

**AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO**

**im. Jerzego Kukuczki w Katowicach**

**Autoreferat rozprawy na stopień doktora nauk o kulturze fizycznej**

**Wpływ treningu wibracyjnego całego ciała na wybrane endogenne czynniki  
ryzyka upadków i na stężenie interleukiny-6 we krwi u kobiet w wieku 60+**

**Marta Sieradzka**

**Promotor**

**Dr hab. Anna Polak prof. AWF Katowice**

Katedra Fizjoterapii w Chorobach Wewnętrznych; Instytut Fizjoterapii i Nauk  
o Zdrowiu Wydział Fizjoterapii

Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Katowice 2023



## Spis treści

Wykaz skrótów .....	5
1. WPROWADZENIE.....	6
1.1. Trening wibracyjny .....	7
1.2. Trening wibracyjny całego ciała u osób starszych w świetle literatury światowej.....	9
2. CEL BADAŃ I ZAŁOŻENIA BADAWCZE .....	12
3. METODY .....	14
3.1. Projekt badania.....	14
3.2. Zgoda Komisji Bioetycznej.....	14
3.3. Kryteria włączenia i wyłączenia z badania .....	14
3.4. Informacja dla pacjenta oraz podział do grup (randomizacja).....	15
3.5. Zaślepienie .....	16
3.6. Metody terapii .....	16
3.6.1. Metoda terapii na platformie wibracyjnej .....	17
3.7. Metody oceny stanu zdrowia uczestniczek badania.....	18
3.8. Metody oceny postępów terapii .....	18
3.8.1. Metody oceny klinicznych postępów terapii .....	19
3.8.2. Metoda oceny stężenia interleukiny-6 w surowicy krwi .....	21
3.9. Główne efekty końcowe badania .....	21
3.10. Drugorzędne efekty końcowe badania .....	22
3.11. Wskaźniki użyte do oceny efektów leczenia .....	23
3.12. Analiza statystyczna.....	24
4. WYNIKI .....	26
4.1. Podstawowa charakterystyka badanych i ocena jednorodności grup przed terapią.....	27
4.2. Główne efekty końcowe badania .....	30
4.2.1. Ocena wyników uzyskanych w testach klinicznych w obrębie grup.....	30
4.2.2. Porównanie wyników testów klinicznych pomiędzy grupami .....	32
4.3. Drugorzędne efekty końcowe badania .....	34
4.3.1. Ocena stężeń interleukiny-6 we krwi w obrębie grup.....	34
4.3.2. Porównanie zmian stężeń IL-6 pomiędzy grupami.....	34
4.3.3. Ocena korelacji pomiędzy stężeniem IL-6 we krwi badanych a wynikami funkcjonalnych testów klinicznych.....	35
5. OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA.....	37
5.1. Odniesienie wyników własnych do badań innych autorów .....	37
5.1.1. Kliniczne efekty terapii .....	37

5.1.2. Stężenie IL-6 we krwi .....	41
5.2. Efekty niepożądane .....	45
5.3. Nowatorstwo badania, mocne strony i ograniczenia w badaniach własnych .....	45
6. WNIOSKI .....	47
7. BIBLIOGRAFIA .....	49
8. WYKAZ TABEL .....	54
9. WYKAZ RYCIN .....	55

## Wykaz skrótów

BMI	-	Wskaźnik masy ciała
FES-I	-	Skala Lęku Przed Upadkiem
GE	-	Grupa Eksperymentalna
GK	-	Grupa Kontrolna
IL-6	-	Interleukina-6
POCHP	-	Przewlekła obturacyjna choroba płuc
TUG	-	Test Wstań i Idź
WBVT	-	Trening wibracyjny całego ciała
6MWT	-	Test Sześciominutowego Marszu
30SCST	-	30-Sekundowy Test Wstawania z Krzesła

## 1. WPROWADZENIE

W ostatnich latach na świecie szybko przybywa osób w wieku powyżej 60 roku życia i zwiększenie to jest nieporównywalne do jakiegokolwiek innej grupy wiekowej. Zgodnie ze światowymi prognozami demograficznymi, liczba osób w wieku powyżej 60 lat znacznie wzrośnie w najbliższych latach. W 2022 r. odsetek osób starszych szacuje się na poziomie 10% populacji ludzi, natomiast w 2050 r. odsetek ten zwiększy się do 16%. Przewiduje się, że w 2050 r. liczba starszych osób na całym świecie będzie ponad dwukrotnie większa niż dzieci poniżej 5 roku życia.<sup>1</sup>

Zmiany demograficzne związane ze starzeniem się społeczeństwa dotyczą również Polski.<sup>2</sup> Według danych Głównego Urzędu Statystycznego w 2020 roku osoby po 65 roku życia stanowiły 18.4% populacji osób dorosłych w Polsce. Szacuje się, że w 2035 roku odsetek ten zwiększy się do 23.2%. W najbliższych latach przewiduje się również znaczne zwiększenie liczby osób w późnej starości, czyli w wieku od 75 do 89 roku życia.<sup>3</sup> W 1999 roku wśród osób w wieku powyżej 60 lat, te które ukończyły 80. rok życia stanowiły 12%, a prognozuje się, że w 2050 roku odsetek ten zwiększy się do 29%.<sup>3</sup>

U osób dorosłych wraz z wiekiem zwiększa się częstotliwość upadania. Jak wykazują badania w ciągu roku upadków doświadcza 18% osób w wieku poniżej 45 roku życia, 25% osób w wieku 45-65 lat i 30% osób w wieku powyżej 65 roku życia.<sup>4</sup> W populacji osób powyżej 70 roku życia rocznie upada aż 40% seniorów.<sup>5,6</sup>

Według statystyk Departamentu Zdrowia Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej (USA) upadki są główną przyczyną urazów u osób starszych i drugą w kolejności przyczyną zgonów w następstwie urazów w tej grupie wiekowej.<sup>7</sup>

Do endogennych czynników ryzyka upadków zalicza się zaburzenia równowagi ciała i sprawności chodu, osłabienie siły mięśniowej i wytrzymałości wysiłkowej, lęk przed upadkiem, małą aktywność fizyczną, zaburzenia koordynacji ruchowej, upośledzone widzenie, nietrzymanie moczu, zaburzenia poznawcze i terapię wielolekową.<sup>8-10</sup>

U osób starszych obserwuje się również podwyższone stężenie czynników prozapalnych we krwi, w tym interleukiny-6 (IL-6).<sup>11-16</sup> Badania wykazują, że IL-6 jest powiązana z wieloma schorzeniami towarzyszącemu starzeniu się, w tym z zespołem słabości i zaburzeniami funkcji poznawczych u osób starszych.<sup>17</sup> Jej stężenie we krwi zwiększa się istotnie po przekroczeniu 70 roku życia.<sup>18</sup>

Istotną rolę w profilaktyce upadków odgrywa aktywność fizyczna.<sup>19</sup> Procesu starzenia się nie można zatrzymać, jednak ruch minimalizuje jego niekorzystne skutki.<sup>20,21</sup> Ćwiczenia fizyczne zapobiegają utracie masy mięśniowej, poprawiają koordynację ruchową i zmniejszają ryzyko zaburzeń równowagi ciała.<sup>22</sup> Na podstawie klinicznych i eksperymentalnych danych wiadomo jest, że regularnie podejmowana aktywność fizyczna zmniejsza także stężenie IL-6 we krwi człowieka, przyczyniając się tym samym do zmniejszenia przewlekłego stanu zapalnego.<sup>18,23-26</sup> Fizjoprofilaktyka upadków u osób starszych obejmuje ćwiczenia chodu, ćwiczenia równoważne oraz ćwiczenia wzmacniające elastyczność i siłę mięśniową.<sup>27,28</sup>

### **1.1. Trening wibracyjny**

W ostatnich latach podejmuje się również próby wykorzystania treningów wibracyjnych w terapii różnych schorzeń, w tym w leczeniu zaburzeń równowagi ciała i poruszania się u seniorów. W randomizowanych badaniach klinicznych, przeprowadzonych w latach 2009-2019, WBVT był wykorzystywany w leczeniu cukrzycy,<sup>29</sup> przewlekłej obturacyjnej choroby płuc (POCHP)<sup>30</sup> oraz w chorobie zwyrodnieniowej stawów kolanowych.<sup>31-33</sup>

W grupach eksperymentalnych WBVT stosowano w połączeniu z ćwiczeniami równowagi ciała<sup>29</sup> oraz z ćwiczeniami zwiększającymi siłę i wytrzymałość mięśniową.<sup>30,32,33</sup>

Na ogół w badaniach obserwowano pozytywny wpływ WBVT na stan zdrowia pacjentów. U chorych na cukrzycę WBVT przyczynił się do poprawy równowagi dynamicznej i statycznej oraz do zwiększenia siły mięśniowej dolnej partii ciała.<sup>29</sup> Z kolei u pacjentów z POCHP wskutek włączenia WBVT do ćwiczeń wytrzymałościowych i siłowych odnotowano poprawę równowagi statycznej oraz zwiększenie wydolności wysiłkowej i mocy mięśniowej dolnej partii ciała.<sup>30</sup> Włączenie WBVT do ćwiczeń wzmacniających kończyny dolne u osób chorujących na zwyrodnienie stawów kolanowych zwiększyło sprawność funkcjonalną pacjentów,<sup>32</sup> maksymalną siłę mięśniową,<sup>32</sup> moment obrotowy,<sup>33</sup> moc<sup>32</sup> i pracę całkowitą<sup>32</sup> mięśnia czworogłowego uda. Trening wibracyjny całego ciała, prowadzony jako jedyna forma terapii na platformie stabilnej, przyczynił się do zwiększenia siły mięśnia czworogłowego uda, natomiast WBVT prowadzony na ruchomej platformie poprawił czucie głębokie kończyn dolnych.<sup>31</sup>

Nie wszystkie jednak parametry odzwierciedlające sprawność funkcjonalną i stan zdrowia pacjentów poprawiają się pod wpływem WBVT. Trans i wsp.<sup>31</sup> oraz Bokaeian i wsp.<sup>32</sup> nie odnotowali zmniejszenia bólów stawowych po zastosowaniu WBVT u pacjentów chorujących na zwyrodnienie stawu kolanowego. W badaniu Bokaeian i wsp.<sup>32</sup> WBVT nie wpłynął na siłę mięśniową, pracę całkowitą i moc mięśniową zginaczy stawu kolanowego u osób z chorobą zwyrodnieniową kolan. Lai i wsp.<sup>33</sup>, u osób chorujących na zwyrodnienie stawu kolanowego, po zastosowaniu WBVT nie stwierdzili istotnych zmian mocy szczytowej zginaczy i prostowników stawu kolanowego ani szczytowego momentu obrotowego zginaczy stawu kolanowego, gdy badania były przeprowadzane w warunkach izokinetycznych przy



prędkościach kątowych 180 i 90°/s. W tym samym badaniu.<sup>33</sup> WBVT nie miał również wpływu na równowagę dynamiczną oraz na wydolność wysiłkową.<sup>33</sup>

Wyniki cytowanych badań klinicznych są obiecujące. Są to jednak dopiero pojedyncze badania prowadzone u osób z różnymi schorzeniami i trudno jest na ich podstawie wyciągnąć jednoznaczne wnioski na temat efektów leczniczych i metodyki WBVT w leczeniu różnego rodzaju chorób u osób starszych.

## **1.2. Trening wibracyjny całego ciała u osób starszych w świetle literatury światowej**

W pojedynczych badaniach klinicznych podjęto również próby wykorzystania WBVT w terapii zdrowych osób starszych, u których występowały zaburzenia równowagi ciała związane z zaawansowanym wiekiem. Na potrzeby niniejszej rozprawy doktorskiej przeprowadzono systematyczny przegląd randomizowanych badań klinicznych (RCT), w których oceniano wpływ WBVT na stan zdrowia osób w wieku 60+ zagrożonych upadkami z racji wieku. Do badań objętych przeglądem byli włączeni zdrowi seniorzy, u których ryzyko upadków było związane jedynie ze zmianami w organizmie występującymi wskutek starzenia się, a nie w wyniku chorób ostrych czy przewlekłych. Przeglądem objęto anglojęzyczne, pełnotekstowe publikacje RCT, które były indeksowane w bazach naukowych PubMed, Scopus i EBSCO. Zastosowano następujące słowa kluczowe: „vibration training”, „whole body vibration training”, „elder people”, “people aged 60+”, “risk of falls”, “risk of falling”, “body balance”, “cytokine”, “interleukin”. Ostatecznie do przeglądu włączono 5 RCT, które spełniły kryteria włączenia.<sup>34-38</sup> Dodatkowo w przeglądzie uwzględniono także jedno badanie kliniczne, w którym wprawdzie autorzy nie utworzyli grupy kontrolnej, ale było to jedyne badanie, w którym u seniorów oceniono stężenie IL-6 we krwi po zastosowaniu WBVT,<sup>39</sup> a w związku z czym tematyka tego badania była spójna z tematem niniejszej dysertacji. Artykuły włączone do przeglądu zostały opublikowane w latach 2004-2015.

