength training on standing balance, walking speed, and sit-to-stand performance in older adults. *J. Gerontol. Ser. A: Biol. Sci. Med Sci.* **2001**, *56*, 281–286. [[CrossRef](#)]
35. Song, M.S.; Yoo, Y.K.; Choi, C.H.; Kim, N.C. Effects of nordic walking on body composition, muscle strength, and lipid profile in elderly women. *Asian Nurs. Res.* **2013**, *7*, 1–7. [[CrossRef](#)]



© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## Article

# The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Body Balance of Women over the Age of 60

Katarzyna Marciniak <sup>\*</sup>, Janusz Maciaszek <sup>†</sup>, Magdalena Cyma-Wejchenig <sup>†</sup>, Robert Szeklicki <sup>†</sup> and Rafał Stemplewski <sup>†</sup>

Department of Physical Activity Sciences and Health Promotion, Poznań University of Physical Education, 61-871 Poznań, Poland; jmaciaszek@awf.poznan.pl (J.M.); magdalenacyma@gmail.com (M.C.-W.); szeklicki@awf.poznan.pl (R.S.); stemplewski@awf.poznan.pl (R.S.)

<sup>\*</sup> Correspondence: kmarciniak@awf.poznan.pl

**Abstract:** The aim of this study was to assess the changes in the balance of healthy, elderly women as a result of Nordic walking training using of two types of poles: classic poles, and poles with an integrated resistance shock absorber. Thirty-four women completed the experiment (Age =  $66.8 \pm 4.1$  years). They were randomly assigned into the experimental group—training with poles with an integrated resistance shock absorber—EG ( $n = 17$ ), and the control active group—training with classic poles—CG ( $n = 17$ ). Body balance was measured with Romberg sharpened test and using the AccuGait™ force platform before and after an intervention lasting for 8 weeks (2 training sessions  $\times$  75 min per week). In ANOVA analysis, the Romberg sharpened test showed a statistically significant effect of “time” ( $F = 18.62, p < 0.001, \eta^2 = 0.37$ ). No interaction effect or clear “time” effect was observed in the ANOVA analysis for the results of posturographic tests ( $p > 0.05$ ). The lack of pre-post differences in posturographic tests indicates that further research is necessary, where, e.g., there are extended intervention times and more difficult examination tasks are performed. In the case of the Romberg test, both groups improved their results, which may indicate an improvement in perception and processing of sensory information, regardless of the type of training applied.

**Keywords:** physical activity; Nordic walking; Romberg sharpened test; posturographic evaluation; functional training; aging; body balance



**Citation:** Marciniak, K.; Maciaszek, J.; Cyma-Wejchenig, M.; Szeklicki, R.; Stemplewski, R. The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Body Balance of Women over the Age of 60. *Healthcare* **2021**, *9*, 267. <https://doi.org/10.3390/healthcare9030267>

Academic Editor: Nandu Goswami

Received: 4 February 2021

Accepted: 26 February 2021

Published: 2 March 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introduction

The level of body balance depends on the feedback from the following three systems: visual, proprioceptive, and vestibular [1,2].

Due to physiological changes linked to the aging process of the body, the deterioration of all elements influencing the maintenance of proper body balance can be noticed [3].

Deficiencies in maintaining a stable upright posture during daily activities are a major risk factor contributing to falls in elderly people [4]. Falls, along with their consequences, pose a serious threat to seniors' health or even life. According to Sample et al. [5] they occur in up to 33% of the elderly. A serious injury, which is a common aftereffect of a fall, can result in permanent loss of the senior's independence from others. With age, the ability to perform complex motor tasks decreases. This change also applies to the gait. Even in elderly people with good health and bodily functions a decrease in walking speed and step length, as well as a shortened transfer phase can occur; thereby, the length of the double support phase increases [6]. When there is a risk of falling, the elderly limit their cognitive functions by focusing on keeping their balance [7]. Moderate physical activity (PA) is highly recommended for seniors, as it is crucial for maintaining good health [8–13]. According to Yorston et al. [14], there is a significant positive link between taking up physical activity and maintaining fitness and independence in adults. Therefore, various



forms of PA willingly undertaken by the elderly are still being sought, as they are known to improve their overall functional efficiency, including body balance.

Previous studies demonstrated positive effects of various forms of physical training on the gait and body balance [15–17]. One of the frequently examined forms of physical activity is Nordic Walking (NW). Research confirms that NW can be more effective than standard walking in preventing changes in gait quality, including reduced walking speed [18,19]. Some benefits of NW include: an improvement in physical fitness [20], muscle strength [21–23], and body balance [20,23,24]. Just after 8–12-week cycles of NW interventions, there was an improvement in static balance in seniors, both in functional tests [23] and in tests on a posturography platform [24–26]. However, so far, the NW influence has been examined with the use of standard poles.

A relatively new form of NW is marching with poles containing a resistance shock absorber (RSA). Such training combines aerobic exercise with strength training of the upper limbs and upper torso muscles [27]. The American College of Sports Medicine (ACSM) emphasizes the necessity of strength training in seniors as one of the pivotal elements for comprehensive management to maintain the appropriate level of physical fitness in the elderly [28]. People walking with RSA poles do not have stable support. This situation is similar to exercises on unstable surfaces which are commonly used to improve the balance of the body in rehabilitation [29]. RSA poles bend when walking, this movement may seem to be moving on unstable ground. We assumed the dynamics of walking cause sudden changes in the position of the whole body, including the limbs, necessitating the reflex stabilization of the joints, which may result in improved proprioception and increased level of balance in exercisers.

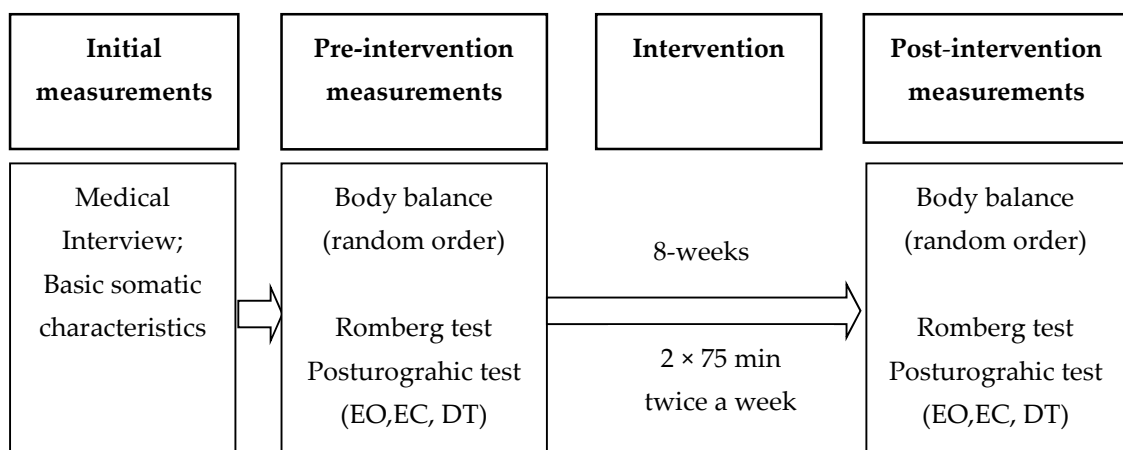
The aim of this study was to assess the changes in the balance of healthy, elderly women as a result of NW training using of two types of poles: classic and RSA. We hypothesized that training with RSA poles has a much more positive impact on body balance than training with classic poles.

