

mgr Katarzyna Sobczak

Rozprawa doktorska

**WPŁYW AQUA AEROBIKU
ORAZ DWÓCH FORM TRENINGU MARSZOWEGO
NA WSKAŹNIKI WYDOLNOŚCI KRĄŻENIOWO-ODDECHOWEJ
U KOBIET W OKRESIE OKOŁOMENOPAUZALNYM**



Promotor:
prof. AWF dr hab. Katarzyna Domaszewska





Akademia Wychowania Fizycznego
im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

mgr Katarzyna Sobczak

**Wpływ aqua aerobiku oraz dwóch form treningu marszowego
na wskaźniki wydolności krążeniowo-oddechowej
u kobiet w okresie okołomenopauzalnym**

Rozprawa doktorska

Promotor:
prof. AWF dr hab. Katarzyna Domaszewska

Poznań 2023

Dziękuję moim promotorom: prof. drowi hab. Ryszardowi Strzelczykowi za opiekę naukową i cierpliwość oraz wyjątkowej Pani Promotor prof. AWF dr hab. Katarzynie Domaszewskiej za nieocenioną pomoc udzieloną w trakcie przygotowania rozprawy doktorskiej, za pogodę ducha oraz świetną atmosferę, która towarzyszyła naszej współpracy, za cierpliwość, wyrozumiałość, poświęcony czas oraz nieustanną motywację do działania.

Dziękuję również drowi Krzysztofowi Pietrusikowi, który wprowadził mnie do świata aqua fitnessu, oraz mojemu kierownikowi drowi Krystianowi Wochnie za wsparcie i doping w dążeniu do celu.

Podziękowania kieruję także do mojego kochanego Męża, który był przy mnie cały ten czas i mnie motywował, oraz do Rodziców, za wsparcie podczas mojej drogi naukowej i w życiu prywatnym.

SPIS TREŚCI

DANE O KANDYDACIE	4
WYKAZ SKRÓTÓW I SYMBOLI	5
STRESZCZENIE	7
ABSTRACT	9
1. WPROWADZENIE	11
2. CELE BADAŃ	14
3. CYKL PUBLIKACJI	15
4. MATERIAŁ I METODY BADAWCZE	16
4.1. Grupa badana	16
4.2. Metody badań.....	17
4.2.1. Schemat badań	17
4.2.1.1. Badania właściwe	17
4.2.1.2. Program treningowy	19
4.2.2. Metody statystyczne	21
4.3. Zagadnienia bioetyczne	22
5. WYNIKI ORAZ ICH OMÓWIENIE	23
6. WNIOSKI	30
7. PIŚMIENICTWO	31
PRZEBIEG PRACY NAUKOWO-ZAWODOWEJ – INFORMACJE DODATKOWE.....	35
ZAŁĄCZNIK 1. OŚWIADCZENIA	37
ZAŁĄCZNIK 2. PUBLIKACJE	44

DANE O KANDYDACIE

Data uzyskania tytułu magistra: 15.03.2010 r.

Nazwa jednostki organizacyjnej, w której nadany został tytuł: Wydział Wychowania Fizycznego, Sportu i Rehabilitacji Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu.

Kandydat nie ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora.

Aktualne miejsce pracy: Zakład Pływania i Ratownictwa Wodnego, Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu.

Zajmowane stanowiska: od 1.03.2014 r. – instruktor.

WYKAZ SKRÓTÓW I SYMBOLI

- A – prędkość napływu późnorozkurczowego przez zastawkę mitralną
- ALT – aminotransferaza alaninowa
- ATP – adenozynotrójfosforan – główny nośnik energii w komórkach
- BMI – wskaźnik masy ciała
- CETP – białko przenoszące estry cholesterolu
- CHD – choroby układu krążenia
- CRP – białko C-reaktywne
- DBP – rozkurczowe ciśnienie krwi
- E – prędkość napływu wczesnorozkurczowego przez zastawkę mitralną
- E' – prędkość wczesnorozkurczowa pierścienia mitralnego
- eGFR – wskaźnik filtracji kłębuszkowej
- ERV – objętość dodatkowa wydechowa
- ES – wielkość efektu, miara uzupełniająca wnioskowanie statystyczne
- FEV₁ – natężona pierwszosekundowa objętość wydechowa
- FM – masa tkanki tłuszczowej
- FVC – natężona pojemność życiowa
- FVC/VC – stosunek natężonej pojemności życiowej do pojemności życiowej
- HCT – hematokryt
- HDL-C – cholesterol z lipoproteinami o dużej gęstości
- HGB – hemoglobina
- HLA – lipaza wątrobowa
- HR – częstość skurczów serca
- HRR – regeneracja tętna
- IRV – objętość dodatkowa wdechowa
- LCAT – acylotransferaza lecytynowo-cholesterolowa
- LDL-C – cholesterol z lipoproteinami o małej gęstości
- LMR – stosunek limfocytów do monocytów
- LPLA – lipaza lipoproteinowa
- LVEF – niska frakcja wyrzutowa lewej komory
- MEF_{25'}, MEF_{50'}, MEF_{75'} – wskaźniki przepływowe, które pozwalają na ocenę przepływu powietrza w drobnych oskrzelach; podawane w litrach na sekundę

MET – ekwiwalent metaboliczny
MM – masa mięśniowa
MVV – maksymalna dowolna wentylacja
NLR – iloraz liczby granulocytów obojętnochłonnych i limfocytów
NSTEMI non-ST – zawał mięśnia sercowego bez uniesienia odcinka ST
NT-proBNP – końcowy fragment łańcucha propeptydu natriuretycznego typu B
NW – nordic walking ze zwykłymi kijkami
NW z RSA – nordic walking z kijkami z elementem oporowym
PaO₂ – ciśnienie parcjalne O₂ w krwi tętniczej
PEF – maksymalna prędkość przepływu powietrza osiągnięta podczas maksymalnego wydechu
PEF – szczytowy przepływ oddechowy
PLT – liczba płytek krwi
PRL – stosunek płytek krwi do limfocytów
RBC – liczba erytrocytów
RDW-CV – współczynnik zmienności rozpiętości rozkładu średnicy krwinek czerwonych
RDW-SD – odchylenie standardowe rozpiętości rozkładu średnicy krwinek czerwonych
Rf – częstość oddechów
RV – objętość zalegająca – objętość powietrza, która pozostaje w płucach po wykonaniu maksymalnego wydechu
SBP – skurczowe ciśnienie krwi
SD – odchylenie standardowe
TC – cholesterol całkowity
TG – trójglicerydy
VAI – wskaźnik otyłości trzewnej
VC – pojemność życiowa płuc
VFA – obszar tłuszczu trzewnego
VO_{2max} – pułap tlenowy
VT – objętość oddechowa
WBC – liczba leukocytów
WC – obwód talii
WHO (ang. *World Health Organization*) – Światowa Organizacja Zdrowia
WHR – wskaźnik oznaczający stosunek obwodu talii do obwodu bioder

STRESZCZENIE

Wprowadzenie. Fizjologiczno-anatomiczne zmiany zachodzące w organizmie w wyniku naturalnego procesu starzenia się doprowadzają do wyczerpania rezerw fizjologicznych w obrębie wielu układów oraz struktur. Stan taki wpływa na zwiększoną podatność osób starszych na zmiany chorobowe, a obserwowany spadek zdolności wysiłkowych przejawia się szybkim rozwojem zmian zmęczeniowych i ograniczeniem aktywności wysiłkowej. U kobiet spadek wydzielania hormonów płciowych zmniejsza ich działanie kardioprotekcyjne i powoduje wzrost ryzyka wystąpienia chorób układu krążenia (CHD) w całym okresie okołomenopauzalnym niezależnie od zmian związanych z wiekiem. Dlatego istnieje potrzeba opracowania skutecznych metod profilaktycznych, uwzględniających aktywność fizyczną, mających na celu zmniejszenie liczby czynników kardiometabolicznych, a tym samym ograniczenie zdarzeń sercowo-naczyniowych u kobiet w okresie okołomenopauzalnym i późniejszym.

Materiał i metody badawcze. Badania przeprowadzone zostały na 30 kobietach w wieku okołomenopauzalnym oraz 62 w wieku postmenopauzalnym. Testy diagnostyczne wykonano dwukrotnie, tj. przed interwencją terapeutyczną oraz po jej ukończeniu. Przeprowadzono badania antropometryczne, oznaczono poziom wydolności krążeniowo-oddechowej, wykonano przezklatkową echokardiografię spoczynkową oraz badania spirometryczne. Badanym została pobrana krew żylna celem oznaczenia morfologii oraz profilu lipidowego. Interwencja terapeutyczna obejmowała: 8-tygodniowy program treningowy nordic walkingu (NW) oraz nordic walkingu z elementem oporowym (NW z RSA), łączący trening aerobowy i siłowy; 12-tygodniowy program treningowy aqua aerobiku (2 × tyg.) dla kobiet w okresie postmenopauzalnym oraz jeden dłuższy, trwający 6 miesięcy program aqua aerobiku (1 × tyg.) dla kobiet w okresie okołomenopauzalnym. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem systemu oprogramowania do analizy danych Dell Statistica (wersja 13, Dell Inc., Round Rock, TX, USA).

Wyniki. Dwunastotygodniowy program treningowy aqua aerobiku spowodował istotny wzrost wartości pułapu tlenowego (VO_{2max}) tylko w grupie badanej ($p < 0,05$). Nie zaobserwowano istotnych zmian wskaźników spirometrycznych w żadnej z badanych grup. Analiza statystyczna potreningowych zmian parametrów pomiędzy grupami w badaniu opartym na ocenie wpływu różnych form treningu marszowego (NW oraz NW z RSA) wykazała istotną różnicę w zmianie masy ciała (Δ masy ciała) ($p < 0,05$; ES: 0,778), BMI (Δ BMI) ($p < 0,05$; ES: 0,778), obwodu talii (Δ WC) ($p < 0,05$; ES: 1,225) i odchylenia standardowego rozpiętości rozkładu średnicy krwinek czerwonych (Δ RDW-SD) ($p < 0,05$; ES: 1,215). Nie stwierdzono natomiast zmian w parametrach elektrokardiograficznych i spirometrycznych pomiędzy badanymi grupami realizującymi dwie formy treningu marszowego. Program treningowy aqua aerobiku o mniejszej częstotliwości zajęć i dłuższym czasie trwania (6 miesięcy) spowodował istotne obniżenie wskaźnika WHR (stosunek obwodu talii do obwodu bioder) ($p < 0,05$; ES: 2,143), rozkurczowego ciśnienia krwi (DBP) ($p < 0,05$; ES: 1,005) i stosunku płytek krwi do limfocytów (PRL) ($p < 0,05$; ES: 0,460) oraz wzrost stężenia hemoglobiny (HGB) ($p < 0,05$; ES: 0,643).

Wnioski. Realizowany w projekcie 12-tygodniowy program treningowy aqua aerobiku dla kobiet zdrowych po menopauzie nie przyczynił się do poprawy badanych wskaźników spirometrycznych, a uzyskany VO_{2max} spowodowany był najprawdopodobniej poprawą zdolności krążeniowych i metabolicznych determinujących możliwości wysiłkowe badanych. Z kolei dłuższy program treningowy aqua aerobiku (6-miesięczny) dla kobiet w okresie okołomenopauzalnym doprowadził do obniżenia ryzyka wystąpienia chorób układu krążenia nawet przy zastosowaniu wysiłku fizycznego o małej częstotliwości. Na podstawie wyników badania dotyczącego skuteczności różnych form 8-tygodniowego treningu marszowego można założyć, że ćwiczenia wytrzymałościowe z oporem są w stanie znacząco zmniejszyć nasilenie oraz ryzyko wystąpienia chorób układu krążenia. Kliniczna analiza poziomów RDW-CV wraz z innymi parametrami kardiologicznymi i biochemicznymi może dostarczyć praktycznych informacji prognostycznych dotyczących ryzyka wystąpienia chorób układu krążenia, efektów leczenia czy śmiertelności.

ABSTRACT

Introduction. The physiological and anatomical changes taking place in the body as a result of the natural processes of aging lead to the exhaustion of physiological reserves within a number of systems and structures. This state results in seniors' increased susceptibility to pathological changes. Furthermore, the visible decrease in exercise capacity manifests itself by a rapid development of tiredness, thus limiting activeness during exercise. The decrease of sex hormones among women reduces their cardioprotective properties and leads to an increased risk of circulatory system diseases (CHD) during the entire perimenopausal period regardless of the age-related changes. That is why there is a strong need to develop effective methods of prevention, taking into account physical activity, aiming to decrease the number of cardiometabolic factors and, at the same time, limit the number of cardiovascular events among women in the peri- and postmenopausal period.

Material and methods. The research was conducted on the group of women: 30 in the perimenopausal age and 62 in the postmenopausal age. The diagnostic tests were conducted twice: before and after the therapeutic intervention. The tests included: an anthropometric test, the level of cardiorespiratory fitness, transthoracic resting echocardiography and spirometry. The respondents had their venous blood taken in order to test their complete blood count as well as the lipid profile. The therapeutic intervention comprised an 8-week Nordic walking (NW) training program, NW training with poles with an integrated resistance shock absorber (NW with RSA) which allows to combine aerobic with strength training as well as a 12-week aqua aerobic training program (twice a week) for women in the postmenopausal period and 6-month aqua aerobic training (longer training once a week) for women in the perimenopausal period. The results were statistically analyzed with the use of Dell Statistica (version 13, Dell Inc., Round Rock, TX, USA).

Results. The 12-week aqua aerobic training program resulted in a significant increase in maximum oxygen consumption (VO_{2max}) in the group analyzed ($p < 0.05$). Yet no significant changes in spirometry indicators have been observed. The statistical analysis of the parameters tested between groups under study based on the evaluation of the influence of different forms of walking training (NW and NW combined with RSA) showed a significant change in body weight (Δ body weight) ($p < 0.05$; ES: 0.778), BMI (Δ BMI) ($p < 0.05$; ES: 0.778), waist circumference (Δ WC) ($p < 0.05$; ES: 1.225) and value of red blood cell distribution width (Δ RDW-SD) ($p < 0.05$; ES:1.215). However, when it comes to electrocardiographic and spirometry parameters, no changes have been noticed between groups undergoing 2 types of walking training. The research group which participated in the aqua aerobic training program of lower frequency, but longer duration (6 months) demonstrated a significant decrease in waist-hip ratio (WHR) ($p < 0.05$; ES: 2.143), diastolic blood pressure (DBP) ($p < 0.05$; ES: 1.005) and quantity ratio of platelets to lymphocytes (PRL) ($p < 0.05$; ES: 0.460) as well as an increase in hemoglobin concentration (HGB) ($p < 0.05$; ES: 0.643).

Conclusions. To conclude, the 12-week aqua aerobic training program for healthy postmenopausal women did not contribute to the improvement of their spirometry results.

At the same time, the obtained increase in VO_{2max} was probably the result of the improvement of circulatory and metabolic capacities determining the exercise capacity of the participants. In turn, the 6-month aqua aerobic training program for women in the perimenopausal period decreased the risk of cardiovascular diseases, even though this was physical exercise of small frequency, but longer duration. Based on the results of the study on the effectiveness of different forms of walking training which lasted 8 weeks, one may conclude that endurance exercise with resistance may significantly decrease the severity and risk of cardiovascular diseases. The clinical analysis of RDW-CV levels together with other cardiovascular and biochemical parameters may provide us with practical prognostic information about the risk of cardiovascular diseases, the effect of different types of medical treatment and mortality.

1. WPROWADZENIE

Zdrowie należy do najważniejszych elementów jakości życia, zwłaszcza u osób w starszym wieku. Pogarszająca się sprawność fizyczna oraz gorszy stan zdrowia to jedne z najbardziej istotnych problemów uniemożliwiających sprawne funkcjonowanie. Dlatego utrzymanie dobrego zdrowia oraz sprawności jest głównym celem podejmowania przez osoby starsze różnego rodzaju aktywności fizycznej (Ji-Hyeon i Do-Yeon 2018). W okresie starzenia się dochodzi do wyczerpania rezerw fizjologicznych w obrębie wielu układów, co prowadzi do zwiększonej podatności osób starszych na zmiany chorobowe. Ponadto ubytek rezerw fizjologicznych powoduje spadek zdolności wysiłkowych oraz szybki rozwój zmian zmęczenia, skutkujących ograniczeniem aktywności wysiłkowej i dalszym zmniejszaniem się posiadanych rezerw. Menopauza jest istotnym wydarzeniem dla kobiet w średnim wieku i oznacza koniec ich życia reprodukcyjnego. Na całym świecie naturalna menopauza występuje u kobiet w wieku od 45 do 55 lat (WHO 1996). Okres okołomenopauzalny może trwać od 5 do 10 lat i składa się z okresu perimenopauzalnego, trwającego przeciętnie do 4 lat przed zanikiem miesiączki, okresu menopauzy oraz okresu postmenopauzalnego (Molvarec i Czegle 2022). Pod koniec okresu postmenopauzalnego spada poziom wydzielanego estrogenu, co skutkuje pojawieniem się szerokiego spektrum dolegliwości zarówno w zdrowiu fizycznym, jak i psychicznym. Wraz z wydłużeniem przeciętnego czasu życia kobiety spędzają znaczną jego część w stanach pomenopauzalnych. W 1990 r. na świecie żyło około 467 milionów kobiet po menopauzie, a prognozuje się, że do 2030 r. liczba ta wzrośnie do 1,2 miliarda (WHO 1996).

Wiek wystąpienia menopauzy ma istotne implikacje kliniczne; wczesna menopauza wiąże się ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia chorób układu krążenia i osteoporozy, a opóźniona menopauza – raka gruczołu piersiowego i raka endometrium (Hidayet i in. 1999). Na ograniczenie sprawności krążeniowo-oddechowej kobiet w tym okresie niewątpliwie ma wpływ związana z wiekiem możliwość napełniania lewej komory serca, przerost lewego przedsionka, przedłużony skurcz i rozluźnienie lewej komory serca, zmniejszona odpowiedź ino-, chrono- i batmotropowa na stymulację B-adrenergiczną. Również wydolność oddechowa jako jeden z czynników warunkujących sprawne zaopatrzenie mięśni w tlen podlega procesowi starzenia się. Etap ten ma różną indywidualną dynamikę oraz skutki zdrowotne; zależy od wielu czynników, których człowiek nie zawsze jest w stanie kontrolować. W obrębie układu oddechowego obserwujemy zmniejszenie wskaźników natężonej objętości wydechowej pierwszosekundowej (FEV_1) i natężonej pojemności życiowej płuc (FVC), siły mięśni oddechowych i zwiększenie objętości zalegającej (RV). Szczytowy przepływ oddechowy (PEF) obniża się po 45. roku życia u kobiet (niepalących) o ok. 2,5 ml/rok. W przedziale wiekowym 40–49 lat FEV_1 zmniejsza się średnio o $17,7 \pm 1,4$ ml/rok, a w przedziale wiekowym 60–79 lat o $37,1 \pm 2,1$ ml/rok (Rossi i in. 1996). W starszym wieku metaboliczny koszt pracy oddechowej wzrasta zarówno w spoczynku, jak i podczas wysiłku. Zwiększa to zużycie tlenu przy ograniczonej możliwości jego dostarczenia w procesie starzenia się płuc, powoduje niejednokrotnie szybkie odczucie duszności przy niewielkim obciążeniu wysiłkowym. U osób o wysokim poziomie wydolności fizycznej moment ten przesunięty jest w kierunku wyższych obciążeń wysiłkowych (Rossi i in. 1996).

Z wiekiem obniżeniu ulega ciśnienie parcjalne tlenu we krwi (PaO_2), zgodnie ze schematem $100 - (0,32 \times \text{wiek})$, na skutek niedopasowania wentylacji płuc do perfuzji w pęche-

rzykach płucnych. Ograniczona zdolność do wykorzystania tlenu przez organizm spowodowana jest również związaną z wiekiem obniżoną wydajnością szpiku kostnego i anemią starczą. Sarkopenia oraz obniżenie potencjału mitochondrialnego mięśnia doprowadzają do ubytku siły i wytrzymałości mięśniowej. Obniżona zdolność poboru i wykorzystania tlenu zarówno w warunkach spoczynkowych, jak i podczas aktywności fizycznej skutkuje zaburzeniem efektywności tlenowych mechanizmów energetyki mięśniowej z nasileniem niekorzystnych skutków beztlenowych mechanizmów resyntezy ATP. Mechanizm niedotlenienia, ze względu na znaczny wpływ na procesy metaboliczne organizmu oraz długość życia, jest przedmiotem zainteresowań wielu badaczy. Związane z naturalnym procesem starzenia zmiany ulegają kumulacji i prowadzą do dysfunkcji i niewydolności na poziomie komórkowym i tkankowym.

Do czynników prognostycznych złego rokowania w chorobach serca zaliczane są m.in.: niska frakcja wyrzutowa lewej komory (LVEF), tachykardia, nadciśnienie, niska wartość pułapu tlenowego (VO_{2max}), wiek, uszkodzenie mięśnia sercowego o etiologii niedokrwiennej, wysokie stężenie N-końcowego propeptydu natriuretycznego typu B (NT-proBNP) w surowicy krwi, niewydolność nerek, cukrzyca, anemia (Makhou i in. 2013; Yčas 2017). W ostatnich latach zwraca się także uwagę na wartość rokowniczą szerokości rozkładu wielkości krwinek czerwonych (RDW-CV) w ocenie ryzyka zmian chorobowych (Kalemci i in. 2018). Im większa anizocytoza (różnorodność krwinek czerwonych pod względem wielkości), tym wyższe RDW-CV. Niezależni autorzy potwierdzili niekorzystne znaczenie rokownicze RDW-CV jako samodzielnego czynnika bądź w korelacji z innymi parametrami w przebiegu niewydolności serca (Åstrand i Ryhming 1954; Gillett 1993; Laszlo 2006), chorobie wieńcowej (Lang i in. 2006; Pereira i in. 1992), w zawale mięśnia sercowego (Cohen 1988; Veeranna i in. 2013). Współczynnik RDW-CV był także używany do monitorowania przebiegu udaru niedokrwienego mózgu (Mota i in. 2013; Rondanelli i in. 2020), przewlekłej obturacyjnej choroby płuc (Dunbar i in. 2018; Loprinzi i in. 2015) i niewydolności nerek (Ghaffari 2008; Lippi i in. 2008; van der Putten i in. 2008). W wymienionych chorobach wzrost wartości RDW-CV powyżej 14,5% wiązał się z niekorzystnym rokowaniem. W badaniach klinicznych wykazano jego wysoką korelację z wiekiem pacjenta i jego płcią. Nasilona anizocytoza spotykana jest częściej u osób starszych, głównie u kobiet.

Wyniki wielu badań prospektywnych i retrospektywnych wskazują na duży wpływ zmienionej wielkości erytrocytów na nasilenie chorób sercowo-naczyniowych spowodowanych zmianą przepływu krwi przez naczynia krwionośne. Zmiany te nasilają się u osób otyłych z zaburzeniami lipidowymi. Ananthaseshan i in. wykazali w badaniach, że zmiany przepływu krwi spowodowane anizocytozą krwinek czerwonych prowadzą do interakcji między elementami morfotycznymi a śródbłonkiem naczyń krwionośnych. Doprowadza to do nadekspresji cząsteczek adhezyjnych i rozwoju zmian zapalnych w ścianie naczyń. Wielkość powikłań klinicznych z wysoką wartością RDW-CV wynika z incydentów miażdżycowych spowodowanych aktywacją płytek krwi. Terapeutyczne obniżenie masy ciała, poprawa profilu lipidowego i zmniejszenie stanu zapalnego powinno zatem przyczynić się do obniżenia wartości RDW-CV i tym samym poprawy sprawności krążeniowo-oddechowej badanych (Ananthaseshan i in. 2022).

Podsumowując, solidne dowody badań naukowych z ostatnich 20 lat wskazują na wzrost ryzyka chorób układu krążenia (CHD) u kobiet w okresie okołomenopauzalnym i postmenopauzalnym, niezależnie od zmian związanych z wiekiem. Dlatego istnieje potrzeba opracowania skutecznych metod profilaktycznych, mających na celu zmniejszenie liczby czynników kardiometabolicznych, a tym samym ograniczenie zdarzeń sercowo-naczyniowych u kobiet w okresie okołomenopauzalnym i późniejszym.

Rekomendowana przez WHO umiarkowana aktywność fizyczna przyczynia się do obniżenia ryzyka zgonu oraz niepożądanych zdarzeń zdrowotnych zarówno u osób z chorobami sercowo-naczyniowymi, jak i u osób zdrowych (Arnett i in. 2019; Piepoli i in. 2016). Systematyczna aktywność fizyczna o charakterze wytrzymałościowym oraz z elementami ćwiczeń z oporem prowadzi do zmniejszenia masy ciała, wzrostu sprawności krążeniowo-oddechowej oraz zmniejszenia stanu zapalnego. Istnieje coraz więcej dowodów na wpływ różnych form aktywności fizycznej na skuteczność interwencji zapobiegających efektem starzenia się. Intensywność oraz forma ćwiczeń powinny być dopasowane do stanu zdrowia oraz poziomu tolerancji wysiłkowej osób ćwiczących. Jedną z takich aktywności jest aqua aerobik – aktywność fizyczna o umiarkowanym natężeniu bezwzględny (wg European Society of Cardiology – 3,0–5,9 MET), wykonywana w korzystnych dla zdrowia warunkach hydrodynamicznych, takich jak: wyporność, zwiększone ciśnienie hydrodynamiczne oraz temperatura nasilająca procesy termoregulacyjne (Hildenbrand 2010). Jest to aktywność preferowana przez wiele osób o mniejszych zdolnościach ruchowych (Becker 2009; Wouters i in. 2009). Trening w wodzie korzystnie wpływa na poprawę metabolizmu glukozy i profilu lipidowego, redukcję masy ciała oraz ciśnienia tętniczego krwi (Pereira i in. 1992; Sobczak i in. 2021).

W literaturze znajdujemy dowody, które potwierdzają pozytywny wpływ ćwiczeń w wodzie na wzrost wydolności krążeniowej (Hoeger i Hopkins 1992; Kravitz i Mayo 1997; Michaud i Rodriguez-Zayas 1995). Wpływ treningu aqua aerobiku na statyczne i dynamiczne parametry układu oddechowego jest zatem zjawiskiem ciągle występującym i należy spodziewać się stosownych zmian parametrów spirometrycznych. Aktywność fizyczna w środowisku wodnym uprawiana systematycznie korzystnie wpływa na rozwój fizyczny, poprawę krążenia i oddychania (Colado 2009) oraz poprawia ogólny stan zdrowia (Becker 2009; Wilcock i in. 2006).

Rodzaj zastosowanego w treningu wysiłku fizycznego powoduje określone adaptacje potreningowe. Trening o charakterze wytrzymałościowym wpływa na poprawę sprawności krążeniowo-oddechowej, a obciążenia w treningu oporowym obniżają ciśnienie krwi, poprawiają profil lipidowy i dodatkowo przyczyniają się do odbudowy i utrzymania masy mięśniowej oraz sprawności fizycznej osób starszych. Pojawia się coraz więcej badań oceniających wpływ treningu wytrzymałościowego w połączeniu z treningiem z oporem na poprawę wskaźników fizjologicznych i stan zdrowia.

Nową formą treningu pozwalającego łączyć trening aerobowy i siłowy jest trening marszowy nordic walkingu ze zmodyfikowanym systemem oporowym (NW z RSA). Umieszczenie elastycznej taśmy pomiędzy dwoma stałymi elementami w kijkach pozwala uzyskać dodatkowy opór, co zwiększa ogólną intensywność ćwiczeń. Marciniak i in. wykazali w badaniach, że trening NW z RSA w porównaniu z treningiem NW ze zwykłymi kijkami powoduje poprawę siły mięśniowej i wytrzymałości dzięki zwiększonej aktywności masy mięśniowej zaangażowanej bezpośrednio w ćwiczenia i większym o ok. 20% wysiłkowym zużyciem tlenu (Domaszewska i in. 2020; Marciniak i in. 2020).

2. CELE BADAŃ

1. Określenie wpływu 12-tygodniowego treningu aerobowego w środowisku wodnym na zmiany funkcjonowania w obrębie układu oddechowego oraz zmiany poziomu wydolności tlenowej u kobiet po menopauzie (publikacja 1).
2. Określenie wpływu treningu marszowego, tj. z kijkami klasycznymi (NW) oraz z kijkami z zintegrowanym amortyzatorem rezystancyjnym (NW z RSA), na poziom RDW-CV oraz wydolność krążeniowo-oddechową kobiet w okresie postmenopauzalnym (publikacja 2).
3. Określenie wpływu 6-miesięcznego treningu aqua aerobiku na wielkość antropometrycznych i biochemicznych wskaźników kardiometabolicznych u kobiet w wieku okołomenopauzalnym (publikacja 3).