Cytowane RCT<sup>34-38</sup> wykazują, że u osób w wieku 60+ ćwiczenia fizyczne prowadzone z równoczesną wibracją całego ciała przyczyniają się do zwiększenia siły mięśniowej zginaczy<sup>37</sup> i prostowników<sup>34,37</sup> stawu kolanowego. Mogą również zwiększyć siłę eksplozywną kończyn dolnych<sup>34</sup> oraz prędkość ruchu wyprostu kolana.<sup>34</sup> Trening wibracyjny całego ciała może również poprawiać jakość chodu, zwiększając prędkość chodu<sup>38</sup> oraz aktywność bioelektryczną zginaczy podszwowych stopy odpowiedzialnych za fazę przetoczenia i oderwania stopy od podłoża w trakcie chodu.<sup>38</sup> Ćwiczenia prowadzone na platformie wibracyjnej mogą również poprawiać równowagę dynamiczną,<sup>35,37</sup> zwiększać niezależność funkcjonalną<sup>36</sup> i zmniejszać lęk przed upadkiem.<sup>36</sup> Trening wibracyjny może również poprawiać gęstość kości.<sup>37</sup>

Wyniki cytowanych powyżej badań potwierdzają, że WBVT może zmniejszać ryzyko endogennych czynników ryzyka upadków u osób w wieku 60+. Trzeba jednak podkreślić, że są to dopiero pojedyncze badania przeprowadzone u seniorów i konieczne jest potwierdzenie ich wyników w dalszych badaniach prowadzonych w warunkach klinicznych.

Interesującym (z punktu widzenia badań podstawowych i efektów klinicznych) jest również szukanie odpowiedzi na pytanie czy WBVT może mieć wpływ na stężenie cytokin prozapalnych we krwi u zdrowych seniorów, ale zagrożonych upadkami z racji wieku. Wyniki jedyne (według wiedzy własnej), jak do tej pory badania kliniczne nie wykazały wpływu WBVT na stężenie IL-6 we krwi u kobiet w wieku 60+, ale było to tylko badanie wstępne, bez grupy kontrolnej. W związku z czym jego wyniki należy interpretować z ostrożnością i powinny być one zweryfikowane w dalszych badaniach klinicznych.

W badaniach, które stały się podstawą niniejszej dysertacji podjęto się oceny wpływu WBVT na wybrane, endogenne czynniki ryzyka upadków u kobiet w wieku 60+. Pozwoli to poszerzyć wiedzę naukową dotyczącą oddziaływania WBVT na endogenne czynniki ryzyka

upadków u kobiet w zaawansowanym wieku, zagrożonych upadkami. Jest to pierwsze badanie, przeprowadzone w warunkach klinicznych, z grupą kontrolną, w którym u kobiet w wieku 60+, oprócz oceny wpływu WBVT na funkcjonalną sprawność chodu i równowagę dynamiczną, lęk przed upadkiem oraz funkcjonalną siłę mięśniową dolnej partii ciała zbadano również wpływ WBVT na tolerancję wysiłkową. Ponadto jest to pierwsze randomizowane badanie kliniczne z grupą kontrolną, w którym oceniono wpływ WBVT na stężenie IL-6 we krwi u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.

Wyniki badania przyczynią się również do rozwoju praktyki klinicznej, ponieważ dostarczą informacji o wykorzystaniu metody WBVT zastosowanej w badaniu do terapii kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.

## **2. CEL BADAŃ I ZAŁOŻENIA BADAWCZE**

**Ogólnym celem badań** było uzyskanie wiedzy czy i w jaki sposób WBVT wpływa na wybrane, endogenne czynniki ryzyka upadków u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.

**Szczegółowymi celami badań** były odpowiedzi na następujące pytania:

- 1) Czy WBVT poprawia funkcjonalną sprawność chodu i dynamiczną równowagę ciała u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami?
- 2) Czy WBVT zwiększa tolerancję wysiłkową u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami?
- 3) Czy WBVT zwiększa funkcjonalną siłę mięśniową dolnej partii ciała u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami?
- 4) Czy WBVT zmniejsza nasilenie lęku przed upadkiem u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami?
- 5) Czy WBVT zmniejsza stężenie IL-6 we krwi u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami?
- 6) Czy u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami, istnieje korelacja pomiędzy stężeniem IL-6 we krwi a funkcjonalną sprawnością chodu i równowagą dynamiczną?
- 7) Czy u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami, istnieje korelacja pomiędzy stężeniem IL-6 we krwi a tolerancją wysiłkową?
- 8) Czy u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami, istnieje korelacja pomiędzy stężeniem IL-6 we krwi a funkcjonalną siłą mięśniową dolnej partii ciała?

**Aplikacyjnym (praktycznym) celem badań** było wskazanie możliwości wykorzystania metody WBVT zastosowanej w badaniu do terapii wybranych endogennych czynników ryzyka upadku u kobiet w wieku 60+.

Przyjęto następujące założenia badawcze:

- 1) Trening wibracyjny całego ciała poprawi funkcjonalną sprawność chodu i dynamiczną równowagę ciała u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.
- 2) Trening wibracyjny całego ciała zwiększy tolerancję wysiłkową i kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.
- 3) Trening wibracyjny całego ciała zwiększy funkcjonalną siłę mięśniową dolnej partii ciała u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.
- 4) Trening wibracyjny całego ciała zmniejszy lęk przed upadkiem u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.
- 5) Trening wibracyjny całego ciała zmniejszy stężenie IL-6 we krwi u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.
- 6) U kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami, stężenie IL-6 we krwi koreluje z funkcjonalną sprawnością chodu i równowagą dynamiczną.
- 7) U kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami, stężenie IL-6 we krwi koreluje z tolerancją wysiłkową.
- 8) U kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami, stężenie IL-6 we krwi koreluje z funkcjonalną siłą mięśniową dolnej partii ciała.

### **3. METODY**

Metody i wyniki badania zostały przedstawione zgodnie ze standardami CONSORT (Consolidated Standards of Reporting Trials).<sup>40</sup>

#### **3.1. Projekt badania**

Badanie zostało zaplanowane jako prospektywny, randomizowany eksperyment medyczny, leczniczy przeprowadzony w dwóch równoległych grupach badawczych obejmujących kobiety w wieku 60+, zagrożone upadkami z racji wieku, mianowicie w grupie eksperymentalnej, w której stosowany był trening wibracyjny całego ciała oraz w grupie kontrolnej, w której treningu wibracyjnego nie stosowano.

#### **3.2. Zgoda Komisji Bioetycznej**

Badania uzyskały zgodę Komisji Bioetycznej ds. Badań Naukowych w Akademii Wychowania Fizycznego im. J. Kukuczki w Katowicach nr 1/2018 z dnia 15.11.2018r. z rozszerzeniem z dnia 22.05.2020r.

Badanie zostało zarejestrowane w International Traditional Medicine Clinical Trial Registry, pod numerem: ISRCTN69374524.

#### **3.3. Kryteria włączenia i wyłączenia z badania**

Do badania włączano kobiety, które były pensjonariuszkami jednego z domów opieki społecznej na terenie Górnego Śląska oraz kobiety mieszkające we własnych gospodarstwach domowych na terenie Górnego Śląska.

Kobiety były kierowane do badania przez lekarza. Do badania włączono kobiety w wieku powyżej 60 lat, zdolne do samodzielnego poruszania się, których wynik oceny czynności dnia codziennego w Skali Barthel wynosił powyżej 20 punktów. Z badanymi był zachowany w pełni

logiczny kontakt werbalny. Rozumiały polecenia fizjoterapeuty i potrafiły się do tych poleceń stosować. Zgłaszały zaburzenia równowagi ciała związane z wiekiem i niespodowodowane urazami i chorobami. W historii choroby kobiet występował przynajmniej jeden upadek w ciągu minionego roku, odczuwały lęk przed upadkiem (wynik oceny lęku przed upadkiem przy pomocy FES-I >16 punktów). Badane złożyły pisemną zgodę na udział w badaniach.

Kryteriami wyłączenia z badania były przeciwwskazania do treningu wibracyjnego (między innymi: ostre stany zapalne, osteoporoza, złamania kości oraz inne urazy kończyn dolnych i kręgosłupa w okresie krótszym niż 1 rok przed rozpoczęciem badania, złośliwe choroby nowotworowe w trakcie leczenia, cukrzyca, ostre i przewlekłe choroby naczyń krwionośnych i naczyń limfatycznych, ryzyko krwawień wewnętrznych i zewnętrznych), zaburzenia równowagi ciała i poruszania się powstałe na tle chorobowym (z powodu chorób układu nerwowego, narządów zmysłu, układu sercowo-naczyniowego, tętnic szyjnych i narządu ruchu itp.).

#### **3.4. Informacja dla pacjenta oraz podział do grup (randomizacja)**

Kobiety były pisemnie poinformowane o celu i przebiegu badania. Otrzymały również pisemną informację o możliwości rezygnacji z udziału w badaniu na każdym z jego etapów bez podania przyczyny. Uzyskały również pisemne zapewnienie, że rezygnacja z badania nie będzie miała wpływu na ich dalsze leczenie. Po wyrażeniu pisemnej zgody na udział w badaniu kobiety dzielono losowo do dwóch grup.

Przed rozpoczęciem badania przygotowano 46 nieprzezroczystych kopert oraz 46 kartek, na których umieszczone były litery: A (23 kartki) i B (23 kartki). Litera A oznaczała grupę kontrolną, a litera B - grupę eksperymentalną. Następnie koperty i kartki zostały przekazane osobie niezaangażowanej w badanie, która umieściła po jednej kartce w kopercie i zakleiła je.

Następnie ponumerowała losowo koperty od numeru 1 do 46 i przekazała kierownikowi badania. Po zakwalifikowaniu kobiet do badania przez lekarza, kierownik badania otwierał kolejno koperty i poszczególne uczestniczki eksperymentu kierowano do danej grupy na podstawie symbolu znajdującego się w kopercie.

Ze względów etycznych kobiety, które na podstawie losowania skierowano do grupy kontrolnej, po upływie okresu badania (tj. po upływie 12 tygodni) mogły wziąć udział w ćwiczeniach na platformie wibracyjnej (poza grupą eksperymentalną), jeśli wyraziły taką wolę.

### **3.5. Zaślepienie**

Zaślepieniem byli objęci: 1) kierownik badania, który dokonywał losowego podziału kobiet do grup badawczych, 2) fizjoterapeuta, który przeprowadzał ocenę klinicznych postępów terapii, 3) diagnosta laboratoryjny badający stężenie IL-6 we krwi oraz 4) statystyk przeprowadzający analizę statystyczną wyników badania. Osoby zaślepienie, na żadnym etapie badania nie miały bezpośredniego kontaktu z pacjentkami w grupie eksperymentalnej i w grupie kontrolnej. Z oczywistych względów pacjentki w grupie eksperymentalnej i w grupie kontrolnej, oraz fizjoterapeuta nadzorujący trening wibracyjny całego ciała nie byli zaślepieni.

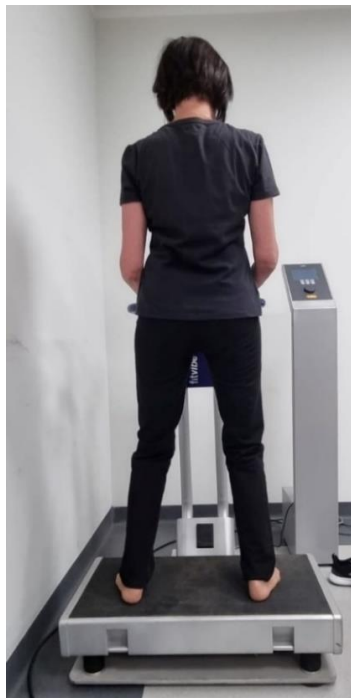
### **3.6. Metody terapii**

W obu grupach uczestniczki badania poinstruowano, aby w ciągu 12 tygodni kontynuowały swoją dotychczasową aktywność fizyczną związaną z czynnościami dnia codziennego. W grupie kontrolnej w ciągu trwania badania, tj. przez 12 tygodni nie wprowadzano żadnych dodatkowych aktywności fizycznych. W grupie eksperymentalnej u kobiet dodatkowo wprowadzono WBVT. Trening wibracyjny całego ciała przeprowadzany był w Domu Pomocy Społecznej Święta Elżbieta w Rudzie Śląskiej.