## 2. Methods

### 2.1. Study Design

A randomized parallel-group study design was used with a ratio of 1:1. Two groups (experimental and control) took part in 8-weeks (twice a week, 75 min) PA intervention. Nordic walking with two different kinds of poles was used. Before and after intervention body balance was assessed. The assessors who did measurements were blinded (M.J.; C-W.M.; R.S.<sup>1</sup>). The main researcher (K.M.) who performed the intervention and the researcher calculating the results (R.S.<sup>2</sup>) were excluded from the measurements.

A detailed study scheme is presented in Figure 1.



**Figure 1.** General overview of the experiment. Note: EO—Eyes Open, EC—Eyes Open, DT—Dual Task.

## 2.2. Participants

Initially, 50 women aged 60–75 were recruited for the study. Potential participants were recruited from local senior centers, through ads in the local press and via social media. The following inclusion criteria were taken into account: age over 60; good verbal and intellectual contact; lack of contraindications to moderate exercise. Subjects were qualified to participate in the project based on medical history and cardiology examination. Each person was free from diseases that could directly affect the gait stereotype (e.g. vestibular neuritis, multiple sclerosis). Persons who had one of the factors were excluded: dizziness, diabetes 2, obesity, and drugs that lower blood pressure, disease of the musculoskeletal system of the lower limbs and spine. Finally, 40 women over 60 years of age participated in the experiment (Age = 66.8 years, age range: 60–75years).

The study was approved by the local Bioethics Committee in Poznań No. 1041/18. in line with the Declaration of Helsinki, and the participants were asked to give their informed written consent to take part in the research. All precautionary measures were taken to protect the participants' privacy and the confidentiality of their personal data. Furthermore, each participant was notified of their right to refuse to participate in the study or to withdraw their consent at any time, without any consequences. The subjects familiarized themselves with the experimental procedure along with all aspects of the study, such as: objectives of the experiment, methods, test sequence, risks associated with the experiment and expected benefits, as well as inconveniences it may cause.

## 2.3. Intervention

The experiment lasted 8 weeks, with sessions twice a week (16 sessions), which was sufficient to notice improvement in motor abilities [30]. All the women participated in the training sessions at the same time. The women from the EG group used poles with an integrated shock absorber with a resistance force of 4 kg (Slimline BungyPump, Sport Progress International AB, Västernorrland, Sweden), while women from the CG group walked with classic NW poles. Before the intervention, the participants familiarized themselves with the equipment and the correct marching technique during the 60-min training session. The training took place in a city park, in the morning time.

After 10–15min of warm-up, both groups (EG, CG) walked along the inside lanes of the park, on the varied ground. During the whole intervention, the distance was gradually increased (from 3.5 to 4.5 km) with a speed of about 6 km/h. The length and time of the route was measured using the Endomondo app [31]. After half of the planned distance of walking participants did resistance exercises and balance training (15 min). The training plan was compliant with the American College of Sports Medicine (ACSM) recommendations for adults and healthy people: one set of 8–10 exercises for major muscle groups at least 2 days a week with 8–12 repetitions for each exercise [32].

During each session, the participants performed a set of exercises, which consisted of: exercises of the main muscles (warm-up), during which vigorous swings of arms, legs, torso twists, bends, squats, etc., were performed (pace was adapted to the participants' abilities). Then, in the main part, after half of the distance, everyone performed equivalent exercises, where the position for exercises was standing on one leg with different variants of body position and movement, e.g., tilting the torso, bending and moving the raised leg forward, sideways, etc. In the end, static stretching of the main muscles was performed, i.e., the quadriceps muscle of the thigh, gluteal muscles, calves with stretching of the Achilles tendons, as well as the muscles of the neck and upper limbs.

The minimum attendance was assumed at the level of 80%, which required participation in at least 13 training sessions [27]. The trainer (K.M.) had the required qualifications as an instructor and trainer (International Nordic Walking Association).

## 2.4. Walking Technique with the Use of Poles

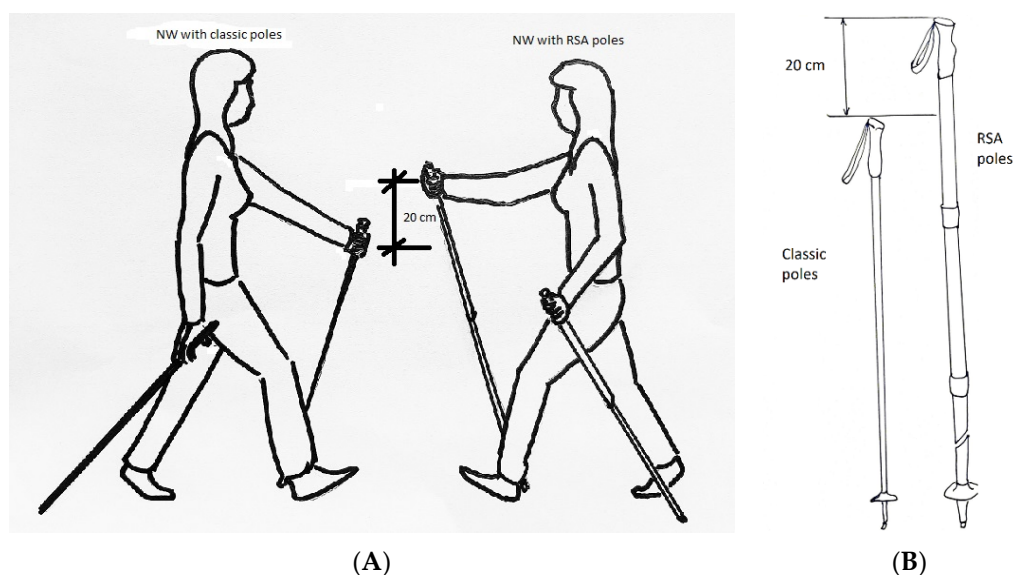
The technique of walking with poles (classic and RSA) consists of a cyclical, repetitive and alternating movement of the whole body. During the walk, not only the muscles of the

limbs are activated, but also the muscles of the torso. Locomotion with the use of poles begins with coordinated movement of one hand being stretched forward, with the heel of the opposite foot placed on the ground at the same time. The hand of the upper limb stretched forward is clamped on the handle of the pole gripping it with all the fingers (from I to V), which automatically positions the pole obliquely to the ground (about  $45^\circ$ ). In this phase, not only the upper limb is engaged, but also the entire shoulder girdle, because the forward move of the hand takes place while the scapula is extended forward causing the torso to be placed in a rotating position.

The next move is bouncing off the ground using the pole with the simultaneous rolling of the foot from the heel to the toes (propulsion) and pushing the lower limb from the forefoot, followed by the transfer of the prop to the opposite side with the accompanying rotation of the torso to the opposite side. As a result of acceleration, there is a noticeable increase in the work of the limbs and torso, and the body is tilted forward with the center of gravity being shifted forward.

The whole process is alternating concentric and eccentric work of the opposing muscle groups of the upper limbs, lower limbs and torso.

RSA poles have a built-in shock absorber with a total length of 20 cm; therefore, the positioning of the upper limbs while marching with the RSA poles is different than with NW poles, as shown in Figure 2.



**Figure 2.** Correct position of upper limbs during Nordic Walking with classic and resistant shock absorber (RSA) poles (A), and differences between poles (B).

When walking with RSA poles, exercisers do not have a stable support, unlike people using NW poles during the march, because the construction of the poles slightly changes the body position while walking, compared to the classic NW. During the phase when the RSA pole is pressed, muscles perform additional work overcoming resistance of the elastic shock absorber in the pole. Pressing the shock absorber changes the length of the stick, which, when shortened to the maximum, reaches the length of a traditional NW stick. Releasing the pressure causes the stick to deform to its original length with the same force, which can give the impression of a change in the body balance. A detailed technical description of the Slimline 4 RSA poles that were used for the intervention and the principles of the NW and RSA pole adjustment are described in Marciniak et al. [27].