3. CYKL PUBLIKACJI

Przedłożona dysertacja doktorska to cykl prac naukowych pod wspólnym tytułem ***Wpływ aqua aerobiku oraz dwóch form treningu marszowego na wskaźniki wydolności krążeniowo-oddechowej u kobiet w okresie okołomenopauzalnym***. W skład cyklu wchodzi trzy artykuły naukowe opublikowane w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym:

1. Sobczak K., Wochna K., Pietrusik K., Strzelczyk R., Domaszewska K. (2021) Assessment of respiratory function and aerobic capacity in postmenopausal women participating in water aerobics classes. *Trends in Sport Sciences*, 28 (3): 225–231. <https://doi.org/10.23829/TSS.2021.28.3-7>
punktacja MEiN: 20
2. Sobczak K., Nowinka P., Wochna K., Domaszewska K. (2023) The effects of Nordic walking with poles with an integrated resistance shock absorber on red blood cell distribution and cardiorespiratory efficiency in postmenopausal women – a randomized controlled trial. *Biology*, 12 (2): 179. <https://doi.org/10.3390/biology12020179>
punktacja MEiN: 100; Impact Factor: 5,158
3. Sobczak K., Wochna K., Antosiak-Cyrak K., Domaszewska K. (2023) The effects of 6-month aqua aerobics training on cardiometabolic parameters in perimenopausal women – a randomized controlled trial. *Biology*, 12 (4): 588. <https://doi.org/10.3390/biology12040588>
punktacja MEiN: 100; Impact Factor: 5,158

Łącznie: punktacja MEiN: 220; Impact Factor: 10,316

4. MATERIAŁ I METODY BADAWCZE

4.1. Grupa badana

Publikacja 1

Badanie przeprowadzone zostało w okresie od kwietnia do października 2017 r. Rekrutację do badań przeprowadzono na podstawie lokalnego ogłoszenia.

W badaniu wzięło udział 30 kobiet, które losowo przydzielono do grupy badanej oraz grupy kontrolnej. Przydział do grup przeprowadzono w procesie randomizacji przez osobę niezwiązaną z realizacją projektu badań. Wszystkie uczestniczki pochodziły z województwa wielkopolskiego. Kobiety ze schorzeniami uniemożliwiającymi wykonanie badania spirometrycznego, testu wysiłkowego i niebędące w stanie korzystać z basenu zostały wykluczone z udziału w eksperymencie. Z powodu niedostatecznej frekwencji w czasie trwania projektu wyeliminowano 5 uczestniczek.

Ostatecznie do analizy włączonych zostało 30 osób (grupa badana, $n = 21$; grupa kontrolna, $n = 9$). Grupy były jednorodne pod względem badanych cech antropometrycznych, takich jak masa ciała, wiek oraz wysokość ciała.

Publikacja 2

Badanie prowadzone było przez 8 tygodni w okresie od 13 lutego 2019 r. do 17 kwietnia 2019 r. Rekrutację do badań przeprowadzono na podstawie lokalnego ogłoszenia.

Do udziału w badaniach zrekrutowano 50 kobiet w wieku 60–75 lat. Klasyfikacja medyczna kandydatek obejmowała badania kardiologiczne, wywiad kardiologiczny dotyczący chorób układu sercowo-naczyniowego oraz przyjmowania leków. Wykonano pomiar ciśnienia tętniczego krwi oraz analizę EKG. Z badań wykluczono osoby z chorobami układu ruchu uniemożliwiającymi samodzielne poruszanie się, osoby z otyłością olbrzymią, z chorobą nowotworową czynną lub po przebytych leczeniu. Do kryteriów wykluczenia z badań zaliczono również: choroby wątroby ($ALT > 3 \times$ granica), przewlekłą chorobę nerek ($eGFR < 30 \text{ ml} / 1,73 \text{ m}^2/\text{min}$), ostre stany zapalne ($CRP > 5 \text{ mg/dl}$), niestabilną chorobę niedokrwienną serca, stan po udarze niedokrwiennym lub krwotocznym (< 6 miesięcy), okres po zawale mięśnia sercowego z uniesieniem odcinka ST, kobiety z implantacją stentu uwalniającego lek, NSTEMI non-ST (< 12 miesięcy), z dziedzicznym zaburzeniem metabolicznym (fenyloketonuria, galaktozemia), z chorobami autoimmunologicznymi (celiakia, układowa choroba tkanki łącznej, niedokrwistość hemolityczna, bielactwo, choroba Addisona, hiperbilirubinemia), z nieswoistym zapaleniem jelit (choroba Leśniowskiego-Crohna i wrzodziejące zapalenie jelita grubego), z zaburzeniami psychicznymi, stosujące antybiotykoterapię, steroidoterapię (trwającą), z uzależnieniem od leków, a także uzależnieniem od alkoholu (dziennie spożycie więcej niż 1 porcja alkoholu).

Ostatecznie do projektu włączono 40 kobiet, które zostały losowo przydzielone do dwóch grup o odmiennym programie treningowym. Randomizację przeprowadzono w formie prostego przydziału losowego z wykorzystaniem programu Excel przez osobę niezwiązaną z realizacją projektu badań. Pięć kobiet wycofało się z projektu, natomiast trzy zostały wykluczone z powodu wykonywania dodatkowej aktywności fizycznej niż wskazana w eksperymencie. Analizie statystycznej poddano wyniki 32 osób (NW – 16; NW z RSA – 16).

Publikacja 3

Rekrutację do badań przeprowadzono na podstawie lokalnego ogłoszenia. Zgłosiło się 50 kobiet w wieku przedmenopauzalnym, którym dobry stan zdrowia umożliwił podjęcie udziału w programie treningowym. Do kryteriów wykluczenia zaliczono: wykazane w badaniach klinicznych zaburzenia nerwowo-mięśniowe ograniczające samodzielne poruszanie się, osoby z otyłością olbrzymią, z przewlekłą chorobą zapalną, aktywną lub niedawno przebytą chorobą nowotworową, niestabilną chorobą niedokrwinną serca, stan po zawale mięśnia sercowego <12 miesięcy oraz będące po udarze <6 miesięcy. Dodatkowo z badań wykluczono osoby z zaburzeniami psychicznymi, ciężką niewydolnością oddechową oraz chorobami skóry uniemożliwiającymi odbywanie treningu w środowisku wodnym, a także osoby będące na terapii steroidowej, uzależnione od leków, substancji narkotycznych oraz alkoholu.

Ostatecznie w pierwszym terminie badań wzięło udział 40 osób, które zostały następnie losowo przydzielone do grupy kontrolnej ($n = 20$) oraz grupy badanej ($n = 20$). Randomizacja przeprowadzona była przez osobę niebiorącą udziału w projekcie badań, przy użyciu programu Excel. Nie wszystkim kobietom udało się ukończyć 6-miesięczny program treningowy i przystąpić do badań w kolejnym terminie. Ostatecznie w badaniach w drugim terminie wzięło udział 16 kobiet z grupy kontrolnej oraz 14 kobiet z grupy badanej. Od uczestniczek wymagano ukończenia co najmniej 80% planowanych zajęć treningowych.

4.2. Metody badań

4.2.1. Schemat badań

Przed przystąpieniem do badań uczestniczki poproszono, aby na czas trwania projektów nie zmieniały dotychczasowych nawyków żywieniowych oraz nie uczestniczyły w innych zajęciach sportowych oprócz planowanych w projekcie.

Badania w każdym przypadku zostały przeprowadzone dwukrotnie, pomiędzy pierwszym i drugim terminem badań miał miejsce odpowiedni trening. Pierwsza i trzecia publikacja dotyczą treningu aqua aerobiku, w drugiej zastosowano trening marszowy nordic walking z użyciem dwóch rodzajów kijków – klasycznych (NW) oraz zawierających elastyczny element oporowy (NW z RSA).

4.2.1.1. Badania właściwe

Badania antropometryczne – publikacje 1, 2, 3

Badania antropometryczne pozwoliły określić podstawowe parametry, takie jak: wiek, wysokość i masa ciała oraz indeks masy ciała. Masę i wysokość ciała mierzono przy użyciu certyfikowanego urządzenia – wagi medycznej WPT 60/150 OW (Radwag, Radom, Polska) z dokładnością pomiaru 0,01 kg. Do oceny wysokości ciała użyto antropometru medycznego (dokładność pomiaru ± 1 mm). BMI oraz skład ciała (FM, MM, VFA) oznaczono metodą bioimpedancji na aparacie Tanita MC-780 MA (Tanita Corp., Tokyo, Japan) – publikacja 3. Obwód talii mierzono w połowie odległości między dolnym zębem a grzebieniem biodrowym w płaszczyźnie poziomej. Obwód talii i bioder wykonany został zgodnie z wytycznymi ich pomiaru z użyciem taśmy miarowej z dokładnością pomiaru ± 1 cm. Na podstawie zmierzonych wartości obliczono wskaźnik WHR.

Spirometria – publikacje 1 i 2

Do badania czynności płuc użyto spirometru PDD-301/s (Piston, Budapeszt, Węgry) – publikacja 1, oraz spirometru MicroQuark (Cosmed, Rome, Italy) – publikacja 2. Badanie wykonywane było w pozycji siedzącej z zachowaniem stałej kolejności pomiaru. Każdą próbę przeprowadzono co najmniej trzy razy, zgodnie ze standardami American Thoracic Society i European Respiratory Society (Laszlo 2006). Bezpośrednio ocenianymi parametrami były: pojemność życiowa płuc (VC), natężona pojemność życiowa (FVC) i maksymalna dowolna wentylacja płuc (MVV). Wyniki wyrażono jako wartości bezwzględne oraz jako procenty wartości należnych przewidywanych wg Pereiry (Pereira i wsp. 1992). Procedura badania FVC pozwalała na określenie natężonej pierwszosekundowej objętości wydechowej (FEV_1), stosunku FEV_1/FVC , MEF_{75} , MEF_{50} , MEF_{25} (Laszlo 2006; Pereira i in. 1992).

Morfologia i biochemia krwi – publikacje 2 i 3

W każdym z terminów badań krew żylna była pobierana z żył łokciowych w spoczynku, na czczo, w godzinach porannych (7:00), przy użyciu strzykawki S-Monovette (Sarstedt, Nümbrecht, Niemcy). Stężenie hemoglobiny (HGB), wartość hematokrytu (HCT), całkowitą liczbę erytrocytów (RBC), leukocytów (WBC), współczynnik zmienności szerokości dystrybucji krwinek czerwonych (RDW-CV) i odchylenie standardowe szerokości dystrybucji krwinek czerwonych (RDW-SD) mierzono bezpośrednio po pobraniu krwi, a próby oznaczano za pomocą analizatora hematologicznego MYTHIC 18 (PZ Cormay SA, Łomianki, Polska).

W publikacji 3 mierzono również parametry biochemiczne, takie jak: cholesterol całkowity (TC), cholesterol z lipoproteinami o dużej gęstości (HDL-C), cholesterol z lipoproteinami o małej gęstości (LDL-C), trójglicerydy (TG).

Na podstawie zmierzonych wskaźników antropometrycznych oraz biochemicznych obliczono stosunek płytek krwi do limfocytów (PRL), stosunek limfocytów do monocytów (LMR) oraz wskaźnik otyłości trzewnej (VAI) z wykorzystaniem wzoru $VAI = [WC/36,58 + (1,89 \times BMI)] \times (TG/0,81) \times (1,52/HDL-C)$ dla kobiet.

Jest to metoda empiryczno-matematyczna specyficzna dla płci (Eroglu i Karatas 2019; Karavidas i in. 2010; Mertoglu i Gunay 2017; Mohammadreza i in. 2012).

Próba wysiłkowa – publikacja 2

Testy wysiłkowe przeprowadzono między godzinami 9:00 a 11:00 w klimatyzowanym laboratorium, 2 godziny po spożyciu lekkiego śniadania (jedna kanapka z masłem i serem; ok. 200 kcal). Wydolność tlenową oceniano za pomocą zmodyfikowanego protokołu Åstrand-Ryhming do przewidywania VO_{2max} z użyciem ergometru Kettler DX1 Pro (Ense-Parsit, Niemcy), a częstość akcji serca (HR) monitorowano za pomocą pulsometru Polar A-5 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia) (Gillett 1993). Przewidywane VO_{2max} odczytano z nomogramu lub towarzyszących mu tabel (Åstrand i Ryhming 1954) i pomnożono przez współczynniki korekcji dla wieku (von Döbeln i in. 1967). Otrzymane wartości zużycia tlenu zostały następnie przeliczone z l/min na ml/kg/min.

Przezklatkowa echokardiografia spoczynkowa

Echokardiografię przeprowadzono z wykorzystaniem aparatu General Electric VIVID T8 (General Electric Medical Systems, Vivid T8 Pro, Israel) z głowicą o częstotliwości 1–4 MHz. Protokół badania zawierał ocenę budowy jam i czynności serca zgodnie z rekomendacjami European Association of Echocardiography (Bui i in. 2011). Parametry hemodynamiczne przepływu przez zastawki serca były mierzone za pomocą fali Dopplera ciągłego oraz pulsacyjnego. Dodatkowo przy użyciu Dopplera tkankowego zmierzono prędkości

pierścienia mitralnego części przegrodowej i bocznej w projekcji koniuszkowej cztero-
jamowej. Wyznaczono peak A – prędkość napływu późnorozkurczowego przez zastawkę
mitralną (A), peak E – prędkość napływu wczesnorozkurczowego przez zastawkę mitral-
ną (E), peak E' – prędkość wczesnorozkurczową pierścienia mitralnego (E'). Z uzyskanych
wartości wyliczono wskaźnik E/E' i E/A.

4.2.1.2. Program treningowy

Publikacja 1

Projekt realizowany był przez 3 miesiące. Zajęcia odbywały się 2 razy w tygodniu. Tre-
ning prowadzono w głębokiej wodzie; uczestniczki wykonywały ćwiczenia w pasie wy-
pornościowym bez kontaktu z dnem basenu. Trener prowadzący znajdował się na lądzie
i wykonywał dokładny pokaz każdego z ćwiczeń. Podczas zajęć wykorzystywano różne-
go rodzaju sprzęt oporujący. Zajęcia odbywały się przy rytmicznej muzyce, co pozwoliło
utrzymać odpowiednie tempo ćwiczeń oraz zmotywować grupę do utrzymania określo-
nej intensywności zajęć.

Pojedyncza jednostka treningowa trwała 45 minut. W jej skład wchodziły: rozgrzew-
ka – 5 minut, rozgrzewka *cardio* – 5 minut, część główna aerobowa i wzmacniająca –
30 minut oraz część końcowa, uspokajająca – 5 minut. Program zajęć opracowany był we-
dług wskazówek metodycznych dotyczących prowadzenia zajęć z aqua aerobiku i dosto-
sowany do poziomu umiejętności ćwiczących; obejmował 24 jednostki treningowe (Pie-
trusik i in. 2019; Sanders 2000; Zeitvogel i Müller 1992).

Podczas rozgrzewki wykonywany był marsz w miejscu oraz ćwiczenia ramion w róż-
nych płaszczyznach. Rozgrzewka *cardio* polegała na biegu w miejscu oraz biegu w róż-
nych kierunkach. Wykonywane były ćwiczenia z różnym ułożeniem dłoni oraz ćwiczenia
z przemieszczaniem w różnych kierunkach. Część główna to ćwiczenia ramion w różnych
kierunkach z różnym zakresem ruchu (odpychanie, zagarnianie), ćwiczenia kończyn dol-
nych (wznosy jednonóż, obunóż, podskoki, pajacyki, nożyce, ćwiczenia w zawieszeniu),
ćwiczenia koordynacyjne, ćwiczenia w pozycji leżenia przodem oraz leżenia tyłem, ćwi-
czenia zmiany pozycji ciała. Ostatnia część rozluźniająca to ćwiczenia rozluźniająco-relak-
sacyjne w różnych kierunkach.

Podczas zajęć aqua aerobiku wykorzystywany był sprzęt oporujący (m.in. długi
makaron, krótki makaron, betomic, punche, obciążniki na nogi, hantle, piłki, aqua tube,
aqua dyski, rękawice) (ryc. 1). Osoba prowadząca w czasie trwania projektu wszystkie
jednostki treningowe posiadała niezbędne uprawnienia oraz doświadczenie w prowadze-
niu zajęć z kobietami w różnym wieku i na różnym poziomie zaawansowania.



krótkie makarony



długie makarony



betomic



punche



mankiety na nogi



hantle



piłki



pas wypornościowy



aqua dyski



rękawice

Rycina 1. Sprzęt oporujący wykorzystywany podczas zajęć aqua aerobiku

Publikacja 2

Trening marszowy odbywał się dwa razy w tygodniu przez 8 tygodni (16 sesji treningowych, każda po ok. 75 minut). Treningi dla obu grup odbywały się w tym samym czasie. Kobiety z grupy NW używały klasycznych kijków (Nordic Walking Race 80% Carbon, Fizan, Włochy), natomiast grupa NW z RSA – kijków z zintegrowanym amortyzatorem oporu posiadającym opór elastyczny 4 kg (Slimline Bungy Pump, Sports Progress International AB, Szwecja).

Każdy trening rozpoczynał się rozgrzewką głównych partii mięśni, dynamicznymi ćwiczeniami z wykorzystaniem kijków, w tempie dostosowanym do możliwości uczestników (10–15 min). Podczas rozgrzewki uczestnicy wykonywali np. wymachy rąk, nóg, w różnych płaszczyznach i kierunkach, w różnym ustawieniu ciała. Następnie chodzili alejami parku po zróżnicowanym podłożu, w tempie umożliwiającym prowadzenie swobodnej rozmowy (intensywność odpowiadająca 100–120 ud./min). Po przejściu połowy plano-

wanego dystansu (ok. 1,7–2,2 km w tempie ok. 1 km na 10 min) uczestnicy zajęć wykonywali ćwiczenia o charakterze siłowym oraz trening równowagi (15 min), polegający na utrzymaniu stabilnej postawy przy zmniejszonym polu podparcia i wychyleniach ciała w różnych kierunkach. Po przejściu reszty planowanego dystansu (dystans zmierzono za pomocą aplikacji Endomondo) na zakończenie treningu odbywały się ćwiczenia rozciągające głównych partii mięśni, np. mięśni prostych uda, mięśni powierzchownych i głębokich goleni, mięśni kulszowo-goleniowych, mięśni grzbietu, tzw. rolowanie kręgosłupa itp. W trakcie spotkań stopniowo zwiększano dystans marszu z 3,5 do 4,5 km, a także liczbę wykonywanych ćwiczeń z 8 do 12 powtórzeń. Intensywność ćwiczeń odpowiadała 50% HRR podczas sesji treningowych 1–8, natomiast od sesji 9 do 16 intensywność wzrastała do 65–70% HRR i była monitorowana na podstawie pomiaru tętna (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia). Przyjęto minimalną wymaganą frekwencję na zajęciach (80%). Trener prowadzący zajęcia posiadał odpowiednie kwalifikacje (Wochna i in. 2019).

Publikacja 3

Eksperyment prowadzony był przez 6 miesięcy i obejmował 24 jednostki treningowe. Zajęcia odbywały się 1 raz w tygodniu, prowadzone były w wodzie głębokiej, bez kontaktu z dnem basenu, a wszystkie uczestniczki miały założone pasy wypornościowe, by móc utrzymać się bezpiecznie na powierzchni wody i skoncentrować na poprawnym wykonywaniu ćwiczeń. Zajęcia prowadzone były przy muzyce przez wykwalifikowanego instruktora, który znajdował się na lądzie i wykonywał dokładny pokaz każdego z ćwiczeń. Pojedyncza jednostka treningowa trwała 45 minut i składała się z trzech części. W każdej części realizowano konkretne zadania treningowe:

- rozgrzewka (marsz w miejscu, ćwiczenia rozciągająco-rozluźniające w różnych kierunkach), rozgrzewka *cardio* (bieg w miejscu, bieg w różnych kierunkach, ćwiczenia rozciągająco-rozluźniające z różnym sposobem ułożenia dłoni, ćwiczenia z przemieszczaniem w różnych kierunkach);
- część główna aerobowo-wzmacniająca: ćwiczenia rozciągająco-rozluźniające w różnych kierunkach z różnym zakresem ruchu (odpychanie, zagarnianie), ćwiczenia kończyn dolnych, wznosy kończyn dolnych jedno- i obunóż, podskoki, pajacyki, nożyce, ćwiczenia w zawieszeniu, ćwiczenia koordynacyjne;
- część końcowa, rozluźniająca: ćwiczenia w leżeniu na plecach, w leżeniu na pierśsiach, ćwiczenia zmiany pozycji ciała, ćwiczenia rozciągająco-rozluźniające.

Do ćwiczeń wykorzystano taki sam sprzęt obciążeniowy jak w badaniu opisanym w publikacji 1. Treningi aqua aerobiku w obu projektach prowadzone były przez tę samą osobę.

4.2.2. Metody statystyczne

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem systemu oprogramowania do analizy danych Dell Statistica (wersja 13, Dell Inc., Round Rock, TX, USA). Dane przedstawiono jako średnią i odchylenie standardowe (SD). Normalność rozkładów weryfikowano za pomocą testu Shapiro–Wilka. Test U Manna–Whitneya i test Wilcoxonona zastosowano odpowiednio dla zmiennych o rozkładzie nienormalnym, aby ocenić istotność różnic między grupami i terminami badań. Do obliczenia współczynników korelacji zastosowano analizę rang Spearmana. Poziom istotności statystycznej ustalono na $p \leq 0,05$. Wielkość efektu [ES] obliczono jako różnicę między średnimi podzieloną przez zbiorcze odchylenie standardowe. Stosując kryteria Cohena (1988), $ES \geq 0,20$ i $< 0,50$ uznawano za mały, $\geq 0,50$ i $< 0,80$ za średni, a $\geq 0,80$ za duży.

Wielkość próby obliczono na podstawie danych z badania Maddena i in. (2006) określającego potreningową zmianę wartości wskaźnika VO_{2max} . Badania w wymienionej publikacji wykazują podobieństwo metodologiczne z naszym projektem badaniem (6-miesięczny okres treningu o charakterze wytrzymałościowym, wiek badanych) (Madden i in. 2006). Po obliczeniach, przyjmując moc 1-beta, prawdopodobieństwo błędu: 95%, wielkość efektu: 0,90, alfa: 0,05 (dwustronnie), minimalną liczbę uczestników ustalono na 8, po równo do każdej grupy. W realizowanych projektach przyjęto za stosowne włączenie do badań większej liczby uczestników.

4.3. Zagadnienia bioetyczne

Wszystkie badania przeprowadzono zgodnie z Deklaracją helsińską i krajowymi wytycznymi etyki badań naukowych z udziałem ludzi oraz zostały one zatwierdzone zgodą Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym w Poznaniu (nr 882/11, nr 1224/17, nr 245/19).

Wszystkie uczestniczki badań zostały poinformowane o ich dobrowolności, o rodzaju i znaczeniu wykonywanych badań, możliwości publikacji wyników z zachowaniem poufności danych osobowych. Badane kobiety wyraziły pisemną zgodę na udział w badaniu. Każda z kobiet bez podawania przyczyn mogła na każdym etapie zrezygnować z udziału w projekcie.

5. WYNIKI ORAZ ICH OMÓWIENIE

Wyniki przedstawione zostały w tabelach. Wszystkie badane wskaźniki zmierzono na początku programu treningowego oraz bezpośrednio po jego ukończeniu z zachowaniem standardów pomiarowych.

Publikacja 1

Celem prowadzonych badań była ocena skuteczności treningu aqua aerobiku w aspekcie sprawności oddechowej oraz krążeniowo-oddechowej zdrowych kobiet w okresie postmenopauzalnym.

W tabeli 1 zaprezentowano wyniki pomiarów antropometrycznych z dwóch terminów badań w obu grupach. W przypadku obu badanych grup zaobserwowano spadek masy ciała pomiędzy terminami ($p < 0,05$) bez istotnej zmiany wskaźnika BMI.

Tabela 1. Charakterystyka antropometryczna badanych kobiet

Grupa	Wiek (lata)	Wysokość ciała (cm)	Masa ciała przed (kg)	Masa ciała po (kg)	Z	BMI przed (kg/m ²)	BMI po (kg/m ²)	Z
Badana (n = 21)	63,20 (4,72)	158,05 (4,81)	73,20 (22,11)	72,01 (20,42)	2,34*	28,93 (7,50)	28,67 (7,22)	1,73
Kontrolna (n = 9)	64,07 (3,66)	161,39 (6,58)	74,81 (12,28)	73,20 (12,01)	1,96*	28,63 (3,83)	28,12 (3,62)	1,77

Dane przedstawiono jako średnie (SD). Z – wynik testu Wilcoxon.

* $p < 0,05$

W tabeli 2 zaprezentowano wyniki analizy zmian potreningowych badanych wskaźników spirometrycznych wydolnościowych w grupie badanej oraz grupie kontrolnej.

Tabela 2. Wyniki badań wydolnościowych oraz spirometrycznych grupy badanej oraz grupy kontrolnej w dwóch terminach

Zmienna	Grupa badana (n = 21)	Grupa kontrolna (n = 9)	Przed	Po	Z	Zmiana
VO _{2max} (ml/kg/min)	badana		30,69 (7,66)	32,37 (7,81)	2,80*	1,68 (2,56)
	kontrolna		27,31 (0,79)	30,04 (5,80)	1,48	2,73 (5,67)
VC (l/min)	badana		2,88 (0,34)	2,89 (0,38)	1,50	0,22 (0,63)
	kontrolna		2,52 (0,44)	2,52 (0,50)	0,40	0,04 (0,21)
VT (l)	badana		0,60 (0,28)	0,60 (0,25)	0,03	-0,00 (0,29)
	kontrolna		0,81 (0,58)	0,37 (0,17)	1,99*	-0,29 (0,35)
Rf (od/min)	badana		17,79 (5,38)	15,82 (3,86)	1,42	-1,38 (3,59)
	kontrolna		14,83 (4,17)	18,60 (5,54)	0,73	2,58 (8,09)
IRV (l/min)	badana		1,88 (0,32)	1,77 (0,41)	1,02	-0,02 (0,47)
	kontrolna		1,66 (0,59)	1,43 (0,26)	0,40	-0,03 (0,71)
ERV (l/min)	badana		0,38 (0,23)	0,51 (0,48)	1,61	0,22 (0,42)
	kontrolna		0,23 (0,17)	0,73 (0,57)	1,21	0,33 (0,52)

FVC (l/m)	badana	2,82 (0,43)	2,86 (0,42)	0,23	0,05 (0,28)
	kontrolna	2,55 (0,42)	2,72 (0,52)	1,78	0,07 (0,08)
FEV ₁ (l/min)	badana	2,45 (0,34)	2,41 (0,34)	0,45	0,00 (0,18)
	kontrolna	2,21 (0,30)	2,31 (0,42)	0,31	0,02 (0,12)
FVC/VC (l/min)	badana	85,74 (7,58)	83,71 (4,82)	0,68	-0,59 (7,71)
	kontrolna	86,70 (5,62)	85,53 (8,11)	0,94	-0,65 (7,87)
MEF ₇₅ (l)	badana	5,50 (1,18)	5,18 (1,02)	1,48	0,16 (1,79)
	kontrolna	4,75 (0,59)	5,36 (0,92)	0,94	0,34 (0,95)
MEF ₅₀ (l)	badana	3,63 (0,98)	3,15 (0,72)	1,48	-0,31 (0,72)
	kontrolna	3,60 (0,69)	3,59 (0,88)	0,94	-0,02 (0,44)

Dane przedstawiono jako średnie (SD). Z – wynik testu Wilcoxon.

* $p < 0,05$

Wewnątrzgrupowa analiza potreningowych zmian badanych parametrów wykazała istotny wzrost wartości pułapu tlenowego w grupie badanej ($p < 0,05$). Nie zaobserwowano istotnych zmian wskaźników spirometrycznych, tj. VC, MEF₇₅, MEF₅₀, pod wpływem 12-tygodniowego treningu aqua aerobiku (tab. 2). Dobra wydolność badanych to najprawdopodobniej powód braku statystycznej poprawy sprawności oddechowej. Z 30 włączonych do projektu kobiet tylko u 2 stwierdzono występowanie średnich zmian restrykcyjnych. Spektakularne efekty poprawy VC i FEV₁/VC pod wpływem ćwiczeń prowadzonych w środowisku wodnym opisane zostały w badaniach prowadzonych na pacjentkach z zaburzeniami obturacyjnymi oraz restrykcyjnymi płuc. Poprawę sprawności oddechowej pod wpływem treningu o charakterze wytrzymałościowym w środowisku wodnym odnotowano w literaturze w kilku przypadkach (Jung i in. 2014). Song i Kim (2009) również zaobserwowali poprawę wskaźników spirometrycznych u osób po przebytym udarze poddanych treningowi rehabilitacyjnemu w środowisku wodnym.

Przeprowadzone badania wykazały wzrost wartości pułapu tlenowego u badanych kobiet niezależnie od zmiany ich masy ciała. Zarówno w grupie badanej, jak i kontrolnej odnotowano statystyczny spadek masy ciała. W związku z powyższym prawdopodobnie to nie masa ciała czy sprawność oddechowa były głównym czynnikiem wpływającym na istotny wzrost wartości pułapu tlenowego kobiet z grupy badanej. Na podstawie uzyskanych badań można wnioskować, że to zmiany sprawności krążeniowej i metabolicznej mięśni kształtują sprawność krążeniowo-oddechową zdrowych, starszych kobiet trenujących aqua aerobik.

Analiza korelacji rang Spearmana wykazała ujemną korelację pomiędzy potreningową zmianą masy ciała a wartością pułapu tlenowego tylko w przypadku grupy badanej.

Publikacja 2

W badaniu analizowano wielkość rozkładu krwinek czerwonych, sprawność krążeniowo-oddechową oraz poziom wydolności fizycznej u kobiet w okresie postmenopauzalnym jako efekt wpływu zastosowania różnego modelu treningu marszowego.

Analiza statystyczna badanych wskaźników antropometrycznych w pierwszym terminie badań wykazała istotną różnicę w masie ciała ($p < 0,05$; ES: 0,734) pomiędzy grupami.