### 3.6.1. Metoda terapii na platformie wibracyjnej

Trening wibracyjny przeprowadzono na urządzeniu Fitvibe 600 (REF 36001000, SN 1002077) UNIPHY Elektromedizin GmbH & CO KG Neuendorfstr 19b 16761 Henningsdorf Germany. Metodyka terapii na platformie wibracyjnej została opracowana w oparciu o badania kliniczne, w których WBVT stosowano w leczeniu osób w wieku 60+.<sup>34-39</sup> Trening wibracyjny całego ciała w grupie eksperymentalnej prowadzono przez 2 dni w tygodniu (w poniedziałki i w czwartki), przez 12 tygodni. Częstotliwość wibracji wynosiła 20 Hz a amplituda 2 mm. Czas trwania ćwiczeń na platformie wibracyjnej wynosił każdorazowo 10 minut, przy czym wibracja trwała 1 minutę, po czym następowała 1-minutowa przerwa i cykl ten był powtarzany 5 razy. W czasie treningu wibracyjnego kobieta ubrana była w wygodny strój sportowy, przyjmowała swobodną postawę stojącą lub pozycję w półprzysiadzie w zależności od swoich preferencji. W czasie ćwiczenia ręko ma trzymała się poręczy, które znajdowały się przed nią. Przykładowe ćwiczenie na platformie wibracyjnej zostało przedstawione na rycinach 1 i 2.



**Rycina 1.** Wykonywanie treningu wibracyjnego przez pacjentkę - widok z tyłu



**Rycina 2.** Wykonywanie treningu wibracyjnego przez pacjentkę - widok z boku

### **3.7. Metody oceny stanu zdrowia uczestniczek badania**

Diagnostyka pacjentek w obu grupach była przeprowadzana był w Domu Pomocy Społecznej Święta Elżbieta w Rudzie Śląskiej. Przed rozpoczęciem badania w obu grupach oceniono sprawność ruchową pacjentek przy pomocy Skali Barthel oraz ich stan poznawczy przy pomocy Mini Mental Test.<sup>41,42</sup>

### **3.8. Metody oceny postępów terapii**

Postępy terapii oceniono biorąc pod uwagę efekty kliniczne oraz zmiany stężenia IL-6 w surowicy krwi u pacjentek. W ocenie klinicznej uwzględniono funkcjonalną sprawność chodu i równowagę dynamiczną, tolerancję wysiłkową, funkcjonalną siłę mięśniową dolnej partii ciała oraz nasilenie lęku przed upadkiem.

### **3.8.1. Metody oceny klinicznych postępów terapii**

Bezpośrednio przed rozpoczęciem terapii oraz bezpośrednio po jej zakończeniu dokonano klinicznej oceny endogennych czynników ryzyka upadków z wykorzystaniem testów funkcjonalnych, mianowicie przeprowadzono ocenę funkcjonalnej sprawności chodu i dynamicznej równowagi ciała przy pomocy „Testu Wstań i Idź” (TUG), oceniono tolerancję wysiłkową za pomocą „Sześciominutowego Testu Marszowego” (6MWT), oceniono funkcjonalną siłę mięśniową dolnej partii ciała przy pomocy „30-Sekundowego Test Wstawania z Krzesła” (30SCST). Oceniono również nasilenie lęku przed upadkiem wykorzystując „Skalę Lęku Przed Upadkiem” (FES-I).

Wszystkie testy przeprowadzane były w tym samym ośrodku fizjoterapeutycznym, w pomieszczeniach zamkniętych. W czasie testów pacjentki ubrane były w wygodny strój sportowy i wiązane buty sportowe. W obu grupach badawczych testy diagnostyczne przed rozpoczęciem badania były przeprowadzane w piątki, natomiast testy po zakończeniu badania były przeprowadzane w poniedziałki. Każdorazowo badania przeprowadzono w następującej kolejności: pobranie krwi (celem oznaczenia IL-6), ocena lęku przed upadkiem (FES-I), ocena funkcjonalnej sprawności chodu i równowagi dynamicznej (test TUG), ocena funkcjonalnej siły mięśniowej dolnej partii ciała (30SCST), ocena tolerancji wysiłkowej (6MWT). Pacjentki były umawiane na testy diagnostyczne w tych samych godzinach.

Krew była pobierana przez tą samą pielęgniarkę zatrudnioną w DPS Św. Elżbieta w Rudzie Śląskiej. Testy diagnostyczne (FES-I, TUG, 30SCST, 6MWT) były przeprowadzane przez tego samego fizjoterapeutę. Pobranie krwi oraz testy diagnostyczne były przeprowadzane w DPS Św. Elżbieta w Rudzie Śląskiej. Oznaczenia stężenia IL-6 we krwi były wykonywane w Laboratorium Badań Molekularnych, w Instytucie Fizjoterapii i Nauk o Zdrowiu, w Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach.

W TUG po usłyszeniu komendy „start” zadaniem pacjentki było jak najszybciej wstać z krzesła, pokonać dystans 3 metrów, obrócić się o 180 stopni, wrócić i z powrotem usiąść na krześle. Analizie został poddany czas wykonania próby. Linia startu i linia mety były zaznaczone na podłodze dobrze widocznymi liniami. Przed rozpoczęciem badania każda pacjentka była dokładnie poinformowana, w jaki sposób ma wykonać test i miała możliwość wykonania dwóch prób bez mierzenia czasu. Następnie pacjentka dwukrotnie wykonywała właściwy test z pomiarem czasu trwania zadania. Jako wynik końcowy przyjmowano średnią wyników z dwóch pomiarów.<sup>43-45</sup>

Test 6MWT wykonywano na korytarzu umożliwiającym swobodny i bezpieczny marsz na dystansie 30 metrów. Na podłodze przy pomocy poprzecznej linii i słupków bocznych oznaczono linię startu i miejsca zawracania po przejściu 30 metrów. Dodatkowo liniami poprzecznymi na podłodze oznaczono odcinki 3 metrowe. Jako wynik testu mierzono dystans przebyty przez pacjentkę w czasie 6 minut.<sup>46-49</sup>

W trakcie 30SCST zadaniem pacjentki było jak najszybsze wstawanie (do wyprostowania kolan) z krzesła i z powrotem siadanie na krześle. Siedzisko krzesła było umieszczone na wysokości 45 cm. Nogi krzesła zabezpieczono przed poślizgiem gumowymi podstawkami. Krzesło było wyposażone w oparcie ustawione pod kątem prostym, nie posiadało podłokietników. Przed rozpoczęciem próby pacjentka przyjmowała pozycję wyjściową siadu na krześle, z wyprostowanymi plecami, rękami skrzyżowanymi na klatce piersiowej oraz z równoległym położeniem stóp względem siebie na podłożu. Na komendę fizjoterapeuty pacjentka rozpoczynała wstawanie i siadanie na krześle. Jako wynik końcowy przyjmowano liczbę pełnych cykli wstania i siadania.<sup>50,51</sup>

Celem oceny nasilenia lęku przed upadkiem, po odpowiednim objaśnieniu ze strony fizjoterapeuty, każda pacjentka samodzielnie wypełniała kwestionariusz FES-I. Przy

wszystkich pytaniach pacjentka określała nasilenie obaw przed upadkiem w skali od 1 do 4, z czego 1 oznaczało brak obaw przed upadkiem a 4 największy poziom lęku przed upadkiem. Pytania dotyczyły nasilenia lęku przed upadkiem przy takich czynnościach dnia codziennego jak: chodzenie po mieszkaniu, wstawanie i siadanie na krzesło, samodzielne przygotowywanie posiłków (z wykluczeniem noszenia ciężkich lub gorących przedmiotów), położenie się w łóżku i wstawanie z łóżka, odebranie telefonu, otwieranie drzwi, dbanie o własną higienę oraz samodzielne ubieranie się i rozbieranie. Wynikiem końcowym była suma punktów uzyskanych w poszczególnym pytaniach mieszcząca się w przedziale od 16 do 64 punktów.<sup>52</sup>

### **3.8.2. Metoda oceny stężenia interleukiny-6 w surowicy krwi**

Celem oceny stężenia IL-6 we krwi u pacjentek pobierano 5 ml krwi z żyły odłokciowej. Próbki były pobierane między godziną 7 a 9 rano. Cytokina IL-6 oznaczana była metodą immunoenzymatyczną (ELISA) z wykorzystaniem zestawu: IL-6; R&D Systems, Biotechene, D6050.

### **3.9. Główne efekty końcowe badania**

Jako główne efekty końcowe badania przyjęto: 1) funkcjonalną sprawność chodu i równowagę dynamiczną, 2) tolerancję wysiłkową, 3) funkcjonalną siłę mięśniową dolnej partii ciała oraz 4) nasilenie lęku przed upadkiem.

Ad. 1). W celu uzyskania odpowiedzi na pytanie czy WBVT przyczynił się do poprawy funkcjonalnej sprawności chodu i równowagi dynamicznej, w obu grupach porównano czas wykonania TUG [sek] po terapii w stosunku do stanu sprzed leczenia. Następnie w obu grupach obliczono procentowe wskaźniki zmian wyników TUG [%] i wskaźniki te porównano pomiędzy grupami.

Ad. 2). W celu uzyskania odpowiedzi na pytanie czy WBVT przyczynił się do poprawy tolerancji wysiłkowej w obu grupach porównano dystans przebyty w 6MWT [m] po terapii w stosunku do stanu sprzed leczenia. Następnie w obu grupach obliczono procentowe wskaźniki zmian wyników 6MWT [%] i wskaźniki te porównano pomiędzy grupami.

Ad 3) W celu uzyskania odpowiedzi na pytanie czy WBVT przyczynił się do zwiększenia funkcjonalnej siły mięśniowej dolnej partii ciała, w obu grupach porównano liczbę powtórzeń wstawania i siadania na krzesło w 30SCST po terapii w stosunku do stanu sprzed leczenia. Następnie w obu grupach obliczono procentowe wskaźniki zmian wyników 30SCST [%] i wskaźniki te porównano pomiędzy grupami.

Ad 4) W celu uzyskania odpowiedzi na pytanie czy trening wibracyjny przyczynił się do zmniejszenia lęku przed upadkiem w obu grupach porównano wyniki kwestionariusza FES-I [liczba punktów] po terapii w stosunku do stanu sprzed leczenia. Następnie w obu grupach obliczono procentowe wskaźniki zmian wyników FES-I [%] i wskaźniki te porównano pomiędzy grupami.

### **3.10. Drugorzędne efekty końcowe badania**

Jako drugorzędne efekty końcowe badania przyjęto: stężenie IL-6 we krwi pacjentek oraz korelacje pomiędzy stężeniem IL-6 a wynikami testów funkcjonalnych TUG, 6MWT i 30SCST.

W celu uzyskania odpowiedzi na pytanie czy WBVT przyczynił się do zmniejszenia stężenia cytokiny prozapalnej IL-6 we krwi w obu grupach porównano stężenie IL-6 [pg/ml] w surowicy krwi po terapii w stosunku do stanu sprzed leczenia. Następnie w obu grupach obliczono procentowe wskaźniki zmian stężeń IL-6 we krwi [%] i wskaźniki te porównano pomiędzy grupami.

### 3.11. Wskaźniki użyte do oceny efektów leczenia

Wskaźniki procentowych zmian poszczególnych zmiennych wykorzystanych do oceny postępów terapii obliczono według następujących wzorów:

- 1) Procentowy wskaźnik zmian uzyskanych w TUG (%TUG):

$$\%TUG = (TUG-1 - TUG-0 / TUG-0) \times 100\%,$$

Gdzie: %TUG - procentowy wskaźnik zmian wyniku TUG, TUG-0 - czas wykonania TUG przed terapią [s], TUG-1 - czas wykonania TUG po terapii [s]

- 2) Procentowy wskaźnik zmian dystansu przebytego w Sześciominutowym Teście Marszowym (%6MWT):

$$\%6MWT = (6MWT-1 - 6MWT-0 / 6MWT-0) \times 100\%,$$

Gdzie: %6MWT- procentowy wskaźnik zmian dystansu przebytego w Sześciominutowym Teście Marszowym, 6MWT-0 – dystans przebyty przed terapią [m], 6MWT-1 – dystans przebyty po terapii [m].

- 3) Procentowy wskaźnik zmian liczby powtórzeń w teście wstawiania z krzesła w czasie 30 sekund (%30SCST):

$$\%30SCST = (30SCST-1 - 30SCST-0 / 30SCST-0) \times 100\%,$$

Gdzie: %30SCST - procentowy wskaźnik zmian liczby powtórzeń w teście wstawiania z krzesła w czasie 30 sekund; 30SCST-0 – liczba powtórzeń w teście wstawiania z krzesła w czasie 30 sekund przed terapią [liczba powtórzeń]; 30SCST-1 – liczba powtórzeń w teście wstawiania z krzesła w czasie 30 sekund po terapii [liczba powtórzeń].