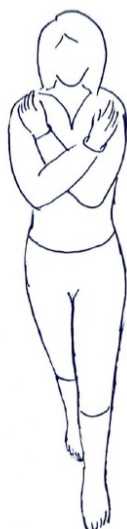
## 2.5. Measurements

### 2.5.1. Romberg Sharpened Test

To evaluate functional changes in body balance, the Tandem Romberg test (known as the Romberg sharpened test) was performed. This detects changes in body balance, depending on the level of proprioception in the participating subjects [2]. The interpretation of the test is analogous to that of the conventional Romberg test. According to Lee [33] and Herdman and Clendaniel [34], the test has 49–60% sensitivity, 95% specificity and a prediction of 82% [33].

The test subject should stand barefoot with arms crossed in front of the chest. This is to determine which lower limb is dominant, for example by giving the following command “please kick some imaginary object in front of you with your leg”. Then the subject stands with the foot of the dominant leg in the front and the other foot with the toes just behind the heel in one line.

The feet should be perfectly aligned so as not to form an angle (Figure 3).



**Figure 3.** Correct positioning of the feet “heel to toe” in the Romberg sharpened test—tandem stance (the dominating lower limb at the front position).

Initially, the subject stands with the eyes open (EO) and vision set on a point 1 meter away, then remains in the same position with the eyes closed (EC).

During the test, people were belayed by the researcher, and to ensure maximum safety for the participants, gym mattresses were placed around the site.

The result obtained was the number of seconds during which the subject held the position without losing balance, allowing small oscillations [2]. The maximum measurement time was assumed to be 30 s.

All the subjects passed the EO test and achieved maximum results. In the further analysis, the results from EC test were analyzed, and the results of the EO test were not considered.

### 2.5.2. Posturography Measurements

The research was conducted based on the measurement of the center of pressure (COP) displacement using the AccuGait™ force platform (AMTI PJB-101, Watertown, MA) with the Balance Trainer software, which is often used in neurology and in the examination of the elderly [35,36].

The platform was equipped with strain gauges that facilitated monitoring of the changes in ground reaction forces. The device was placed on a hard and flat floor surface. Based on the data collected by the platform, it is possible to estimate the position and

deflection of the foot pressure center. The evaluation was carried out twice, before and after the intervention.

Raw data were collected with frequency of 100 Hz and then low-pass filtering was done to remove noise from the obtained signal of COP displacements—the fourth-order Chebyshev II filter with cut-off frequency of 10 Hz was used [37].

During the examination, the subjects were asked to take an upright, vertical position, stand still with the upper limbs alongside the body, remaining silent—no conversation was allowed. The feet were placed in a position similar to their natural stance—heels in one line, feet positioned at an angle of about 30–40° to each other, with a 5 cm gap between the heels [31]. Before starting the study, an outline of each participant's feet was made, which allowed for a similar positioning of the subject during subsequent trials.

In this position, three 30-sposturographic analyses were consecutively performed. They were separated by two 2-min breaks:

- standing with the eyes open (EO),
- standing with the eyes closed (EC),
- testing body stability under dual task (DT) conditions.

DT—while standing, counting down every 3 numbers, starting from 200 [5].

The body balance assessment took up to 15 min including rest breaks.

During the test, belaying was applied and, if necessary, the subjects could rest in a sitting position.

To avoid the sequence being memorized, the trials were carried out at random. Each trial was run twice, and the results were averaged. In the previous work, it was found that averaging the results from two measurements allowed to obtain ICC (inter-class correlation) at a level above 0.9 in the case of the average displacement velocity COP [38].

## 2.6. Outcomes

The primary outcomes of the study were:

- (a) number of seconds during which the subject held the position without losing balance in Romberg test;
- (b) average velocity of COP displacements (and its components in anterior-posterior and medio-lateral directions), as well as ellipse area of 95% in posturographic measurements.

The study population was characterized by age, body weight and height as well as BMI (calculated as body weight/height<sup>2</sup>) as secondary outcomes.

## 2.7. Sample Size and Randomization

Taking into account one-factor effect of time in repeated measures (lack of data connected to effect size for two-factors study structure “group”x“time” in case of two different marching training), range of number of subjects is estimated from 13 to 22 with power statistics = 0.8 and alpha level = 0.05.

Women qualified for the study were randomly assigned to one of two groups with use of randomization generated using Excel software (first step—creation of column with randomized numbers in range 0–0.99 for each participant; second step—assignment to groups EG and CG in next column with function: if (value < 0.5;“EG”;“CG”).

## 2.8. Statistical Analysis

The main calculations of dependent variables were based on two-way ANOVA (*F*-test) analysis methods. An analysis was made with repeated measurements before and after training (“time” factor with two levels—pre and post), and with two levels of an intergroup factor (“group”—EG and CG). For interaction effects (“time × group”) and main effects (“time” and “group”), the eta-squared effect size was calculated. The effect size indicates the percent of variance explained by particular effects of the dependent variable. To compare the average values of primary outcomes (both within and between groups) Bonferroni correction post hoc comparisons were conducted.

Statistical analyses were computed using Statistica v. 13.0 software (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA). Statistical significance was defined as  $p < 0.05$ .

### 3. Results

Five participants did not complete the eight-week intervention period, including one person who dropped out due to injury, two due to illness, and two for undisclosed personal reasons. The remaining 35 people completed the training sessions with the attendance maintained above the required 80%. Finally, the effect of the intervention was assessed in 34 women (EG = 17, CG = 17)—one person did not take part in tests after intervention program without giving any reasons (Figure 4).