Realizowany w projekcie trening NW z RSA spowodował istotne zmiany: masy ciała, BMI, obwodu talii oraz wskaźnika VO_{2max} ($p < 0,05$), natomiast trening NW spowodował jedynie istotne zmiany VO_{2max} ($p < 0,05$; ES: 0,533) (tab. 3). Analiza statystyczna potreningowych zmian badanych wskaźników pomiędzy grupami wykazała istotną różnicę w zmianie masy ciała (Δ masy ciała) ($p < 0,05$; ES: 0,778), BMI (Δ BMI) ($p < 0,05$; ES: 0,778) oraz obwodzie talii (Δ WC) ($p < 0,05$; ES: 1.225).

Tabela 3. Charakterystyka antropometryczna i maksymalny pobór tlenu osób uczestniczących w badaniu

Badane zmienne	NW (<i>n</i> = 16)			NW z RSA (<i>n</i> = 16)		
	Przed	9 tygodni po	<i>p</i> -value	Przed	Po	<i>p</i> -value
Wiek (lata)	65,04 (4,01)			67,62 (4,29)		
Masa ciała (kg)	66,61 (10,42)	67,23 (11,04)	0,3636	74,49 (11,18)	73,59 (10,95)	0,0083 (ES: 0,981)
Wysokość ciała (cm)	160,93 (6,00)			162,19 (4,14)		
BMI (kg/m ²)	25,68 (3,37)	25,92 (3,70)	0,3823	28,31 (3,96)	27,97 (3,36)	0,0124 (ES: 0,167)
WC (cm)	82,66 (9,22)	81,67 (8,71)	0,0504	87,82 (9,53)	84,86 (8,82)	0,0052 (ES: 0,322)
VO _{2max} (ml/kg/m)	28,19 (4,79)	32,77 (5,04)	0,0011 (ES: 0,932)	28,20 (4,44)	30,57 (4,45)	0,0262 (ES: 0,533)

Dane przedstawiono jako średnie (SD).

Analiza parametrów funkcji rozkurczowej lewej komory serca z badania echokardiograficznego wykazała istotny statystycznie spadek prędkości fali A ($p < 0,05$; ES: 0,352) oraz wartości E/A ($p < 0,05$; ES: 0,301) w grupie kobiet, u których zastosowano trening NW. Spadek prędkości fali A i wzrost E/A obserwowany jest u pacjentów z pogarszającą się funkcją rozkurczową i wzrastającym ciśnieniem napełniania lewej komory serca (tab. 4).

Analiza statystyczna potreningowych zmian (Δ) badanych wskaźników kardiologicznych pomiędzy grupami nie wykazała istotnych różnic.

Tabela 4. Parametry badania echokardiograficznego i ciśnienia krwi badanych grup

Badane zmienne	NW (<i>n</i> = 16)			NW z RSA (<i>n</i> = 16)		
	Przed	Po	<i>p</i> -value	Przed	Po	<i>p</i> -value
E (cm/s)	0,64 (0,13)	0,64 (0,10)	0,9499	0,69 (0,16)	0,64 (0,17)	0,3343
A (cm/s)	0,83 (0,16)	0,77 (0,18)	0,0144 (ES: 0,352)	0,81 (0,18)	0,78 (0,15)	0,2343
E/A	0,81 (0,29)	0,91 (0,37)	0,0328 (ES: 0,301)	0,89 (0,32)	0,83 (0,26)	0,4432
E' (cm/s)	0,08 (0,02)	0,08 (0,03)	0,6121	0,08 (0,02)	0,08 (0,02)	0,1423
E/E'	8,09 (2,26)	8,09 (2,31)	0,8261	9,02 (2,26)	8,79 (2,65)	0,9547

Dane przedstawiono jako średnie (SD).

Analiza wybranych wskaźników hematologicznych w pierwszym terminie badań wykazała istotną różnicę w ilości RBC ($p < 0,05$; ES: 0,679) oraz wartości RDW-CV ($p < 0,05$; ES: 1,248) pomiędzy grupami kobiet. Obie zastosowane w projekcie formy treningu spowodowały spadek ilości WBC ($p < 0,05$) i wielkości HCT ($p < 0,05$). Dodatkowo w grupie NW z RSA doszło do spadku liczby czerwonych krwinek, współczynnika zmienności szerokości dystrybucji krwinek czerwonych i odchylenia standardowego szerokości dystrybucji krwinek czerwonych ($p < 0,05$). Jedynie w przypadku odchylenia standardowego szerokości dystrybucji krwinek czerwonych wykazano istotną różnicę w potreningowej zmianie (Δ RDW-SD) pomiędzy badanymi grupami ($p < 0,05$; ES: 1,215) (tab. 5).

Tabela 5. Podstawowe cechy parametrów hematologicznych kobiet poddanych 8-tygodniowemu programowi treningowemu NW i NW z RSA

Badane zmienne	NW (n = 16)			NW z RSA (n = 16)		
	Przed	Po	<i>p-value</i>	Przed	Po	<i>p-value</i>
WBC (10 ⁹ /l)	6,46 (1,43)	5,56 (1,26)	0,0002 (ES: 0,668)	6,09 (1,09)	5,54 (1,15)	0,0199 (ES: 0,491)
RBC (10 ¹² /l)	4,37 (0,23)	4,34 (0,24)	0,5321	4,60 (0,42)	4,51 (0,42)	0,0121 (ES: 0,214)
HGB (mmol/l)	8,52 (0,39)	8,59 (0,36)	0,3635	8,64 (0,57)	8,59 (0,61)	0,2213
HCT (%)	39,34 (1,80)	38,41 (1,66)	0,0309 (ES: 0,537)	39,94 (2,69)	38,51 (2,88)	0,0019 (ES: 0,513)
RDW-CV (%)	12,41 (0,54)	12,33 (0,47)	0,7174	13,09 (0,55)	12,70 (0,62)	0,0146 (ES: 0,665)
RDW-SD (fl)	40,87 (1,77)	39,78 (2,18)	0,0787	41,14 (1,61)	38,46 (1,69)	0,0008 (ES: 1,624)

Dane przedstawiono jako średnie (SD).

RDW-CV jest wskaźnikiem morfotycznym krwi powszechnie oznaczanym w rutynowym badaniu klinicznym. Dostarcza cennych informacji prognostycznych związanych z chorobami układu krążenia bez dodatkowych kosztów. Wyniki badań dotyczące wpływu treningu fizycznego na zmniejszenie wielkości RDW-CV mogą być niejednoznaczne. Do przyczyn anizocytozy należą bowiem stany zapalne, stres oksydacyjny lub zaburzone wchłanianie żelaza. U osób starszych na skutek ubytku rezerw fizjologicznych oraz sarkopenii obserwujemy obniżenie zdolności do regeneracji mięśni po wysiłku i pojawienie się przewlekłego stanu zapalnego. Systematyczna aktywność fizyczna powoduje obniżenie stanu zapalnego, hamuje anizocytozę i tym samym ogranicza częstość zdarzeń kardiologicznych spowodowanych zaburzeniami wielkości erytrocytów.

Prowadzone badania wykazały statystyczne obniżenie RDW-CV o 3% w grupie z treningiem NW z RSA ($p < 0,05$; ES: 0,665). Jest to prawdopodobnie spowodowane istotnym obniżeniem masy ciała ($p < 0,05$; ES: 0,981) oraz nadmiernej otyłości w okolicach brzucha ($p < 0,06$; ES: 0,322) po zastosowaniu treningu wytrzymałościowego z oporem. Ponadto uwidoczniło się zależność pomiędzy RDW-SD i WC ($r = 0,3691$, $p < 0,05$) w badanej grupie kobiet. Natomiast trening NW o mniejszym obciążeniu nie spowodował istotnej zmiany w odniesieniu do opisanych zmiennych. Podobną zależność wykazaliśmy również w badaniach pomiędzy RDW-SD a WC ($r = 0,3691$, $p < 0,05$).

U badanych kobiet przed przystąpieniem do programu treningowego wykazano istotną korelację pomiędzy RDW-CV i VO_{2max} ($r = 0,4779$, $p < 0,05$). Zastosowanie w projekcie obu form treningu marszowego spowodowało istotny wzrost wartości VO_{2max} w badanych grupach kobiet ($p < 0,05$).

W pierwszym terminie badań analiza wartości parametrów spirometrycznych kobiet nie wykazała obniżenia ich sprawności oddechowej. Pod względem badanych zmiennych grupy były jednorodne. Nie wykazano również istotnych różnic w potreningowej zmianie (Δ) badanych wskaźników pomiędzy grupami. Tylko w przypadku FEV_1/VC trening NW z RSA spowodował istotny wzrost badanej zmiennej ($p < 0,05$; ES: 0,679) (tab. 6).

Tabela 6. Parametry spirometryczne kobiet uczestniczących w 8-tygodniowym programie treningowym NW i NW z RSA

Badane zmienne	NW (n = 16)			NW z RSA (n = 16)		
	Przed	Po	p-value	Przed	Po	p-value
VC (%)	102,88 (18,43)	109,91 (19,75)	0,8509	112,97 (12,92)	115,92 (16,44)	0,0619
FEV ₁ /VC (%)	106,67 (11,87)	110,04 (6,77)	0,1961	105,51 (8,59)	110,81 (6,67)	0,0019 (ES: 0,679)
MEF ₇₅ (%)	92,24 (23,37)	93,42 (27,03)	0,9749	94,24 (21,64)	93,71 (19,28)	0,6949
MEF ₅₀ (%)	96,12 (27,08)	96,85 (26,38)	0,7298	93,87 (30,67)	93,25 (26,43)	0,6949
MEF ₂₅ (%)	98,06 (38,15)	107,79 (32,81)	0,1401	96,31 (28,16)	106,83 (30,72)	0,0843

Dane przedstawiono jako średnie (SD).

Wydolność krążeniowo-oddechową oraz masę mięśniową zwiększa wyłącznie połączenie treningu siłowego z treningiem wytrzymałościowym (Cadore i in. 2014). W naszych badaniach wykazano, że zastosowanie dodatkowego oporu podczas treningu marszowego jest czynnikiem stymulującym metabolizm mięśniowy, co w efekcie poprawia nie tylko sprawność krążeniowo-oddechową, lecz również istotnie zmniejsza masę ciała oraz prowadzi do obniżenia RDW-CV bardziej niż tradycyjny trening NW.

Publikacja 3

W tym randomizowanym kontrolowanym badaniu przeanalizowaliśmy wpływ półrocznego treningu aqua aerobiku na wielkość antropometrycznych i biochemicznych wskaźników kardiometabolicznych u kobiet w wieku okołomenopauzalnym. Pod uwagę wzięto antropometryczne wskaźniki ryzyka chorób układu krążenia, tj. VFA, WHR, VAI, wartości ciśnienia SBP i DBP (tab. 7) oraz markery biochemiczne krwi, m.in. profil lipidowy, RDW-CV czy markery zmian zapalnych PRL i LMR, uważane przez niektórych również za czynniki ryzyka wystąpienia schorzeń kardiologicznych. Kierunek zmian wymienionych wskaźników można uznać za korzystny z punktu widzenia oceny ryzyka wystąpienia zmian chorobowych, a samą formę treningu wraz z jego niewielką częstotliwością i intensywnością za korzystną w utrzymaniu dobrostanu fizycznego kobiet w okresie okołomenopauzalnym.

Tabela 7. Wskaźniki antropometryczne, wartości ciśnienia krwi oraz wskaźnik otyłości trzewnej dla obu badanych grup w pierwszym i drugim terminie badań

Badane zmienne	Grupa kontrolna (n = 16)			Grupa badana (n = 14)		
	Przed	Po	p-value	Przed	Po	p-value
Wiek (lata)	47,00 (7,00)			48,43 (6,72)		
Masa ciała (kg)	69,44 (12,36)	67,34 (11,67)	0,0174 (ES: 0,175)	70,87 (10,49)	69,44 (12,36)	67,34 (11,67)
Wysokość ciała (cm)	164,44 (6,79)			161,36 (6,26)		
BMI (kg/m ²)	25,59 (3,65)	24,83 (3,59)	0,0106 (ES: 0,210)	27,19 (3,24)	27,17 (3,57)	0,7007
FM (%)	32,80 (7,21)	30,60 (5,64)	0,1034	34,66 (4,65)	33,51 (5,68)	0,1405

MM (%)	43,64 (4,46)	43,91 (5,43)	0,7332	43,52 (4,17)	48,66 (4,16)	0,3152
VFA	5,87 (2,22)	5,25 (1,84)	0,0277 (ES: 0,304)	6,71 (1,98)	6,57 (1,99)	0,5286
WHR	0,90 (0,07)	0,90 (0,07)	0,9096	0,94 (0,07)	0,79 (0,07)	0,0009 (ES: 0,143)
VAI	3,25 (1,92)	3,57 (2,64)	0,3010	3,96 (4,56)	3,66 (3,67)	0,5098
SBP (mmHg)	116,25 (14,32)	112,50 (14,26)	0,2132	123,21 (9,12)	115,00 (15,19)	0,0917
DBP (mmHg)	77,50 (10,65)	75,00 (10,80)	0,3669	86,79 (6,96)	78,93 (8,59)	0,0185 (ES: 1,005)

Dane przedstawiono jako średnie (SD).

W pierwszym terminie badań nie wykazano istotnych różnic między opisywanymi zmiennymi pomiędzy grupami. Kobiety biorące udział w badaniu charakteryzowały się lekką nadwagą; wskaźnik BMI dla grupy badanej wynosił 27,19 kg/m², a dla grupy kontrolnej – 25,59 kg/m². Stopień otłuszczenia narządów wewnętrznych (VFA) oraz ciśnienie krwi były prawidłowe w obu badanych grupach. Wartość odcięcia wskaźnika VAI uznana za prawidłową była również porównywalna w obu badanych grupach. W drugim terminie badań nie zaobserwowano istotnej zmiany wskaźnika VAI w grupie poddanej treningowi w środowisku wodnym.

Zachodzące zmiany fizjologiczne, związane z zanurzeniem w wodzie, mogą mieć pozytywne skutki zdrowotne w odniesieniu do sprawności krążeniowej (Pendergast i in. 2015; dos Santos Leonel i in. 2023). Tezę tę potwierdzają wyniki naszych badań, w których aktywność fizyczna w wymiarze 1 raz w tygodniu przez okres 6 miesięcy spowodowała istotne obniżenie DBP ($p < 0,05$; ES: 1,005), stosunku obwodu talii do obwodu bioder ($p < 0,05$; ES: 0,143) (tab. 7), stosunku liczby płytek krwi do liczby limfocytów ($p < 0,05$; ES: 0,460) oraz wzrost stężenia HGB ($p < 0,05$; ES: 0,460). W grupie kontrolnej zaobserwowano istotny spadek masy ciała ($p < 0,05$; ES: 0,175), BMI ($p < 0,05$; ES: 0,210), VFA ($p < 0,05$; ES: 0,304) oraz wzrost współczynnika zmienności szerokości dystrybucji krwinek czerwonych ($p < 0,05$; ES: 0,444). Analiza statystyczna różnic w potreningowych zmianach badanych wskaźników pomiędzy grupami wykazała istotną różnicę w zmianie stosunku obwodu talii do obwodu bioder (Δ WHR) ($p < 0,05$; ES: 2,705).

Z naszych obserwacji wynika, że grupa badana na skutek półrocznego nadzorowanego programu treningu w środowisku wodnym charakteryzowała się obniżeniem stężenia LDL-C ($p < 0,05$; ES: 0,399), wskaźnika PRL ($p < 0,05$; ES: 0,460) (tab. 8). Jest to prawdopodobnie spowodowane opisaną w publikacji Weise i in. (2005), zależną od aktywności fizycznej, zmianą wydzielania enzymów wewnątrznaczyniowych. Wzrost aktywności lipazy lipoproteinowej (LPLA) i acylotransferazy lecytynowo-cholesterolowej (LCAT) oraz mniejsza aktywność lipazy wątrobowej TG (HLA) i niższe stężenie białka przenoszącego estry cholesterolu (CETP) (Eroglu i Kataras 2019; Tonelli i in. 2008) powodują spadek stężenia TG i zwiększenie frakcji HDL-C.

Literatura dotycząca wpływu określonych form aktywności fizycznej na zmienność RDW-CV jest ograniczona, co powoduje trudności we właściwej interpretacji zmienności tego wskaźnika. Na podstawie wcześniejszych badań autorów można wnioskować, że trening o większej intensywności, łączący element wytrzymałościowy i siły, powoduje istotny spadek RDW-CV ($p < 0,05$; ES: 0,655) w porównaniu z treningiem o mniejszej intensywności (Sobczak i in. 2023). Zastosowany w projekcie trening aqua aerobiku nie spowodował istotnej zmiany RDW-CV pomimo obniżenia stężenia LDL-C w stosunku do grupy

kontrolnej, czego przyczyną jest najprawdopodobniej zbyt mała jego intensywność i częstotliwość.

Przed rozpoczęciem treningu aqua aerobiku w pierwszym terminie badań zaobserwowano korelację pomiędzy stężeniem TG a WBC ($r = 0,5390, p < 0,05$), stężeniem TG i stężeniem HGB ($r = 0,5265, p < 0,05$), ponadto pomiędzy WBC i wartością DBP ($r = 0,6098, p < 0,05$) oraz pomiędzy wiekiem badanych kobiet a VFA ($r = 0,6367, p < 0,05$). Analiza zmian po okresie półrocznej interwencji treningowej dla całej badanej grupy wykazała zależność pomiędzy potreningową zmianą stężenia trójglicerydów we krwi (Δ TG) i zmianą masy ciała (Δ masy ciała) ($r = 0,4386, p < 0,05$) oraz zmianą stężenia trójglicerydów (Δ TG) a zmianą wskaźnika VAI (Δ VAI) ($r = 0,8973, p < 0,05$), zmianą współczynnika zmienności szerokości dystrybucji krwinek czerwonych (Δ RDW-CV) i zmianą wartości ciśnienia skurczowego (Δ SBP) ($r = 0,3912, p < 0,05$), potreningową zmianą wartości stosunku limfocytów do monocytów (Δ LMR) i zmianą wskaźnika BMI (Δ BMI) ($r = -0,4053, p < 0,05$) oraz potreningową zmianą stosunku obwodu talii do obwodu bioder (Δ WHR) i zmianą masy ciała (Δ masy ciała) ($r = -0,4135, p < 0,05$).

Ogólnie dobry stan zdrowia, prawidłowa masa ciała oraz glikemia z pewnością przyczyniły się do niskiego stanu zapalnego u badanych kobiet już w pierwszym terminie badań, a kierunek adaptacji potreningowej niewątpliwie jest korzystny. W literaturze opisane wartości NLR i PRL są wyższe, np. u chorych na cukrzycę, i mają związek ze zwiększoną glikemią i wysoką insulinoopornością (Eroglu i Karatas 2019; Mertoglu i Gunay 2017).

Tabela 8. Parametry morfotyczne oraz profil lipidowy obu badanych grup w pierwszym i drugim terminie badań

Badane zmienne	Grupa kontrolna ($n = 16$)			Grupa badana ($n = 14$)		
	Przed	Po	<i>p-value</i>	Przed	Po	<i>p-value</i>
WBC ($10^9/l$)	6,37 (1,61)	6,32 (1,47)	0,7764	6,74 (2,16)	7,31 (2,11)	0,0868
RBC ($10^{12}/l$)	4,36 (0,28)	4,30 (0,28)	0,2805	4,46 (0,25)	4,52 (0,25)	0,0901
HGB (mmol/l)	13,05 (0,79)	13,09 (0,89)	0,3152	13,22 (0,96)	13,88 (1,09)	0,0013 (ES: 0,643)
PLT ($10^9/l$)	227,56 (51,13)	238,12 (42,34)	0,0703	245,93 (39,29)	244,79 (30,09)	0,8339
RDW-CV (%)	13,79 (0,46)	14,03 (0,61)	0,0202 (ES: 0,444)	13,75 (0,95)	14,06 (0,29)	0,1961
PRL	104,48 (29,38)	103,84 (23,58)	0,8361	98,66 (20,27)	89,58 (19,16)	0,0219 (ES: 0,460)
LMR	8,43 (2,64)	7,74 (1,64)	0,7959	7,94 (3,16)	7,89 (1,59)	0,5936
TC (mg/dl)	216,87 (22,16)	212,62 (24,80)	0,5895	217,93 (35,97)	202,92 (32,32)	0,0868
HDL-C (mg/dl)	72,12 (14,29)	71,00 (15,81)	0,6247	70,43 (16,55)	69,07 (17,04)	0,5525
LDL-C (mg/dl)	123,62 (28,61)	120,62 (28,83)	0,6603	125,14 (28,71)	114,00 (27,04)	0,0277 (ES: 0,399)
TG (mg/dl)	105,69 (50,36)	105,31 (51,79)	0,9176	113,07 (91,92)	117,79 (82,34)	0,6605

Dane przedstawiono jako średnie (SD).

6. WNIOSKI

Aktywność fizyczna w środowisku wodnym ma korzystny wpływ na zdrowie człowieka niezależnie od jego wieku. Dzięki specyficznym właściwościom środowiska wodnego i odciążeniu, któremu w 90% ulega ciało zanurzone w wodzie, aqua aerobik jest niewątpliwie bezpieczniejszą formą treningu niż trening wykonywany na lądzie. Prawdopodobieństwo doznania kontuzji niemal nie występuje.

Realizowany w projekcie przez okres 12 tygodni program treningowy dla kobiet zdrowych po menopauzie nie przyczynił się do poprawy badanych wskaźników spirometrycznych, a uzyskany wzrost pułapu tlenowego spowodowany był najprawdopodobniej poprawą zdolności krążeniowych i metabolicznych determinujących możliwości wysiłkowe oraz stan zdrowia.

Korzystne prozdrowotne zmiany adaptacyjne uzyskano również w projekcie aqua aerobiku realizowanym przez kobiety w okresie okołomenopauzalnym przez 6 miesięcy. Wykazano, że ryzyko wystąpienia chorób układu krążenia może być zmniejszone nawet przy zastosowaniu wysiłku fizycznego o małej częstotliwości w dłuższym okresie. Krótkie programy treningowe bardzo często nie dają tak spektakularnych efektów, z kolei dłuższe, trwające kilka czy kilkanaście miesięcy – zniechęcają. Należy zaznaczyć, że grupa trenująca raz w tygodniu przez okres 6 miesięcy to kobiety zazwyczaj nadal aktywne zawodowo, co może powodować trudności w zachowaniu systematyczności zakładanej aktywności fizycznej w wymiarze 2–3 razy w tygodniu w dłuższym okresie. Zatem wykazanie skuteczności proponowanego w projekcie programu treningowego oraz obniżenie wybranych wskaźników kardiometabolicznych jest celowe z punktu widzenia ochrony zdrowia kobiet. Warto zastanowić się, czy taka forma aktywności fizycznej byłaby odpowiednia również dla mężczyzn albo dla osób starszych oraz czy mogłaby zrównoważyć ubytek rezerw fizjologicznych powstających na skutek procesu starzenia się.

Wyniki badań projektu z zastosowaniem różnych form treningu marszowego wykazały wysoką skuteczność prozdrowotną treningu NW z RSA. Na ich podstawie można przypuszczać, że stosowanie u kobiet w okresie postmenopauzalnym ćwiczeń o charakterze wytrzymałościowym z oporem może znacznie ograniczyć ryzyko wystąpienia czy nasilenia chorób układu krążenia.

Kliniczna analiza poziomów RDW-CV wraz z innymi parametrami kardiologicznymi i biochemicznymi może dostarczyć praktycznych informacji prognostycznych dotyczących ryzyka chorób układu krążenia, efektów leczenia czy śmiertelności.

7. PIŚMIENICTWO

- Ananthaseshan S., Bojakowski K., Sacharczuk M., Poznanski P., Skiba D.S., PrahL Wittberg L., et al. (2022) Red blood cell distribution width is associated with increased interactions of blood cells with vascular wall. *Scientific Reports*, 12: 13676. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17847-z>
- Åstrand P.O., Ryhming I. (1954) A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rates during submaximal work. *Journal of Applied Physiology*, 7: 218–221. <https://doi.org/10.1152/jappl.1954.7.2.218>
- Arnett D.K., Blumenthal R.S., Albert M.A., Buroker A.B., Goldberger Z.D., Hahn E.J., et al. (2019) 2019 ACC/AHA guideline on the primary prevention of cardiovascular disease: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*, 140: e596–e646. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000678>
- Becker B.E. (2009) Aquatic therapy: scientific foundations and clinical rehabilitation applications. *PM&R*, 1 (9), 859–872. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2009.05.017>
- Bui A.L., Horwich T.B., Fonarow G.C. (2011) Epidemiology and risk profile of heart failure. *Nature Reviews Cardiology*, 8: 30–41. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2010.165>
- Cadore E.L., Pinto R.S., Bottaro M., Izquierdo M. (2014) Strength and endurance training prescription in healthy and frail elderly. *Aging Disease*, 5, 183–195. <https://doi.org/10.14336%2FAD.2014.0500183>
- Cohen J. (1988) *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 2nd ed. New York, USA: Routledge.
- Colado J.C. (2009) Effects of aquatic resistance training on health and fitness in postmenopausal women. *European Journal of Applied Physiology*, 106 (1): 113–122. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-0996-7>
- von Döbeln W., Åstrand I., Bergström A. (1967) An analysis of age and other factors related to maximal oxygen uptake. *Journal of Applied Physiology*, 22: 934–938.
- Domaszewska K., Koper M., Wochna K., Czerniak U., Marciniak K., Wilski M., 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. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 12. <http://doi.org/10.3389/fnagi.2020.586286>
- Dunbar S.B., Khavjou O.A., Bakas T., Hunt G., Kirch R., Leib A., et al. (2018) Projected costs of informal caregiving for cardiovascular disease: 2015 to 2035: a policy statement from the American Heart Association. *Circulation*, 137 (19): e558–e577. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000570>
- Eroglu S., Karatas G. (2019) Platelet/lymphocyte ratio is an independent predictor for osteoporosis. *Saudi Medicine Journal*, 40 (4), 360–366. <https://doi.org/10.15537/smj.2019.4.24009>
- Ghaffari S. (2008) Oxidative stress in the regulation of normal and neoplastic hematopoiesis. *Antioxid Redox Signal*, 10, 1923–1940. <https://doi.org/10.1089%2Fars.2008.2142>
- Gillett P.A. (1993) Senior women's fitness project: a pilot study. *Journal Women Aging*, 5 (2): 49–66. https://doi.org/10.1300/J074v05n02_05

- Hidayet N.M., Sharaf S.A., Aref S.R., Tawfik T.A., Moubarak I.I. (1999) Correlates of age at natural menopause: a community-based study in Alexandria. *Eastern Mediterranean Health Journal*, 5 (2), 307–319.
- Hildenbrand K., Nordio S., Freson T.S., Becker B.E. (2010) Development of an aquatic exercise training protocol for the asthmatic population. *IJARE*, 4 (3). <https://doi.org/10.25035/ijare.04.03.07>
- Hoeger W.W.K., Hopkins D.R. (1992) A comparison of the sit and reach and the modified sit and reach in the measurement of flexibility in women. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 62 (2): 191–195. <https://doi.org/10.1080/02701367.1992.10607580>
- Ji-Hyeon K., Do-Yeon K. (2018) Aquarobic exercise improve the serum blood irisin and brain-derived neurotrophic factor levels in elderly women. *Experimental Gerontology*, 104: 60–65.
- Jung J., Chung E., Kim K., Lee B.H., Lee J. (2014) The effects of aquatic exercise on pulmonary function in patients with spinal cord injury. *Journal of Physical Therapy Science*, 26 (5): 707–709. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.707>
- Kalemci S., Akin F., Sarihan A., Sahin C., Zeybek A., Yilmaz N. (2018) The relationship between hematological parameters and the severity level of chronic obstructive lung disease. *Polish Archives of Internal Medicine*, 128: 171–177. <https://doi.org/10.20452/pamw.4198>
- Karavidas A., Lazaros G., Tsiachris D., Pyrgakis V. (2010) Aging and the cardiovascular system. *Hellenic Journal Cardiology*, 51 (5), 421–427.
- Kravitz L., Mayo J.J. (1997) The physiological effects of aquatic exercise: a brief review. *Nokomis: Aquatic Exercise Association*.
- Lang R.M., Bierig M., Devereux R.B., Flachskampf F.A., Foster E., Pellikka P.A., et al. (2006) Recommendations for chamber quantification. *European Journal of Echocardiography*, 7, 79–108. <https://doi.org/10.1016/j.euje.2005.12.014>
- Laszlo G. (2006) Standardisation of lung function testing: helpful guidance from the ATS/ERS Task Force. *Thorax*, 61, 744–746. <https://doi.org/10.1136%2Fthx.2006.061648>
- Lippi G., Targher G., Montagnana M., Salvagno G.L., Zoppini G., Guidi G.C. (2008) Relationship between red blood cell distribution width and kidney function tests in a large cohort of unselected outpatients. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 68: 745–748. <https://doi.org/10.1080/00365510802213550>
- Loprinzi P.D., Loenneke J.P., Abe T. (2015) The association between muscle strengthening activities and red blood cell distribution width among a national sample of U.S. adults. *Preventive Medicine* 73: 130–132. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.01.011>
- Madden K.M., Levy W.C., Stratton J.R. (2006) Exercise training and heart rate variability in older adult female subjects. *Clinical and Investigative Medicine*, 29 (1): 20–28.
- Makhou B.F., Khourieh A., Kaplan M., Bahouth F., Aronson D., Azzam Z.S. (2013) Relation between changes in red cell distribution width and clinical outcomes in acute decompensated heart failure. *International Journal of Cardiology*, 167: 1412–1416. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2012.04.065>
- Marciniak K., Maciaszek J., Cyma-Wejchenig M., Szecklicki R., Makowiak Y., 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. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (7): 2197. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072197>
- Mertoglu C., Gunay M. (2017) Neutrophil-Lymphocyte ratio and Platelet-Lymphocyte ratio as useful predictive markers of prediabetes and diabetes mellitus. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 11: S127–S131. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2016.12.021>