- 4) Procentowy wskaźnik zmian nasilenia lęku przed upadkiem (%FESI):

$$\%FESI = (FESI-1 - FESI-0 / FESI-0) \times 100\%,$$

Gdzie: %FESI - procentowy wskaźnik zmian wyniku oceny lęku przed upadkiem; FESI-0 – ocena lęku przed upadkiem przed terapią [liczba punktów]; FESI-1 – ocena lęku przed upadkiem po terapii [liczba punktów].

5) Procentowy wskaźnik zmian stężenia IL-6 we krwi (%IL6):

$$\%IL6 = (IL6-1 - IL6-0 / IL6-0) \times 100\%,$$

Gdzie: %IL6 - procentowy wskaźnik zmian stężenia IL-6 we krwi; IL6-0 – stężenie IL-6 we krwi przed terapią [pg/ml]; IL6-1 – stężenie IL-6 we krwi po terapii [pg/ml].

### **3.12. Analiza statystyczna**

Do analizy statystycznej wykorzystano program Statistica (wersja 12/2021, StatSoft Polska Sp. z o.o.). We wszystkich testach istotność statystyczną przyjęto na poziomie  $p < 0.05$ .

Do badania rozkładu zmiennych charakteryzujących pacjentów zastosowano test W Shapiro-Wilka, natomiast jednorodność wariancji zbadano testem Levena. Ze względu na brak normalności rozkładu zmiennych i brak jednorodności wariancji analizę statystyczną wyników przeprowadzono przy pomocy testów nieparametrycznych. W związku z tym, że skośność i kurtoza wynosiły  $< 2.5$ , a rozkłady zmiennych były jednomodalne w analizie wyników, oprócz mediany i kwartyli, podano również średnie i odchylenia standardowe odpowiednio jako miary położenia i rozproszenia.

Zmienne cechujące pacjentów w obu grupach przed leczeniem porównano pomiędzy grupami za pomocą testu Chi2 największej wiarygodności oraz testu U Manna-Whitneya.

Do porównania wyników przed i po terapii uzyskanych w poszczególnych grupach w testach funkcjonalnych (TUG, 6MWT, 30SCST) oraz w kwestionariuszu FES-I zastosowano test kolejności par Wilcoxona. Stężenia IL-6 we krwi przed i po terapii w obu grupach również porównano przy pomocy testu kolejności par Wilcoxona.

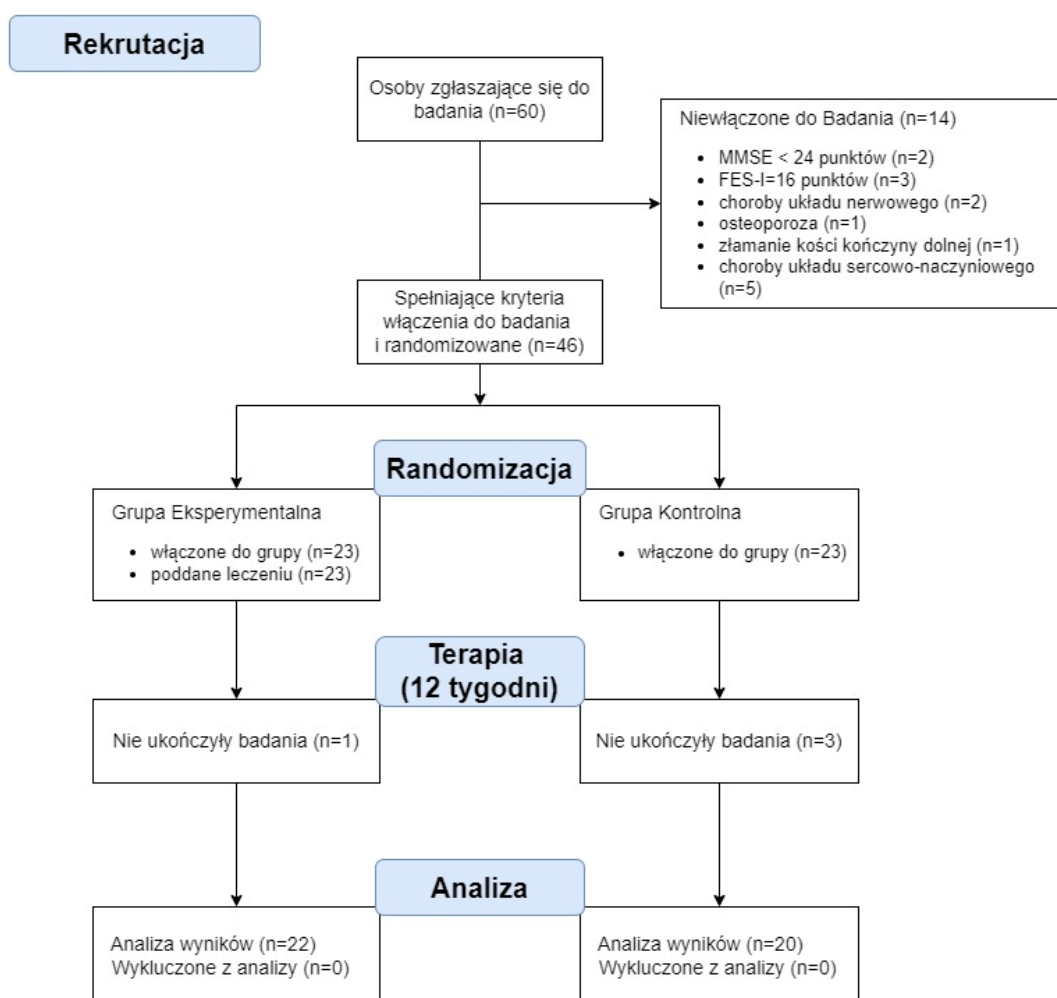
Procentowe zmiany wyników testów funkcjonalnych (TUG, 6MWT, 30SCST), nasilenia lęku przed upadkiem (FES-I) oraz stężenia IL-6 we krwi pomiędzy grupami porównano stosując test U Manna-Whitneya.



Korelacje pomiędzy stężeniem IL-6 a wynikami testów funkcjonalnych (TUG, 6MWT, 30SCST) zostały zbadane za pomocą korelacji rang Spearmana.

#### 4. WYNIKI

W okresie od 01 czerwca 2018 roku do 31 października 2018 roku do badania zgłosiło się 60 kobiet. Czternaście z nich nie spełniło kryteriów włączenia do badania. Pozostałe 46 kobiet włączono do badania i losowo przydzielono do grupy eksperymentalnej (GE; 23 kobiety) i do grupy kontrolnej (GK; 23 kobiety). Dwunastotygodniowej terapii nie ukończyły 4 kobiety (8.7%). Dwie kobiety (jedna w GE i jedna w GK) nie ukończyły badania ze względu na pogorszenie stanu zdrowia nie związane z procedurami stosowanymi w badaniu. Dwie inne kobiety w GK zrezygnowały z udziału w badaniu. Badanie ukończyły 42 kobiety, których wyniki uwzględniono w analizie statystycznej, w tym 22 kobiety w GE i 20 kobiet w GK. Schemat badania został przedstawiony na rycinie 3.



Rycina 3. Przebieg badania

#### **4.1. Podstawowa charakterystyka badanych i ocena jednorodności grup przed terapią**

W badaniu uczestniczyły kobiety w wieku od 60 do 85 lat, których wskaźnik masy ciała kształtował się na poziomie od 17.8 do 39.3 kg/m<sup>2</sup>. Siedemnaście (40.48%) kobiet było pensjonariuszkami Domu Pomocy Społecznej Św. Elżbiety w Rudzie Śląskiej, a pozostałe 25 kobiet (59.52%) mieszkało we własnych gospodarstwach domowych w powiecie Ruda Śląska na terenie Górnego Śląska.

Przed terapią wyniki oceny funkcji dnia codziennego przeprowadzonej w 100-stopniowej „Skali Barthel” u kobiet włączonych do badania kształtowały się na poziomie od 85 do 100 punktów, co wskazywało na możliwość samodzielnego funkcjonowania pacjentek, przy ewentualnej niewielkiej pomocy.<sup>41</sup>

Wyniki oceny funkcji poznawczych uzyskane przy pomocy „Mini Mental Test” mieściły się w zakresie od 26 do 30 punktów, wskazując tym samym prawidłowy stan funkcji poznawczych, który w „Mini Mental Test” jest przyjmowany na poziomie 30 – 27 punktów lub łagodne zaburzenia funkcji poznawczych z wykluczeniem otępienia, które w „Mini Mental Test” są diagnozowane przy wyniku 26 – 24 punkty.<sup>42</sup>

U wszystkich kobiet w historii choroby odnotowano przynajmniej jeden upadek w ciągu minionego roku przed rozpoczęciem badania. U wszystkich kobiet zdiagnozowano też lęk przed upadkiem, przy czym u 19 (45.24%) pacjentek występowały małe obawy przed upadkiem (zakres 17 – 19 punktów w FES-I), u 14 (33.33%) pacjentek występował umiarkowany lęk przed upadkiem (zakres 20 – 27 punktów w FES-I), a 9 (21.43%) pacjentek wskazało duży lęk przed upadkiem (zakres 20 – 27 punktów w FES-I).<sup>52</sup>

Czas wykonania TUG wynosił od 5.37 do 14.3 s, przy czym 21 (50%) pacjentek wykonywało test w czasie 10 – 13.5 s co wskazywało na niewielkie zaburzenia funkcjonalne poruszania się

i równowagi dynamicznej<sup>53,54</sup> natomiast u 2 (4.76%) kobiet czas wykonania testu nieznacznie przekraczał 13.5 sekund wskazując funkcjonalne zaburzenia poruszania się i równowagi dynamicznej i ryzyko upadku.<sup>53,54</sup>

W teście 30SCST u 10 (23.81%) pacjentek wynik testu był mniejszy w stosunku do normy wiekowej, co wskazywało na zmniejszoną, funkcjonalną siłę mięśniową dolnych partii ciała.<sup>50,51</sup>

Dystans przebyty przez pacjentki w 6MWT wynosił od 135 do 475 m. Biorąc pod uwagę przebyty dystans i wiek pacjentek zmniejszoną tolerancję wysiłkową w stopniu umiarkowanym stwierdzono u 30 (71.43%) pacjentek, natomiast znaczne upośledzenie tolerancji wysiłkowej występowało u 2 (4.76%) osób.<sup>46-49</sup>

Stężenie IL-6 we krwi kobiet wahało się w zakresie od 1.34 do 12.30 pg/ml. Brak jest wartości normatywnych dla stężenia IL-6 we krwi, niemniej jednak jest to wynik stosunkowo niski, nie wskazujący raczej na istnienie ostrych stanów zapalnych.

Przed terapią nie występowały statystycznie istotne różnice zmiennych charakteryzujących pacjentki ( $p > 0.05$ ). Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Zmienne charakteryzujące pacjentki w poszczególnych grupach przed badaniem (liczba kobiet=42)

Zmienna	Grupa eksperymentalna (n=22)	Grupa kontrolna (n =20)	Poziom istotności
*Wiek [lata]: Średnia ± SD Mediana (kwartył dolny – kwartył górny)	69.00 ± 6.74 67.00 (66.00 – 71.00)	70.69 ± 6.96 70.00 (67.00 – 75.00)	0.054
*BMI [kg/m <sup>2</sup> ] Średnia ± SD Mediana (kwartył dolny – kwartył górny)	28.46 ± 4.57 28.12 (25.30 - 32.05)	22.18 ± 12.31 24.98 (19.56 - 29.98)	0.092
**Miejsce zamieszkania kobiet [liczba kobiet (%)] Dom pomocy społecznej Gospodarstwo domowe	9 (40.91%) 13 (59.09%)	7 (35%) 13 (65%)	0.211
*Ocena funkcji dnia codziennego [punkty] <sup>1</sup> Średnia ± SD Mediana (kwartył dolny – kwartył górny)	98.86 ± 3.43 100.00 (100.00 – 100.00)	97.81 ± 4.07 100 (95 - 100)	0.103
*Ocena funkcji poznawczych [punkty] <sup>2</sup> Średnia ± SD Mediana (kwartył dolny – kwartył górny)	29.40 ± 1.22 30.00 (30.00 - 30.00)	29.12 ± 1.15 30.00 (28.00 - 30.00)	0.915
*Ocena lęku przed upadkiem (FES-I) [punkty] Średnia ± SD Mediana (kwartył dolny – kwartył górny)	21.41 ± 5.45 20.00 (18.00 - 22.00)	24.56 ± 6.81 24.00 (20.00 - 26.00)	0.219
*Ocena funkcjonalnej sprawności chodu i równowagi dynamicznej (TUG) [s] Średnia ± SD Mediana (kwartył dolny – kwartył górny)	8.62 ± 2.14 8.44 (6.90 – 10.08)	10.22 ± 4.49 9.00 (8.02 - 9.79)	0.350
*Ocena tolerancji wysiłkowej (6MWT) [m] Średnia ± SD Mediana (kwartył dolny – kwartył górny)	307.48 ± 74.30 295.00 (260.00 – 360.00)	288.19±105.78 279.00 (220.00 – 325.00)	0.367
*Ocena funkcjonalnej siły mięśniowej dolnej partii ciała (30SCST) [liczba powtórzeń] Średnia ± SD Mediana (kwartył dolny – kwartył górny)	12.59 ± 3.68 12.50 (10.00 – 15.00)	11.31 ± 3.34 11 (9.00 - 14.00)	0.319
*Stężenie interleukiny-6 we krwi [pg/ml] Średnia ± SD Mediana (kwartył dolny – kwartył górny)	5.31 ± 6.70 3.31 (2.73 - 4.94)	4.79 ± 3.38 3.31 (3.02 - 5.37)	0.832

SD-odchylenie standardowe; BMI-body mass index; <sup>1</sup>Skala Barthel; <sup>2</sup>Mini Mental Test; <sup>1</sup>FES-I – Skala Lęku Przed Upadkiem; TUG - Test Wstań i Idź; 6MWT - Sześciominutowy Test Marszowy; 30SCST - 30-Sekundowy Test Wstawania z Krzesła; \*Test U Manna-Whitneya; \*\*Test Chi2 najwyższej wiarygodności. Różnice pomiędzy wszystkimi zmiennymi w grupie eksperymentalnej i w grupie kontrolnej były nieistotne statystycznie (p>0.05)

## **4.2. Główne efekty końcowe badania**

### **4.2.1. Ocena wyników uzyskanych w testach klinicznych w obrębie grup**

W grupie eksperymentalnej przed terapią pacjentki wykonywały „Test Wstań i Idź” średnio w czasie 8.62 s (SD 2.14 s), a po terapii czas wykonywania testu skrócił się do 7.39 s. (SD 1.38 s); różnica okazała się znamienne statystycznie ( $p=0.029$ ).