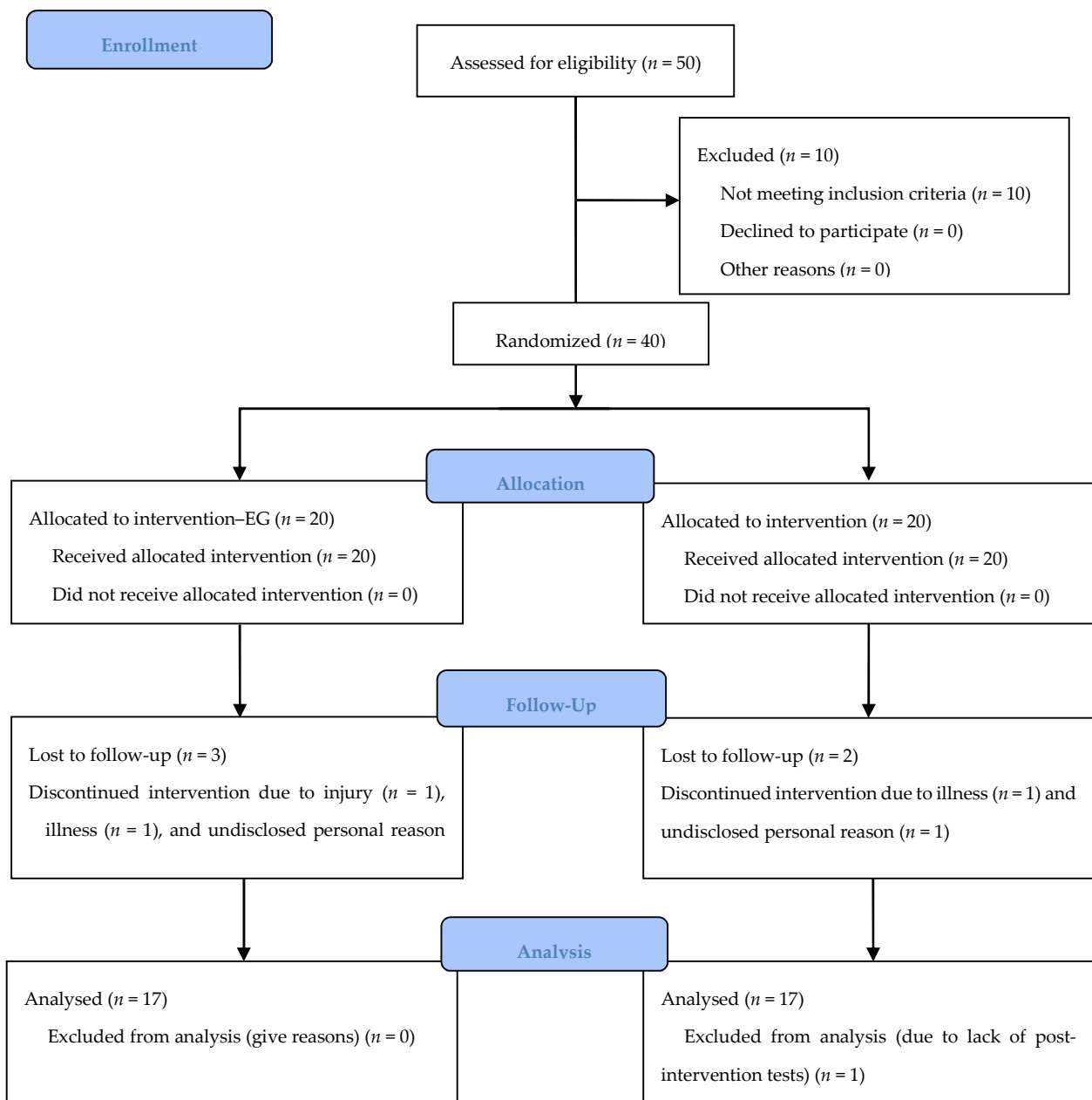


Figure 4. Flowchart of the experiment participants.

Basic characteristics of both groups are presented in Table 1.



**Table 1.** Mean values, standard deviations and results of between-group comparison (*t*-test for independent samples) for basic characteristics of participants prior to the start of the experiment.

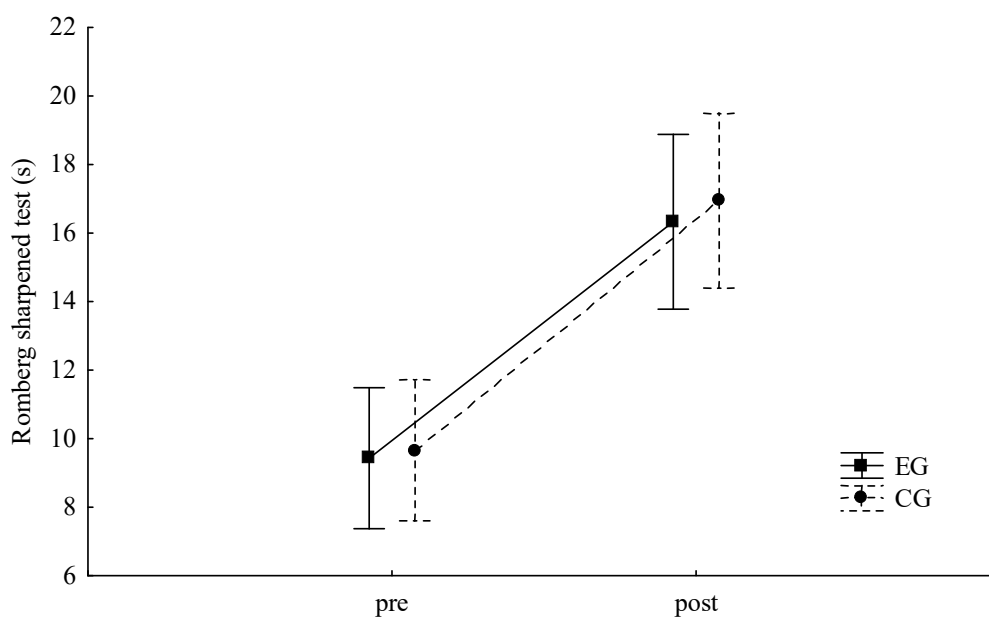
Measure	EG ( <i>n</i> = 20)		CG ( <i>n</i> = 20)		<i>t</i> ( <i>p</i> )
	M	SD	M	SD	
Age (years)	67.71	4.16	65.88	4.09	1.29(0.207)
Body height (cm)	161.94	4.04	159.25	5.45	1.64(0.112)
Body weight (kg)	74.31	11.17	65.63	11.19	2.26(0.030)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	28.31	3.90	25.90	4.53	1.66(0.106)

BMI—body mass index; EG—experimental group, CG—control group.

Significant between-groups differences in body weight were observed. Average values of age, body height and BMI were similar in both groups.

In the case of the Sharpened Romberg test, a statistically significant “time” effect was found (Figure 5). Compared to the baseline, participants improved their scores after the intervention ( $F = 18.62$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.37$ , power analysis = 0.98). Post hoc analysis revealed statistically significant pre-post differences for EG and CG ( $p = 0.034$  and  $p = 0.022$ , respectively).

Interaction effect  $F(1, 32) = 0.014$ ,  $p = 0.907$   
 Main effect “group”  $F(1, 32) = 0.022$ ,  $p = 0.882$   
 Main effect “time”  $F(1, 32) = 18.619$ ,  $p = 0.000$

**Figure 5.** Mean values, standard error of measurements and analysis of variance ANOVA for results of Romberg sharpened test. EG—experimental group, CG—control group.

In the case of the posturography test (Table 2) none of the statistically significant “time × group” effects was found for any of the parameters tested ( $p > 0.05$ ) under all study conditions (eyes open, eyes closed, and dual-task).

**Table 2.** Mean and standard deviation values for body balance for Eyes Open, Eyes Closed and Dual Task measures results of analysis of variance.

Variable	Pre		Post		Interaction <i>F(p)</i>	$\eta^2$	Group <i>F(p)</i>	$\eta^2$	Time <i>F(p)</i>	$\eta^2$
	M (sd) EG	M (sd) CG	M (sd) EG	M (sd) CG						
EO										
Vcop [cm/s]	1.14(0.46)	0.99(0.31)	1.17(0.43)	1.04(0.26)	0.03(>0.05)	0.00	1.41(>0.05)	0.04	0.62(>0.05)	0.02
VcopY [cm/s]	0.95(0.46)	0.83(0.29)	0.96(0.41)	0.81(0.20)	0.23(>0.05)	0.01	1.33(>0.05)	0.04	0.01(>0.05)	0.00
VcopX [cm/s]	0.45(0.20)	0.39(0.12)	0.48(0.20)	0.48(0.20)	0.87(>0.05)	0.03	0.26(>0.05)	0.01	3.53(>0.05)	0.10
A95 [cm <sup>2</sup> ]	1.71(0.68)	1.98(1.11)	2.10(1.44)	2.22(1.44)	0.12(>0.05)	0.00	0.32(>0.05)	0.01	2.16(>0.05)	0.06
EC										
Vcop [cm/s]	1.55(0.69)	1.36(0.45)	1.59(0.64)	1.46(0.69)	0.12(>0.05)	0.00	0.63(>0.05)	0.02	0.86(>0.05)	0.03
VcopY [cm/s]	1.34(0.67)	1.19(0.41)	1.35(0.62)	1.21(0.60)	0.00 (>0.05)	0.00	0.62(>0.05)	0.02	0.07(>0.05)	0.00
VcopX [cm/s]	0.53(0.27)	0.46(0.18)	0.58(0.27)	0.58(0.34)	0.56(>0.05)	0.02	0.13(>0.05)	0.00	3.42(>0.05)	0.10
A95 [cm <sup>2</sup> ]	1.91(1.10)	2.08(1.11)	2.33(1.15)	2.64(1.75)	0.09(>0.05)	0.00	0.41(>0.05)	0.01	4.20(<0.05)	0.12
DT										
Vcop [cm/s]	1.63(0.91)	1.50(0.81)	1.54(0.57)	1.64(0.83)	1.23(>0.05)	0.04	0.00(>0.05)	0.00	0.06(>0.05)	0.00
VcopY [cm/s]	1.29(0.60)	1.21(0.64)	1.26(0.48)	1.30(0.69)	0.66(>0.05)	0.02	0.01(>0.05)	0.00	0.16(>0.05)	0.00
VcopX [cm/s]	0.73(0.60)	0.65(0.41)	0.65(0.26)	0.74(0.42)	1.55(>0.05)	0.05	0.00(>0.05)	0.00	0.00(>0.05)	0.00
A95 [cm <sup>2</sup> ]	3.32(3.79)	3.40(4.57)	2.84(1.96)	5.12(6.41)	3.52(>0.05)	0.10	0.69(>0.05)	0.02	1.13(>0.05)	0.03