- Michaud T.J., Rodriguez-Zayas J. (1995) Comparative exercise responses of deep water and treadmill running. *Journal Strength Conditioning*, 9 (2): 104-109.
- Mohammadreza B., Farzad H., Davoud K., Prof A.F. (2012) Prognostic significance of the Complex “Visceral Adiposity Index” vs. simple anthropometric measures: Tehran lipid and glucose study. *Cardiovascular Diabetology*, 11 (1): 20. <https://doi.org/10.1186/1475-2840-11-20>
- Molvarec A., Czegle I. (2022) Menopause and its management: a review. *Developments in Health Sciences*, 4 (2): 38–41. <https://doi.org/10.1556/2066.2021.00050>
- Mota M.R., de Oliveira R.J., Dutra M.T., Pardono E., Terra D.F., Lima R.M., et al. (2013) Acute and chronic effects of resistive exercise on blood pressure in hypertensive elderly women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27: 3475–3480. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31828f2766>
- Pendergast D., Moon R., Krasney J., Held H., Zamparo P. (2015) Human physiology in an aquatic environment. *Comprehensive Physiology*, 5: 1705–1750. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140018>
- Pereira C.A.C., Barreto S.P., Simões J.G., Pereira F.W.L., Gerstler J.G., Nakatani J. (1992) Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira. *Journal Pneumology*, 18: 10–12.
- Piepoli M.F., Hoes A.W., Agewall S., Albus C., Brotons C., Catapano A.L., et al. (2016) European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *European Heart Journal*, 37 (29): 2315–2381. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw106>
- Pietrusik K., Apolinarska J., Sobczak K. (2019) *Fitness w wodzie*. Poznań: AWF.
- van der Putten K., Braam B., Jie K.E., Gaillard C.A. (2008) Mechanisms of disease: erythropoietin resistance in patients with both heart and kidney failure. *Nature Clinical Practice Nephrology*, 4: 47–57. <https://doi.org/10.1159/000522133>
- Rondanelli M., Perna S., Alalwan T.A., Cazzola R., Gasparri C., Infantino V., et al. (2020) A structural equation model to assess the pathways of body adiposity and inflammation status on dysmetabolic biomarkers via red cell distribution width and mean corpuscular volume: a cross-sectional study in overweight and obese subjects. *Lipids Health Disease*, 19 (1): 154. <https://lipidworld.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12944-020-01308-5>
- Rossi A., Ganassini A., Tantucci C., Grassi V. (1996) Aging and the respiratory system. *Aging*, 8 (3): 143–161. <https://doi.org/10.1007/bf03339671>
- Sanders M.E. (2000) *YMCA water fitness for health*. Champaign: Human Kinetics.
- dos Santos Leonel L., de Brum G., Lima Alberton C., Sudatti Delevatti R. (2023) Aquatic training improves HbA1c, blood pressure and functional outcomes of patients with type 2 diabetes: a systematic review with meta-analysis. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 197: 110575. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2023.110575>
- Sobczak K., Nowinka P., Wochna K., Domaszewska K. (2023) The effects of Nordic walking with poles with an integrated resistance shock absorber on red blood cell distribution and cardiorespiratory efficiency in postmenopausal women – a randomized controlled trial. *Biology*, 12 (2): 179. <https://doi.org/10.3390/biology12020179>
- Sobczak K., Wochna K., Pietrusik K., Strzelczyk R., Domaszewska K. (2021). Assessment of respiratory function and aerobic capacity in postmenopausal women participating in water aerobics classes. *Trends in Sport Sciences*, 28 (3): 225–231.
- Song J., Kim S. (2009) The effect of aquatic on the improvement of physical and pulmonary function after stroke. *Journal of The Korean Society of Physical Medicine*, 21 (2): 15–22.
- Tonelli M., Sacks F., Arnold M., Moye L., Davis B., Pfeffer M. (2008) Relation between red blood cell distribution width and cardiovascular event rate in people with coronary

- disease. *Circulation*, 117 (2): 163–168. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.727545>
- Veeranna V., Zalawadiya S.K., Panaich S., Patel K.V., Afonso L. (2013) Comparative analysis of red cell distribution width and high sensitivity c-reactive protein for coronary heart disease mortality prediction in multi-ethnic population: findings from the 1999–2004 NHANES. *International Journal of Cardiology*, 168: 5156–5161. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2013.07.109>
- Weise S.D., Grandjean P.W., Rohack J.J., Womack J.W., Crouse S.F. (2005) Acute changes in blood lipids and enzymes in postmenopausal women after exercise. *Journal of Applied Physiology*, 99 (2): 609–615. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01354.2004>
- WHO (1996) Research on the menopause in the 1990s. Report of a WHO Scientific Group, No. 866. Geneva, Switzerland.
- Wilcock I.M., Cronin J.B., Hing W.A. (2006) Physiological response to water immersion. *Sports Medicine*, 36 (9): 747–765. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636090-00003>
- Wochna K., Nowak A., Huta-Osiecka A., Sobczak K., Kasprzak Z., Leszczyński P. (2019) Bone mineral density and bone turnover markers in postmenopausal women subjected to an aqua fitness training program. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (14): 2505. <https://doi.org/10.3390/ijerph16142505>
- Wouters E.J.M., Van Nunen A.M.A., Geenen R., Kolotkin R.L., Vingerhoets A.J.J.M. (2009) Effects of aquajogging in obese adults: a pilot study. *Journal of Obesity*, e231074. <https://doi.org/10.1155/2010/231074>
- Yčas J.W. (2017) Toward a blood-borne biomarker of chronic hypoxemia: red cell distribution width and respiratory disease. W: Makowski G.S. (ed.), *Advances in clinical chemistry*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 82: 105–197.
- Zeitvogel M., Müller E. (1992) *Aqua-Training: Übungen und Programme*. Hamburg: Rowohlt.

PRZEBIEG PRACY NAUKOWO-ZAWODOWEJ - INFORMACJE DODATKOWE

Publikacje naukowe

Pietrusik K., Apolinarska J., Sobczak K. (2019) Fitness w wodzie. Aktywność fizyczna w wodzie, rekreacja, nauczanie, trening, relaksacja. Poznań: AWF.

Wochna K., Nowak A., Huta-Osiecka A., Sobczak K., Kasprzak Z., Leszczyński P. (2019) Bone mineral density and bone turnover markers in postmenopausal women subjected to an aqua fitness training program. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (14): 2505. <https://doi.org/10.3390/ijerph16142505>
punktacja MEiN: 140; Impact Factor: 2,849

Pietrusik K., Sobczak K., Wochna K. (2017) Alternatywne formy nauczania pływania dzieci w młodszym wieku szkolnym. Aktywność fizyczna a zdrowie. Teoria i aplikacje. Konin: Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie, 293–304.
punktacja MEiN: 5

Sobczak K., Antosiak-Cyrak K., Apolinarska J., Ciereszko J., Habiera M., Jerszyński D., et al. (2016) Profil motywacyjny rodziców kierujących dzieci w wieku niemowlęcym na naukę pływania. *Aktywność Ruchowa Dzieci i Młodzieży*, 1–4: 301–310.
punktacja MEiN: 4

Antosiak-Cyrak K., Habiera M., Jerszyński D., Wochna K., Sobczak K., Ciereszko J., Pietrusik K. (2016) Zmienność globalnej koordynacji ruchowej u 12-letnich chłopców uprawiających piłkę nożną w półrocznym cyklu treningowym. *Aktywność Ruchowa Dzieci i Młodzieży*, 1–4: 247–254.
punktacja MEiN: 4

Jerszyński D., Wochna K., Ciereszko J., Antosiak-Cyrak K., Habiera M., Sobczak K., et al. (2016) Wpływ eksperymentalnego treningu wizualizacji ruchu na zmiany techniki pływania kraulem na grzbiecie u dzieci we wstępnym etapie. *Aktywność Ruchowa Dzieci i Młodzieży*, 1–4: 263–279.
punktacja MEiN: 4

Prace publikowane pod nazwiskiem panińskim Wleklak

Wleklak K., Pietrusik K., Jerszyński D., Wochna K. (2012) Motywy podejmowania aktywności fizycznej typu aqua aerobik przez kobiety. W: J. Kwieciński, M. Tomczak (red.), *Wybrane zagadnienia kultury fizycznej – aktualny stan badań*. Konin: Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Koninie, 147–157.
punktacja MEiN: 4

Wleklak K., Konarski J., Strzelczyk R. (2012) Skład ciała kobiet uczestniczących w wybranych formach aqua fitness. W: R. Szeklicki, J. Maciaszek, W. Osiński (red.), *Aktywność i sprawność fizyczna w edukacji, sporcie i promocji zdrowia*. Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe, 121–130.

punktacja MEiN: 4

Wleklak K., Janowski J., Bresińska-Krawiec E., Konarski J., Liberka M., Karpowicz K., Apolinarska J. (2013) Porównanie motywów uczestnictwa kobiet w różnych formach aktywności fizycznej typu aerobik i aqua aerobik. *Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wieku*, 1: 65–75.

punktacja MEiN: 2

Jerszyński D., Wochna K., Wleklak K., Pietrusik K., Konarski J., Strzelczyk R. (2012) Przykład analizy zmian wybranych elementów techniki pływania stylem klasycznym. W: J. Kwieciński, M. Tomczak (red.), *Wybrane zagadnienia kultury fizycznej – aktualny stan badań*. Konin: Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Koninie, 81–86.

punktacja MEiN: 4

Łącznie: punktacja MEiN: 171, Impact Factor: 2,849

Bibliometryczne podsumowanie osiągnięć

Całkowity dorobek: punktacja MEiN: 391; Impact Factor: 13,165

Udział czynny w konferencjach naukowych

III Ogólnopolska Konferencja Metodyczno-Szkoleniowa „Aktywność i bezpieczeństwo w środowisku wodnym”, Kraków 2009, wystąpienie: *Struktura składu ciała kobiet uczestniczących w wybranych formach aqua fitness*.

IV Konferencja Naukowa „Kultura fizyczna: stan i perspektywy”, Konin 2012, wystąpienie: *Motywy podejmowania aktywności fizycznej typu aqua aerobik przez kobiety*.

XI Międzynarodowa Konferencja Naukowa – AWF Poznań, Poznań 2012, wystąpienie: *Skład ciała kobiet uczestniczących w wybranych formach Aqua Fitness*.

XXI Międzynarodowa Konferencja „Aktywność ruchowa ludzi w różnym wieku”, Szczecin 2016, wystąpienie: *Motywy uczestnictwa w różnych formach aktywności fizycznej typu aerobic*.

VI Konferencja Naukowa „Kultura fizyczna: stan i perspektywy”, Konin 2016, wystąpienie: *Alternatywne formy nauczania pływania*.

Dodatkowa działalność środowiskowa

Instruktor, szkoleniowiec różnych form aqua fitnessu: SAF AQUA® Master Trainer, SAF AQUA Drums Vibes® Master Trainer, SAF AQUA® Baby Master Trainer, AcquaPole® Instructor Level 2, prezenterka i szkoleniowiec aqua fitnessu, specjalistka w dziedzinie hydrocyclingu, trener pływania II klasy, instruktorka koncepcji Halliwick, instruktorka fitnessu, Mental and Power Cycling Instructor, sędzia okręgowy pływania, ratowniczką WOPR.

ZAŁĄCZNIK 1. OŚWIADCZENIA

załącznik 9 do Wymogi dotyczące
przygotowania autoreferatów rozpraw
doktorskich

Mgr Katarzyna Sobczak
.....
Imię i nazwisko

Poznań, 12.04.2023
.....
Miejscowość, data

Dotyczy: postępowania w sprawie nadania mgr Katarzynie Sobczak stopnia doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu, w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.

Oświadczenie

Oświadczam, że mój wkład w powstanie publikacji wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej pana/i mgr Katarzyny Sobczak zatytułowanej:

1. **Assessment of respiratory function and aerobic capacity in postmenopausal women participating in water aerobics classes.** Trends in Sport Sciences, 28(3): 225-231, DOI: 10.23829/TSS.2021.28.3-7

polegał na: rekrutacji badanych, przeglądzie literatury, prowadzeniu programu treningowego, zbieraniu danych, przygotowaniu publikacji, wykonaniu tabel, akceptacji ostatecznej wersji manuskryptu

2. **The Effects of Nordic Walking With Poles With an Integrated Resistance Shock Absorber on Red Blood Cell Distribution and Cardiorespiratory Efficiency in Postmenopausal Women- A Randomized Controlled Trial.** Biology, 12 (2); 179, DOI: 10.3390/biology1202179

polegał na: przeglądzie literatury związanej z tematem badań, zbieraniu danych, przygotowaniu publikacji, wykonaniu tabel, akceptacji ostatecznej wersji manuskryptu.

3. **The Effects of 6-Month Aqua Aerobics Training on Cardiometabolic Parameters in Perimenopausal Women—A Randomized Controlled Trial.** Biology. 2023; 12(4):588. <https://doi.org/10.3390/biology12040588>

polegał na: rekrutacji badanych, przeglądzie literatury, prowadzeniu programu treningowego, zbieraniu danych, przygotowaniu publikacji, wykonaniu tabel, akceptacji ostatecznej wersji manuskryptu.

(Należy podać bardzo precyzyjnie opisany wkład merytoryczny w powstanie przedłożonej rozprawy doktorskiej).

Katarzyna Sobczak
.....
Podpis współautora/ki

Dr Krystian Wochna

Poznań, 12.04.2023

.....
Imię i nazwisko

.....
Miejscowość, data

Dotyczy: postępowania w sprawie nadania mgr Katarzynie Sobczak stopnia doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu, w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.

Oświadczenie

Oświadczam, że mój wkład w powstanie publikacji wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej pana/i mgr Katarzyny Sobczak zatytułowanej:

1. **Assessment of respiratory function and aerobic capacity in postmenopausal women participating in water aerobics classes.** Trends in Sport Sciences, 28(3): 225-231, DOI: 10.23829/TSS.2021.28.3-7

polegał na: pomocy w opracowaniu zasad treningu fizycznego, przygotowaniu manuskryptu, akceptacji ostatecznej wersji pracy

2. **The Effects of Nordic Walking With Poles With an Integrated Resistance Shock Absorber on Red Blood Cell Distribution and Cardiorespiratory Efficiency in Postmenopausal Women- A Randomized Controlled Trial.** Biology, 12 (2); 179, DOI: 10.3390/biology1202179

polegał na: przygotowaniu manuskryptu, akceptacji ostatecznej wersji pracy

3. **The Effects of 6-Month Aqua Aerobics Training on Cardiometabolic Parameters in Perimenopausal Women—A Randomized Controlled Trial.** Biology. 2023; 12(4):588. <https://doi.org/10.3390/biology12040588>

polegał na: pomocy w opracowaniu zasad treningu fizycznego, przygotowaniu manuskryptu, akceptacji ostatecznej wersji pracy

(Należy podać bardzo precyzyjnie opisany wkład merytoryczny w powstanie przedłożonej rozprawy doktorskiej).



.....
Podpis współautora/ki

Dr Krzysztof Pietrusik

Poznań, 12.04.2023

.....
Imię i nazwisko

.....
Miejscowość, data

Dotyczy: postępowania w sprawie nadania mgr Katarzynie Sobczak stopnia doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu, w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.

Oświadczenie

Oświadczam, że mój wkład w powstanie publikacji wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej pana/i mgr Katarzyny Sobczak zatytułowanej:

1. **Assessment of respiratory function and aerobic capacity in postmenopausal women participating in water aerobics classes.** Trends in Sport Sciences, 28(3): 225-231, DOI: 10.23829/TSS.2021.28.3-7

polegał na: pomoc w opracowaniu i realizacji procesu treningowego.

(Należy podać bardzo precyzyjnie opisany wkład merytoryczny w powstanie przedłożonej rozprawy doktorskiej).


.....
Podpis współautora/ki

Prof. dr hab.
Ryszard Strzelczyk

Poznań, 12.04.2023

.....
Imię i nazwisko

.....
Miejscowość, data

Dotyczy: postępowania w sprawie nadania mgr Katarzynie Sobczak stopnia doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu, w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.

Oświadczenie

Oświadczam, że mój wkład w powstanie publikacji wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej pana/i mgr Katarzyny Sobczak zatytułowanej:

1. **Assessment of respiratory function and aerobic capacity in postmenopausal women participating in water aerobics classes.** Trends in Sport Sciences, 28(3): 225-231, DOI: 10.23829/TSS.2021.28.3-7

polegał na: *konstrukcji i zatwierdzeniu ostatecznej wersji publikacji*

(Należy podać bardzo precyzyjnie opisany wkład merytoryczny w powstanie przedłożonej rozprawy doktorskiej).


.....
Podpis współautora/ki

Prof. AWF dr hab.
Katarzyna Domaszewska
.....
Imię i nazwisko

Poznań, 12.04.2023
.....
Miejscowość, data

Dotyczy: postępowania w sprawie nadania mgr Katarzynie Sobczak stopnia doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu, w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.

Oświadczenie

Oświadczam, że mój wkład w powstanie publikacji wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej pana/i mgr Katarzyny Sobczak zatytułowanej:

1. **Assessment of respiratory function and aerobic capacity in postmenopausal women participating in water aerobics classes.** Trends in Sport Sciences, 28(3): 225-231, DOI: 10.23829/TSS.2021.28.3-7

polegał na: stworzeniu koncepcji badań, doborze metod badawczych, zbieraniu danych, pomocy w analizie wyników badań, redakcji i nadzorze nad powstaniem publikacji, akceptacji ostatecznej wersji manuskryptu

2. **The Effects of Nordic Walking With Poles With an Integrated Resistance Shock Absorber on Red Blood Cell Distribution and Cardiorespiratory Efficiency in Postmenopausal Women- A Randomized Controlled Trial.** Biology, 12 (2); 179, DOI: 10.3390/biology1202179

polegał na: stworzeniu koncepcji badań, rekrutacji badanych, doborze metod badawczych, zbieraniu danych, pomocy w analizie wyników badań, redakcji i nadzorze nad powstaniem publikacji, akceptacji ostatecznej wersji manuskryptu.

3. **The Effects of 6-Month Aqua Aerobics Training on Cardiometabolic Parameters in Perimenopausal Women—A Randomized Controlled Trial.** Biology. 2023; 12(4):588. <https://doi.org/10.3390/biology12040588>

polegał na: doborze metod badawczych, pomocy w analizie wyników badań, redakcji i nadzorze nad powstaniem publikacji, akceptacji ostatecznej wersji manuskryptu

(Należy podać bardzo precyzyjnie opisany wkład merytoryczny w powstanie przedłożonej rozprawy doktorskiej).



.....
Podpis współautora/ki

załącznik 9 do Wymogi dotyczące
przygotowania autoreferatów rozpraw
doktorskich

Dr Paweł Nowinka

.....
Imię i nazwisko

Poznań, 12.04.2023

.....
Miejscowość, data

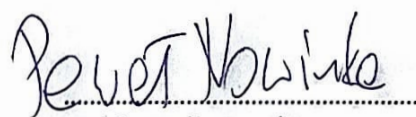
Dotyczy: postępowania w sprawie nadania mgr Katarzynie Sobczak stopnia doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu, w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.

Oświadczenie

Oświadczam, że mój wkład w powstanie publikacji wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej pana/i mgr Katarzyny Sobczak zatytułowanej:

- 1. The Effects of Nordic Walking With Poles With an Integrated Resistance Shock Absorber on Red Blood Cell Distribution and Cardiorespiratory Efficiency in Postmenopausal Women- A Randomized Controlled Trial. Biology, 12 (2); 179, DOI: 10.3390/biology1202179**
polegał na: Metodycznym opracowaniu badania kardiologicznego, wykonaniu oraz interpretacji wyników badań kardiologicznych, akceptacji ostatecznej wersji manuskryptu.

(Należy podać bardzo precyzyjnie opisany wkład merytoryczny w powstanie przedłożonej rozprawy doktorskiej).


.....
Podpis współautora/ki

Dr Katarzyna Antosiak-Cyrak

Poznań, 12.04.2023

.....
Imię i nazwisko

.....
Miejscowość, data

Dotyczy: postępowania w sprawie nadania mgr Katarzynie Sobczak stopnia doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu, w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.

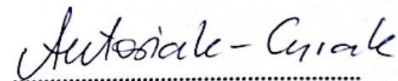
Oświadczenie

Oświadczam, że mój wkład w powstanie publikacji wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej pana/i mgr Katarzyny Sobczak zatytułowanej:

- 1. The Effects of 6-Month Aqua Aerobics Training on Cardiometabolic Parameters in Perimenopausal Women—A Randomized Controlled Trial. *Biology*. 2023; 12(4):588. <https://doi.org/10.3390/biology12040588>**

polegał na: udziale w napisaniu manuskryptu w zakresie znaczenia aktywności fizycznej w środowisku wodnym.

(Należy podać bardzo precyzyjnie opisany wkład merytoryczny w powstanie przedłożonej rozprawy doktorskiej).


.....
Podpis współautora/ki

ORIGINAL ARTICLE

TRENDS in
Sport Sciences

2021; 28(3): 225-231

ISSN 2299-9590

DOI: 10.23829/TSS.2021.28.3-7

Assessment of respiratory function and aerobic capacity in postmenopausal women participating in water aerobics classes

KATARZYNA SOBCZAK¹, KRYSZTOF PIETRUSIK¹, KRZYSZTOF PIETRUSIK¹,
RYSZARD STRZELCZYK², KATARZYNA DOMASZEWSKA³

Abstract

Introduction. Respiratory function is subject to the aging process, similarly to that of multiple other systems. Regular aquatic exercise favors physical development, and improves circulation and respiration, as well as overall health. **Aim of Study.** The purpose of the study was to assess the impact of a 12-week training program involving water aerobics on respiratory system function and aerobic capacity in post-menopausal women. **Material and Methods.** The study included 30 women (21 in the study group, 9 controls). Women in the study group participated in supervised water aerobics classes, twice a week for 3 months. At the beginning and end of the study, all the women underwent a spirometry test and an exercise test by an ergometer. **Results.** An analysis of changes after the training program demonstrated a significant increase of the maximal aerobic capacity in the study group ($p < 0.05$). No significant changes were found in spirometry indicators (VC) or airflow parameters in the large and small airways (MEF_{75} , MEF_{50}) following a 12-week water aerobics program. **Conclusions.** The implemented training program for healthy postmenopausal women did not improve the spirometry indicators studied, and the observed aerobic capacity increase likely resulted from improved circulatory and metabolic performance that determines an individual's exercise tolerance and health.

KEYWORDS: spirometry, postmenopausal women, maximum oxygen uptake.

Received: 24 April 2021

Accepted: 24 May 2021

Corresponding author: domaszewska@awf.poznan.pl

¹ Poznan University School of Physical Education, Laboratory of Swimming and Water Lifesaving, Poznan, Poland

² Poznan University of Physical Education, Department of Theory of Sport, Poznan, Poland

³ Poznan University School of Physical Education, Department of Physiology and Biochemistry, Poznan, Poland

Introduction

Health is a major component of the quality of life (QoL), especially in older individuals. In an aging society poor health and deteriorating QoL are major problems that interfere with an individual's functioning in the society. Maintenance of good health and QoL is the primary consideration for elderly individuals who undertake exercise [10].

Respiratory function, which is required for supplying oxygen to the muscles, is subject to the aging process, similar to that of multiple other systems. This process may have individually varying dynamics and health consequences and it is affected by multiple factors that may be beyond an individual's control. Lung aging results from physiological changes that occur in the body with age, the history of disease and environmental factors associated with lifestyle [22]. While total lung capacity (TLC) remains largely unchanged, residual volume (RV) increases, whereas vital capacity (VC) decreases with age. RV increases, while expiratory reserve volume (ERV) decreases in elderly patients. In (non-smoking) women older than 45 years peak expiratory flow (PEF) drops by approx. 2.5 mL/year. Forced expiratory volume in one second (FEV_1) decreases by 17.7 ± 1.4 mL/year on average in individuals aged 40-49, and by 37.1 ± 2.1 mL/year in those aged 60-79 [18].

In older age the metabolic cost of respiration increases both at rest and during exercise. This increases oxygen use, while its supply is restricted by lung aging, which in many cases leads to quick onset of dyspnea even with low-intensity exercise. In physically fit individuals this point moves towards greater exercise intensity [18].

Physical fitness is a product of multiple factors, including physiological, biochemical and psychological ones. Contributors to better fitness include good respiratory, circulatory and metabolic functions associated with muscular effort. Physical fitness changes as a result of training and is affected by an individual's sex and age. As women typically have a greater body fat percentage, smaller heart and lungs, as well as lower hemoglobin levels, their $VO_2\text{max}$ is approximately 10-12% lower than that of men. Greater physical fitness allows one to perform the same work with the same load at a lower energy expense. One parameter used in the assessment of the body's aerobic capacity is the maximum oxygen uptake ($VO_2\text{max}$). $VO_2\text{max}$ is largely determined by genetic factors and its most intensive development occurs by the age of 16 in girls and by the age of 20 in boys. The parameter then stabilizes until the age of 30, followed by a decrease by approx. 0.75% annually due to aging processes in the body. A rapid decrease, exceeding 20% per decade, is observed in individuals older than 70 years. The rate of this decrease depends on one's exercise levels and the $VO_2\text{max}$ value achieved by the age of 25-30. The parameter increases with endurance training, by up to 10-30%. Regardless of age, the greatest gain is observed in individuals with a low physical fitness level who are then subjected to guided physical training. In individuals with a high aerobic capacity, the $VO_2\text{max}$ increase with training may only reach several percent [1, 25].

Literature provides evidence for the positive impact of aquatic exercise on circulatory function [11, 12, 21]. If the chest is completely immersed in water during exercise, the work of respiratory muscles increases to overcome the resistance of water resulting from its density and hydrostatic pressure. Therefore, the impact of water aerobics training on the static and dynamic respiratory parameters occurs constantly, with the relevant spirometry parameters expected to change accordingly. Regular aquatic exercise favors physical development, improves circulation and respiration [4], as well as overall health [3, 26].

Aim of Study

The purpose of the present study was to determine the effectiveness of a 3-month training program involving

water aerobics in terms of improvement of respiratory function and aerobic capacity in post-menopausal women participating in the program as compared to controls.

Material and Methods

Participants

Subjects were recruited by advertisements in local media and at educational events and were qualified to participate in the project based on medical history and cardiology tests. The following exclusion criteria were applied (presence of at least one of the factors listed below): diseases of the locomotor system preventing independent movement, giant obesity, active or post cancerous disease (ongoing radiation or chemotherapy treatment), liver diseases ($ALT > 3 \times$ borderline) except for liver disease, chronic kidney disease ($eGFR < 30 \text{ mL}/1.73 \text{ m}^2/\text{min}$), acute inflammation ($CRP > 5 \text{ mg/dL}$), unstable ischaemic heart disease, after an ischaemic or haemorrhagic stroke (< 6 months), post-STEMI (ST-elevation myocardial infarction) women with a drug-eluting stent implantation, NSTEMI (non-ST-elevation myocardial infarction) (< 12 months), inherited metabolic disorders (phenylketonuria and galactosaemia), autoimmune diseases (an acute thyroiditis, celiac disease, systemic connective tissue disease, haemolytic anaemia, vitiligo, Addison's disease, hyperbilirubinaemia), non-specific enteritis (Crohn's disease and ulcerative colitis), psychological disorders, antibiotic therapy, steroid therapy (ongoing), drug and alcohol addiction (a daily consumption of more than 1 portion of alcohol).

The study included 52 women randomly assigned to the study group ($n = 26$) or the control group ($n = 26$). Randomization was performed by simple random allocation; all subjects' identifiers were sent to a person with no further relationship to the study, who performed the randomization blindly using a computer list. All subjects were Caucasian and specifically, belonged to the native Polish population from the Greater Poland region. The subjects were asked for the entire study period not to change their dietary habits and not to engage in any new physical activity beside that provided for in the study protocol. Individuals with chronic illnesses restricting their ability to engage in aquatic exercise or constituting a contraindication to spirometry were excluded from the study. Five women (study group) dropped out from the project due to non-completion of the minimum required number of training sessions. Seventeen women (control) withdrew during the study. Ultimately, the

Table 1. Participants' anthropometric characteristics

Group	Age (years)	Height (cm)	Weight – pre (kg)	Weight – post (kg)	Z	BMI – pre (kg/m ²)	BMI – post (kg/m ²)	Z
Study group (n = 21)	63.20 ± 4.72	158.05 ± 4.81	73.20 ± 22.11	72.01 ± 20.42	2.34*	28.93 ± 7.50	28.67 ± 7.22	1.73
Control group (n = 9)	64.07 ± 3.66	161.39 ± 6.58	74.81 ± 12.28	73.20 ± 12.01	1.96*	28.63 ± 3.83	28.12 ± 3.62	1.77

Data are presented as means ± standard deviations

* p < 0.05

analyses included 30 subjects (study group n = 21, control group n = 9). The groups were heterogeneous in terms of anthropometric characteristics, such as body weight, height and age (Table 1). All participants consented to participate in the study and were informed about its voluntary nature, objectives, benefits and course. The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and the National Statement and Human Research Ethics Guidelines, and approved by the IRB (Institute for Research in Biomedicine) at the Poznań University of Medical Sciences (2017-12-17; Ethics Approval Number 1224/17). The study was performed between April and October 2017 in an accredited endurance test laboratory of the Poznan University of Physical Education.