Średni dystans przebyty przez pacjentki w grupie eksperymentalnej w „Sześciominutowym Teście Marszowym” przed terapią wynosił 307.48 m. (SD 74.30 m), a po terapii zwiększył się do 450.80 m (SD 117.47 m). Różnica była istotna statystycznie ( $p=0.0001$ ).

W grupie eksperymentalnej istotnie statystycznie ( $p=0.029$ ) zwiększyła się liczba powtórzeń wykonywanych przez pacjentki w „30-Sekundowym Teście Wstawania z Krzesła”, która przed terapią wynosiła średnio 12.59 powtórzeń (SD 3.68), a po terapii 14.36 powtórzeń (SD 4.16).

Po terapii w grupie eksperymentalnej nie wykazano istotnej statystycznie zmiany nasilenia lęku przed upadkiem w stosunku do stanu sprzed leczenia ( $p=0.322$ ). Średni wynik oceny nasilenia lęku przed upadkiem przeprowadzonej przy pomocy kwestionariusza FES-I przed terapią wynosił 21.41 punktu (SD 5.45), a po terapii 22.27 punktów (SD 5.46).

Szczegółowe wyniki uzyskane w grupie eksperymentalnej przed i po zakończeniu badania przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Wyniki testów klinicznych uzyskane w grupie eksperymentalnej przed i po badaniu (liczba badanych=22)

Zmienna	Przed badaniem	Po badaniu	*Poziom istotności
	Średnia ± SD Mediana (kwartył dolny – kwartył górny)		
Ocena funkcjonalnej sprawności chodu i równowagi dynamicznej (TUG) [s]	8.62 ± 2.14 8.44 (6.90 – 10.08)	7.39 ± 1.38 7.27 (6.09 – 8.20)	0.029
Ocena tolerancji wysiłkowej (6MWT) [m]	307.48 ± 74.30 295.00 (260.00 – 360.00)	450.80 ± 117.47 442.50 (400.00 - 550.00)	0.0001
Ocena funkcjonalnej siły mięśniowej dolnej partii ciała (30SCST) [liczba powtórzeń]	12.59 ± 3.68 12.50 (10.00 – 15.00)	14.36 ± 4.19 14.00 (11.00 - 17.00)	0.029
Ocena lęku przed upadkiem (FES-I) [punkty]	21.41 ± 5.45 20.00 (18.00 - 22.00)	22.27 ± 5.46 20.00 (19.00 - 26.00)	0.322

SD - odchylenie standardowe; TUG-Test "Wstań i Idź"; 6MWT-Sześciominutowy Test Marszowy; 30SCST - 30-Sekundowy Test Wstawania z Krzesła; FES-I - Skala Lęku Przed Upadkiem; \*Test kolejności par Wilcoxon.

W grupie kontrolnej średni czas wykonania „Testu Wstań i Idź” przed terapią wynosił 10.22 s (SD 4.49), a po terapii 10.88 s (SD 4.06). Różnica była nieistotna statystycznie (p=0.0560).

W trakcie „Sześciominutowego Testu Marszowego” pacjentki w grupie kontrolnej przebyły średnio dystans 288.19 m (SD 105.78 m), a po terapii dystans 302.41 m (SD 90.81 m). Różnica była nieistotna statystycznie (p=0.352).

W grupie kontrolnej nie odnotowano także istotnej statystycznie zmiany wyników uzyskanych w „30-Sekundowym Teście Wstawania z Krzesła” (p=0.367). Przed badaniem pacjentki wykonywały średnio 11.31 (SD 3.34) powtórzeń wstawania i siadania na krzesło a po badaniu 10.78 powtórzeń (SD 3.73).

U pacjentek w grupie kontrolnej nasilenie lęku przed upadkiem nie zmieniło się istotnie statystycznie (p=0.868). Wynik uzyskany w Skali Lęku Przed Upadkiem FES-I przed badaniem

kształtował się średnio na poziomie 24.56 punktów (SD 6.81), a po badaniu na poziomie 24.19 punktów (SD 5.59). Szczegółowe wyniki uzyskane w grupie kontrolnej przed i po zakończeniu badania przedstawiono w tabeli 3.

**Tabela 3.** Wyniki testów klinicznych uzyskane w grupie kontrolnej przed i po badaniu (liczba badanych=20)

Zmienna	Przed badaniem	Po badaniu	*Poziom istotności
	Średnia ± SD Mediana (kwartyl dolny – kwartyl górny)		
Ocena funkcjonalnej sprawności chodu i równowagi dynamicznej (TUG) [s]	10.22 ± 4.49 9.00 (8.02 - 9.79)	10.88 ± 4.06 9.16 (8.85 - 11.50)	0.056
Ocena tolerancji wysiłkowej (6MWT) [m]	288.19 ± 105.78 279.00 (220.00 - 325.00)	302.41 ± 90.81 294.50 (233.75 - 370.00)	0.352
Ocena funkcjonalnej siły mięśniowej dolnej partii ciała (30SCST) [liczba powtórzeń]	11.31 ± 3.34 11 (9.00 - 14.00)	10.78 ± 3.73 11.00 (9.00 - 14.00)	0.367
Ocena lęku przed upadkiem (FES-I) [punkty]	24.56 ± 6.81 24.00 (20.00 - 26.00)	24.19 ± 5.59 24.00 (19.00 - 29.00)	0.868

SD - odchylenie standardowe; TUG-Test "Wstań i Idź"; 6MWT-Sześciominutowy Test Marszowy; 30SCST - 30-Sekundowy Test Wstawania z Krzesła; FES-I - Skala Lęku Przed Upadkiem; \*Test kolejności par Wilcoxon.

#### 4.2.2. Porównanie wyników testów klinicznych pomiędzy grupami

W grupie eksperymentalnej średni czas wykonania „Testu Wstań i Idź” skrócił się średnio o 17% (SD 0.29%) w stosunku do stanu sprzed badania, a w grupie kontrolnej wydłużył się średnio o 7% (SD 12%). Różnica pomiędzy grupami okazała się istotna statystycznie na korzyść grupy eksperymentalnej (p=0.009). Wyniki przedstawiono w tabeli 4.

Średni dystans przebyty przez pacjentki w grupie eksperymentalnej w „Sześciominutowym Teście Marszowym” po badaniu zwiększył się średnio o 50% (SD 42%) w stosunku do stanu sprzed badania. W grupie kontrolnej przebyty dystans również był dłuższy po badaniu w stosunku do wartości sprzed badania, ale tylko o 9% (SD 28%). Różnica pomiędzy grupami



okazała się istotna statystycznie na korzyść grupy eksperymentalnej ( $p=0.001$ ). Wyniki przedstawiono w tabeli 4.

W grupie eksperymentalnej w stosunku do grupy kontrolnej odnotowano także znamienne statystycznie zwiększenie liczby powtórzeń wstawania i siadania na krześle w „30 Sekundowym Teście Wstawania z Krzesła” ( $p=0.027$ ). W grupie eksperymentalnej liczba powtórzeń zwiększyła się średnio o 19% (SD 33%) a w grupie kontrolnej zmniejszyła się średnio o 5% (SD 15%). Wyniki przedstawiono w tabeli 4.

Pomiędzy grupami nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic zmian nasilenia lęku przez upadkiem po terapii w porównaniu do stanu sprzed terapii ( $p=0.655$ ). Wyniki uzyskane w kwestionariuszu FES-I w grupie eksperymentalnej zmniejszyły się średnio o 5% (SD 17), a w grupie kontrolnej zmniejszyły się średnio o 2% (SD 21). Wyniki przedstawiono w tabeli 4.

**Tabela 4.** Porównanie klinicznych efektów terapii pomiędzy grupami (liczba badanych=42)

Procentowe wskaźniki zmian uzyskanych w trakcie badania	Grupa eksperymentalna (n=22)	Grupa kontrolna (n=20)	*Poziom istotności
	Średnia ± SD Mediana (kwartyl dolny – kwartyl górny)		
Funkcjonalna sprawność chodu i równowaga dynamiczna (%TUG) [%]	-17 ± 29 -11 (-3 - 28)	7 ± 12 7 (11 - -3)	0.009
Tolerancja wysiłkowa (%6MWT) [%] <sup>2</sup>	50 ± 44 48 (10 - 75)	9 ± 28 4 (-6 - 11)	0.001
Funkcjonalna siła mięśniowa dolnej partii ciała (%30SCST) [%] <sup>3</sup>	19 ± 33 13 (-9 - 36)	-5 ± 15 0 (-17 - 9)	0.027
Lęk przed upadkiem (%FES-I) [%] <sup>4</sup>	5 ± 17 0 (17 - -5)	2 ± 21 -2 (11 - - 6)	0.655

\*Test U Manna-Whitneya; SD-odchylenie standardowe; %TUG - procentowy wskaźnik zmiany czasu wykonania Testu Wstań i Idź; %6MWT - procentowy wskaźnik zmiany dystansu przebytego w Sześciominutowym Teście Marszowym; %30SCST - procentowy wskaźnik zmian liczby powtórzeń w 30-Sekundowym Teście Wstawania z Krzesła; %FES-I - procentowy wskaźnik zmian nasilenia lęku przed upadkiem.

### 4.3. Drugorzędne efekty końcowe badania

#### 4.3.1. Ocena stężeń interleukiny-6 we krwi w obrębie grup

Średnie stężenie IL-6 we krwi pacjentek w grupie eksperymentalnej wynosiło przed terapią 5.31 pg/ml (SD 6.70), a po terapii zmniejszyło się średnio do 4.88 pg/ml (SD 5.71) ale różnica nie osiągnęła poziomu istotności statystycznej ( $p=0.398$ ). Wyniki przedstawiono w tabeli 5.

W grupie kontrolnej również nie odnotowano istotnej statystycznie zmiany stężenia IL-6 we krwi pacjentek po badaniu w stosunku do stanu sprzed badania ( $p=0.999$ ). Przed badaniem stężenie IL-6 we krwi wynosiło średnio 4.79 pg/ml (SD 3.38), a po badaniu 5.15 pg/ml (SD 2.78). Wyniki przedstawiono w tabeli 5.

**Tabela 5.** Stężenie IL-6 we krwi po i przed badaniem w grupie eksperymentalnej (n=22)

Zmienna	Przed badaniem	Po badaniu	*Poziom istotności
	Średnia $\pm$ SD Mediana – (kwartył dolny – kwartył górny)		
<b>Grupa eksperymentalna</b>			
Stężenie IL-6 we krwi [pg/ml]	5.31 $\pm$ 6.70 3.31 (2.73 - 4.94)	4.88 $\pm$ 5.71 3.32 (2.73 - 4.94)	0.398
<b>Grupa kontrolna</b>			
Stężenie IL-6 we krwi [pg/ml]	4.79 $\pm$ 3.38 3.31 (3.02 - 5.37)	5.15 $\pm$ 2.78 3.74 (3.49 - 6.06)	0.999

\*Test kolejności par Wilcoxona; SD-odchylenie standardowe; IL-6 - interleukina-6

#### 4.3.2. Porównanie zmian stężeń IL-6 pomiędzy grupami

W grupie eksperymentalnej stężenie IL-6 we krwi zmniejszyło się po terapii w stosunku do wartości sprzed terapii średnio o 2% (SD 34), a w grupie kontrolnej zwiększyło się średnio o 39% (SD 108), ale różnica pomiędzy grupami nie była statystycznie istotna ( $p=0.377$ ). Wyniki przedstawiono w tabeli 6.