EG—experimental group; CG—control group; Vcop—velocity; VcopY—anterior-posterior; VcopX—medio-lateral; A95—area 95 percentile.

There were no statistically significant main effects for the “group” factor ( $p > 0.05$ ) or for detailed between-groups comparisons, either.

In the case of the test with the eyes closed for the area of 95% of COP displacements, a significant value of the repeated measurement factor “time” was recorded ( $F = 4.20$ ,  $p < 0.05$ ,  $\eta^2 = 0.12$ ). This result was related to slightly higher results in the CG group after training (within-group difference was not significant in post hoc analysis).

#### 4. Discussion

The goal of this study was to determine the impact of marching with poles with an integrated resistance shock absorber and classic poles on improving balance in women. To the best of our knowledge, this study is the first to compare the effects of RSA and NW on body balance in healthy women.

In previous studies, the effect of NW on body balance compared to resistance exercises was evaluated [18,39,40]. However, no studies have been undertaken so far to assess the effects of walking with additional resistance from the RSA cushioning system on improving the static balance in senior females. It was assumed that workout consisting of walking with the use of poles has the value of a motor-cognitive intervention and provides participants with balance training in the conditions of performing a double task, as the participants walk while talking with each other, which requires information to be processed along with maintaining the balance and without changing the rhythm and walking speed. Another assumption made was that walking with RSA poles causes the body to work in unstable support conditions with additional resistance, compared to the work performed by the body during the classic NW. Both of these factors provided an additional stimulus for the marching women.

Research on the influence of NW training on the static balance in seniors gives results that are varied and difficult to interpret. In the Lajoie [41] study, after the same period of time (8 weeks, 16 sessions) there was no difference in postural sway observed, either. Moreover, the results showed no significant change between the groups. On the other hand, a statistically significant reduction in reaction time was observed in the elderly while standing, compared to the control group, and the difference remained significant even after a two-week retention period. Lee and Park [23] noticed a significant improvement in one-leg stance after 12 weeks of NW training. Kocur et al. [25] after 12 weeks of the NW training showed a significant improvement in static balance in the group of women,



which was measured by the Forward Reach Test (FRT) and Upward Reach Test (URT) by standing on a balance training platform with a balancing measurement function. However, Gobbo et al. [42], after analyzing eight experiments that met the assumed eligibility criteria, did not indicate any potential relationship between exercise and the improvement of static and dynamic balance during a dual task performed by healthy seniors.

Maranhão-Filho et al. [2] demonstrated that healthy elderly people are able to stand with EC without falling for at least 30 s. In the case of healthy, physically fit females, the standard posturographic tests used in this study proved too easy to demonstrate changes that probably occurred in the system of maintaining postural stability. Moreover, it is noteworthy that the examined women were younger than in other studies in which the influence of NW on balance was examined and where significant differences were obtained [20,23].

In the case of posturographic research, we expected to see differences in effects between groups, but there was no statistically significant interaction effect or the main “time” effect in most variables. Additionally, there were no other significant tendencies in the intergroup differentiation.

Only a significant value of the factor of the repeating “time” measurement was recorded, in the case of the EC test for the Area of 95% of COP displacements. It was connected to higher results in CG after training. It is possible that the result obtained is just an ‘artefact’ related to the relatively lower reliability of these parameters in comparison to the average velocity of COP displacement [43].

Despite the lack of intergroup differences in BMI, women in the EG group were characterized by higher weight, which could have influenced the results. In studies on the influence of obesity on body postural stability [44,45], higher oscillation values were observed in people with higher body weight; therefore, higher body weight values in women with EG could have affected the overall result of the study. On the other hand, in the studies of Carral et al. [46], it was found that postural control in obese elderly people may depend on the amount of PA performed.

The results of the Romberg sharpened test showed the statistically significant main effect, which is “time”, for both groups. The tandem stance of the feet in this test makes it difficult to maintain a stable posture, as opposed to standing in a relaxed position. The reduction in the field of support may activate the hip joint strategy, which is one of the three major stability maintenance and recovery reactions. According to Horak [47], the use of this strategy may also be associated with a reduced or unstable support plane. In a similar test, Marciniak et al. [27] (after 8 weeks, 16 sessions) observed enhanced agility, endurance and muscle strength. Therefore, improving participants’ overall performance as a result of the experiment may explain the results obtained in the functional test. According to Maranhão-Filho et al. [2], Romberg’s test illustrates the level of proprioception, which may indicate a positive impact of the experiment on the proprioceptive balance control in the elderly.

The results of the Romberg test could be related to the potential improvement in strength and endurance, which were not significant in the posturographic examination. They could stem from the specificity of the examination itself: a reduced support plane while standing and a strategy of maintaining balance other than in the posturographic examination.

The final result of the study could have been influenced by relatively short time during which the intervention took place (8 weeks and 16 training sessions). The time in which the study was conducted marked the period between the holidays. Further attempts to continue could cause a change in the participants’ behavior resulting from the traditional involvement of women in holiday preparations, and a change in their eating habits.

## 5. Limitations

Finally, it should be mentioned that the study has some limitations. First, it only includes a group of women. Studies involving both men and women would provide stronger general evidence. Secondly, the training was relatively short. Perhaps continuing

training would also result in significant differences in all tests used. On the other hand, in other studies, eight-week periods of training made it possible to observe significant changes in physical fitness among the elderly. Next, during each session, we focused on the technical details of the march with poles, because proper execution of exercises and walking technique were very important in our experiment. However, a large number of people participated in the training at the same time, and the marching technique may not always have been correct. Perhaps more personalized training should be used to ensure better control of exercise execution in the next study. The very low effect of applied exercise on results obtained in posturography tests is also interesting. As stated in the discussion, perhaps the tests that were used were too simple, and the ceiling effect was met.

## 6. Conclusions

The training sessions and body balance tests did not allow any significant impact of the type of poles on the change in the body balance using posturographic tests to be demonstrated; and they seemed to have a similar effect on the results obtained in functional tests.

Taking into account the limitations of the study, further research is necessary with extended intervention times and more difficult tasks in posturographic examination.