Anthropometric measurements, respiratory function and aerobic capacity testing

Anthropometric measurements and spirometry tests were performed twice, at the same time of day. The first tests were performed in January and the second – in June of the same year. Body weight and height was measured using a certified Radweg device (Radom, Poland), accurate to 0.01 kg for weight and 0.5 cm for height.

Pulmonary function test

Pulmonary function was evaluated by conventional spirometry using a spirometer (PDD-301/s, Piston, Budapest, Hungary). Direct evaluation was performed for lung volumes, capacities and flows through the procedures of Slow Vital Capacity (SVC) and Forced Vital Capacity (FVC) performed in this order at least three times each, in accordance with the standards of the American Thoracic Society (ATS) and the European Respiratory Society (ERS), with the patient in a seated position. Results were expressed as absolute values and as percentages of the reference predicted values from Pereira [16]. The SVC procedure was used to obtain vital capacity (VC). The FVC procedure allowed to determine forced expiratory volume in one second (FEV₁), FEV₁/FVC ratio, MEF₇₅, and MEF₅₀ [16].

Aerobic capacity evaluation

Aerobic capacity was assessed with the modified Astrand–Ryhming protocol to predict VO₂max using a Kettler DX1 Pro ergometer (Ense-Parsit, Germany), while heart rate (HR) was monitored using a Polar A-5 pulse meter (Polar Electro Oy, Kernpele, Finland) [5]. The predicted VO₂max was read from the nomogram [1, 2] or accompanying tables [2] and multiplied by both the Astrand and the von Döbeln age correction factors. These two predictions in L/min were then converted to mL/kg/min [2, 5].

Training program

The project lasted for 3 months, with training sessions twice a week. Exercises were performed in deep water and participants wore flotation belts, with no contact with the bottom of the pool. The trainer was in the pool as well, clearly demonstrating each exercise. Various types of resistance equipment were used [27]. A single unit of training was 45 minutes long. It included in sequence: warm up exercises, cardio warm up, the main aerobic and strengthening portion, and cool down (Table 2). The training program comprising 24 units was developed based on water aerobics method guidelines and adjusted to the participants' level of ability. Heart rate was measured using the Polar A-5 pulse meter (Polar Electro Oy, Kernpele, Finland) [17, 19, 28].

Statistical analysis

Descriptive data were expressed as mean values and SD. Distribution normality was tested using the Shapiro–Wilk test. In order to calculate the significance of changes in the parameters studied, the nonparametric test of pairs by Wilcoxon was performed. The significance of differences between the study and control groups was calculated using the Mann–Whitney U-test. Spearman's rank analysis was applied to calculate correlation coefficients. Findings were considered statistically significant at p < 0.05. The obtained results were analyzed statistically using the Dell Inc. (2016) Dell Statistica 13 software (Tulsa, Oklahoma, USA).

Table 2. Water aerobics program

Week / equipment	Part of the class	Exercises	Intensity	Frequency
	warm up (5 min)	<ul style="list-style-type: none"> walking in place arm exercises in multiple planes 		2 times per week
	cardio warm up (5 min)	<ul style="list-style-type: none"> running in place running in multiple directions arm exercises with multiple hand positions movement exercises in multiple directions 		
(1) no equipment	main portion	<ul style="list-style-type: none"> arm exercises in multiple directions and within different ranges (pushing, pulling) leg exercises (single and double leg raises, jumps, jumping jacks, scissors, grounded, elevated) coordination exercises lying front and lying back exercises position change exercises stretching and relaxing exercises 	40-50% HRR	
(2) long pool noodle	aerobic/		40-50% HRR	
(3) short pool noodle	strengthening		50-60% HRR	
(4) BEtomic	(30 min)		50-60% HRR	
(5) aquadisc			50-60% HRR	
(6) gloves			60-65% HRR	
(7) cuffs			60-65% HRR	
(8) happy flower	cool down		60-65% HRR	
(9) big wave bells	(5 min)		65-70% HRR	
(10) punches			65-70% HRR	

Results

The descriptive characteristics of the participants (study and control groups) are shown in Table 2. The circulatory and respiratory function and capacity parameters studied are given in Table 3. All the parameters studied were measured at the start of the training program and immediately after its completion, in line with measurement standards.

Table 3 shows changes in the parameters studied after the training program in the study group and in controls, as well as differences in the change rates between the two groups.

In both groups there was a decrease of body weight between the two tests ($p < 0.05$), without a significant change in BMI (Table 1). An intra-group analysis of changes after the training program demonstrated a significant increase of the maximal aerobic capacity in the study group ($p < 0.05$). No significant changes were found in spirometry indicators (VC) or airflow parameters in the large and small airways (MEF_{75} , MEF_{50}) following the 12-week water aerobics program (Table 3).

Spearman's R correlation analysis demonstrated a negative correlation between the post-training change in body

Table 3. Results of two exercise and spirometry tests for the study group and controls

Variable		Pre	Post	Z-value	Change
VO_2 max (mL/kg/min)	study group	30.69 ± 7.66	32.37 ± 7.81	2.80*	1.68 ± 2.56
	control group	27.31 ± 0.79	30.04 ± 5.80	1.48	2.73 ± 5.67
VC (L/min)	study group	2.88 ± 0.34	2.89 ± 0.38	1.50	0.22 ± 0.63
	control group	2.52 ± 0.44	2.52 ± 0.50	0.40	0.04 ± 0.21
FVC (L/min)	study group	2.82 ± 0.43	2.86 ± 0.42	0.23	0.05 ± 0.28
	control group	2.55 ± 0.42	2.72 ± 0.52	1.78	0.07 ± 0.08
FEV_1 (L/min)	study group	2.45 ± 0.34	2.41 ± 0.34	0.45	0.00 ± 0.18
	control group	2.21 ± 0.30	2.31 ± 0.42	0.31	0.02 ± 0.12
FVC/VC (L/min)	study group	85.74 ± 7.58	83.71 ± 4.82	0.68	-0.59 ± 7.71
	control group	86.70 ± 5.62	85.53 ± 8.11	0.94	-0.65 ± 7.87
MEF_{75} (L)	study group	5.50 ± 1.18	5.18 ± 1.02	1.48	0.16 ± 1.79
	control group	4.75 ± 0.59	5.36 ± 0.92	0.94	0.34 ± 0.95
MEF_{50} (L)	study group	3.63 ± 0.98	3.15 ± 0.72	1.48	-0.31 ± 0.72
	control group	3.60 ± 0.69	3.59 ± 0.88	0.94	-0.02 ± 0.44

Data are presented as means ± standard deviations

* $p < 0.05$

Table 4. Spearman's rank correlation coefficient for changes in selected anthropometric and spirometric parameters and changes in aerobic capacity in both groups

	$\Delta\text{VO}_2\text{max}$ study group	$\Delta\text{VO}_2\text{max}$ control group
Δ body weight	$r = -5.5411$ $p = 0.0113^*$	$r = 0.1000$ $p = 0.7980$
Δ VC	$r = -0.1000$ $p = 0.7227$	$r = -1.000$
Δ VT	$r = 0.0529$ $p = 0.8456$	$r = 0.3143$ $p = 0.5441$
Δ FVC	$r = -0.3029$ $p = 0.2541$	$r = -0.1429$ $p = 0.7872$
Δ FEV ₁	$r = -0.1912$ $p = 0.4781$	$r = -0.3714$ $p = 0.4685$
Δ FVC/VC	$r = -0.0265$ $p = 0.9225$	$r = 0.4857$ $p = 0.3287$
Δ MEF ₇₅	$r = -0.2265$ $p = 0.3990$	$r = -0.6000$ $p = 0.2080$
Δ MEF ₅₀	$r = -0.0486$ $p = 0.8582$	$r = 0.4286$ $p = 0.3965$

weight and the aerobic capacity in the study group only (Table 4).

Discussion

The purpose of the study was to evaluate the effectiveness of water aerobics training in terms of circulatory and respiratory function and aerobic capacity in healthy post-menopausal women. Endurance training improves respiratory system function by increasing chest mobility, respiratory muscle strength and the diffusing capacity of the lungs. This is associated with an increased ventilation to perfusion ratio and increased blood flow to the upper lungs. The strengthening of chest musculature with endurance training additionally contributes to better posture, as postural muscles are also strengthened. The respiration mechanism also becomes more economic, as the respiratory volumes increase while the respiratory rate decreases. In the present study no improvement of respiratory function was observed following a 12-week training program. The lack of effectiveness of aquatic training programs with a similar duration was already described by Janyacharoen et al., who found no change in the basic spirometry parameters (VC and FEV₁/VC) in their subjects [6].

The lack of statistically significant improvement in respiratory function is likely due to participants' good respiratory health. Out of the 30 women included in the project only 2 had moderate signs of restrictive

disease. Spectacular improvements of VC and FEV₁/VC following aquatic exercise were described in patients with obstructive and restrictive lung disease. Literature includes a number of cases where respiratory function did improve with aquatic endurance training. In Jung et al. there was a significant improvement of spirometry parameters in patients with spinal cord injury [7]. Lung function in patients with cervical spinal cord injury is mainly impaired due to respiratory muscle weakness, while in patients with chronic obstructive pulmonary disease — due to airway obstruction. In their study Nolasco et al. demonstrated that vitamin D supplementation was associated with improved spirometry parameters in post-menopausal women, irrespectively of participation in a water aerobics training program [14]. Song and Kim also observed an improvement in spirometry parameters in a group of patients with a history of stroke, participating in aquatic exercise as part of their physical therapy [23].

The benefits of aquatic exercise are evidenced by multiple studies, including that by Nuttamonwarakul. The study showed that aquatic exercise resulted in improved blood glucose and lipid levels and reduced cardiovascular risk in older patients with type 2 diabetes [15]. Neiva demonstrated that training of the same duration as that applied in the present study leads to increased muscular strength, especially with regard to upper extremity muscles. It also reduced body fat content and systolic blood pressure [13]. In their study Sarojini et al. reported that this type of training improved muscle flexibility and overall physical fitness [20]. In literature, there are also reports on the effectiveness of such training in terms of changing participants' lean body mass, muscle mass, and body fat weight [9]. Findings by multiple authors warrant the conclusion that aquatic exercise does contribute to better physical fitness and function in participants of various ages [8, 24]. In most cases fitness levels were evaluated indirectly, through aerobic capacity measurement, simple walking tests or the Senior Fitness Test.

In the present study the participants' aerobic capacity values increased independently of any changes in body weight. Both in the study group and in controls there was a statistically significant decrease in body weight. Therefore, it is likely that neither body weight nor respiratory function was the main contributor to the observed significant increase in aerobic capacity among the women studied. These findings warrant the conclusion that the circulatory and respiratory fitness of healthy older women engaging in water aerobics is modified by circulatory and metabolic changes in the muscles.

Conclusions

Exercise contributes to better health and physical fitness in individuals of various ages and various fitness levels. The aging process undoubtedly contributes to a decrease of the body's functional reserve and affects exercise tolerance. Aquatic exercise is safer than other proposed forms of exercise that are performed on land, as the aquatic environment is load-reducing, which prevents injuries. The implemented training program for healthy post-menopausal women did not improve the spirometry indicators studied, while the observed aerobic capacity increase likely resulted from improved circulatory and metabolic performance that determines an individual's exercise tolerance and health. Presumably, greater benefits in terms of spirometry parameters could be expected after water aerobics training in individuals with reduced respiratory function. Therefore, further research should concentrate on the analysis of the impact of this form of training on the respiratory functions of people with respiratory failure caused of the aging process, COPD, emphysema or changes caused by SARS-CoV-2 virus infection.

The limitation of the study is a small sample size, especially in the control group. The duration of the project between April and October resulted in exclusions from the study, because women participated in additional physical activity beyond the one carried out in the research project.

Conflict of Interests

The authors declare no conflict of interest.



References

1. Astrand I, Astrand PO, Hallbäck I, Kilbom A. Reduction in maximal oxygen uptake with age. *J Appl Physiol.* 1973;35(5):649-654. doi:10.1152/jappl.1973.35.5.649.
2. Astrand PO, Ryhming I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rates during submaximal work. *J Appl Physiol.* 1954;7:218-221. doi:10.1152/jappl.1954.7.2.218.
3. Becker B. Aquatic therapy: scientific foundations and clinical rehabilitation applications. *American PMR.* 2009;1:859-872. doi:10.1016/j.pmrj.2009.05.017.
4. Colado JC. Effects of aquatic resistance training on health and fitness in postmenopausal women. *Eur J Appl Physiol.* 2009;106(1):113-122. doi:10.1007/s00421-009-0996-7.
5. Gillett PA. Senior women's fitness project: a pilot study. *J Women Aging.* 1993;5(2):49-66.
6. Janyacharoen T, Kunbootsri N, Arayawichanon P, Chainansamit S, Sawanyawisuth K. Responses of six-weeks aquatic exercise on the autonomic nervous system, peak nasal inspiratory flow and lung functions in young adults with allergic rhinitis. *Iran J Allergy Asthma Immunol.* 2015;14(3):280-286.
7. Jung J, Chung E, Kim K, Lee BH, Lee J. The effects of aquatic exercise on pulmonary function in patients with spinal cord injury. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(5):707-709. doi:10.1589/jpts.26.707.
8. Kamalakkannan K, Suresh KM. Effect of land and shallow water aerobic exercises on selected physiological and biochemical variables of obese adult. *J Phys Educ Sport.* 2014; 14(4):532-536.
9. Kantyka J, Herman D, Rocznik R, Kuba L. Effects of aqua aerobics on body composition, body mass, lipid profile, and blood count in middle-aged sedentary women. *Hum Mov.* 2015;16(1):9-14. doi:10.1515/humo-2015-0020.
10. Kim JH, Kim DY. Aquarobic exercises improve the serum blood irisin and brain-derived neurotrophic factor levels in elderly women. *Exp Gerontol.* 2018;104: 60-65.
11. Kravitz L, Mayo JJ. The Physiological Effects of Aquatic Exercise: a brief review. *Nokomis: Aquatic Exercise Association;* 1997.
12. Michaud TJ, Rodriguez-Zayas J. Comparative exercise responses of deep water and treadmill running. *J Strength Condit.* 1995;9(2):104-109.
13. Neiva HP, Fail LB, Izquierdo M, Marques MC, Marinho DA. The effect of 12 weeks of water aerobics on health status and physical fitness: an ecological approach. *PLoS One.* 2018;13(5):e0198319. doi:10.1371/journal.pone.0198319.
14. Nolasco R, Moreira LD, Bocalini DS, Fronza FC, Marin RV, Lazaretti-Castro M. Effects of vitamin D supplementation on pulmonary function in postmenopausal women following an aquatic exercise program. *Arch Endocrinol Metab.* 2017;61(1):28-35. doi:10.1590/2359-3997000000211.
15. Nuttamonwarakul A, Amatyakul S, Suksom D. Twelve weeks of aqua-aerobic exercise improve health-related physical fitness and glycemic control in elderly patients with type 2 diabetes. *J Appl Exerc Physiol.* 2012;15(2):64-71.
16. Pereira CAC, Barreto SP, Simões JG, Pereira FWL, Gerstler JG, Nakatani J. Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira (Spirometry reference values in the Brazilian population). *J Pneumol.* 1992;18:10-12.
17. Pietrusik K, Apolinarska J, Sobczak K. Aqua fitness. *Poznań: AWF;* 2019 (in Polish).
18. Rossi A. Aging and the respiratory system. *Aging.* 1996; 8(3):143-161.

19. Sanders ME. YMCA Water Fitness for Health. Champaign: Human Kinetics; 2000.
20. Sarojini KA, Priya J, Devi RG. Effects of aerobics on health status and physical fitness: an ecological approach – a survey. *Drug Invention Today*. 2019;12(6):208-210.
21. Sechrist DM, Tiongco CG, Whisner SM, Geddie MD. Physiological effects of aquatic exercise in pregnant women on bed rest. *Occup Ther Health Care*. 2015; 29(3):330-339. doi:10.3109/07380577.2014.982314.
22. Sharma G, Goodwin J. Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. *Clin Interv Aging*. 2006;1(3):253-60. doi:10.2147/cia.2006.1.3.253.
23. Song J, Kim S. The effect of aquatic on the improvement of physical and pulmonary function after stroke. *J Korean Soc Phys Med*. 2009;21(2):15-22.
24. Tsourlou T, Benik A, Dipla K, Zafeiridis A, Kellis S. The effects of twenty four week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *J Strength Condit Res*. 2006;20(4):811-818. doi:10.1519/R-18455.1.
25. Von Döbeln W, Astrand I, Bergström A. An analysis of age and other factors related to maximal oxygen uptake. *J Appl Physiol*. 1967;22(5):934-938. doi:10.1152/jappl.1967.22.5.934.
26. Wilcock IM, Cronin JB, Hing WA. Physiological response to water immersion. *Sports Med*. 2006;36(9):747-765. doi:10.2165/00007256-200636090-00003.
27. Wochna K, Nowak A, Huta-Osiecicka A, Sobczak K, Kasprzak Z, Leszczyński P. Bone mineral density and bone turnover markers in postmenopausal women subjected to an aqua fitness training program. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(14):2505. doi:10.3390/ijerph16142505.
28. Zeitvogel M, Müller E. *Aqua-Training: Übungen und Programme*. Hamburg: Rowohlt; 1992.

Article

The Effects of Nordic Walking with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on Red Blood Cell Distribution and Cardiorespiratory Efficiency in Postmenopausal Women—A Randomized Controlled Trial

Katarzyna Sobczak ^{1,*}, Paweł Nowinka ², Krystian Wochna ¹  and Katarzyna Domaszewska ^{3,*} 

¹ Laboratory of Swimming and Water Lifesaving, Faculty of Sport Sciences, Poznan University of Physical Education, Królowej Jadwigi Street 27/39, 61-871 Poznań, Poland

² Department of Cardiology-Pulmonology, Heliodor Swiecicki University Hospital, Poznan University of Medical Sciences, 61-701 Poznań, Poland

³ Department of Physiology and Biochemistry, Faculty of Health Sciences, Poznan University of Physical Education, Królowej Jadwigi Street 27/39, 61-871 Poznań, Poland

* Correspondence: ksobczak@awf.poznan.pl (K.S.); domaszewska@awf.poznan.pl (K.D.); Tel.: +48-(61)-835-51-90 (K.D.)



Citation: Sobczak, K.; Nowinka, P.; Wochna, K.; Domaszewska, K. The Effects of Nordic Walking with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on Red Blood Cell Distribution and Cardiorespiratory Efficiency in Postmenopausal Women—A Randomized Controlled Trial. *Biology* **2023**, *12*, 179. <https://doi.org/10.3390/biology12020179>

Academic Editors: Gianpiero Greco, Filip Kukić and Katie M. Heinrich

Received: 7 December 2022

Revised: 18 January 2023

Accepted: 20 January 2023

Published: 23 January 2023



Copyright: © 2023 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/>).

Simple Summary: During the ageing process, a number of changes in body systems and structures occur. Age-related reduction in exercise capacity is manifested by a rapid development of fatigue and reduced exercise activity. Independent authors have confirmed the adverse prognostic value of red blood cell distribution width (RDW-CV), both as an independent factor and in correlation with other parameters, in heart failure, coronary heart disease and myocardial infarction, and chronic obstructive pulmonary disease (COPD). Physical exercise, which can be used by people of all ages as a therapeutic method, improves and helps to maintain cardiorespiratory fitness and fatigue tolerance and is a means to maintain the health and functional performance of older people. Different types of physical exercise result in different post-training adaptations. There is increasing research on the positive impact of combined endurance and resistance training on physiological parameters and health. The aim of our study was to examine the impact of Nordic walking training with classic poles (NW) and NW training with poles with an integrated resistance shock absorber (NW with RSA) on RDW-CV levels and to assess correlations between RDW-CV levels and cardiorespiratory performance in postmenopausal women.

Abstract: Background: Age-related reduction in exercise capacity is manifested by a rapid development of fatigue. Research confirmed the adverse prognostic value of red blood cell distribution width (RDW-CV), an independent factor in heart failure, coronary heart disease and myocardial infarction. Physical exercise improves and helps to maintain cardiorespiratory fitness. The aim of our study was to examine the impact of 8 weeks' Nordic walking training with classic poles (NW) and NW training with poles with an integrated resistance shock absorber (NW with RSA) on RDW-CV levels and to assess correlations between RDW-CV levels and cardiorespiratory performance in postmenopausal women. Methods: In this study, 32 postmenopausal women (NW-16, NW with RSA-16) participated in eight weeks of walking training. The mean age of women was 66.56 ± 4.23 year. and BMI 26.99 ± 3.86 kg/m². At the beginning and at the end of the study, spirometry and exercise tests were performed. Haematological parameters were determined in the venous blood. Results: Statistical analysis of differences in post-training changes in the parameters between the groups studied showed a significant difference in change in body weight (Δ body weight) ($p < 0.05$; ES: 0.778), BMI (Δ BMI) ($p < 0.05$; ES: 0.778), waist circumference (Δ WC) ($p < 0.05$; ES: 1.225) and (Δ RDW-SD) ($p < 0.05$; ES: 1.215). There were no changes in electrocardiographic and spirometric parameters. Conclusions: Based on the findings from the present study, it can be assumed that endurance and resistance exercise can significantly reduce disease severity and mortality. A clinical analysis of RDW levels, together with other cardiological and biochemical parameters, can provide practical prognostic information relating to cardiovascular disease, mortality risk and treatment outcomes.

Keywords: menopause; red blood cell distribution; echocardiogram; spirometry; maximal oxygen uptake

1. Introduction

During the ageing process, a number of changes in body systems and structures occur. They result in progressive loss of physiological reserve, a process known as homeostenosis, which makes older people more susceptible to disease. The age-related reduction in exercise capacity is manifested by a rapid development of fatigue and reduced exercise activity. The impaired cardiorespiratory fitness observed in older people, including our study participants, undoubtedly results from age-related changes in left ventricular filling, left atrial hypertrophy, prolonged contraction and relaxation of the left ventricle and reduced inotropic, chronotropic and bathmotropic responses to β -adrenergic stimulation [1,2]. As regards the respiratory system, a reduction in forced expiratory volume in one second (FEV_1), forced vital capacity (FVC) and respiratory muscle strength and an increase in residual volume (RV) can be observed. Moreover, partial oxygen pressure (PaO_2) decreases (according to the following formula: $100 - (0.32 \times \text{age})$) as a result of poor matching between pulmonary ventilation and alveolar perfusion [3,4]. The reduced oxygen consumption capacity observed in older people can also be a consequence of the age-related reduction in bone marrow capacity and anaemia of the elderly. Sarcopenia and reduced muscle mitochondrial capacity lead to impaired muscle strength and endurance. Reduced oxygen uptake and utilisation at rest and during physical activity results in reduced effectiveness of aerobic muscle metabolism and occurrence of the negative effects of anaerobic adenosine triphosphate (ATP) resynthesis [5,6]. The mechanism of hypoxia is of interest to many researchers due to its significant impact on the body's metabolic processes and lifespan. Changes associated with the natural ageing process accumulate, leading to cellular and tissue dysfunction and failure. Age-related anatomical and physiological changes impair the functioning of the entire body.

Cardiovascular disease is the leading cause of death in Poland, accounting for 46% of all deaths. This is a similar rate to that seen in other European countries. The problem today is Poland's high incidence of cardiovascular diseases—it is 50% higher compared to western European countries [7,8]. Prognostic indicators for poor outcomes in patients with heart disease include: low left ventricular ejection fraction (LVEF), tachycardia, hypotension, low maximal oxygen uptake (VO_{2max}), age, ischaemic myocardial damage, high serum N-terminal pro-brain natriuretic peptide (NT-proBNP) levels, renal failure, diabetes and anaemia [9,10]. In addition, recent years have witnessed increasing focus placed on the prognostic value of RDW-CV in assessing morbidity risk [11,12]. The greater the anisocytosis (i.e., variation in the size of red blood cells), the higher the RDW-CV values. Independent authors have confirmed the adverse prognostic value of RDW-CV, both as an independent factor and in correlation with other parameters, in heart failure [13,14], coronary heart disease [15,16] and myocardial infarction [17,18]. RDW-CV has also been used to monitor patients with ischaemic stroke [19,20], chronic obstructive pulmonary disease [21,22] and renal failure [23,24]. RDW-CV values $>14.5\%$ have been found to be associated with poor prognosis in patients with these conditions. In clinical studies, elevated RDW-CV levels were found to be highly correlated with such factors as age and sex. Increased anisocytosis is more common in older people, especially women [23,25,26].

Numerous prospective and retrospective studies have shown that changes in the size of red blood cells have a major impact on the severity of cardiovascular diseases caused by changes in blood flow through blood vessels. The changes are more pronounced in obese patients with lipid disorders. Ananthaseshan et al. found in their study that changes in blood flow caused by erythrocyte anisocytosis lead to interactions between morphotic elements and the vascular endothelium, which results in overexpression of adhesive molecules and development of inflammation in the vascular wall [27]. Most

clinical complications associated with high RDW-CV levels result from atherothrombotic events caused by platelet activation. Therefore, therapeutic weight loss, improvement of lipid profile and reduction of inflammation should reduce RDW-CV levels and thus improve cardiorespiratory fitness in older people, including our study participants [28].

Physical exercise, which can be used by people of all ages as a therapeutic method, improves and helps to maintain cardiorespiratory fitness and fatigue tolerance and is a means to maintain the health and functional performance of older people. Statistics show that by 2035, the proportion of people aged over 65 will have increased by approximately 10%, which will probably result in an increase in the social costs relating to the treatment and rehabilitation of older patients with chronic conditions. Therefore, maintaining the health and functional performance of older people is important [29,30]. It should be noted that a lack of physical activity is the fourth leading risk factor for mortality worldwide. Data show that approximately one-third of the global adult population are physically inactive [31,32]. There is increasing evidence for the importance of different forms of physical activity as effective geroprotective interventions. The intensity and type of exercise should be tailored to each individual's health and exercise tolerance. Different types of physical exercise result in different post-training adaptations. Endurance training improves cardiorespiratory fitness, just as resistance training reduces blood pressure, improves lipid profile and helps to restore and maintain muscle mass and physical fitness in older age. There is increasing research on the positive impact of combined endurance and resistance training on physiological parameters and health [33,34].

One of the new forms of training is NW with RSA, which combines aerobic and strength training. An elastic tape between two permanent elements in poles with a resistance shock absorber (RSA) provides additional resistance by increasing the overall intensity of exercise. In their study, Marciniak et al. showed that compared with NW training with traditional poles, NW training with RSA poles improves muscle strength and endurance through increased activity of the muscles directly involved in the exercise and an approximately 20% higher exercise oxygen consumption [35,36].

The aim of the study was to examine the impact of NW training with classic poles (NW) and NW training with poles with an integrated resistance shock absorber (NW with RSA) on RDW-CV levels and to assess correlations between RDW-CV levels and cardiorespiratory performance, echocardiography and spirometry parameters in postmenopausal women. A literature review indicates that this is the first study to examine such correlations.

2. Materials and Methods

2.1. Participants

Initially, 50 women aged 60–75 were recruited for the study based on their medical history and cardiology tests. The cardiological assessment involved taking the candidates' medical history, including history of cardiovascular disease and medication, blood pressure measurement, a 12-lead electrocardiogram and echocardiogram examination. The inclusion criteria for the study project were normal blood pressure, BMI < 30 kg/m², age over 60 years, and postmenopausal period. The following exclusion criteria were applied (presence of at least one of the factors listed below): diseases of the locomotor system preventing independent movement, morbid obesity, active or post cancerous disease (ongoing radiation or chemotherapy treatment), liver diseases (ALT > 3 × borderline), chronic kidney disease (eGFR < 30 mL/1.73 m²/min), acute inflammation (CRP > 5 mg/dL), unstable ischaemic heart disease, after an ischaemic or haemorrhagic stroke (<6 months), post-STEMI (ST-elevation myocardial infarction) women with a drug-eluting stent implantation, NSTEMI (non-ST-elevation myocardial infarction) (<12 months), respiratory diseases (chronic obstructive pulmonary disease (COPD), pulmonary hypertension), inherited metabolic disorders (phenylketonuria and galactosaemia), autoimmune diseases (celiac disease, systemic connective tissue disease, haemolytic anaemia, vitiligo, Addison's disease, hyperbilirubinaemia), non-specific enteritis (Crohn's disease and ulcerative colitis), psychological disorders, antibiotic therapy, steroid therapy (ongoing), drug and alcohol

addiction (a daily consumption of more than 1 portion of alcohol). The research project was a randomized controlled trial (RCT study). After the initial qualification ($n = 10$), women were resigned from participation in the research project. On the first date, 40 women turned up for the study. Randomisation was performed as simple random allocation; each subject's identifier was forwarded to a person who was not involved in the conduct of the study, and who performed blinded randomisation using a computer list. The researchers asked participants to maintain their current diet and physical activity levels. On the second date, 32 women (NW-16, NW with RSA-16) came forward for testing. Five women did not participate in the required number of training sessions (<80%), and three women started participating in additional physical activity during the study design period.

The Institute for Research in Biomedicine (IRB) at the University of Poznan Medical School has given its approval for the study (7 February 2019; Ethics Approval Number: 245/19). The study was conducted according to the Declaration of Helsinki and the National Statement and Human Research Ethics Guidelines. Respondents were informed of the details of the research programme and the possibility of opting out at any stage. Written consent was obtained from each subject.