**Tabela 6.** Porównanie zmian stężeń IL-6 we krwi po badaniu w stosunku do stanu sprzed badania pomiędzy grupami (liczba badanych=42)

Zmienna	Grupa eksperymentalna (n=22)	Grupa kontrolna (n =20)	*Poziom istotności
	Średnia ± SD Mediana – (kwartył dolny – kwartył górny)		
Stężenie IL-6 we krwi (%IL-6) [%] <sup>1</sup>	-2 ± 34 -4 (-15 – 14)	39 ±108 8 (3 – 12)	p = 0.377

\*Test U Manna-Whitneya; SD-odchylenie standardowe; IL-6 - interleukina-6; %IL-6 - procentowy wskaźnik zmiany stężenia interleukiny-6 we krwi

#### 4.3.3. Ocena korelacji pomiędzy stężeniem IL-6 we krwi badanych a wynikami funkcjonalnych testów klinicznych

W żadnej z grup nie stwierdzono istotnych statystycznie korelacji pomiędzy stężeniem IL-6 we krwi pacjentek a wynikami funkcjonalnych testów klinicznych (TUG, 6MWT, 30SCST) przed i po zakończeniu badania. Szczegółowe wyniki przedstawiono w tabeli 7 i 8.

**Tabela 7.** Wyniki badania korelacji pomiędzy stężeniem interleukiny-6 a wynikami testów funkcjonalnych przed terapią (liczba badanych=42)

Zmienna	Liczba pacjentów	Współczynnik korelacji	*Poziom istotności
<b>Przed terapią</b>			
<b>Grupa eksperymentalna</b>			
IL-6 [pg/ml] : TUG [s]	22	R = 0.160	p = 0.514
IL-6 [pg/ml] : 6MWT [m]	22	R = -0.277	p = 0.251
IL-6 [pg/ml] : 30SCST [liczba powtórzeń]	22	R = 0.446	p = 0.055
<b>Grupa kontrolna</b>			
IL-6 [pg/ml] : TUG [s]	20	R = 0.310	p = 0.462
IL-6 [pg/ml] : 6MWT [m]	20	R = -0.169	p = 0.695
IL-6 [pg/ml] : 30SCST [liczba powtórzeń]	20	R = 0.072	p = 0.872

\*Korelacja rang Spearmana; IL-6 interleukina-6; TUG - Test „Wstań i Idź”; 6MWT - Sześciominutowy Test Marszowy; 30SCST - 30-Sekundowy Test Wstawania z Krzesła

**Tabela 8.** Wyniki badania korelacji pomiędzy stężeniem interleukiny-6 a wynikami testów funkcjonalnych po terapii (liczba badanych=42)

Zmienna	Liczba pacjentów	Współczynnik korelacji	*Poziom istotności
<b>Po terapii</b>			
<b>Grupa eksperymentalna</b>			
IL-6 [pg/ml] : TUG [s]	22	R = 0.227	p = 0.349
IL-6 [pg/ml] : 6MWT [m]	22	R = -0.050	p = 0.838
IL-6 [pg/ml] : 30SCST [liczba powtórzeń]	22	R = 0.416	p = 0.076
<b>Grupa kontrolna</b>			
IL-6 [pg/ml] : TUG [s]	20	R = 0.638	p = 0.098
IL-6 [pg/ml] : 6MWT [m]	20	R = 0.262	p = 0.536
IL-6 [pg/ml] : 30SCST [liczba powtórzeń]	20	R = 0.287	p = 0.487

\*Korelacja rang Spearmana; IL-6 interleukina-6; TUG - Test „Wstań i Idź”; 6MWT - Sześciominutowy Test Marszowy; 30SCST - 30-Sekundowy Test Wstawania z Krzesła

## **5. OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA**

W badaniu własnym trening wibracyjny całego ciała o częstotliwości wibracji 20 Hz i amplitudzie 2 mm, stosowany przez 2 dni w tygodniu, przez 12 tygodni przyczynił się do zwiększenia tolerancji wysiłkowej oraz do poprawy funkcjonalnej sprawności chodu, równowagi dynamicznej i siły mięśniowej dolnej partii ciała u kobiet w wieku 60+ zagrożonych upadkami. Można więc wnioskować, że WBVT poprawiając wymienione zdolności funkcjonalne przyczynił się do zmniejszenia wybranych, endogennych czynników ryzyka upadków u kobiet w wieku 60+.

Trening wibracyjny nie wpłynął na nasilenie lęku przed upadkiem oraz na stężenie IL-6 we krwi u badanych kobiet. U kobiet nie zaobserwowano także statystycznie istotnych korelacji pomiędzy stężeniem IL-6 we krwi a funkcjonalną sprawnością chodu i równowagą dynamiczną (TUG), funkcjonalną siłą mięśniową dolnej partii ciała (30SCST) oraz tolerancją wysiłkową (6MWT).

### **5.1. Odniesienie wyników własnych do badań innych autorów**

#### **5.1.1. Kliniczne efekty terapii**

W badaniu własnym nie odnotowano znamiennej statystycznie wpływu WBVT na nasilenie lęku przed upadkiem u kobiet w wieku 60+. Pollock i wsp.<sup>35</sup> również nie zaobserwowali wpływu WBVT na nasilenie lęku przed upadkiem u kobiet i mężczyzn w zaawansowanym wieku. Zarówno w badaniu własnym, jak i w badaniu Pollock i wsp.<sup>35</sup> nasilenie lęku przed upadkiem oceniono przy pomocy kwestionariusza FES-I.

Wpływ WBVT na endogenne czynniki ryzyka upadków u osób w starszym wieku, takie jak równowaga ciała, chód i siła mięśniowa badano w 4 randomizowanych badaniach klinicznych.<sup>34,35,37,38</sup> W 3 spośród tych badań<sup>34,35,37,38</sup> uczestniczyły wyłącznie kobiety,

podobnie jak w badaniu własnym. Natomiast autorzy czwartego badania<sup>35</sup> objęli terapią zarówno kobiety, jak i mężczyzn. Badania przeprowadzono u kobiet, których średnia wieku wynosiła  $64.6 \pm 0.7$  lat,<sup>34</sup>  $64.6 \pm 3.3$  lat,<sup>37</sup>  $80.9 \pm 2.8$  lat.<sup>38</sup> oraz u kobiet i mężczyzn, których średnia wieku wynosiła  $82.2 \pm 3.0$  lata.<sup>35</sup> Średnia wieku kobiet poddanych WBVT w badaniu własnym wynosiła  $69.00 \pm 6.74$  lat. Zarówno w badaniu własnym, jak i w cytowanych badaniach<sup>34,35,37,38</sup> uczestniczyli seniorzy, u których podwyższone ryzyko upadków było konsekwencją zaawansowanego wieku a nie chorób towarzyszących.

W badaniu własnym po 12 tygodniach stosowania (2 razy w tygodniu) WBVT czas wykonywania TUG skrócił się o 17% w stosunku do stanu sprzed terapii (dokładnie z 8.62 s do 7.39 s), co dało różnicę istotną statystycznie ( $p=0.009$ ) w porównaniu do grupy kontrolnej, w której odnotowano wydłużenie czasu wykonywania TUG o 7% (z 10.22 s do 10.88 s). Można zatem wnioskować, że WBVT zastosowany w badaniu własnym przyczynił się do poprawy funkcjonalnej sprawności chodu i równowagi dynamicznej u pacjentek w wieku 60+ zagrożonych upadkami. Wyniki te są spójne z wynikami uzyskanymi przez Pollock i wsp.<sup>35</sup> którzy u kobiet i mężczyzn<sup>35</sup> w wieku 60+ po 8 tygodniach stosowania (3 razy w tygodniu) WBVT również odnotowali znamiennej statystycznie poprawę funkcjonalnej sprawności chodu i równowagi dynamicznej ocenianych przy pomocy TUG, podobnie jak miało to miejsce w badaniu własnym. Badacze Ci w grupie eksperymentalnej stwierdzili skrócenie czasu wykonania TUG o 30% w stosunku do stanu początkowego (dokładnie z 30.32 s do 18.83 s), a w grupie kontrolnej o 20% (z 30 s do 24 s).<sup>35</sup> Zarówno w badaniu Pollock i wsp.,<sup>35</sup> jak i w badaniu własnym wykonano w sumie 24 WBVT.

Również wyniki dwóch innych badań<sup>34,37</sup> wskazują na poprawę równowagi dynamicznej po zastosowaniu WBVT u kobiet w wieku 60+. W badaniach tych równowagę dynamiczną oceniano na platformie stabilometrycznej biorąc pod uwagę wielkość kołysania się ciała

w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej podczas prostowania i zginania oraz odwodzenia i przywodzenia kończyn górnych. Jako zmienną charakteryzującą wielkość kołysania się ciała przyjęto długość wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej. W badaniach tych WBVT prowadzono przez 26 tygodnie, wykonując zabiegi przez 3 dni w tygodniu, co dało łącznie 72 WBVT.<sup>34,37</sup>

W badaniu własnym liczba powtórzeń wstawania i siadania na krzesło w 30SCST w grupie poddanej WBVT zwiększyła się średnio o 19% w stosunku do stanu początkowego (z 12.59 do 14.36 powtórzeń) i różnica ta była znamienna statystycznie w stosunku do grupy kontrolnej ( $p=0.027$ ), w której liczba powtórzeń wstawania i siadania na krzesło zmniejszyła się średnio o 5% (z 11.31 do 10.78 powtórzeń). Wyniki te pozwalają wnioskować, że w badaniu własnym WBVT przyczynił się do poprawy funkcjonalnej siły mięśniowej dolnej partii ciała u kobiet w wieku 60+. Autorzy trzech innych badań<sup>34,37,38</sup> również odnotowali zwiększenie siły mięśniowej u kobiet w wieku 60+, u których zastosowano WBVT, przy czym w tych badaniach oceniano siłę mięśniową prostowników i zginaczy stawu kolanowego w napięciu izometrycznym<sup>34,37,38</sup> oraz w warunkach izokinetycznych przy prędkości kątowej wynoszącej 100°/sek.<sup>34,37</sup>

W badaniu własnym, w grupie eksperymentalnej doszło do znamiennej statystycznie wydłużenia dystansu przebytego w 6MWT - średnio o 50% w stosunku do stanu początkowego (z 307.48 m do 450.8 m). Dało to różnicę istotną statystycznie w porównaniu do grupy kontrolnej ( $p=0.001$ ), w której dystans przebyty przez pacjentki po terapii zwiększył się średnio o 9% w stosunku do stanu początkowego (z 288.19 m do 302.41 m). Opierając się na tym wyniku, można wnioskować, że WBVT przyczynił się do zwiększenia tolerancji wysiłkowej u kobiet w wieku 60+, przy czym wyniki te muszą być zweryfikowane w kolejnych badaniach klinicznych, ponieważ badanie własne było jedynym do tej pory badaniem, w którym u kobiet w wieku 60+ zagrożonych upadkami oceniono wpływ WBVT na tolerancję wysiłkową.