On the other hand, when the base of support limitation was applied in the Romberg functional test (Romberg sharpened), the statistically significant main effect of “time” was found in both groups. Considering that the results of this test are linked to the possibility of detecting deficiencies in proprioception, they may indicate the beneficial effect of walking on the static balance in women. Compared to the baseline, both groups improved their results, which may indicate an improvement in perception and processing of sensory information. This may be the result of the intervention—regardless of the type of training applied.

**Author Contributions:** Conceptualization, K.M., J.M. and R.S. (Rafał Stemplewski); Formal analysis, R.S. (Rafał Stemplewski); Funding acquisition, Katarzyna Marciniak; Investigation, K.M., J.M., M.C.-W., R.S. (Robert Szeklicki) and R.S. (Rafał Stemplewski); Methodology, K.M. and R.S. (Rafał Stemplewski); Project administration, K.M.; Supervision, R.S. (Rafał Stemplewski); Writing—original draft, K.M., J.M. and R.S. (Rafał Stemplewski); Writing—review & editing, M.C.-W. and R.S. (Robert Szeklicki). All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.

**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the local Bioethics Committee of Poznań University of Medical Sciences (No. 1041/18, date of approval—11 October 2018).

**Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

**Data Availability Statement:** The data supporting reported results are available in the corresponding author.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## References

1. Fahn, S.; Jankovic, J. *Principles and Practice of Movement Disorders*; Churchill Livingstone: Philadelphia, PA, USA, 2007; ISBN 9780443079412.
2. Maranhão-Filho, P.A.; Maranhão, E.T.; da Silva, M.M.; Lima, M.A. Rethinking the neurological examination I: Static balance assessment. *Arq. Neuro Psiquiatr.* **2011**, *69*, 954–958. [[CrossRef](#)]
3. Michalska, J.; Kamieniarz, A.; Sobota, G.; Stania, M.; Juras, G.; Słomka, K. Age-related changes in postural control in older women: Transitional tasks in step initiation. *BMC Geriatr.* **2021**, *21*, 17. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Callisaya, M.; Blizzard, L.; Schmidt, M.-D.; Martin, K.L.; Mcginley, J.L.; Sanders, L.M.; Srikanth, V.K. Gait, gait variability and the risk of multiple incident falls in people: A population-based study. *Age Ageing* **2011**, *40*, 481–487. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Sample, R.B.; Jackson, K.; Kinney, A.L.; Wiebke, S.; Diestelkamp, W.S.; Reinert, S.S.; Bigelow, K.E. Manual and Cognitive Dual Tasks Contribute to Fall-Risk Differentiation in Posturography Measures. *J. Appl. Biomechan.* **2016**, *32*, 541–547. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

6. Barak, Y.; Wagenaar, R.C.; Holt, K.G. Gait characteristics of elderly people with a history of falls: A dynamic approach. *Phys. Ther.* **2006**, *86*, 1501–1510. [[CrossRef](#)]
7. Schaefer, S.; Schumacher, V. The Interplay between Cognitive and Motor Functioning in Healthy Adults: Findings from Dual-Task Studies and Suggestions for Intervention. *Gerontology* **2011**, *57*, 239–246. [[CrossRef](#)]
8. Chase, J.A.D. Physical Activity Interventions among Adults: A Literature Review. *Res. Theory NursPract.* **2013**, *27*, 53–80. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Milanović, Z.; Pantelić, S.; Trajković, N.; Sporiš, G.; Kostić, R.; James, N. Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clin. Interv. Aging* **2013**, *8*, 549–556. [[CrossRef](#)]
10. Halaweh, H.; Willen, C.; Grimby-Ekman, A.; Svantesson, U. Physical Activity and Health-Related Quality of Life among Community Dwelling Elderly. *J. Clin. Med. Res.* **2015**, *7*, 845–852. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
11. Langhammer, B.; Bergland, A.; Rydwick, E. The Importance of Physical Activity Exercise among People. *Biomed. Res. Int.* **2018**, 7856823. [[CrossRef](#)]
12. Fahey, T.D.; Insel, P.; Roth, T. *Fit & Well: Core Concepts and Labs in Physical Fitness and Wellness*; McGraw Hill: New York, NY, USA, 2018; ISBN 10:1260397130.
13. Rivera-Torres, S.; Fahey, T.D.; Rivera, M.A. Adherence to Exercise Programs in Adults: Informative Report. *Gerontol. Geriatr. Med.* **2019**, *5*, 1–10. [[CrossRef](#)]
14. Yorston, L.C.; Rosenkranz, R.R.; Kolt, G.S. Physical Activity and Physical Function in Adults: The 45 and Up Study. *J. Am. Geriatr. Soc.* **2012**, *60*, 719–725. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Chou, C.H.; Hwang, C.L.; Wu, Y.T. Effect of exercise on physical function, daily living activities, and quality of life in the frail adults: A meta-analysis. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2012**, *93*, 237–244. [[CrossRef](#)]
16. Wang, R.Y.; Wang, Y.L.; Cheng, F.C.; Chao, Y.H.; Chen, C.L.; Yang, Y.R. Effects of combined exercise on gait variability in community-dwelling older adults. *Age* **2015**, *37*, 40. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Farrell, J.W.; Merkas, J.; Pilutti, L.A. The Effect of Exercise Training on Gait, Balance, and Physical Fitness Asymmetries in Persons With Chronic Neurological Conditions: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Front. Physiol.* **2020**, *11*, 585765. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. Figueiredo, S.; Finch, L.; Mai, J.; Ahmed, S.; Huang, A.; Mayo, N.-E. Nordic walking for geriatric rehabilitation: A randomized pilot trial. *Disabil. Rehabil.* **2013**, *35*, 968–975. [[CrossRef](#)]
19. Mansour, K.B.; Gorce, P.; Rezzoug, N. The impact of Nordic walking training on the gait of the elderly. *J. Sport Sci. Med.* **2018**, *38*, 2368–2374. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
20. Virag, A.; Karoczi, C.K.; Jakab, Á.; Vass, Z.; Kovács, É.; Gondos, T. Short-term and long-term effects of nordic Walking on balance, functional mobility, muscle strength and aerobic endurance among Hungarian community-living people: A feasibility study. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* **2014**, *55*, 1285–1292. [[PubMed](#)]
21. Song, M.S.; Yoo, Y.K.; Choi, C.H.; Kim, N.C. Effects of nordic walking on body composition, muscle strength, and lipid profile in elderly women. *Asian Nurs. Res. Korean Soc. Nurs. Sci.* **2013**, *7*, 1–7. [[CrossRef](#)]
22. Keogh, J.; Rice, J.; Taylor, D.; Kilding, A. Objective benefits, participant perceptions and retention rates of a New Zealand community-based, -adult exercise programme. *J. Prim. Health Care* **2014**, 1172–6164. [[CrossRef](#)]
23. Lee, H.S.; Park, J.H. Effects of Nordic walking on physical functions and depression in frail people aged 70 years and above. *J. Phys. Ther. Sci.* **2015**, *27*, 2453–2456. [[CrossRef](#)]
24. Franzoni, L.T.; Monteiro, E.P.; Oliveira, H.B.; da Rosa, R.G.; Costa, R.R.; Rieder, K.; Martinez, F.G.; Peyré-Tartaruga, L.A. A 9-Week Nordic and Free Walking Improve Postural Balance in Parkinson's Disease. *Sports Med. Int. Open* **2018**, *2*, 28–34. [[CrossRef](#)]
25. Kocur, P.; Wiernicka, M.; Wilski, M.; Kamińska, E.; Furmaniuk, L.; Flis-Masłowska, M.; Lewandowski, J. Does Nordic walking improves the postural control and gait parameters of women between the age 65 and 74: A randomized trial. *J. Phys. Ther. Sci.* **2015**, *27*, 3733–3737. [[CrossRef](#)]
26. Gomeñuka, N.A.; Oliveira, H.B.; Silva, E.S.; Costa, R.R.; Kanitz, A.C.; Liedtke, G.V.; Schuch, F.B.; Peyre-Tartaruga, L.-A. Effects of Nordic walking training on quality of life, balance and functional mobility in elderly: A randomized clinical trial. *PLoS ONE* **2019**, *14*, 0211472. [[CrossRef](#)]
27. Marciniak, K.; Maciaszek, J.; Cyma-Wejchenig, M.; Szeklicki, R.; Maćkowiak, Z.; Sadowska, D.; Stemplewski, R. The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Functional Fitness of Women over the Age of 60. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 2197. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. American College of Sports Medicine. *ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 7; Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia, PA, USA, 2014.
29. Behm, D.G.; Muehlbauer, T.; Kibele, A.; Granacher, U. Effects of Strength Training Using Unstable Surfaces on Strength, Power and Balance Performance Across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med.* **2015**, *45*, 1645–1669. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
30. Park, S.D.; Yu, S.H. The effects of Nordic and general walking on depression disorder patients' depression, sleep, and body composition. *J. Phys. Ther. Sci.* **2015**, *27*, 2481–2485. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
31. Padulo, J.; Iuliano, E.; Iacono, A.D.; Milić, M.; Rizzi, M.; Ardigo, L.P. Nordic walking versus natural walking: An easy approach to comparing metabolic demands. *Int. J. Perf. Anal. Sport* **2018**, *18*, 686–692. [[CrossRef](#)]