2.2. Anthropometric Measurements

All measured parameters were evaluated both at baseline and after exercise intervention. A standard measuring technique was used to take anthropometric measurements; height was measured with an anthropometer (accuracy ± 1 mm) and body weight was measured with a digital scale (± 100 g) with the use of the WPT 60/150 OW medical scales (Radwag[®], Radom, Poland). BMI and body fat mass (FAT) were determined using the bioimpedance method (BIA) (TANITA MC-980MA, Tokyo TANITA, Japan). In the analysis, the manufacturer's suggestions regarding accuracy and correctness of measurements were applied. Waist circumference was measured horizontally using a tape measure with a measurement accuracy of 1 cm.

2.3. Exercise Test

The surveys were conducted between the 13 of February 2019 and the 17 of April 2019 in the morning. The exercise test was performed in a certified exercise laboratory 2 h after breakfast. The breakfast was the same for all female participants in terms of calories and composition. Maximal oxygen uptake was assessed using the modified Astrand-Rhyming protocol with the use of the Kettler DX1 Pro ergometer (Ense-Parsit, Germany), whereas heart rate (HR) was monitored using the Polar A-5 pulse meter (Polar Electro Oy, Kernepele, Finland) [37]. The predicted $\text{VO}_{2\text{max}}$ was read from the nomogram (Astrand 1954) or accompanying tables and multiplied by the Astrand and von Döbeln age correction factors [38].

2.4. Pulmonary Function Test

The pulmonary function was carried out by conventional spirometry using a spirometer (Cosmed, Rome, Italy). Direct evaluation was performed for lung volumes, capacities and flows through the procedures of Slow Vital Capacity (SVC) and Forced Vital Capacity (FVC) in accordance with the standards of the American Thoracic Society (ATS) and the European Respiratory Society (ERS), with the patient in a seated position [39]. Spirometric examinations were carried out twice, i.e., at the beginning of the follow-up and at the end of the follow-up. Results of vital capacity (VC), ratio of the forced expiratory volume in the first one second to the forced vital capacity of the lungs (FEV_1/FVC), maximal expiratory flow at 75%, 50%, and 25% of the FVC (MEF_{75} , MEF_{50} and MEF_{25}) are shown as % of reference value [40].

2.5. Resting Transthoracic Echocardiogram

Echocardiogram examination was carried out using the General Electric VIVID T8 (General Electric Medical Systems, Vivid T8 Pro, Haifa/Israel) with a 1–4 MHz transducer.

The study protocol included assessment of heart chambers and heart function in accordance with the recommendations of the European Association of Echocardiography [41]. The hemodynamic parameters for heart valve flow were measured using continuous and pulsed-wave Doppler. In addition, septal and lateral mitral annular velocities were measured in an apical four-chamber view using tissue Doppler imaging. The following parameters were determined: peak A: late diastolic mitral inflow velocity (A), peak E: early diastolic mitral inflow velocity (E), and peak E': early diastolic mitral annular velocity (E'). The E/E' and E/A ratios were then calculated using the values obtained. Blood pressure at baseline and 8 weeks was measured using an automated device by a cardiologist.

2.6. Morphological Blood Test

On each of the test dates, 10 mL of venous blood samples were taken from the ulnar vein at rest (fast for 12 h before a blood test; 7:00 a.m.) using an S-Monovette syringe (Sarstedt, Nümbrecht, Germany). Haemoglobin (HGB) concentration, haematocrit (HCT) value, total erythrocyte count (RBC), leukocyte count (WBC), red cell distribution width-coefficient of variation (RDW-CV) were measured immediately after blood collection and the samples were analysed with the use of the MYTHIC 18[®] haematology analyser (PZ Cormay SA, Lomianki, Poland).

2.7. Training Programme

The training program was created based on the American College of Sports Medicine (ACSM) guidelines for older people in good health condition and lasted 8 weeks (16 training sessions, twice a week). Women were assigned to two groups based on the type of poles used: classic poles (NW group) and RSA poles (RSA group). The RSA group used poles with an integrated RSA with an elastic resistance of 4 kg (Slimline Bungy Pump, Sports Progress International AB, Västernorrland, Sweden). Both groups of women, participated in training sessions at the same time under the supervision of a qualified physiotherapist certified to conduct gymnastics for the elderly with appropriate qualifications from the International Nordic Walking Association. Each training session began with a warm-up that lasted 10–15 min. Then, the women performed walking training over a distance of approximately 4 km. After each half of the planned distance (approximately 1.7–2.2 km, at a pace of approximately 1 km per 10 min), participants performed strength exercises and balance training (15 min). During the training program, the walking distance gradually increased, from 3.5 to 4.5 km with speed of approximately 1.5 km/15 min. Exercise intensity was measured using a heart rate monitor (Polar Electro Oy, Kernpele, Finland) and increased from 50% to 70% HRR. The training took place in a city park; the subjects walked along the inner lanes of the park, on varied ground. The training programme has been described in two earlier publications [35,36].

2.8. Statistical Analysis

Group size was calculated based on value of VO_{2max} results from the Madden et al. publication, which is methodologically similar to our project [42]. After calculations using a power (1-beta probability of error) of 95%, an effect size of 0.90 and an alpha error of 0.05 (two-sided), seven female participants were allocated to each group (four NW and four NW with RSA), ensuring equal allocation between groups. Therefore, the study started with 32 women randomly divided between the NW ($n = 16$) and NW with RSA ($n = 16$) groups. The Shapiro-Wilk test was used to calculate the normality of the data distribution. For variables with non-normal distributions, the Mann-Whitney U test and Wilcoxon test were used to assess the significance of differences between groups and study dates, respectively. Spearman rank analysis was used to calculate correlation coefficients. For significant changes, effect size (ES), according to Cohen's criteria, an effect size ≥ 0.20 and < 0.50 was considered small, an effect size ≥ 0.50 and < 0.80 was considered medium and an effect size ≥ 0.80 was considered large [43]. Dell Statistica software (version 13, software.dell.com, Dell Inc., Round Rock, TX, USA) was used for calculations. Data

are presented as means and standard deviations (SD). Statistical significance was set at $p \leq 0.05$.

3. Results

Ultimately, the results of 32 patients were statistically analysed. The detailed anthropometric characteristics and maximal oxygen uptake of the participants are shown in Table 1. Statistical analysis of the anthropometric parameters studied, as measured on the first test date, showed a significant difference in body weight ($p < 0.05$; ES: 0.734) between the groups studied.

Table 1. The anthropometric characteristics and maximal oxygen uptake of the groups subjected to the study.

	NW (<i>n</i> = 16)			NW with RSA (<i>n</i> = 16)		
	Baseline	9 Weeks	<i>p</i> -Value	Baseline	9 Weeks	<i>p</i> -Value
Age (year)	65.04 (4.01)			67.62 (4.29)		
Age of menopause (year)	51.06 (4.68)			49.25 (4.34)		
Body weight (kg)	66.61 (10.42)	67.23 (11.04)	0.3636	74.49 (11.18)	73.59 (10.95)	0.0083 (ES: 0.981)
Body height (cm)	160.93 (6.00)			162.19 (4.14)		
BMI (kg/m ²)	25.68 (3.37)	25.92 (3.70)	0.3823	28.31 (3.96)	27.97 (3.36)	0.0124 (ES: 0.167)
FAT (%)	35.32 (4.51)	34.66 (4.07)	0.7563	37.97 (4.52)	37.85 (4.66)	0.5407
WC (cm)	82.66 (9.22)	81.67 (8.71)	0.0504	87.82 (9.53)	84.86 (8.82)	0.0052 (ES: 0.322)
VO _{2max} (mL/kg/min)	28.19 (4.79)	32.77 (5.04)	0.0011 (ES: 0.932)	28.20 (4.44)	30.57 (4.45)	0.0262 (ES: 0.533)

Data are presented as mean (SD), BMI—body mass index, FAT—body fat mass, WC—waist circumference, VO_{2max}—maximal oxygen uptake.

NW training with RSA poles resulted in a significant change in body weight, BMI, waist circumference and VO_{2max} ($p < 0.05$), whereas in the case of NW training with classic poles, a significant change was only observed for VO_{2max} ($p < 0.05$). Statistical analysis of differences in post-training changes in the parameters analysed between the groups studied showed a significant difference in change in body weight (Δ body weight) ($p < 0.05$; ES: 0.778), BMI (Δ BMI) ($p < 0.05$; ES: 0.778) and waist circumference (Δ WC) ($p < 0.05$; ES: 1.225).

The echocardiogram tests performed showed that none of the participants had significant valvular disease (Table 2). In all the participants, left ventricular contractility was over 50% and remained normal. An analysis of left ventricular diastolic function parameters, as measured with an echocardiogram, showed a statistically significant decrease in A-wave velocity ($p < 0.05$; ES: 0.352) and the E/A ratio ($p < 0.05$; ES: 0.301) in women participating in NW training with classic poles. A decrease in A-wave velocity and an increase in the E/A ratio are associated with deteriorating diastolic function and increasing filling pressure of the left ventricle. However, it would be unreasonable to conclude that the training resulted in a decrease in diastolic function in the participants. The tests were performed after an 8-week training programme and the changes in A-wave velocity may be temporary. Statistical analysis of post-training changes (Δ) in the cardiological parameters analysed showed no significant differences between the groups.

Table 2. The echocardiogram examination parameters and blood pressure of the groups subjected to the study.

	NW (<i>n</i> = 16)			NW with RSA (<i>n</i> = 16)		
	Baseline	9 Weeks	<i>p</i> -Value	Baseline	9 Weeks	<i>p</i> -Value
E (cm/s)	0.64 (0.13)	0.64 (0.10)	0.9499	0.69 (0.16)	0.64 (0.17)	0.3343
A (cm/s)	0.83 (0.16)	0.77 (0.18)	0.0144 (ES: 0.352)	0.81 (0.18)	0.78 (0.15)	0.2343
E/A	0.81 (0.29)	0.91 (0.37)	0.0328 (ES: 0.301)	0.89 (0.32)	0.83 (0.26)	0.4432
E' (cm/s)	0.08 (0.02)	0.08 (0.03)	0.6121	0.08 (0.02)	0.08 (0.02)	0.1423
E/E'	8.09 (2.26)	8.09 (2.31)	0.8261	9.02 (2.26)	8.79 (2.65)	0.9547
SBP (mmHg)	127.81 (9.83)	126.67 (6.99)	0.5563	128.44 (8.11)	133.12 (9.29)	0.0559
DBP (mmHg)	77.50 (5.48)	78.00 (4.93)	0.6378	78.12 (5.12)	80.31 (2.87)	0.1925

Data are presented as mean (SD), A—peak A late diastolic mitral inflow velocity, E—peak E early diastolic mitral inflow velocity, E'—peak E' early diastolic mitral annular velocity, SBP—systolic blood pressure, DBP—diastolic blood pressure.

As regards the haematological parameters analysed, a statistically significant difference was observed between the groups in RBC counts ($p < 0.05$; ES: 0.679) and RDW-CV values ($p < 0.05$; ES: 1.248), as measured on the first test date. The two forms of training used in the project resulted in a decrease in WBC counts ($p < 0.05$) and haematocrit values ($p < 0.05$). Moreover, in the case of the 'NW with RSA' group, a decrease in red blood cell count, red cell distribution width-coefficient of variation and red cell distribution width-standard deviation was observed ($p < 0.05$). The only significant difference between the groups in terms of post-training changes in the haematological parameters analysed was the difference in change in red cell distribution width-standard deviation (Δ RDW-SD) ($p < 0.05$; ES: 1.215) (Table 3).

Table 3. Basic characteristics of haematological parameters of women subjected to an eight-week NW and NW with RSA training programme.

	NW (<i>n</i> = 16)			NW with RSA (<i>n</i> = 16)		
	Baseline	9 Weeks	<i>p</i> -Value	Baseline	9 Weeks	<i>p</i> -Value
WBC (10^9 /L)	6.46 (1.43)	5.56 (1.26)	0.0002 (ES: 0.668)	6.09 (1.09)	5.54 (1.15)	0.0199 (ES: 0.491)
RBC (10^{12} /L)	4.37 (0.23)	4.34 (0.24)	0.5321	4.60 (0.42)	4.51 (0.42)	0.0121 (ES: 0.214)
HGB (mmol/L)	8.52 (0.39)	8.59 (0.36)	0.3635	8.64 (0.57)	8.59 (0.61)	0.2213
HCT (%)	39.34 (1.80)	38.41 (1.66)	0.0309 (ES: 0.537)	39.94 (2.69)	38.51 (2.88)	0.0019 (ES: 0.513)
RDW-CV (%)	12.41 (0.54)	12.33 (0.47)	0.7174	13.09 (0.55)	12.70 (0.62)	0.0146 (ES: 0.665)
RDW-SD (fl)	40.87 (1.77)	39.78 (2.18)	0.0787	41.14 (1.61)	38.46 (1.69)	0.0008 (ES: 1.624)

Data are presented as mean (SD), WBC—white blood cell count, RBC—red blood cell count, HGB—haemoglobin concentration, HCT—haematocrit value, RDW-CV—coefficient of variation red blood cell distribution width, RDW-SD—standard deviation of red blood cell distribution width.

The spirometric assessment of the participants showed that none of them had reduced respiratory fitness. The groups were homogenous in terms of the variables analysed. Moreover, no statistically significant differences were observed between the groups in post-training changes (Δ) in the parameters analysed. In the case of NW training with RSA poles, the only significant change observed in the parameters analysed was the significant increase in the FEV₁/VC ratio ($p < 0.05$; ES: 0.679) (Table 4).

Table 4. Spirometry parameters of women subjected to an eight-week NW and NW with RSA training programme.

	NW (<i>n</i> = 16)			NW with RSA (<i>n</i> = 16)		
	Baseline	9 Weeks	<i>p</i> -Value	Baseline	9 Weeks	<i>p</i> -Value
%VC (%)	102.88 (18.43)	109.91 (19.75)	0.8509	112.97 (12.92)	115.92 (16.44)	0.0619
FEV ₁ /VC (%)	106.67 (11.87)	110.04 (6.77)	0.1961	105.51 (8.59)	110.81 (6.67)	0.0019 (ES: 0.679)
%MFE 75 (%)	92.24 (23.37)	93.42 (27.03)	0.9749	94.24 (21.64)	93.71 (19.28)	0.6949
%MFE 50 (%)	96.12 (27.08)	96.85 (26.38)	0.7298	93.87 (30.67)	93.25 (26.43)	0.6949
%MFE 25 (%)	98.06 (38.15)	107.79 (32.81)	0.1401	96.31 (28.16)	106.83 (30.72)	0.0843

Data are presented as mean (SD), VC—vital capacity, FEV₁—forced expiratory volume in one second, MFE 75, 50, 25—Maximal Expiratory Flow.

In the first period of the study (at the beginning of the training), a correlation was observed between RDW-CV and VO_{2max} ($r = 0.4779$, $p < 0.05$) and between RDW-SD and WC ($r = 0.3691$, $p < 0.05$). As regards spirometric parameters, relationships were found between the FEV₁/VC ratio and body weight ($r = 0.4524$, $p < 0.05$), between the FEV₁/VC ratio and BMI ($r = 0.5048$, $p < 0.05$), between MEF 50% and body weight ($r = 0.5264$, $p < 0.05$), between MEF 50% and BMI ($r = 0.5113$, $p < 0.05$) and between MEF 50% and WC ($r = 0.4433$, $p < 0.05$). An analysis of the results of the cardiological assessment of the participants showed a relationship between E1 and body weight ($r = -0.4834$, $p < 0.05$), between E1 and BMI ($r = -0.4263$, $p < 0.05$), between E1 and WC ($r = -0.4772$, $p < 0.05$) and between the E/E' ratio and WC ($r = 0.3953$, $p < 0.05$). An analysis of post-training changes within the groups studied showed a relationship between change in VO_{2max} (Δ VO_{2max}) and change in the E/E' ratio (Δ E/E') ($r = -0.5750$, $p < 0.05$) and between change in A (Δ A) and change in E' (Δ E') ($r = 0.5438$, $p < 0.05$).

4. Discussion

In this randomised controlled study, we analysed the impact of two types of NW training, namely, NW training with classic poles and NW training with poles with an integrated resistance shock absorber (RSA), on RDW levels in postmenopausal women. We also analysed changes in the cardiorespiratory performance and aerobic capacity of the women studied. We found that both types of NW training were effective in improving aerobic fitness. However, NW training with RSA poles was more effective in terms of changes in such parameters as body weight, BMI, WC and the FEV₁/VC ratio and in terms of reducing the level of erythrocyte anisocytosis.

RDW-CV is a morphotic parameter that is commonly measured as part of a routine clinical examination. It can provide prognostic information for cardiovascular disease at no additional cost. Findings from studies relating to the impact of physical exercise on reduction in RDW-CV levels can be equivocal. This is because anisocytosis can be caused by inflammation, oxidative stress or impaired iron absorption [12,28]. In older age, decline in physiological reserve and sarcopenia lead to reduced muscle regeneration capacity and chronic inflammation. Regular physical activity reduces inflammation and limits anisocytosis, thus reducing the risk of cardiac events caused by abnormalities in erythrocyte size [44]. Veeranna et al. studies have shown that a decrease in RDW-CV levels is associated with reduced severity of coronary heart disease and mortality in heart patients, independently of the levels of biochemical inflammation markers (CRP) [45].

The results of the present study showed a statistically significant decrease (by 3%) in RDW-CV levels in the group participating in NW training with RSA poles ($p < 0.05$; ES: 0.665), which probably resulted from the significant reduction in body weight ($p < 0.05$; ES: 0.981) and excessive abdominal adiposity ($p < 0.06$; ES: 0.322) observed following the endurance and resistance training programme. Moreover, we found a relationship between RDW-SD values and WC ($r = 0.3691$, $p < 0.05$) in the group of women studied. As the present study is the first to look into the impact of this relatively new form

of physical activity on RDW-CV levels in older people, further research is needed to confirm our findings. NW training with lower resistance did not result in a significant change in the above-referred variables. Our findings concerning the mechanism of post-training changes in RDW-CV values are consistent with those of a study by Rondanelli et al., who found a relationship between the incidence of coronary heart disease and increased body weight (and in particular an increased waist circumference), elevated lipid levels and increased RDW-CV values [46]. In the present study, we found a similar relationship between RDW-SD levels and WC ($r = 0.3691$, $p < 0.05$) in the women studied. Mota et al. found an inverse relationship between the amount of daily endurance and resistance physical activity and RDW-CV values and the incidence of cardiovascular disease caused by anisocytosis [47]. A population study carried out by Loprinzi and Loenneke in 2015 based on data provided from a national sample of the adult population showed that participation in the recommended weekly amount of resistance physical activity is linked to 11 percent reduced odds of having increased RDW levels ($p = 0.006$) [48]. In the study referred to above, no controlled training programme was used, and the association found was based on self-reported levels of physical activity. The authors of the study noted that the association is independent of inflammatory status, as measured by CRP. One other mechanism proposed by researchers is oxidative stress, which reduces erythrocyte survival, leading to the premature release of erythrocyte precursors into the bloodstream [49]. Another mechanism that can explain the impact of resistance training on RDW is erythropoietin resistance induced by muscular cytokines [50].

Our present study found a significant correlation between RDW-CV values and VO_{2max} ($r = 0.4779$, $p < 0.05$), as measured prior to the training programme, in the women studied. Both the forms of NW training used in the project resulted in a significant increase in VO_{2max} in the groups studied ($p < 0.05$). Findings from our earlier study showed an 86% greater increase in VO_{2max} in women participating in NW training with classic poles (large effect size) compared to women participating in NW training with RSA poles (medium effect size) [35]. However, a significant post-training decrease in RDW levels was observed only in the case of NW training with RSA poles. The observed association may contradict the thesis that high RDW levels are linked to limited exercise capacity. In their study on patients with heart failure, Van Craenenbroeck et al. found that higher RDW levels were independently associated with impaired exercise capacity [51]. The observed post-training increase in peak VO_2 was correlated with a reduction in RDW levels. In order to elucidate the mechanism of the impact of RDW on exercise tolerance, it is necessary to establish cause and effect and to answer the question of whether an elevated RDW is a marker of impaired exercise tolerance, or whether it plays a pathophysiological role in impaired oxygen transport to muscle cells. Sugie et al. found in their study that RDW, which is known both as a marker of exercise intolerance in patients with CHF and as a strong and independent risk factor for mortality in the general population, is not an independent marker of peak VO_2 in older people. The authors also found relationships between peak VO_2 and different features of sarcopenia, frailty and cachexia, which may provide insight into the importance of peak VO_2 and the rate of its decrease as strong predictors of mortality in the general population [52].

VO_{2max} is significantly determined by cardiovascular and respiratory fitness and muscular metabolic capacity and its increase following training is mainly observed in the case of endurance training with an intensity close to the individual's anaerobic metabolic threshold. Not only does high-intensity training not increase VO_{2max} , it is not suitable for older people [53]. Strength training significantly improves muscle mass and strength in older people, helping them to carry out basic activities, increasing their daily energy expenditure and improving their body composition. Standard strength training leads to hypertrophy and metabolic changes in muscles only, without an increase in VO_{2max} .

Physical activity is known to improve the capacity of the circulatory system and muscular oxygen consumption. Studies have not found spectacular post-training changes in respiratory function in older individuals [35,36]. With age, the respiratory system loses its

elasticity, chest mobility becomes limited and the ventilation-perfusion ratio worsens [4,54]. In young and healthy individuals, respiratory fitness is not a factor limiting exercise performance, whereas in the elderly, it can significantly reduce VO_{2max} . A study by Khosravi et al. showed a positive relationship between FEV_1 and DLCO and peak VO_2 [34]. An interesting hypothesis was proposed by Powers et al., who noted that impaired pulmonary gas exchange may limit VO_{2max} , but only in highly trained athletes who exhibit exercise-induced hypoxaemia [55]. In our present study, in which the effectiveness of two forms of NW training was evaluated, we found a significant increase in the FEV_1/VC ratio in women participating in NW training with RSA poles ($p < 0.05$; ES: 0.679). The importance of combined endurance and resistance training was also discussed by Khosravi et al. [34]. They found in their study on a group of physically inactive women that an 8-week combined resistance and endurance training programme had a greater effect on VC, FVC and FEF 25–75% compared to endurance training and resistance training ($p < 0.05$). The study found no significant effect of resistance training, endurance training and combined endurance and resistance training on FEV_1 and the FEV_1/FVC ratio.

Only combined strength and endurance training improves cardiorespiratory fitness and muscle mass [56]. The present study found that as a result of the resistance aspect it involves, NW training with RSA poles stimulates muscle metabolism and thus improves cardiorespiratory fitness, significantly reduces body weight and results in a greater reduction in RDW levels compared to traditional NW training.

5. Conclusions

It can thus be concluded that this form of physical activity should be considered for postmenopausal women, and further research should focus on investigating the impact of NW training with RSA poles on healthy individuals of different ages and patients with cardiovascular diseases. Based on the findings from the present study, it can be assumed that endurance and resistance exercise performed as part of cardiological rehabilitation can significantly reduce disease severity and mortality. Thus, conclusions should be drawn cautiously and should be supported with future research. A clinical analysis of RDW levels, together with other cardiological and biochemical parameters, can provide practical prognostic information relating to cardiovascular disease, mortality risk and treatment outcomes. To the best of our knowledge, this is the first published report that compares the effectiveness of NW training with RSA poles with that of the traditional form of NW, considering the relationships between RDW levels and cardiorespiratory fitness and aerobic capacity in postmenopausal women. According to the greater effectiveness of NW training with RSA in postmenopausal women in reducing weight, waist circumference or lowering the RDW-C index, it should be recommended in activity planning for this specific group of people. In the future research to clarify the described relationships, the study should also include a group of men and expand with a group of people of different ages and health status. The absence of changes of the long-term effect in our study does not allow the authors to fully assess the effectiveness of any form of marching training in the prevention of cardiovascular disease.

Author Contributions: Conceptualization, K.D. and K.S.; methodology, K.S., P.N. and K.D.; validation, K.D.; formal analysis, K.S., P.N., K.W. and K.D.; investigation, K.S., P.N. and K.D.; resources, K.S. and K.D.; data curation, K.S., P.N. and K.D.; writing—original draft preparation, K.S., P.N., K.W. and K.D.; writing—review and editing, K.S., P.N., K.W. and K.D.; visualization, K.S. and K.D.; supervision, K.D. 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 Institute for Research in Biomedicine (IRB) at the Poznan University of Medical Sciences (7 February 2019; Ethics Approval Number: 245/19).

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

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the corresponding author. The data are not publicly available due to the consent provided by participants on the use of confidential data.

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

References

1. Karavidas, A.; Lazaros, G.; Tsiachris, D.; Pyrgakis, V. Aging and the cardiovascular system. *Hell. J. Cardiol.* **2010**, *51*, 421–427.
2. de Almeida, A.J.P.O.; Ribeiro, T.P.; de Medeiros, I.A. Aging: Molecular Pathways and Implications on the Cardiovascular System. *Oxid. Med. Cell. Longev.* **2017**, *2017*, e7941563. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Hassel, E.; Stensvold, D.; Halvorsen, T.; Wisløff, U.; Langhammer, A.; Steinshamn, S. Association between Pulmonary Function and Peak Oxygen Uptake in Elderly: The Generation 100 Study. *Respir. Res.* **2015**, *16*, 156. [[CrossRef](#)]
4. Janssens, J.P.; Pache, J.C.; Nicod, L.P. Physiological Changes in Respiratory Function Associated with Ageing. *Eur. Respir. J.* **1999**, *13*, 197–205. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Rossi, A.; Ganassini, A.; Tantucci, C.; Grassi, V. Aging and the Respiratory System. *Aging Clin. Exp. Res.* **1996**, *8*, 143–161. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
6. Copley, S.; Wells, A.; Hawtin, K.; Gibson, D.; Hodson, J.; Jacques, A.; Hansell, D. Lung Morphology in the Elderly: Comparative CT Study of Subjects over 75 Years Old versus Those under 55 Years Old 1. *Radiology* **2009**, *251*, 566–573. [[CrossRef](#)]
7. Heidenreich, P.A.; Albert, N.M.; Allen, L.A.; Bluemke, D.A.; Butler, J.; Fonarow, G.C.; Ikonomidis, J.S.; Khavjou, O.; Konstam, M.A.; Maddox, T.M.; et al. Forecasting the Impact of Heart Failure in the United States. *Circ. Heart Fail.* **2013**, *6*, 606–619. [[CrossRef](#)]
8. Czech, M.; Opolski, G.; Zdrojewski, T.; Dubiel, J.S.; Wizner, B.; Bolisęga, D.; Fedyk-Lukasik, M.; Grodzicki, T. The Costs of Heart Failure in Poland from the Public Payer’s Perspective. Polish Programme Assessing Diagnostic Procedures, Treatment and Costs in Patients with Heart Failure in Randomly Selected Outpatient Clinics and Hospitals at Different Levels of Car. *Kardiologia Pol. Pol. Heart J.* **2013**, *71*, 224–232. [[CrossRef](#)]
9. Rahimi, K.; Bennett, D.; Conrad, N.; Williams, T.M.; Basu, J.; Dwight, J.; Woodward, M.; Patel, A.; McMurray, J.; MacMahon, S. Risk Prediction in Patients With Heart Failure: A Systematic Review and Analysis. *JACC Heart Fail.* **2014**, *2*, 440–446. [[CrossRef](#)]
10. Bui, A.L.; Horwich, T.B.; Fonarow, G.C. Epidemiology and Risk Profile of Heart Failure. *Nat. Rev. Cardiol.* **2011**, *8*, 30–41. [[CrossRef](#)]
11. Felker, G.M.; Allen, L.A.; Pocock, S.J.; Shaw, L.K.; McMurray, J.J.V.; Pfeffer, M.A.; Swedberg, K.; Wang, D.; Yusuf, S.; Michelson, E.L.; et al. Red Cell Distribution Width as a Novel Prognostic Marker in Heart Failure. *J. Am. Coll. Cardiol.* **2007**, *50*, 40–47. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
12. Nowinka, P.; Korab-Karpinski, E.; Guzik, P. A Thousand Words about the Link between Red Blood Cell Distribution Width and Heart Failure. *J. Med. Sci.* **2019**, *88*, 52–57. [[CrossRef](#)]
13. Makhoul, B.F.; Khourieh, A.; Kaplan, M.; Bahouth, F.; Aronson, D.; Azzam, Z.S. Relation between Changes in Red Cell Distribution Width and Clinical Outcomes in Acute Decompensated Heart Failure. *Int. J. Cardiol.* **2013**, *167*, 1412–1416. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Rigolli, M.; Rossi, A.; Quintana, M.; Klein, A.L.; Yu, C.-M.; Ghio, S.; Dini, F.L.; Prior, D.; Troughton, R.W.; Temporelli, P.L.; et al. The Prognostic Impact of Diastolic Dysfunction in Patients with Chronic Heart Failure and Post-Acute Myocardial Infarction: Can Age-Stratified E/A Ratio Alone Predict Survival? *Int. J. Cardiol.* **2015**, *181*, 362–368. [[CrossRef](#)]
15. Nagula, P.; Karumuri, S.; Otikunta, A.N.; Yerrabandi, S.R.V. Correlation of Red Blood Cell Distribution Width with the Severity of Coronary Artery Disease—A Single Center Study. *Indian Heart J.* **2017**, *69*, 757–761. [[CrossRef](#)]
16. Tonelli, M.; Sacks, F.; Arnold, M.; Moye, L.; Davis, B.; Pfeffer, M. Relation Between Red Blood Cell Distribution Width and Cardiovascular Event Rate in People With Coronary Disease. *Circulation* **2008**, *117*, 163–168. [[CrossRef](#)]
17. Azab, B.; Torbey, E.; Hatoum, H.; Singh, J.; Khoueiry, G.; Bachir, R.; McGinn, J.J.T.; McCord, D.; Lafferty, J. Usefulness of Red Cell Distribution Width in Predicting All-Cause Long-Term Mortality after Non-ST-Elevation Myocardial Infarction. *Cardiology* **2011**, *119*, 72–80. [[CrossRef](#)]
18. Dabbah, S.; Hammerman, H.; Markiewicz, W.; Aronson, D. Relation Between Red Cell Distribution Width and Clinical Outcomes After Acute Myocardial Infarction. *Am. J. Cardiol.* **2010**, *105*, 312–317. [[CrossRef](#)]
19. Feng, G.H.; Li, H.P.; Li, Q.L.; Fu, Y.; Huang, R.B. Red Blood Cell Distribution Width and Ischaemic Stroke. *Stroke Vasc. Neurol.* **2017**, *2*, 172–175. [[CrossRef](#)]
20. Kim, J.; Kim, Y.D.; Song, T.-J.; Park, J.H.; Lee, H.S.; Nam, C.M.; Nam, H.S.; Heo, J.H. Red Blood Cell Distribution Width Is Associated with Poor Clinical Outcome in Acute Cerebral Infarction. *Thromb. Haemost.* **2012**, *108*, 349–356. [[CrossRef](#)]
21. Yčas, J.W. Chapter Four—Toward a Blood-Borne Biomarker of Chronic Hypoxemia: Red Cell Distribution Width and Respiratory Disease. In *Advances in Clinical Chemistry*; Makowski, G.S., Ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2017; Volume 82, pp. 105–197. [[CrossRef](#)]
22. Kalemci, S.; Akin, F.; Sarihan, A.; Sahin, C.; Zeybek, A.; Yilmaz, N. The Relationship between Hematological Parameters and the Severity Level of Chronic Obstructive Lung Disease. *Pol. Arch. Intern. Med.* **2018**, *128*, 171–177. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Salvagno, G.L.; Sanchis-Gomar, F.; Picanza, A.; Lippi, G. Red Blood Cell Distribution Width: A Simple Parameter with Multiple Clinical Applications. *Crit. Rev. Clin. Lab. Sci.* **2015**, *52*, 86–105. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