W badaniu własnym nie uzyskano potwierdzenia założenia badawczego, w którym przyjęto, że w wyniku WBVT u kobiet w wieku 60+ zmniejszy się lęk przed upadkiem. Uzyskano natomiast potwierdzenia trzech innych założeń badawczych, w których zakładano, że WBVT przyczyni się do zwiększenia funkcjonalnej sprawności chodu i równowagi dynamicznej, zwiększenia funkcjonalnej siły mięśniowej dolnej partii ciała oraz do poprawy tolerancji wysiłkowej. Obserwacje własne są poparte też wynikami innych, cytowanych powyżej badań.<sup>34,35,37</sup>

Biorąc powyższe pod uwagę istnieją podstawy, aby uznać, że WBVT może zmniejszać endogenne czynniki ryzyka upadków u kobiet w wieku 60+. Niemniej jednak wnioski te należy przyjmować z dużą ostrożnością, ponieważ badań jest nadal niewiele, a duża różnorodność metodyki WBVT stosowanej w badaniach uniemożliwia jednoznaczne sformułowanie zaleceń do stosowania WBVT w praktyce klinicznej. Badacze prowadzili WBVT przez 8<sup>35</sup> i 24 tygodni<sup>34,37</sup> (w badaniu własnym przez 12 tygodni). W badaniu własnym treningi stosowano przez 2 dni w tygodniu, a w pozostałych badaniach przez 3 dni w tygodniu.<sup>34,35,37</sup> W sumie w badaniu własnym u pacjentek wykonano 24 WBVT, podobnie jak w badaniu Pollock i wsp.<sup>35</sup> Natomiast w pozostałych dwóch badaniach zastosowano aż 72 treningi.<sup>34,37</sup> W badaniu własnym przyjęto stałą, stosunkowo niską amplitudę wibracji wynoszącą 2 mm, podczas gdy inni badacze amplitudę wibracji zwiększali stopniowo w kolejnych zabiegach w zakresie od 1.7 do 2.5 mm,<sup>37</sup> od 2.5 do 5 mm<sup>34</sup>, a nawet od 2 do 8 mm.<sup>35</sup> W badaniu własnym stosowano stałą częstotliwość wibracji wynoszącą 20 Hz. Natomiast w innych badaniach częstotliwość wibracji w kolejnych zabiegach była zwiększana w zakresie od 15 do 30 Hz<sup>35</sup> i w zakresie od 35 do 40 Hz.<sup>34,37</sup> Cykl treningowy składał się z kilku serii wibracji, po których następowały przerwy. W badaniu własnym, podobnie jak w badaniu Pollock i wsp.<sup>35</sup> stosowano każdorazowo 5 cykli, składających się z wibracji i przerwy wynoszących po 60 sekund, w związku z czym łączny czas trwania wibracji w każdym treningu wynosił 5 minut. Natomiast



w badaniach Roelants i wsp.<sup>34</sup> oraz Verschueren i wsp.<sup>37</sup> w kolejnych zabiegach zmieniano liczbę cykli oraz czasy trwania wibracji i przerw w cyklach, w konsekwencji czego łączny czas trwania wibracji w pierwszym zabiegu wynosił 30 sekund, a w siedemdziesiątym drugim zabiegu aż 30 minut.

### **5.1.2. Stężenie IL-6 we krwi**

Jako drugorzędny efekt końcowy badania przyjęto stężenie IL-6 we krwi u kobiet w wieku 60+ po 12 tygodniach terapii w stosunku do stanu początkowego oraz ocenę korelacji pomiędzy stężeniem IL-6 we krwi u badanych kobiet a wynikami testów funkcjonalnych oceniających endogenne czynniki ryzyka upadków, w tym funkcjonalną sprawność chodu i równowagę dynamiczną (TUG), funkcjonalną siłę mięśniową dolnej partii ciała (30SCST) oraz tolerancję wysiłkową (6MWT).

We krwi osób starszych obserwuje się podwyższony poziom czynników zapalnych (w tym IL-6) w porównaniu do stężenia tych czynników we krwi u osób młodych.<sup>11,12,14,16</sup> Puzianowska-Kuźnicka i wsp.<sup>14</sup> zaobserwowali, że poziom stężenia IL-6 we krwi zwiększa się wraz z wiekiem zarówno u zdrowych seniorów (n=1258, p<0.001), jak i u osób starszych z różnego rodzaju niepełnosprawnościami (n=3496 osób, p<0,001). Autorzy wielu badań<sup>11,12,14,15</sup> uważają, że wysokie stężenie IL-6 może wskazywać na wtórną odpowiedź autoimmunologiczną, która jest następstwem przewlekłych procesów zapalnych toczących się w organizmie u osób starszych. Wysoki poziom IL-6 we krwi może prowadzić do powstania zespołu słabości co zostało potwierdzone badaniem przeprowadzonym przez Leng i wsp.<sup>55</sup> u 1106 starszych kobiet. Dlatego też istotnym jest poszukiwanie metod terapeutycznych, które mogą zmniejszać stężenie czynników prozapalnych (w tym IL-6) w organizmie osób starszych.

Badanie przeprowadzone przez Broadbent i wsp.<sup>56</sup> pozwala wnioskować, że WBVT przyczynia się do zmniejszenia stężenia IL-6 we krwi u młodych mężczyzn. Badaniem objęto 24 mężczyzn

w wieku od 18 do 45 lat (średnio  $33 \pm 8$  lat). Były to osoby, które rekreacyjnie biegały przez 40 min dziennie, 3-4 razy w tygodniu. W ramach eksperymentu u mężczyzn zastosowano trening na bieżni ruchomej trwający 40 min, o intensywności na poziomie 70% maksymalnego poboru tlenu ( $V_{O_{2max}}$ ). Następnie badanych podzielono losowo do grupy, w której po treningu zastosowano wibracje (10 mężczyzn) i do grupy kontrolnej (14 mężczyzn), w której nie stosowano wibracji. Wibracje (40 Hz, 5 mm), w grupie eksperymentalnej aplikowano na obie kończyny dolne w obszarze mięśnia czworogłowego uda, mięśni kulszowo-goleniowych i mięśni łydki. Każdą grupę mięśniową poddano 3-krotnie 1-minutowej wibracji. Pomiedzy wibracjami stosowano 45-sekundowe przerwy (w sumie wibracje na wszystkie grupy mięśniowe trwały 30 minut). Zarówno w grupie kontrolnej, jak i w grupie eksperymentalnej po 24 i 120 godzinach od zakończenia treningu na bieżni we krwi u mężczyzn zbadano stężenie IL-6. W obu momentach pomiarowych u mężczyzn w grupie eksperymentalnej stężenie IL-6 we krwi było znamienne statystycznie mniejsze niż u mężczyzn w grupie kontrolnej (odpowiednio  $p=0.02$  i  $p=0.001$ ). Autorzy badania<sup>56</sup> wyciągnęli wnioski, że wibracje o częstotliwości 40 Hz i amplitudzie 2 mm stosowane na duże grupy mięśniowe kończyn dolnych przyczyniają się do zmniejszenia stężenia IL-6 u młodych mężczyzn.

Według wiedzy własnej do tej pory ocenę stężenia czynników porozapalnych we krwi seniorów poddanych WBVT przeprowadzono tylko w dwóch badaniach klinicznych.<sup>39,57</sup> W jednym z tych badań, które było randomizowanym badaniem klinicznym, Simão i wsp.<sup>57</sup> zastosowali WBVT u seniorów chorujących na przewlekłą chorobę zwyrodnieniową stawu kolanowego i ocenili zmiany stężenia 1 i 2 rozpuszczalnego receptora czynnika martwicy nowotworu (sTNFR-1 i sTNFR-2). Natomiast w drugim badaniu, również przeprowadzonym w warunkach klinicznych, ale w którym nie utworzono grupy kontrolnej Cristi i wsp.<sup>39</sup> zastosowali WBVT u zdrowych kobiet w wieku 60+, u których zwiększone ryzyko upadków było konsekwencją zaawansowanego wieku, a nie chorób towarzyszących, podobnie jak miało

to miejsce w badaniu własnym. I podobnie jak w badaniu własnym, Cristi i wsp.<sup>39</sup> ocenili zmiany stężenia IL-6 we krwi kobiet.

W pierwszym ze wspomnianych badań, przeprowadzonym przez Simão i wsp.<sup>57</sup> uczestniczyło 32 seniorów w wieku 65+, chorujących na przewlekłą chorobę zwyrodnieniową stawu kolanowego (w stopniu zaawansowania 2-4 w skali Kellgren-Lawrence określonym w oparciu o badanie radiologiczne). Pacjentów losowo podzielono do 3 grup, w tym: do dwóch grup eksperymentalnych i jednej grupy kontrolnej. W pierwszej grupie eksperymentalnej u seniorów, których średnia wieku wynosiła  $75 \pm 7.4$  lat, 3 razy w tygodniu stosowano WBVT o amplitudzie wibracji 4 mm i częstotliwości, którą zwiększano w kolejnych zabiegach w zakresie od 35 do 40 Hz. W drugiej grupie eksperymentalnej u seniorów, których średnia wieku wynosiła  $69 \pm 3.7$  lat, 3 razy w tygodniu stosowano treningi obejmujące przysiady. U seniorów w grupie kontrolnej (średnia wieku  $71 \pm 7.4$  lat) nie stosowano ćwiczeń fizycznych. Po 12 tygodniach terapii w surowicy krwi u osób poddanych WBVT stężenie sTNFR-1 i sTNFR-2 było znamienne statystycznie mniejsze ( $p=0.01$ ) niż w grupie kontrolnej. Pomiędzy grupą eksperymentalną, w której stosowano przysiady a grupą kontrolną oraz pomiędzy grupami eksperymentalnymi różnice stężenia sTNFR1 i sTNFR2 we krwi seniorów nie były znamienne statystycznie ( $p>0.05$ ).

W drugim z badań, Cristi i wsp.<sup>39</sup> zastosowali WBVT u 36 kobiet w wieku średnio  $81.1 \pm 1.2$  lat, u których zwiększone ryzyko upadków nie wynikało z chorób towarzyszących tylko z racji starzenia podobnie jak w badaniu własnym. U kobiet w ciągu 9 tygodni przeprowadzono 27 zabiegów WBVT, stosując treningi 3 razy w tygodniu. Aplikowano wibracje o częstotliwości 30-45 Hz i amplitudzie 2 mm. Wiek badanych kobiet wynosił średnio  $81.1 \pm 1.2$  lat. Po terapii we krwi badanych kobiet nie odnotowano istotnej statystycznie zmiany stężenia IL-6 w stosunku do stanu sprzed terapii, podobnie jak miało to miejsce w badaniu własnym. Należy

zauważyć, że w badaniu własnym wyniki odniesiono do grupy kontrolnej, w której nie aplikowano WBVT, a w badaniu Cristi i wsp.<sup>39</sup> było to jedynie porównanie wyników po terapii w stosunku do stanu początkowego, ponieważ autorzy nie utworzyli grupy kontrolnej.

W badaniu własnym nie stwierdzono istotnych statystycznie korelacji pomiędzy stężeniem IL-6 we krwi kobiet w wieku 60+, a funkcjonalną sprawnością chodu i równowagi dynamicznej (TUG), funkcjonalną siłą mięśniową dolnej partii ciała (30SCST) oraz tolerancją wysiłkową (6MWT). Wyników tych nie można odnieść do badań innych autorów, ponieważ do tej pory nie przeprowadzono podobnych badań u seniorów zagrożonych upadkami.

Wyniki uzyskane w badaniu własnym nie pozwalają na potwierdzenie założenia badawczego, w którym przyjęto, że w wyniku WBVT dojdzie do zmniejszenia stężenia IL-6 we krwi u kobiet w wieku 60+. Formułując to założenie znano wyniki badania opublikowanego przez Cristi i wsp.<sup>39</sup> w 2014 roku, w którym autorzy nie odnotowali istotnych statystycznie zmian stężenia IL-6 we krwi u kobiet w wieku 60+ poddanych WBVT, ale było to jedyne badanie, którego jakość metodologiczna i wartość wniosku naukowego nie mogą być uznane za wysokie, ponieważ w badaniu tym nie utworzono grupy kontrolnej. Zachęcającym do dalszych badań był fakt, że wyniki randomizowanych badań klinicznych z grupą kontrolną wskazywały, że treningi wibracyjne wywołują u kobiet w wieku 60+ podobne zmiany jak niektóre ćwiczenia fizyczne, w szczególności ćwiczenia oporowe.<sup>34,37,58</sup> Równocześnie wiele badań potwierdzało, że regularnie podejmowane ćwiczenia fizyczne zmniejszają stężenie IL-6 we krwi u ludzi w różnym wieku.<sup>18,23-26</sup> Stąd też zrodziła się ciekawość badawcza czy WBVT zastosowana u kobiet w wieku 60+ wywoła efekt podobny do efektu ćwiczeń fizycznych i zmniejszy stężenie IL-6 we krwi u kobiet w wieku 60+. Badanie własne jednak nie potwierdziło oczekiwanego efektu, podobnie jak wcześniejsze badanie przeprowadzone przez Cristi i wsp.<sup>39</sup> W związku z powyższym aktualnie brak jest podstaw aby w praktyce klinicznej rekomendować stosowanie

WBVT celem zmniejszenia stężenia IL-6 we krwi u zdrowych kobiet w wieku 60+ zagrożonych upadkami z racji wieku. Niemniej jednak wniosek ten poparty jest niewielką wiedzą naukową, a w związku z czym temat oddziaływania WBVT na stężenie IL-6 we krwi u osób w zaawansowanym wieku może być przedmiotem dalszych badań klinicznych.

## **5.2. Efekty niepożądane**

W badaniu własnym u pacjentek nie stwierdzono występowania niepożądanych efektów WBVT, które doprowadziłyby do pogorszenia stanu zdrowia kobiet lub wymagałyby przerwania treningów. Pacjentki sporadycznie zgłaszały zmęczenie mięśni po WBVT, przy czym objawy ustępowały przed kolejnym z zabiegów. Inni badacze również nie odnotowali niepożądanych efektów stosowania WBVT.<sup>34,35,37,38</sup>

## **5.3. Nowatorstwo badania, mocne strony i ograniczenia w badaniach własnych**

Nowatorstwo badania własnego wynika z faktu, że było to pierwsze randomizowane badanie kliniczne z grupą kontrolną, w którym u kobiet w wieku 60+ zagrożonych upadkami oceniono wpływ WBVT na stężenie prozapalnej IL-6 we krwi. W badaniu tym również po raz pierwszy oceniono wpływ WBVT na tolerancję wysiłkową u kobiet w wieku 60+ zagrożonych upadkami i wyniki porównano do grupy kontrolnej, w której nie stosowano WBVT.