32. Chodzko-Zajko, W.J.; Proctor, D.N.; Fiatarone Singh, M.A.; Minson, C.T.; Nigg, C.R.; Salem, G.J.; Skinner, J.S.; American College of Sport Medicine Position Stand. Exercise and physical activity for adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2009**, *41*, 1510–1530. [[CrossRef](#)]
33. Lee, C.T. Sharpening the Sharpened Romberg. *SPUMS J.* **1998**, *28*, 125–132.
34. Herdman, S.J.; Clendaniel, R.A. *Vestibular Rehabilitation: A Competency-Based Course*; Department of Rehabilitation Medicine; Emory Physical Therapy Association: Atlanta, GA, USA, 2010. Available online: [https://www.emorydpt.org/wp-content/uploads/2017/05/Vestibular2018\\_PlanningOnly\\_4.21.2017.pdf](https://www.emorydpt.org/wp-content/uploads/2017/05/Vestibular2018_PlanningOnly_4.21.2017.pdf) (accessed on 22 February 2021).
35. Melzer, I.; Marx, R.; Kurz, I. Regular exercise in the elderly is effective to preserve the speed of voluntary stepping under single-task condition but not under dual-task condition. A case-control study. *Gerontology* **2009**, *55*, 49–57. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. McNamara, A.J.; Pavol, M.J.; Gunter, K.B. Meeting physical activity guidelines through community-based group exercise: “Better bones and balance”. *J. Aging Phys. Act.* **2013**, *21*, 155–166. [[CrossRef](#)]
37. Stemplewski, R. Effect of moderate physical exercise on postural control among 65–74 years old man. *Arch. Gerontol. Geriatr.* **2012**, *54*, 279–283. [[CrossRef](#)]
38. Stemplewski, R.; Maciaszek, J.; Osiński, W.; Szeklicki, R. Test-Retest Reliability of Measurements of the Center of Pressure Displacement in Quiet Standing and During Maximal Voluntary Body Leaning Among Healthy Elderly Men. *J. Hum. Kinet.* **2011**, *28*, 15–23. [[CrossRef](#)]
39. Takeshima, N.; Islam, M.M.; Rogers, M.E.; Rogers, N.L.; Sengoku, N.; Koizumi, D.; Kitabayashi, Y.; Imai, A.; Naruse, A. Effects of nordic walking compared to conventional walking and band-based resistance exercise on fitness in adults. *J. Sport Sci. Med.* **2013**, *12*, 422–430. [[PubMed](#)]
40. Chomiuk, T.; Folga, A.; Mamcarz, A. The influence of systematic pulse-limited physical exercise on the parameters of the cardiovascular system in patients over 65 years of age. *Arch. Med. Sci.* **2013**, *9*, 201–209. [[CrossRef](#)]
41. Lajoie, Y. Effect of computerized feedback postural training on posture and attentional demands in older adults. *Aging Clin. Exp. Res.* **2004**, *16*, 363–368. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
42. Gobbo, S.; Bergamin, M.; Sieverdes, J.C.; Ermolao, A.; Zaccaria, M. Effects of exercise on dual-task ability and balance in older adults: A systematic review. *Arch. Gerontol. Geriatr.* **2014**, *58*, 177–187. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
43. Stemplewski, R.; Maciaszek, J.; Tomczak, M.; Szeklicki, R.; Sadowska, S.; Osiński, W. Habitual physical activity as a determinant of the effect of moderate physical exercise on postural control in older men. *Am. J. Mens Health* **2013**, *7*, 58–65. [[CrossRef](#)]
44. Handrigan, G.A.; Berrigan, F.; Hue, O.; Simoneau, M.; Corbeil, P.; Tremblay, A.; Teasdale, N. The effects of muscle strength on center of pressure-based measures of postural sway in obese and heavy athletic individuals. *Gait Posture* **2012**, *35*, 88–91. [[CrossRef](#)]
45. Capodaglio, P.; Cimolin, V.; Tacchini, E.; Parisio, C.; Galli, M. Balance Control and Balance Recovery in Obesity. *Ergonomy* **2012**, *1*, 166–173. [[CrossRef](#)]
46. Carral, J.M.C.; Ayán, C.; Sturzinger, L. Relationships between Body Mass Index and Static and Dynamic balance in active and inactive older adults. *J. Geriatr. Phys. Ther.* **2019**, *42*, 85–90. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
47. Horak, F.B. Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing* **2006**, *35*, 7–11. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

mgr Katarzyna Anna Marciniak

Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

Wydział Nauk o Kulturze Fizycznej

Zakład Cyfrowych Technologii w Aktywności Fizycznej

## OŚWIADCZENIE

Mój udział w powstawaniu niżej wymienionych publikacji polegał na: konceptualizacji, przygotowaniu oryginalnego projektu, przygotowaniu wniosku do komisji bioetycznej, pozyskiwaniu środków z funduszu RMPN, zbieraniu danych w części empirycznej, analizie i interpretacji danych, opracowaniu analizy statystycznej, pisaniu, redagowaniu recenzji oraz zatwierdzeniu manuskryptu. Swój udział w każdym projekcie oceniam na 50 %

1. Marciniak, K., Maciaszek, J., Cyma-Wejchenig, M., Szeklicki, R., Maćkowiak, Z., Sadowska, D., Stemplewski, R. (2020). The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Functional Fitness of Women over the Age of 60. *Int J Environ Res Public Health*, 25;17(7):2197, doi: 10.3390/ijerph17072197, IF – 3,390, punktacja MEiN – 140pkt.
2. Marciniak, K., Maciaszek, J., Cyma-Wejchenig, M., Szeklicki, R., Stemplewski, R. The Effect Of Nordic Walking Training With Poles With An Integrated Resistance Shock Absorber On The Body Balance Of Women Over The Age Of 60. *Healthcare* 2021, 9, 267; doi:10.3390/healthcare9030267, IF – 2,645, punktacja MEiN – 40pkt.