24. Hsieh, Y.-P.; Chang, C.-C.; Kor, C.-T.; Yang, Y.; Wen, Y.-K.; Chiu, P.-F. The Predictive Role of Red Cell Distribution Width in Mortality among Chronic Kidney Disease Patients. *PLoS ONE* **2016**, *11*, e0162025. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Qiao, R.; Yang, S.; Yao, B.; Wang, H.; Zhang, J.; Shang, H. Complete Blood Count Reference Intervals and Age- and Sex-Related Trends of North China Han Population. *Clin. Chem. Lab. Med.* **2014**, *52*, 1025–1032. [[CrossRef](#)]
26. Saxena, S.; Wong, E.T. Heterogeneity of Common Hematologic Parameters among Racial, Ethnic, and Gender Subgroups. *Arch. Pathol. Lab. Med.* **1990**, *114*, 715–719.
27. Ananthaseshan, S.; Bojakowski, K.; Sacharczuk, M.; Poznanski, P.; Skiba, D.S.; Prahl Wittberg, L.; McKenzie, J.; Szkulmowska, A.; Berg, N.; Andziak, P.; et al. Red Blood Cell Distribution Width Is Associated with Increased Interactions of Blood Cells with Vascular Wall. *Sci. Rep.* **2022**, *12*, 13676. [[CrossRef](#)]
28. Lippi, G.; Targher, G.; Montagnana, M.; Salvagno, G.L.; Zoppini, G.; Guidi, G.C. Relationship between Red Blood Cell Distribution Width and Kidney Function Tests in a Large Cohort of Unselected Outpatients. *Scand. J. Clin. Lab. Investig.* **2008**, *68*, 745–748. [[CrossRef](#)]
29. Wise, J. Number of Older People with Four or More Diseases Will Double by 2035, Study Warns. *Br. Med. J.* **2018**, *360*, k371. [[CrossRef](#)]
30. Dunbar, S.B.; Khavjou, O.A.; Bakas, T.; Hunt, G.; Kirch, R.A.; Leib, A.R.; Morrison, R.S.; Poehler, D.C.; Roger, V.L.; Whitsel, L.P. Projected Costs of Informal Caregiving for Cardiovascular Disease: 2015 to 2035: A Policy Statement From the American Heart Association. *Circulation* **2018**, *137*, e558–e577. [[CrossRef](#)]
31. Ekblom-Bak, E.; Ekblom, B.; Vikström, M.; de Faire, U.; Hellénus, M.-L. The Importance of Non-Exercise Physical Activity for Cardiovascular Health and Longevity. *Br. J. Sports Med.* **2014**, *48*, 233–238. [[CrossRef](#)]
32. Domaszewska, K.; Boraczyński, M.; Tang, Y.-Y.; Groniek, J.; Wochna, K.; Boraczyński, T.; Wielniński, D.; Groniek, P. Protective Effects of Exercise Become Especially Important for the Aging Immune System in The Covid-19 Era. *Aging Dis.* **2022**, *13*, 129–143. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
33. Fahlman, M.; Boardley, D.; Flynn, M.G.; Braun, W.A.; Lambert, C.P.; Bouillon, L.E. Effects of Endurance Training on Selected Parameters of Immune Function in Elderly Women. *Gerontology* **2000**, *46*, 97–104. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. Khosravi, M.; Tayebi, S.M.; Safari, H. Single and Concurrent Effects of Endurance and Resistance Training on Pulmonary Function. *Iran. J. Basic Med. Sci.* **2013**, *16*, 628–634. [[PubMed](#)]
35. Domaszewska, K.; Koper, M.; Wochna, K.; Czerniak, U.; Marciniak, K.; Wilski, M.; Bukowska, D. 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.* **2020**, *12*, 586286. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. Marciniak, K.; Maciaszek, J.; Cyma-Wejchenig, M.; Szecklicki, 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](#)]
37. Gillett, P.A. Senior Women's Fitness Project: A Pilot Study. *J. Women Aging* **1993**, *5*, 49–66. [[CrossRef](#)]
38. Åstrand, P.-O.; Ryhming, I. A Nomogram for Calculation of Aerobic Capacity (Physical Fitness) From Pulse Rate During Submaximal Work. *J. Appl. Physiol.* **1954**, *7*, 218–221. [[CrossRef](#)]
39. Laszlo, G. Standardisation of Lung Function Testing: Helpful Guidance from the ATS/ERS Task Force. *Thorax* **2006**, *61*, 744–746. [[CrossRef](#)]
40. Pereira, C.A.C.; Barreto, S.P.; Simões, J.G.; Pereira, F.W.L.; Gerstler, J.G.; Nakatani, J. Valores de referência para a espirometria em uma amostra da população brasileira adulta. *J. Pneumol.* **1992**, *18*, 10–22.
41. Lang, R.M.; Bierig, M.; Devereux, R.B.; Flachskampf, F.A.; Foster, E.; Pellikka, P.A.; Picard, M.H.; Roman, M.J.; Seward, J.; Shanewise, J.; et al. Recommendations for Chamber Quantification. *Eur. J. Echocardiogr.* **2006**, *7*, 79–108. [[CrossRef](#)]
42. Madden, K.M.; Levy, W.C.; Stratton, J.R. Exercise Training and Heart Rate Variability in Older Adult Female Subjects. *Clin. Investig. Med.* **2006**, *29*, 20–28.
43. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, 2nd ed.; Routledge: New York, NY, USA, 1988. [[CrossRef](#)]
44. Emans, M.E.; Gaillard, C.A.J.M.; Pfister, R.; Tanck, M.W.; Boekholdt, S.M.; Wareham, N.J.; Khaw, K.-T. Red Cell Distribution Width Is Associated with Physical Inactivity and Heart Failure, Independent of Established Risk Factors, Inflammation or Iron Metabolism; the EPIC-Norfolk Study. *Int. J. Cardiol.* **2013**, *168*, 3550–3555. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. Veeranna, V.; Zalawadiya, S.K.; Panaich, S.; Patel, K.V.; Afonso, L. Comparative Analysis of Red Cell Distribution Width and High Sensitivity C-Reactive Protein for Coronary Heart Disease Mortality Prediction in Multi-Ethnic Population: Findings from the 1999–2004 NHANES. *Int. J. Cardiol.* **2013**, *168*, 5156–5161. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
46. Rondanelli, M.; Perna, S.; Alalwan, T.A.; Cazzola, R.; Gasparri, C.; Infantino, V.; Perdoni, F.; Iannello, G.; Pepe, D.; Guido, D. A Structural Equation Model to Assess the Pathways of Body Adiposity and Inflammation Status on Dysmetabolic Biomarkers via Red Cell Distribution Width and Mean Corpuscular Volume: A Cross-Sectional Study in Overweight and Obese Subjects. *Lipids Health Dis.* **2020**, *19*, 154. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
47. Mota, M.R.; de Oliveira, R.J.; Dutra, M.T.; Pardonno, E.; Terra, D.F.; Lima, R.M.; Simões, H.G.; da Silva, F.M. Acute and Chronic Effects of Resistive Exercise on Blood Pressure in Hypertensive Elderly Women. *J. Strength Cond. Res.* **2013**, *27*, 3475–3480. [[CrossRef](#)]
48. Loprinzi, P.D.; Loenneke, J.P.; Abe, T. The Association between Muscle Strengthening Activities and Red Blood Cell Distribution Width among a National Sample of U.S. Adults. *Prev. Med.* **2015**, *73*, 130–132. [[CrossRef](#)]

49. Ghaffari, S. Oxidative Stress in the Regulation of Normal and Neoplastic Hematopoiesis. *Antioxid. Redox Signal.* **2008**, *10*, 1923–1940. [[CrossRef](#)]
50. van der Putten, K.; Braam, B.; Jie, K.E.; Gaillard, C.A. Mechanisms of Disease: Erythropoietin Resistance in Patients with Both Heart and Kidney Failure. *Nat. Clin. Pract. Nephrol.* **2008**, *4*, 47–57. [[CrossRef](#)]
51. Van Craenenbroeck, E.M.; Pelle, A.J.; Beckers, P.J.; Possemiers, N.M.; Ramakers, C.; Vrints, C.J.; Van Hoof, V.; Denollet, J.; Conraads, V.M. Red Cell Distribution Width as a Marker of Impaired Exercise Tolerance in Patients with Chronic Heart Failure. *Eur. J. Heart Fail.* **2012**, *14*, 54–60. [[CrossRef](#)]
52. Sugie, M.; Harada, K.; Takahashi, T.; Nara, M.; Fujimoto, H.; Kyo, S.; Ito, H. Peak Oxygen Uptake Correlates with Indices of Sarcopenia, Frailty, and Cachexia in Older Japanese Outpatients. *JCSM Rapid Commun.* **2021**, *4*, 141–149. [[CrossRef](#)]
53. de Melo Coelho, F.G.; Gobbi, S.; Andreatto, C.A.A.; Corazza, D.I.; Pedroso, R.V.; Santos-Galduróz, R.F. Physical Exercise Modulates Peripheral Levels of Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF): A Systematic Review of Experimental Studies in the Elderly. *Arch. Gerontol. Geriatr.* **2013**, *56*, 10–15. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
54. Johnson, B.D.; Dempsey, J.A. Demand vs. Capacity in the Aging Pulmonary System. *Exerc. Sport Sci. Rev.* **1991**, *19*, 171–210. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
55. Powers, S.K.; Lawler, J.; Dempsey, J.A.; Dodd, S.; Landry, G. Effects of Incomplete Pulmonary Gas Exchange on VO₂ Max. *J. Appl. Physiol.* **1989**, *66*, 2491–2495. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
56. Cadore, E.L.; Pinto, R.S.; Bottaro, M.; Izquierdo, M. Strength and Endurance Training Prescription in Healthy and Frail Elderly. *Aging Dis.* **2014**, *5*, 183–195. [[CrossRef](#)]

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Article

The Effects of 6-Month Aqua Aerobics Training on Cardiometabolic Parameters in Perimenopausal Women—A Randomized Controlled Trial

Katarzyna Sobczak ¹, Krystian Wochna ¹, Katarzyna Antosiak-Cyrak ¹ and Katarzyna Domaszewska ^{2,*}

¹ Department of Swimming and Water Lifesaving, Faculty of Sport Sciences, Poznan University of Physical Education, Królowej Jadwigi Street 27/39, 61-871 Poznań, Poland

² Department of Physiology and Biochemistry, Faculty of Health Sciences, Poznan University of Physical Education, Królowej Jadwigi Street 27/39, 61-871 Poznań, Poland

* Correspondence: domaszewska@awf.poznan.pl

Simple Summary: Perimenopause begins on average four years before a woman's last menses. At the end of this time, oestrogen levels drop, which leads to physiological and anatomical changes which have a significant impact on the quality of life. Increase in the risk of coronary heart disease (CHD) during the sixth decade of life can be explained by not only oestrogen deprivation, but also an effect on the lipid profile. A study showed that in healthy women, total cholesterol levels increase on average by 25 mg/dL (14%) and the levels of LDL cholesterol increase on average by 20 mg/dL (19%) from 4 years before to 1 year after menopause, which results in a greater atherogenic profile in postmenopausal women. Heart failure (HF) and cardiovascular disease, the risk of which increases during perimenopause, are not considered isolated conditions, but rather complex systemic disorders. Engaging in the amount of moderate physical activity recommended by the World Health Organization (WHO) helps reduce the risk of death and adverse health events. Regular physical activity reduces body weight, improves cardiopulmonary fitness, and reduces inflammation. The aim of the present study was to assess the effect of a 6-month aqua aerobics programme on cardiometabolic (anthropometric and biochemical) parameters in perimenopausal women.



Citation: Sobczak, K.; Wochna, K.; Antosiak-Cyrak, K.; Domaszewska, K. The Effects of 6-Month Aqua Aerobics Training on Cardiometabolic Parameters in Perimenopausal Women—A Randomized Controlled Trial. *Biology* **2023**, *12*, 588. <https://doi.org/10.3390/biology12040588>

Academic Editors: Yi-Hung Liao, Giancarlo Condello, Chiao-Nan Chen, Jeffrey R. Bernard and Tetsuya Shiuchi

Received: 6 March 2023

Revised: 3 April 2023

Accepted: 11 April 2023

Published: 12 April 2023



Copyright: © 2023 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/>).

Abstract: Background: Menopause is a time when women experience a number of physiological and anatomical changes resulting from a decline in ovarian function. It can be concluded that cardiovascular disease increases in perimenopausal and postmenopausal women, irrespective of age-related changes. Engaging in the amount of moderate physical activity recommended by the World Health Organization helps reduce the risk of death and adverse health events. The aim of the present study was to assess the effect of a 6-month aqua aerobics programme on cardiometabolic (anthropometric and biochemical) parameters in perimenopausal women. Methods: In this study, 30 women (control group—16, study group—14) participated in the 6-month aqua aerobics training programme. The mean age of women was 47.67 ± 6.79 year and BMI 26.33 ± 3.64 kg/m². At the beginning and at the end of the study, anthropometric and blood samples analysis were performed. In the blood, lipid profile, morphotic elements were determined. Body composition, waist-hip ratio (WHR), visceral adiposity index (VAI), blood pressure (BP) were measured. Results: The aqua aerobics programme resulted in a significant decrease in the WHR ($p < 0.05$; ES: 2.143), diastolic blood pressure (DBP) ($p < 0.05$; ES: 1.005), and platelet-to-lymphocyte ratio (PRL) ($p < 0.05$; ES: 0.460) and an increase in haemoglobin (HGB) concentration ($p < 0.05$; ES: 0.643). Conclusions: The type of physical activity described in the present study is a great way for perimenopausal women to take care of their overall well-being. The reduction in selected cardiometabolic parameters is important from the point of view of the protection of women's health.

Keywords: red blood cell distribution; visceral adiposity index; aqua aerobic

1. Introduction

Menopause is a time when women experience a number of physiological and anatomical changes resulting from a decline in ovarian function. It can be a challenging time for women due to the troublesome physical and mental symptoms that menopause can bring, such as vasomotor symptoms, difficulty focusing and concentrating, skeletal and urogenital problems and burning mouth syndrome, which have a significant impact on the quality of life [1,2]. Moreover, menopause can bring an increased risk of cardiovascular disease, diabetes and breast cancer [3]. Most women experience certain characteristic symptoms both during and before menopause. Perimenopause begins on average four years before a woman's last menses. [4,5]. In some women, perimenopause can last several months. At the end of this period, oestrogen levels drop, which leads to a wide range of symptoms [4]. Several sex steroid hormones, the activity of the insulin-like growth factor (IGF) system and leptin blood concentration may be closely linked and may modulate cardiovascular risk [6]. The protein that is bound to most circulating IGF (>90% in adult serum) is insulin-like growth factor binding protein 3 (IGFBP-3). It has been shown in studies that elevated IGFBP-3 levels may play an important role in the development of carotid atherosclerosis in the hypertensive patient. High IGFBP-3 levels were associated with a ninefold higher risk of atherosclerotic plaque formation in the carotid arteries compared with LDL cholesterol or IGF-1 levels [7].

One study including women who participated in the Third French cross-sectional MONICA survey on cardiovascular risk showed that the increase in the risk of coronary heart disease (CHD) during the sixth decade of life can be explained by not only oestrogen deprivation, but also an effect on the lipid profile [8]. A study by Fukami et al. showed that in healthy women, total cholesterol levels increase on average by 25 mg/dL (14%) and the levels of LDL cholesterol increase on average by 20 mg/dL (19%) from 4 years before to 1 year after menopause, which results in a more atherogenic profile in postmenopausal women [9]. Oestrogen is involved in the relaxation of blood vessels, helping to accommodate blood flow. Thus, reduced oestrogen levels result in stiffer blood vessels. The ageing of ovaries also results in the activation of the renin-angiotensin-aldosterone system, which leads to endothelial damage, increased inflammation and immune dysfunction. These changes are associated with obesity, diabetes and hypertension [10]. Inflammation involves increased expression of pro-inflammatory cytokines, such as interleukin 6 (IL-6), tumour necrosis factor alpha (TNF- α) and C-reactive protein (CRP). Other, less commonly used inflammatory markers are white blood cell ratios, such as the granulocyte-to-lymphocyte ratio (GLR), the lymphocyte-to-monocyte ratio (LMR) and the platelet-to-lymphocyte ratio (PLR) [11]. Many studies have shown that such markers as the neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), PLR and LMR may predict systemic inflammation and may be useful in the diagnosis of many diseases [12,13]. The markers are mainly used in clinical studies on cancer [14] and liver disease [15] and are less often used in sports diagnostics [16]. Heart failure (HF) and cardiovascular disease, the risk of which increases during perimenopause, are not considered isolated conditions, but rather complex systemic disorders. Whatever the pathogenesis of HF, the main cause of its progression is cardiac remodelling. Heart-infiltrating cells, including granulocytes, monocytes, macrophages, dendritic cells, mast cells and lymphocytes T and B, cause the release of cytokines that alter the inflammatory response and the remodelling of the myocardial extracellular matrix [17].

Systemic inflammation leads to changes in the number of neutrophils, lymphocytes, monocytes and platelets [18]. Many studies have shown that NLR, PLR and LMR may predict systemic inflammation, being useful in many diseases. Thus, LMR may be a useful marker of disease development and mortality risk [12,19]. In addition to biochemical markers, such anthropometric parameters as the waist-to-hip ratio (WHR), visceral fat area (VFA) and the visceral adiposity index (VAI) are often used to assess the risk of cardiovascular disease [20]. VAI has been shown to have good predictive power for the visceral adiposity-related risk of type 2 diabetes and hypertension. It should be seen as an indicator of changes in adipose function associated with the development of insulin

resistance. Therefore, VAI can be a good predictor of the risk of cardio- and cerebrovascular events [21,22].

Findings from studies undertaken in recent years indicate that the coefficient of variation red blood cell distribution width (RDW-CV), too, has a high prognostic value in assessing the risk of cardiovascular disease [23]. The greater the variability in red blood cell size, the higher the RDW-CV values. Research has shown an unfavourable prognostic value of RDW-CV alone, as well as in combination with other parameters, in heart failure [24] coronary heart disease [23,25] and myocardial infarction [26].

It can be concluded that studies undertaken over the last 20 years have provided solid evidence that the risk of cardiovascular disease increases in perimenopausal and postmenopausal women, irrespective of age-related changes. Therefore, it is necessary to develop effective preventive strategies to reduce cardiometabolic risk factors and thus, reduce the risk of cardiovascular events in perimenopausal and older women, previously lowering body fat mass, improvement of lipid profile, reduction of blood pressure or systemic inflammation.

Engaging in the amount of moderate physical activity recommended by the World Health Organization (WHO) helps reduce the risk of death and adverse health events both in healthy individuals and those with cardiovascular disease [27,28]. Regular physical activity (both endurance and combined endurance and resistance training) reduces body weight, improves cardiopulmonary fitness and reduces inflammation. Aqua fitness training involves moderate-intensity exercise (according to the European Society of Cardiology: 3.0–5.9 METs) performed in water whose properties such as buoyancy, increased hydrostatic pressure and temperature enhancing thermoregulatory processes, are beneficial to health [29,30]. This type of physical activity is preferred by many people with poorer motor skills [31,32]. Aquatic exercise improves glucose metabolism and lipid profile and reduces body weight, blood pressure and pain reduction [33–35].

The aim of the present study was to assess the effect of a 6-month aqua aerobics programme on cardiometabolic (anthropometric and biochemical) parameters in perimenopausal women.

2. Materials and Methods

2.1. Participants

Fifty women who responded to a local advertisement and were deemed medically fit to participate in the programme were recruited for the study. The study included perimenopausal women who were in sufficiently good health to participate in the training programme. Women with neuromuscular disorders affecting their ability to move independently, morbid obesity, chronic inflammatory disease, active or recent cancer or unstable coronary heart disease and women after myocardial infarction (<12 months) or stroke (<6 months) were excluded from the study. The study also excluded women with mental disorders, severe respiratory failure or skin diseases preventing participation in aquatic exercise. Women receiving steroid therapy or addicted to medication, drugs or alcohol were, too, excluded from the study.

Before the study, participants were advised not to change their eating habits and not to participate in any other sporting activities during the project. All participants reported that they did not take part in competitive sports and rated their level of physical activity as moderate. Forty women took part in the first testing session and were then randomly assigned to the control ($n = 20$) and study ($n = 20$) groups. A person not associated with the research project made a random allocation to the groups. She used a computer list in Excel software. Ultimately, 16 women in the control group and 14 women in the study group who completed the 6-month training programme took part in the second testing session. Women in the study group were required to attend at least 80% of the planned training sessions. The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and was approved by the Ethics Committee of the IRB at the Poznan University of Medical Sciences

(decision No. 882/11). Participants could withdraw from the study at any time without giving a reason.

2.2. Anthropometric Measurements

Basic tests included anthropometric measurements, blood pressure measurement and blood biochemical testing and were performed following standard procedures by authorised persons. The tests were performed twice, i.e., at the beginning (first testing date) and at the end (second testing date) of the project. Body weight, BMI and body composition (FM, MM, VFA) were measured using the bioimpedance method with the use of the Tanita MC-780 MA analyser (Tanita Corp., Tokyo, Japan). All measurements were performed in accordance with the manufacturer's guidelines related to the reliability of the method. Height was measured using the WPT 60/150 OW medical scales with a height measuring rod (Radwag®, Radom, Poland). Waist and hip circumferences were measured in accordance with relevant measurement guidelines using a tape measure (accuracy: ± 1 cm). Based on the measurements, the waist-to-hip ratio (WHR) was calculated.

2.3. Preparation of Blood Samples for Analysis

Complete blood count and lipid profile analyses were performed in a certified diagnostic laboratory in Kalisz. Blood samples of 10 mL were taken from the ulnar vein (fasting blood test) in the morning using an S-Monovette syringe (Sarstedt, Nümbrecht, Germany). The following haematological and biochemical parameters were determined: haemoglobin concentration (Hb), haematocrit value (HCT), white blood cell count (WBC), total red blood cells count (RBC), red blood cell distribution width-coefficient of variation (RDW-CV), total cholesterol (T-C), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), triglyceride levels (TG).

Based on the anthropometric and biochemical measurements, the platelet-to-lymphocyte ratio (PLR), the lymphocyte-to-monocyte ratio (LMR) and the visceral adiposity index (VAI) were calculated. VAI was calculated in accordance with the following formula: $VAI = (WC(\text{cm}) / (36.58 + (BMI * 1.89) * (TG/0.81) * (1.52/HDL))$. It is a sex-specific empirical-mathematical method. According to a publication by Amato et al., the cut-off points of VAI for women aged 42–52 are as follows: ≤ 1.92 —no adipose tissue dysfunction (ATD), 1.93–2.15—mild ATD, 2.17–2.77—moderate ATD, >2.77 —severe ATD [21].

2.4. Training Programme

The project lasted 6 months and included 24 once-weekly training sessions. During the training sessions, participants wore flotation belts, which enabled them to safely perform aquatic exercises in deep water without the feet being in contact with the bottom of the pool. The exercises were carried out to music and were led by a qualified instructor, who was standing at the edge of the pool, providing a detailed demonstration of each exercise. Different types of resistance equipment were used during the training sessions (long pool noodle, short pool noodle, BEtomic, aqua disc, gloves, cuffs, happy flower, big wave bells, punches).

Each training session lasted 45 min and consisted of three parts, during which specific exercises were performed:

1. warm-up (walking in place, arm exercises in different planes) warm-up/cardio (running in place, running in multiple directions, arm exercises with different hand positions, movement exercises in different directions);
2. main part (aerobic/strengthening) (arm exercises in multiple directions and with different ranges of movement (pushing/scooping), leg exercises (single- and double-leg raises, jumps, jumping jack, scissors, grounded, elevated), coordination exercises);
3. cool-down (exercises in a front-lying position, exercises in a back-lying position, position change exercises, stretching and relaxing exercises).

The training programme was developed based on methodological guidelines for conducting aqua aerobics classes and was appropriate to the ability of participants. The

determinant of training capacity is the resting heart rate and age of the participants. During training, heart rate values oscillated between 40 and 70% of the maximum heart rate value. We calculated the maximum heart rate according to the formula $MHR = 220 - \text{age}$ (in years), keeping in mind the hydrostatic pressure of water, by the influence of which the heart rate of the participant in the aquatic environment is 10 to 20 beats slower than on land. The volume of classes ensures that the expected training effects are achieved. [36,37].

2.5. Statistical Analysis

Data were analysed statistically using Dell Statistica software (version 13, software.dell.com, Dell Inc., Round Rock, TX, USA). The normality of the distribution of variables was tested using the Shapiro–Wilk test. The Mann–Whitney U-test was used for inter-group comparisons, whereas the Wilcoxon test was used for intra-group comparisons. Relationships between variables were analysed using Spearman’s rank analysis. For statistically significant changes, effect sizes (ES) were calculated and assessed against Cohen’s criteria [38]. Data are presented as means and standard deviations (SD). Statistical significance was set at $p \leq 0.05$. Using TG concentration data from the manuscript by Volakis et al. [39], after calculating the power analysis of the Mann–Whitney test (taking power as 1—beta error probability: 80%, effect size: 0.98, and error taken as alpha: 0.05 (two-sided)), 15 participants were identified for analysis.

3. Results

A total of 30 women (16 women in the control group and 14 women in the study group) fulfilled the criteria adopted and completed the 6-month study. Table 1 shows the values of anthropometric parameters of cardiovascular risk and blood pressure values.

Table 1. Values of anthropometric parameters, blood pressure values and VAI for the study and control groups on the first and second testing dates.

	Control Group (n = 16)			Study Group (n = 14)		
	Baseline	6 Months	p-Value	Baseline	6 Months	p-Value
Age (year)	47.00 (7.00)			48.43 (6.72)		
Body weight (kg)	69.44 (12.36)	67.34 (11.67)	0.0174 (ES: 0.175)	70.87 (10.49)	70.85 (11.11)	0.6377
Body height (cm)	164.44 (6.79)			161.36 (6.26)		
BMI (kg/m ²)	25.59 (3.65)	24.83 (3.59)	0.0106 (ES: 0.210)	27.19 (3.24)	27.17 (3.57)	0.7007
FM %	32.80 (7.21)	30.60 (5.64)	0.1034	34.66 (4.65)	33.51 (5.68)	0.1405
MM %	43.64 (4.46)	43.91 (5.43)	0.7332	43.52 (4.17)	48.66 (4.16)	0.3152
VFA	5.87 (2.22)	5.25 (1.84)	0.0277 (ES: 0.304)	6.71 (1.98)	6.57 (1.99)	0.5286
WHR	0.90 (0.07)	0.90 (0.07)	0.9096	0.94 (0.07)	0.79 (0.07)	0.0009 (ES: 0.143)
VAI	3.25 (1.92)	3.57 (2.64)	0.3010	3.96 (4.56)	3.66 (3.67)	0.5098
SBP (mmHg)	116.25 (14.32)	112.50 (14.26)	0.2132	123.21 (9.12)	115.00 (15.19)	0.0917
DBP (mmHg)	77.50 (10.65)	75.00 (10.80)	0.3669	86.79 (6.96)	78.93 (8.59)	0.0185 (ES: 1.005)

Data are presented as mean (SD), BMI—body mass index, FM—fat mass, MM—muscle mass, VFA—visceral fat area, WHR—waist–hip ratio, VAI—visceral adiposity index, SBP—systolic blood pressure, DBP—diastolic blood pressure.