Potwierdzenie współautor

mgr Katarzyna Anna Marciniak ..... 



mgr Katarzyna Anna Marciniak

Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

Wydział Nauk o Kulturze Fizycznej

Zakład Cyfrowych Technologii w Aktywności Fizycznej

## OŚWIADCZENIE

Mój udział w powstawaniu niżej wymienionych publikacji polegał na: zbieraniu danych w części empirycznej, redagowaniu oraz zatwierdzeniu manuskryptu. Swoją udział w każdym projekcie oceniam na 10 %

1. Marciniak, K., Maciaszek, J., Cyma-Wejchenig, M., Szeklicki, R., Maćkowiak, Z., Sadowska, D., Stemplewski, R. (2020). The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Functional Fitness of Women over the Age of 60. *Int J Environ Res Public Health*, 25;17(7):2197, doi: 10.3390/ijerph17072197, IF – 3,390, punktacja MEiN – 140pkt.
2. Marciniak, K., Maciaszek, J., Cyma-Wejchenig, M., Szeklicki, R., Stemplewski, R. The Effect Of Nordic Walking Training With Poles With An Integrated Resistance Shock Absorber On The Body Balance Of Women Over The Age Of 60. *Healthcare* 2021, 9, 267; doi:10.3390/healthcare9030267, IF – 2,645, punktacja MEiN – 40pkt.

Potwierdzenie współautora:

prof. dr hab. Janusz Maciaszek



mgr Katarzyna Anna Marciniak

Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

Wydział Nauk o Kulturze Fizycznej

Zakład Cyfrowych Technologii w Aktywności Fizycznej

## OŚWIADCZENIE

Mój udział w powstawaniu niżej wymienionych publikacji polegał na: zbieraniu danych w części empirycznej, redagowaniu oraz zatwierdzeniu manuskryptu. Swój udział w projekcie 1 oceniam na 5 %, swój udział w projekcie 2 oceniam na 10 %.

1. Marciniak, K., Maciaszek, J., Cyma-Wejchenig, M., Szeklicki, R., Maćkowiak, Z., Sadowska, D., Stemplewski, R. (2020). The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Functional Fitness of Women over the Age of 60. *Int J Environ Res Public Health*, 25;17(7):2197, doi: 10.3390/ijerph17072197, IF – 3,390, punktacja MEiN – 140pkt.
2. Marciniak, K., Maciaszek, J., Cyma-Wejchenig, M., Szeklicki, R., Stemplewski, R. The Effect Of Nordic Walking Training With Poles With An Integrated Resistance Shock Absorber On The Body Balance Of Women Over The Age Of 60. *Healthcare* 2021, 9, 267; doi:10.3390/healthcare9030267, IF – 2,645, punktacja MEiN – 40pkt.

Potwierdzenie współautora:

dr Magdalena Cyma-Wejchenig .....

*Cyma - Wejchenig M.*



mgr Katarzyna Anna Marciniak

Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

Wydział Nauk o Kulturze Fizycznej

Zakład Cyfrowych Technologii w Aktywności Fizycznej

### OŚWIADCZENIE

Mój udział w powstawaniu niżej wymienionych publikacji polegał na: zbieraniu danych w części empirycznej, redagowaniu oraz zatwierdzeniu manuskryptu. Swój udział w projekcie oceniam na 5 %.

Marciniak, K., Maciaszek, J., Cyma-Wejchenig, M., Szeklicki, R., Maćkowiak, Z., Sadowska, D., Stemplewski, R. (2020). The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Functional Fitness of Women over the Age of 60. *Int J Environ Res Public Health*, 25;17(7):2197, doi: 10.3390/ijerph17072197, IF – 3,390, punktacja MEiN – 140pkt.

Potwierdzenie współautora:

dr Dorota Sadowska





mgr Katarzyna Anna Marciniak

Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

Wydział Nauk o Kulturze Fizycznej

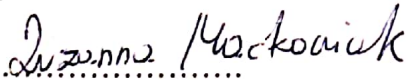
Zakład Cyfrowych Technologii w Aktywności Fizycznej

## OŚWIADCZENIE

Mój udział w powstawaniu niżej wymienionych publikacji polegał na: zbieraniu danych w części empirycznej, redagowaniu oraz zatwierdzeniu manuskryptu. Swój udział w projekcie oceniam na 5 %.

Marciniak, K., Maciaszek, J., Cyma-Wejchenig, M., Szeklicki, R., Maćkowiak, Z., Sadowska, D., Stemplewski, R. (2020). The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Functional Fitness of Women over the Age of 60. *Int J Environ Res Public Health*, 25;17(7):2197, doi: 10.3390/ijerph17072197, IF – 3,390, punktacja MEiN – 140pkt.

Potwierdzenie współautor

Dr Zuzanna Maćkowiak 

mgr Katarzyna Anna Marciniak

Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

Wydział Nauk o Kulturze Fizycznej

Zakład Cyfrowych Technologii w Aktywności Fizycznej

## OŚWIADCZENIE

Udział prof. AWF dra hab. Roberta Szeklickiego w powstawaniu niżej wymienionych publikacji polegał na: zbieraniu danych w części empirycznej, redagowaniu oraz zatwierdzeniu manuskryptu. Udział w pierwszym projekcie oceniony został na 5% a w drugim na 10%.

1. Marciniak, K., Maciaszek, J., Cyma-Wejchenig, M., Szeklicki, R., Maćkowiak, Z., Sadowska, D., Stemplewski, R. (2020). The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Functional Fitness of Women over the Age of 60. *Int J Environ Res Public Health*, 25;17(7):2197, doi: 10.3390/ijerph17072197, IF – 3,390, punktacja MEiN – 140pkt.
2. Marciniak, K., Maciaszek, J., Cyma-Wejchenig, M., Szeklicki, R., Stemplewski, R. The Effect Of Nordic Walking Training With Poles With An Integrated Resistance Shock Absorber On The Body Balance Of Women Over The Age Of 60. *Healthcare* 2021, 9, 267; doi:10.3390/healthcare9030267, IF – 2,645, punktacja MEiN – 40pkt.

Prof. AWF dr hab. Robert Szeklicki zmarł w 2021 roku.

mgr Katarzyna Anna Marciniak

Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

Wydział Nauk o Kulturze Fizycznej

Zakład Cyfrowych Technologii w Aktywności Fizycznej

## OŚWIADCZENIE

Mój udział w powstawaniu niżej wymienionych publikacji polegał na: przygotowaniu oryginalnego projektu, zbieraniu danych w części empirycznej, analizie i interpretacji danych, opracowaniu analizy statystycznej, pisaniu, redagowaniu recenzji oraz zatwierdzeniu manuskryptu. Swój udział w każdym projekcie oceniam na 20 %

1. Marciniak, K., Maciaszek, J., Cyma-Wejchenig, M., Szeklicki, R., Maćkowiak, Z., Sadowska, D., Stemplewski, R. (2020). The Effect of Nordic Walking Training with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on the Functional Fitness of Women over the Age of 60. *Int J Environ Res Public Health*, 25;17(7):2197, doi: 10.3390/ijerph17072197, IF – 3,390, punktacja MEiN – 140pkt.
2. Marciniak, K., Maciaszek, J., Cyma-Wejchenig, M., Szeklicki, R., Stemplewski, R. The Effect Of Nordic Walking Training With Poles With An Integrated Resistance Shock Absorber On The Body Balance Of Women Over The Age Of 60. *Healthcare* 2021, 9, 267; doi:10.3390/healthcare9030267, IF – 2,645, punktacja MEiN – 40pkt.

Potwierdzenie współautor

Prof. AWF dr hab. Rafał Stemplewski