The group studied was homogenous in terms of the anthropometric and biochemical characteristics analysed. On the first testing date, no significant differences were observed in the variables between the study group and controls. The women participating in the study were slightly overweight; the mean BMI for the study group was 27.19 kg/m², whereas the mean BMI for the control group was 25.59 kg/m². Both groups had normal visceral fat area (VFA) and blood pressure levels. Moreover, both groups had similar, normal VAI

values. Haematological parameters and lipid profiles of the women participating in the study on both testing dates are shown in Table 2. The groups were also homogenous in terms of the aforementioned parameters on the first testing date. Hb concentration, TG and HDL-C levels and RBC counts, WBC counts, PLT counts and RDW-CV values were within the normal range. However, both groups had elevated T-C levels on the first testing date.

Table 2. Haematological parameters and lipid profile of women in the control and study groups on the first and second testing dates.

	Control Group (<i>n</i> = 16)			Study Group (<i>n</i> = 14)		
	Baseline	6 Months	<i>p</i> -Value	Baseline	6 Months	<i>p</i> -Value
WBC (10^9 /L)	6.37 (1.61)	6.32 (1.47)	0.7764	6.74 (2.16)	7.31 (2.11)	0.0868
RBC (10^{12} /L)	4.36 (0.28)	4.30 (0.28)	0.2805	4.46 (0.25)	4.52 (0.25)	0.0901
HGB (mmol/L)	13.05 (0.79)	13.09 (0.89)	0.3152	13.22 (0.96)	13.88 (1.09)	0.0013 (ES: 0.643)
PLT (10^9 /L)	227.56 (51.13)	238.12 (42.34)	0.0703	245.93 (39.29)	244.79 (30.09)	0.8339
RDW-CV (%)	13.79 (0.46)	14.03 (0.61)	0.0202 (ES: 0.444)	13.75 (0.95)	14.06 (0.29)	0.1961
PRL	104.48 (29.38)	103.84 (23.58)	0.8361	98.66 (20.27)	89.58 (19.16)	0.0219 (ES: 0.460)
LMR	8.43 (2.64)	7.74 (1.64)	0.7959	7.94 (3.16)	7.89 (1.59)	0.5936
TC (mg/dL)	216.87 (22.16)	212.62 (24.80)	0.5895	217.93 (35.97)	202.92 (32.32)	0.0868
HDL-C (mg/dL)	72.12 (14.29)	71.00 (15.81)	0.6247	70.43 (16.55)	69.07 (17.04)	0.5525
LDL-C (mg/dL)	123.62 (28.61)	120.62 (28.83)	0.6603	125.14 (28.71)	114.00 (27.04)	0.0277 (ES: 0.399)
TG (mg/dL)	105.69 (50.36)	105.31 (51.79)	0.9176	113.07 (91.92)	117.79 (82.34)	0.6605

Data are presented as mean (SD), WBC—white blood cell count, RBC—red blood cell count, HGB—haemoglobin concentration, PLT—platelets, RDW-CV—coefficient of variation red blood cell distribution width, PRL—platelet/lymphocyte ratio, LMR—lymphocyte/monocyte ratio, TC—total cholesterol, HDL-C—high density lipoprotein cholesterol, LDL-C—low density lipoprotein cholesterol, TG—triglycerides.

The 6-month aqua aerobics programme resulted in a significant decrease in the waist-to-hip ratio ($p < 0.05$; ES: 2.143), diastolic blood pressure (DBP) ($p < 0.05$; ES: 1.005) and platelet-to-lymphocyte ratio ($p < 0.05$; ES: 0.460) and an increase in HGB concentration (emph $p < 0.05$; ES: 0.643). In the control group, there was a significant reduction in body weight ($p < 0.05$; ES: 0.175), BMI ($p < 0.05$; ES: 0.210) and VFA ($p < 0.05$; ES: 0.304) and an increase in RDW-CV values ($p < 0.05$; ES: 0.444). A statistical analysis of differences between the groups in the changes in the parameters analysed between the first and second testing dates showed a significant difference between the groups in the change in the waist-to-hip ratio (Δ WHR) ($p < 0.05$; ES: 2.705).

In the first period of the study (at the beginning of the training programme), correlations were observed between TG levels and WBC counts ($r = 0.5390$, $p < 0.05$), between TG levels and Hb concentration ($r = 0.5265$, $p < 0.05$), between WBC counts and DBP ($r = 0.6098$, $p < 0.05$) and between age and VFA ($r = 0.6367$, $p < 0.05$). An analysis of relationships between changes in the parameters analysed between the first and second testing dates for the whole group studied showed a relationship between the change in TG levels (Δ TG) and the change in body weight (Δ body weight) ($r = 0.4386$, $p < 0.05$), between the change in TG levels (Δ TG) and the change in VAI (Δ VAI) ($r = 0.8973$, $p < 0.05$), between the change in RDW-CV (Δ RDW-CV) and the change in systolic blood pressure (Δ SBP) ($r = 0.3912$, $p < 0.05$), between the change in the lymphocyte-to-monocyte ratio (Δ LMR) and the change in BMI (Δ BMI) ($r = -0.4053$, $p < 0.05$) and between the change in the waist-to-hip ratio (Δ WHR) and the change in body weight (Δ body weight) ($r = -0.4135$, $p < 0.05$).

4. Discussion

The aim of this randomised controlled study was to analyse the effect of a 6-month aqua aerobics programme on cardiometabolic (anthropometric and biochemical) paramete-

ters in perimenopausal women. We analysed the anthropometric parameters of cardiovascular risk such as VFA, WHR and VAI, SBP and DBP levels as well as blood biochemical parameters, including, among others, lipid profile, RDW-CV and inflammation markers such as PLR and LMR, which are considered by some as risk factors for heart disease. The women who took part in the 6-month training programme (45 min of exercise per week) had a lower WHR ($p < 0.05$), lower DBP ($p < 0.05$), lower PLR ($p < 0.05$), lower LDL-C levels ($p < 0.05$) and higher Hb levels ($p < 0.05$) compared with controls on the second testing date. The changes in these parameters can be considered to be beneficial as regards the risk of morbidity, and the form of training itself, with its low frequency and intensity, can be considered as contributing to the maintenance of the physical well-being of perimenopausal women.

Lack of physical activity or insufficient intensity or frequency of physical activity is associated with lower overall quality of life—and not only in older people. The hormonal and metabolic changes resulting from the ageing of ovaries and reduction in oestrogen are well described in the literature, as is the increase in the risk of cardiovascular disease in this group of people [40]. Exercise is a non-pharmacological way of controlling proatherosclerotic lipid levels, inflammatory markers and other cardiovascular risk factors [41,42]. The type of exercise and its intensity should be tailored to each individual's preferences and health. Moreover, the choice of exercise should take into account the individual's health limitations that prevent him or her from performing certain types of exercise. In obese or overweight individuals, traditional forms of training, such as walking training or exercise on a cycle ergometer, can cause a number of musculoskeletal complications, which may discourage them from continuing to participate in longer-term training programmes [43]. Aquatic training has been found to stimulate peripheral vasodilatation and blood flow redistribution. Increased atrial pressure stimulates low-pressure cardiopulmonary receptors. Moreover, it inhibits sympathetic nervous activity. The physiological changes associated with immersion in water may have positive health effects as regards circulatory fitness [43–45]. This was confirmed by the findings from the present study, which showed that a 6-month aqua aerobics programme with once-weekly training sessions resulted in a significant decrease in DBP ($p < 0.05$). Aquatic training does not cause undue stress on joints and immersion in an upright position stimulates the secretion of atrial natriuretic peptides, which contribute to increased lipid oxidative capacity. During the exercise, the level of lipid mobilization and the speed of lipid oxidation remain unchanged or even increase despite the reduced activation of the sympatho-adrenal system. The processes and relationships described above result in improvement in lipid profile [46,47]. Our study showed that women in the study group who participated in a 6-month supervised aquatic training programme had lower LDL-C levels on the second testing date compared with controls ($p < 0.05$). This was probably due to the physical activity-dependent change in intravascular enzyme activities described in a publication by Weise et al. [48]. Increased lipoprotein lipase activity (LPLA) and lecithin-cholesterol acyltransferase (LCAT) activity (LCATA) and reduced hepatic TG lipase activity (HLA) and cholesterol ester transfer protein (CETP) concentration may result in a decrease in TG levels and an increase in HDL-C levels.

There is extensive debate about the effectiveness of anthropometric measurements in identifying the risk of cardiovascular disease. Undoubtedly, high body weight, especially high visceral fat mass, is a strong predictor of future circulatory disease. From a clinical point of view, parameters based on many anthropometric and biochemical measures, such as VAI, should be highly effective in predicting the risk of cardiovascular disease. In the present study, we found no significant change in VAI in the women participating in the aquatic training programme. However, the training programme resulted in a statistically significant decrease in WHR, DBP and LDL-C levels. In 2012, Mohammadreza et al. published the findings from their 9-year observational study analysing the effectiveness of VAI in predicting cardiovascular disease compared with simple anthropometric measures of obesity, i.e., BMI, waist-to-height ratio and waist-to-hip ratio [49]. They found that VAI is independently associated with increased risk of incident cardiovascular disease in women

and that the level of this risk is not significantly higher than the level of risk due to BMI, waist-to-height ratio or waist-to-hip ratio. However, the authors found no association between VAI and any significant increased risk of incident cardiovascular disease among men. Thus, the use of this parameter alone is ineffective and may provide misleading or incomplete information.

A number of studies have found that variation in RBC size has a significant impact on the severity of cardiovascular disease caused by changes in blood flow through vessels. Changes in blood flow lead to interactions between morphotic elements and the vascular endothelium [50], which results in the development of inflammation, which leads to the development of atherosclerosis. The literature on the effect of certain forms of exercise on RDW-CV is limited, making it difficult to correctly interpret changes in RDW-CV values [51]. In the present study, a 6-month aqua aerobics programme did not result in a significant change in RDW-CV, even though participants in the study group had lower LDL-C levels on the second testing date compared with the control group. This was most probably due to the fact that the training was of too low intensity and frequency.

The blood biomarkers associated with inflammation analysed in the present study play an important role in the development of many diseases and can be used to assess the risk of disease development or progression. In the present study, we found a decrease in such parameters as NLR and PLR in the group studied ($p < 0.05$). Undoubtedly, the fact that the women studied already had low inflammation levels on the first testing date may also be due to their overall good health, normal body weight and normal blood glucose levels, and the changes observed in the women who participated in the training programme are undoubtedly favourable. The NLR and PLR values reported in the literature in, for instance, people with diabetes, are higher, which is associated with higher glucose levels and high insulin resistance [52–54].

5. Conclusions

The type of physical activity described in the present study is a great way for perimenopausal women to take care of their overall well-being. The favourable changes observed on the second testing date in the women who participated in the training programme may result in a reduction in the risk of cardiovascular disease. An important aspect is the low, but effective, frequency of exercise. Short training programmes very often do not bring spectacular results, whereas those lasting several months can often be discouraging. It should be noted that the women who participated in the training programme as part of the present study were perimenopausal and many of them were employed. Thus, it is difficult for them to engage in regular exercise (2–3 times per week) for a longer period of time. Therefore, the demonstrated effectiveness of the training programme and the reduction in selected cardiometabolic parameters are important from the point of view of the protection of women's health. The question arises as to whether this form of physical activity would also be effective in older people, including men, and whether it could compensate for the loss of physiological reserve associated with ageing.

Author Contributions: Conceptualization, K.S., K.W. and K.D.; methodology, K.D. and K.S.; validation, K.D. formal analysis, K.D., K.A.-C.; K.W. and K.S.; investigation, K.D. and K.S.; resources, K.D., K.A.-C. and K.S.; data curation, K.D. and K.S.; writing—original draft preparation, K.D., K.A.-C., K.W. and K.S.; writing—review and editing, K.D., K.A.-C., K.W. and K.S.; visualization, K.D. and K.S.; supervision, K.D. 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 in accordance with the Declaration of Helsinki and was approved by the Ethics Committee of the IRB at the Poznan University of Medical Sciences (decision No. 882/11).

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

Data Availability Statement: Not applicable.

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

References

1. Utian, W.H. Psychosocial and Socioeconomic Burden of Vasomotor Symptoms in Menopause: A Comprehensive Review. *Health Qual. Life Outcomes* **2005**, *3*, 47. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
2. Lechien, J.R.; Hans, S.; De Marrez, L.G.; Dequanter, D.; Rodriguez, A.; Muls, V.; Ben Abdelouahed, F.; Evrard, L.; Maniaci, A.; Saussez, S.; et al. Prevalence and Features of Laryngopharyngeal Reflux in Patients with Primary Burning Mouth Syndrome. *Laryngoscope* **2021**, *131*, E2627–E2633. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
3. Ford, K.; Sowers, M.; Crutchfield, M.; Wilson, A.; Jannausch, M. A Longitudinal Study of the Predictors of Prevalence and Severity of Symptoms Commonly Associated with Menopause. *Menopause* **2005**, *12*, 308. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
4. Molvarec, A.; Czegle, I. Menopause and Its Management: A Review. *Dev. Health Sci.* **2022**, *4*, 38–41. [\[CrossRef\]](#)
5. Bastian, L.A.; Smith, C.M.; Nanda, K. Is This Woman Perimenopausal? *JAMA* **2003**, *289*, 895–902. [\[CrossRef\]](#)
6. Olszanecka, A.; Dragan, A.; Kawecka-Jaszcz, K.; Fedak, D.; Czarnecka, D. Relationships of Insulin-like Growth Factor-1, Its Binding Proteins, and Cardiometabolic Risk in Hypertensive Perimenopausal Women. *Metabolism* **2017**, *69*, 96–106. [\[CrossRef\]](#)
7. Watanabe, T.; Itokawa, M.; Nakagawa, Y.; Iguchi, T.; Katagiri, T. Increased Levels of Insulin-like Growth Factor Binding Protein-3 in Hypertensive Patients with Carotid Atherosclerosis. *Am. J. Hypertens.* **2003**, *16*, 754–760. [\[CrossRef\]](#)
8. Agrinier, N.; Cournot, M.; Dallongeville, J.; Arveiler, D.; Ducimetière, P.; Ruidavets, J.-B.; Ferrières, J. Menopause and Modifiable Coronary Heart Disease Risk Factors: A Population Based Study. *Maturitas* **2010**, *65*, 237–243. [\[CrossRef\]](#)
9. Fukami, K.; Koike, K.; Hirota, K.; Yoshikawa, H.; Miyake, A. Perimenopausal Changes in Serum Lipids and Lipoproteins: A 7-Year Longitudinal Study. *Maturitas* **1995**, *22*, 193–197. [\[CrossRef\]](#)
10. Muka, T.; Oliver-Williams, C.; Kunutsor, S.; Laven, J.S.E.; Fauser, B.C.J.M.; Chowdhury, R.; Kavousi, M.; Franco, O.H. Association of Age at Onset of Menopause and Time Since Onset of Menopause With Cardiovascular Outcomes, Intermediate Vascular Traits, and All-Cause Mortality: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Cardiol.* **2016**, *1*, 767–776. [\[CrossRef\]](#)
11. Pang, S.; Zhou, Z.; Yu, X.; Wei, S.; Chen, Q.; Nie, S.; Liang, X.; Liu, L. The Predictive Value of Integrated Inflammation Scores in the Survival of Patients with Resected Hepatocellular Carcinoma: A Retrospective Cohort Study. *Int. J. Surg.* **2017**, *42*, 170–177. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
12. Demirdal, T.; Sen, P. The Significance of Neutrophil-Lymphocyte Ratio, Platelet-Lymphocyte Ratio and Lymphocyte-Monocyte Ratio in Predicting Peripheral Arterial Disease, Peripheral Neuropathy, Osteomyelitis and Amputation in Diabetic Foot Infection. *Diabetes Res. Clin. Pract.* **2018**, *144*, 118–125. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
13. Karimi, A.; Shobeiri, P.; Kulasinghe, A.; Rezaei, N. Novel Systemic Inflammation Markers to Predict COVID-19 Prognosis. *Front. Immunol.* **2021**, *12*, 4308. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
14. Sato, H.; Tsubosa, Y.; Kawano, T. Correlation Between the Pretherapeutic Neutrophil to Lymphocyte Ratio and the Pathologic Response to Neoadjuvant Chemotherapy in Patients with Advanced Esophageal Cancer. *World J. Surg.* **2012**, *36*, 617–622. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
15. Yang, Y.-T.; Jiang, J.-H.; Yang, H.-J.; Wu, Z.; Xiao, Z.-M.; Xiang, B.-D. The Lymphocyte-to-Monocyte Ratio Is a Superior Predictor of Overall Survival Compared to Established Biomarkers in HCC Patients Undergoing Liver Resection. *Sci. Rep.* **2018**, *8*, 2535. [\[CrossRef\]](#)
16. Podgórski, T.; Kryściak, J.; Pluta, B.; Adrian, J.; Marynowicz, J.; Krzykała, M.; Konefał, M.; Chmura, P.; Chmura, J.; Andrzejewski, M. A Practical Approach to Monitoring Biomarkers of Inflammation and Muscle Damage in Youth Soccer Players during a 6-Month Training Cycle. *J. Hum. Kinet.* **2021**, *80*, 185–197. [\[CrossRef\]](#)
17. Carrillo-Salinas, F.J.; Ngwenyama, N.; Anastasiou, M.; Kaur, K.; Alcaide, P. Heart Inflammation: Immune Cell Roles and Roads to the Heart. *Am. J. Pathol.* **2019**, *189*, 1482–1494. [\[CrossRef\]](#)
18. Fang, L.; Moore, X.-L.; Dart, A.M.; Wang, L.-M. Systemic Inflammatory Response Following Acute Myocardial Infarction. *J. Geriatr. Cardiol.* **2015**, *12*, 305–312. [\[CrossRef\]](#)
19. Ben Jemaa, A.; Salhi, N.; Ben Othmen, M.; Ben Ali, H.; Guissouma, J.; Ghadhoun, H.; Oueslati, R.; Dhaouadi, H. Evaluation of Individual and Combined NLR, LMR and CLR Ratio for Prognosis Disease Severity and Outcomes in Patients with COVID-19. *Int. Immunopharmacol.* **2022**, *109*, 108781. [\[CrossRef\]](#)
20. Kouli, G.-M.; Panagiotakos, D.B.; Kyrou, I.; Georgousopoulou, E.N.; Chrysohoou, C.; Tsigos, C.; Tousoulis, D.; Pitsavos, C. Visceral Adiposity Index and 10-Year Cardiovascular Disease Incidence: The ATTICA Study. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* **2017**, *27*, 881–889. [\[CrossRef\]](#)
21. Amato, M.C.; Pizzolanti, G.; Torregrossa, V.; Misiano, G.; Milano, S.; Giordano, C. Visceral Adiposity Index (VAI) Is Predictive of an Altered Adipokine Profile in Patients with Type 2 Diabetes. *PLoS ONE* **2014**, *9*, e91969. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
22. Amato, M.C.; Giordano, C. Visceral Adiposity Index: An Indicator of Adipose Tissue Dysfunction. *Int. J. Endocrinol.* **2014**, *2014*, e730827. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
23. Nagula, P.; Karumuri, S.; Otikunta, A.N.; Yerrabandi, S.R.V. Correlation of Red Blood Cell Distribution Width with the Severity of Coronary Artery Disease—A Single Center Study. *Indian Heart J.* **2017**, *69*, 757–761. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
24. Nowinka, P.; Korab-Karpinski, E.; Guzik, P. A Thousand Words about the Link between Red Blood Cell Distribution Width and Heart Failure. *J. Med. Sci.* **2019**, *88*, 52–57. [\[CrossRef\]](#)

25. Tonelli, M.; Sacks, F.; Arnold, M.; Moye, L.; Davis, B.; Pfeffer, M. Relation between Red Blood Cell Distribution Width and Cardiovascular Event Rate in People with Coronary Disease. *Circulation* **2008**, *117*, 163–168. [[CrossRef](#)]
26. Azab, B.; Torbey, E.; Hatoum, H.; Singh, J.; Khoueiry, G.; Bachir, R.; Joseph, T.; McGinn, J.; McCord, D.; Lafferty, J. Usefulness of Red Cell Distribution Width in Predicting All-Cause Long-Term Mortality after Non-ST-Elevation Myocardial Infarction. *Cardiology* **2011**, *119*, 72–80. [[CrossRef](#)]
27. Arnett, D.K.; Blumenthal, R.S.; Albert, M.A.; Buroker, A.B.; Goldberger, Z.D.; Hahn, E.J.; Himmelfarb, C.D.; Khera, A.; Lloyd-Jones, D.; McEvoy, J.W.; et al. 2019 ACC/AHA Guideline on the Primary Prevention of Cardiovascular Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* **2019**, *140*, e596–e646. [[CrossRef](#)]
28. Piepoli, M.F.; Hoes, A.W.; Agewall, S.; Albus, C.; Brotons, C.; Catapano, A.L.; Cooney, M.-T.; Corrà, U.; Cosyns, B.; Deaton, C.; et al. 2016 European Guidelines on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice. *Eur. Heart J.* **2016**, *37*, 2315–2381. [[CrossRef](#)]
29. Hildenbrand, K.; Becker, B.E.; Whitcomb, R.; Sanders, J.P. Age-Dependent Autonomic Changes Following Immersion in Cool, Neutral, and Warm Water Temperatures. *Int. J. Aquat. Res. Educ.* **2010**, *4*. [[CrossRef](#)]
30. Hildenbrand, K.; Nordio, S.; Freson, T.S.; Becker, B.E. Development of an Aquatic Exercise Training Protocol for the Asthmatic Population. *Int. J. Aquat. Res. Educ.* **2010**, *4*, 4. [[CrossRef](#)]
31. Becker, B.E. Aquatic Therapy: Scientific Foundations and Clinical Rehabilitation Applications. *PM&R* **2009**, *1*, 859–872. [[CrossRef](#)]
32. Wouters, E.J.M.; Van Nunen, A.M.A.; Geenen, R.; Kolotkin, R.L.; Vingerhoets, A.J.J.M. Effects of Aquajogging in Obese Adults: A Pilot Study. *J. Obes.* **2009**, *2010*, e231074. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
33. Meredith-Jones, K.; Waters, D.; Legge, M.; Jones, L. Upright Water-Based Exercise to Improve Cardiovascular and Metabolic Health: A Qualitative Review. *Complement. Ther. Med.* **2011**, *19*, 93–103. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. Rewald, S.; Mesters, I.; Emans, P.J.; Arts, J.J.C.; Lenssen, A.F.; de Bie, R.A. Aquatic Circuit Training Including Aqua-Cycling in Patients with Knee Osteoarthritis: A Feasibility Study. *J. Rehabil. Med.* **2015**, *47*, 376–381. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. Delevatti, R.; Marson, E.; Krueel, L.F. Effect of Aquatic Exercise Training on Lipids Profile and Glycaemia: A Systematic Review. *Rev. Andal. Med. Deporte* **2015**, *8*, 163–170. [[CrossRef](#)]
36. Dargatz, T.; Röwekamp, A. *Aqua-Fitness: Aqua-Aerobic, Aqua-Power, Aqua-Jogging, Wassergymnastik*; Stiebner Verlag GmbH: München, Germany, 2017.
37. Nagle, E.F.; Sanders, M.E.; Franklin, B.A. Aquatic High Intensity Interval Training for Cardiometabolic Health: Benefits and Training Design. *Am. J. Lifestyle Med.* **2017**, *11*, 64–76. [[CrossRef](#)]
38. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, 2nd ed.; Routledge: New York, NY, USA, 1988. [[CrossRef](#)]
39. Volaklis, K.A.; Spassis, A.T.; Tokmakidis, S.P. Land versus Water Exercise in Patients with Coronary Artery Disease: Effects on Body Composition, Blood Lipids, and Physical Fitness. *Am. Heart J.* **2007**, *154*, 560.e1–560.e6. [[CrossRef](#)]
40. Costa, R.R.; Buttelli, A.C.K.; Fagundes, A.d.O.; Fonseca, G.A.; Pilla, C.; Barreto, M.F.; Viero, P.A.; Rocha, V.d.M.B.d.; Alberton, C.L.; Krueel, L.F.M. The Beneficial Effects of a Water-Based Aerobic Exercise Session on the Blood Lipids of Women with Dyslipidemia Are Independent of Their Training Status. *Clinics* **2020**, *75*, e1183. [[CrossRef](#)]
41. Pinto, A.; Di Raimondo, D.; Tuttolomondo, A.; Butta, C.; Miliio, G.; Licata, G. Effects of Physical Exercise on Inflammatory Markers of Atherosclerosis. *Curr. Pharm. Des.* **2012**, *18*, 4326–4349. [[CrossRef](#)]
42. Myers, J.; McAuley, P.; Lavie, C.J.; Despres, J.-P.; Arena, R.; Kokkinos, P. Physical Activity and Cardiorespiratory Fitness as Major Markers of Cardiovascular Risk: Their Independent and Interwoven Importance to Health Status. *Prog. Cardiovasc. Dis.* **2015**, *57*, 306–314. [[CrossRef](#)]
43. dos Santos Leonel, L.; de Brum, G.; Lima Alberton, C.; Sudatti Delevatti, R. Aquatic Training Improves HbA1c, Blood Pressure and Functional Outcomes of Patients with Type 2 Diabetes: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Diabetes Res. Clin. Pract.* **2023**, *197*, 110575. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
44. Pendergast, D.; Moon, R.; Krasney, J.; Held, H.; Zamparo, P. Human Physiology in an Aquatic Environment. *Compr. Physiol.* **2015**, *5*, 1705–1750. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. Andrade, L.S.; Botton, C.E.; David, G.B.; Pinto, S.S.; Häfele, M.S.; Alberton, C.L. Cardiorespiratory Parameters Comparison between Incremental Protocols Performed in Aquatic and Land Environments by Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sport. Med.* **2022**, *52*, 2247–2270. [[CrossRef](#)]
46. Nagashima, K.; Nose, H.; Yoshida, T.; Kawabata, T.; Oda, Y.; Yorimoto, A.; Uemura, O.; Morimoto, T. Relationship between Atrial Natriuretic Peptide and Plasma Volume during Graded Exercise with Water Immersion. *J. Appl. Physiol.* **1995**, *78*, 217–224. [[CrossRef](#)]
47. Wiesner, S.; Birkenfeld, A.L.; Engeli, S.; Haufe, S.; Brechtel, L.; Wein, J.; Hermsdorf, M.; Karnahl, B.; Berlan, M.; Lafontan, M.; et al. Neurohumoral and Metabolic Response to Exercise in Water. *Horm. Metab. Res.* **2010**, *42*, 334–339. [[CrossRef](#)]
48. Weise, S.D.; Grandjean, P.W.; Rohack, J.J.; Womack, J.W.; Crouse, S.F. Acute Changes in Blood Lipids and Enzymes in Postmenopausal Women after Exercise. *J. Appl. Physiol.* **2005**, *99*, 609–615. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
49. Mohammadreza, B.; Farzad, H.; Davoud, K.; Prof, A.F. Prognostic Significance of the Complex “Visceral Adiposity Index” vs. Simple Anthropometric Measures: Tehran Lipid and Glucose Study. *Cardiovasc. Diabetol.* **2012**, *11*, 20. [[CrossRef](#)]
50. Ananthashan, S.; Bojakowski, K.; Sacharczuk, M.; Poznanski, P.; Skiba, D.S.; Prahł Wittberg, L.; McKenzie, J.; Szkulmowska, A.; Berg, N.; Andziak, P.; et al. Red Blood Cell Distribution Width Is Associated with Increased Interactions of Blood Cells with Vascular Wall. *Sci. Rep.* **2022**, *12*, 13676. [[CrossRef](#)]

51. Landõr, A.; Maaros, J.; Lepik, M.; Vider, J. The Effect of Physical Exercise of Different Intensity on the Blood Parameters in Athletes. *Pap. Anthropol.* **2002**, *11*, 135–150.
52. Mertoglu, C.; Gunay, M. Neutrophil-Lymphocyte Ratio and Platelet-Lymphocyte Ratio as Useful Predictive Markers of Prediabetes and Diabetes Mellitus. *Diabetes Metab. Syndr. Clin. Res. Rev.* **2017**, *11*, S127–S131. [[CrossRef](#)]
53. Karavidas, A.; Lazaros, G.; Tsiachris, D.; Pyrgakis, V. Aging and the Cardiovascular System. *Hell. J. Cardiol.* **2010**, *51*, 421–427.
54. Eroglu, S.; Karatas, G. Platelet/Lymphocyte Ratio Is an Independent Predictor for Osteoporosis. *Saudi Med. J.* **2019**, *40*, 360–366. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.



prof. AWF dr hab. Katarzyna Domaszewska

Urodzona w 1975 r. w Poznaniu. Zatrudniona jest w Zakładzie Fizjologii i Biochemii w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu. Zainteresowania naukowe: rola aktywności fizycznej w terapii wybranych schorzeń cywilizacyjnych w odniesieniu do zmian metabolicznych organizmu oraz znaczenia ergospirometrycznej próby wysiłkowej w ocenie zdolności wysiłkowych osób o różnym poziomie sprawności fizycznej.



mgr Katarzyna Sobczak

Urodzona w 1986 r. w Kaliszu. Zatrudniona jest w Zakładzie Pływania i Ratownictwa Wodnego w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu. Certyfikowana instruktorka aqua fitnessu, trener pływania II klasy, sędzia okręgowy pływania, ratowniczką WOPR. Zainteresowania naukowe: zagadnienia związane z problematyką wdrażania różnych form aktywności fizycznej w utrzymaniu dobrostanu kobiet w okresie okołomenopauzalnym.