W badaniu zastosowano losowy podział do grup. Lekarz, który kwalifikował pacjentów do badania nie miał wiedzy ani też wpływu na to, do której grupy zostanie skierowana pacjentka. Wszystkie ćwiczenia zostały wykonane na tej samej platformie wibracyjnej, w tym samym pomieszczeniu, z zachowaniem takich samych warunków zewnętrznych. Zaślepieno osobę przeprowadzającą testy służące do oceny klinicznych efektów terapii, osobę przeprowadzającą laboratoryjne badanie stężenia IL-6 we krwi oraz osobę przeprowadzającą analizę statystyczną wyników.

Ograniczeniem badania jest fakt, że nie zastosowano placebo dla treningu wibracyjnego co jest niemożliwe z oczywistych względów. Tym samym też nie uzyskano zaślepienia pacjentów i personelu medycznego. W badaniu nie oceniono odległych efektów terapii (np. kilka tygodni lub miesięcy po zakończeniu badania).

Ograniczeniem badania jest także brak określenia liczebności na etapie planowania badania. Ma to głównie znaczenie w odniesieniu do lęku przed upadkiem (FES-I), który nie zmienił się znamienne statystycznie i stężenia IL-6 które również nie zmieniło się istotnie statystycznie, a które zostało wskazane jako drugorzędowy efekt końcowy badania.

Kolejnym ograniczeniem badania jest brak wyników długoterminowych. Testy wykonano dwukrotnie w obu grupach – bezpośrednio przed rozpoczęciem 12 tygodniowego programu oraz po jego zakończeniu.

## **6. WNIOSKI**

Uzyskane wyniki pozwalają na sformułowanie poniższego wniosku ogólnego, wniosków szczegółowych oraz wniosku aplikacyjnego (praktycznego).

### **Wniosek ogólny:**

Trening wibracyjny całego ciała zmniejsza analizowane w badaniu endogenne czynniki ryzyka upadków u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.

### **Wnioski szczegółowe:**

1. Trening wibracyjny całego ciała poprawia funkcjonalną sprawność chodu i dynamiczną równowagę ciała u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.
2. Trening wibracyjny całego ciała zwiększa tolerancję wysiłkową u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.
3. Trening wibracyjny całego ciała zwiększa funkcjonalną siłę mięśniową dolnej partii ciała u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.
4. Trening wibracyjny całego ciała nie wpływa na nasilenie lęku przed upadkiem u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.
5. Trening wibracyjny całego ciała nie wpływa na stężenie IL-6 we krwi u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.
6. U kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami, nie występuje korelacja pomiędzy stężeniem IL-6 we krwi a funkcjonalną sprawnością chodu i równowagą dynamiczną.
7. U kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami, nie występuje korelacja pomiędzy stężeniem IL-6 we krwi a tolerancją wysiłkową.
8. U kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami, nie występuje korelacja pomiędzy stężeniem IL-6 we krwi a funkcjonalną siłą mięśniową dolnej partii ciała.

**Wniosek aplikacyjny (praktyczny):**

U kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami z racji wieku, celem funkcjonalnej poprawy sprawności chodu i równowagi dynamicznej oraz funkcjonalnej poprawy siły mięśniowej dolnej partii ciała i tolerancji wysiłkowej można przez 12 tygodni, przez 2 dni w tygodniu stosować trening wibracyjny całego ciała o częstotliwość wibracji 20 Hz i amplitudzie wibracji 2 mm. Trening wibracyjny może być każdorazowo stosowany w pięciu seriach składających się z wibracji i przerwy między wibracjami trwającymi po 60 sekund. Przy czym należy pamiętać, że zalecenie powyższe wynika wyłącznie z niniejszego badania własnego, odnosi się wyłącznie do metodyki WBVT zastosowanej w niniejszym badaniu, nie jest więc uniwersalną zasadą stosowania WBVT u kobiet zagrożonych upadkami. Przedstawiona metodyka WBVT powinna być sprawdzona w dalszych badaniach klinicznych i porównana z innymi metodami WBVT. Przedstawiona metodyka WBVT powinna być sprawdzona w dalszych badaniach klinicznych i porównana z innymi metodami WBVT. W dalszych badaniach klinicznych należy również prowadzić obserwację długoterminowych efektów stosowania WBVT u osób starszych.



## 7. BIBLIOGRAFIA

- 1 United Nations Department of Economic and Social Affairs. World Population Prospects 2022. Summary of Results. United Nations New York 2022.
- 2 Wojtyniak B, Stokwiszewski J, Seroka W. Wybrane aspekty sytuacji demograficzno - społecznej. Wojtyniak B, Goryński P.(red). Sytuacja zdrowotna ludności Polski. NIZP-PZH. Warszawa 2008: 17-30.
- 3 Statystyczny GU. Sytuacja demograficzna osób starszych i konsekwencje starzenia się ludności Polski w świetle prognozy na lata 2014-2050.GUS Warszawa 2014: 2-39.
- 4 Sattin RW. Falls among older persons: a public health perspective. Annual Review of Public Health 1992; 13: 489-508.
- 5 Nevitt MC, Cummings SR, Kidd S et al. Risk factors for recurrent nonsyncopal falls. A prospective study. Journal of the American Medical Association 1989; 261: 2663-2668.
- 6 Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. The New England Journal of Medicine 1988; 319: 1701-1707.
- 7 Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Injury Prevention and Control. Web-based Injury Statistics Query and Reporting System.
- 8 Jorm AF, Grayson D, Creasey H, Waite L, Broe GA. Long-term benzodiazepine use by elderly people living in the community. Aust NZ J Public Health 2000; 24: 7-10.
- 9 Szpringer M, Wybraniec-Lewicka B, Czerwiak B i wsp. Upadki i urazy wieku geriatrycznego. Studia Medyczne 2008; 9: 77-81.
- 10 Thurman DJ, Stevens JA, Rao JK. Practice parameter: Assessing patients in a neurology practice for risk of falls (an evidence-based review): report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. Neurology 2008; 70: 473-479.
- 11 De Oliveira Neto L, Tavares VDO, Agrícola PMD et al. Factors associated with inflamm-aging in institutionalized older people. Scientific Reports 2021; 11(1): 1-9.
- 12 Liu Z, Hsu FC, Trombetti A et al. Effect of 24-month physical activity on cognitive frailty and the role of inflammation: the LIFE randomized clinical trial. BMC Medicine 2018; 16(1): 1-10.
- 13 Adly AS, Adly AS, Adly MS. Effects of laser acupuncture tele-therapy for rheumatoid arthritis elderly patients. Lasers in Medical Science 2022; 37(1): 499-504.
- 14 Puzianowska-Kuźnicka M, Owczarż M, Wieczorowska-Tobis K i wsp. Interleukin-6 and C-reactive protein, successful aging, and mortality: the PolSenior study. Immunity & Ageing 2016; 13(1): 1-12.

- 15 Pereira DS, Queiroz BZ, Mateo EC et al. Interaction between cytokine gene polymorphisms and the effect of physical exercise on clinical and inflammatory parameters in older women: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 2012; 13(1): 1-6.
- 16 Koenig HG, Cohen HJ, George LK et al. Attendance at religious services, interleukin-6, and other biological parameters of immune function in older adults. *The International Journal of Psychiatry in Medicine* 1997; 27(3): 233-250.
- 17 Forti LN, Van Roie E, Njemini R et al. Effects of resistance training at different loads on inflammatory markers in young adults. *European Journal of Applied Physiology* 2017; 117(3): 511-519.
- 18 Nicklas BJ, Hsu FC, Brinkley TJ et al. Exercise training and plasma C-reactive protein and interleukin-6 in elderly people. *Journal of the American Geriatrics Society* 2008; 56(11): 2045-2052.
- 19 Kasperczyk T. Aktywność fizyczna seniorów warunkiem zdrowia i dobrej jakości życia. *Journal of Clinical Healthcare* 2014; 1: 8-15.
- 20 Lam FMH, Chan PFL, Liao LR et al. Effects of whole-body vibration on balance and mobility in institutionalized older adults: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation* 2018; 32(4): 462-472.
- 21 Pośluszny M, Lapina S. Zapobieganie starzeniu przez rekreację. *Studia Periegetica* 2011; 6: 9-16.
- 22 Westerterp KR, Meijer EP. Physical Activity and Parameters of Aging: A Physiological Perspective. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 2001; 56( 2): 7-12.
- 23 Jankord R, Jemiolo B. Influence of physical activity on serum IL-6 and IL-10 levels in healthy older men. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2004; 36(6): 960-964.
- 24 Adamopoulos S, Parissis J, Kremastinos D. Proinflammatory Cytokines and Peripheral Myopathy in Patients with Chronic Heart Failure: The Beneficial Effect of Physical Exercise. *Hellenic Journal of Cardiology* 2004; 45: 218-221.
- 25 Smart NA, Larsen AI, Le Maitre JP et al. Effect of Exercise Training on Interleukin-6, Tumour Necrosis Factor Alpha and Functional Capacity in Heart Failure. *Cardiology Research and Practice* 2011; doi: 10.4061/2011/532620.
- 26 Smart NA, Steele M. The Effect of Physical Training on Systemic Proinflammatory Cytokine Expression in Heart Failure Patients: A Systematic Review. *Congest Heart Fail* 2011; 17: 110-114.
- 27 Herdman SJ, Blatt PJ, Schubert MC. Vestibular rehabilitation of patients with vestibular hypofunction or with benign paroxysmal positional vertigo. *Current Opinion in Neurology* 2000; 13(1): 39-43.

- 28 Herdman SJ, Whitney SL. Intervention for the patient with vestibular hypofunction. In: Herdman SJ. (ed). Vestibular Rehabilitation. 3rd ed. Philadelphia: FA Davis Company 2007: 309-337.
- 29 Lee K, Lee S, Song C et al. Whole-Body Vibration Training Improves Balance, Muscle Strength and Glycosylated Hemoglobin in Elderly Patients with Diabetic Neuropathy. The Tohoku Journal of Experimental Medicine 2013; 231(4): 305-314.
- 30 Gloeckl R, Jarosch I, Bengsch U et al. What's the secret behind the benefits of whole-body vibration training in patients with COPD? A randomized, controlled trial. Respiratory Medicine 2017; 126: 17-24.
- 31 Trans T, Aaboe J, Henriksen M et al. Effect of whole body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis. The Knee 2009; 16(4): 256-261.
- 32 Bokaeian HR, Bakhtiary AH, Mirmohamma M et al. The effect of adding whole body vibration training to strengthening training in the treatment of knee osteoarthritis: A randomized clinical trial. Journal of Bodywork and Movement Therapies 2016; 20(2): 334-34.
- 33 Lai Z, Lee S, Hu X et al. Effect of adding whole-body vibration training to squat training on physical function and muscle strength in individuals with knee osteoarthritis. Journal of musculoskeletal & neuronal interactions 2019; 19(3): 333-341.
- 34 Roelants M, Delecluse C, Verschueren SM. Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. Journal of the American Geriatrics Society 2004; 52: 901-908.
- 35 Pollock RD, Martin FC, Newham DJ. Whole-body vibration in addition to strength and balance exercise for falls-related functional mobility of frail older adults: a single-blind randomized controlled trial. Clinical Rehabilitation 2012; 26(10): 915-923.
- 36 Parsons J, Mathieson S, Jull. Does vibration training reduce the fall risk profile of frail older people admitted to a rehabilitation facility? A randomised controlled trial. Disability and Rehabilitation 2016; 38(11): 1082-1088.
- 37 Verschueren SMP, Roelants M, Delecluse C et al. Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study. Journal of Bone and Mineral Research 2004; 19(3): 352-359.
- 38 Ochi A, Abe T, Yamada K et al. Effect of balance exercise in combination with whole-body vibration on muscle activity of the stepping limb during a forward fall in older women: a randomized controlled pilot study. Archives of Gerontology and Geriatrics 2015; 60(2): 244-251.

- 39 Cristi C, Collado PS, Márquez S et al. Whole-body vibration training increases physical fitness measures without alteration of inflammatory markers in older adults. *European Journal of Sport Science* 2014; 14(6): 611-619.
- 40 Moher David, Sally Hopwell, Kenneth F Schulz et al. CONSORT 2010 Explanation and Elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *Journal of Clinical Epidemiology* 2010; 63(8): 1-28.
- 41 Kędziora-Kornatowska K, Mitura K. Analiza sprawności pacjentów według skali Barthel na przykładzie osób starszych w zakładzie pielęgnacyjno-opiekuńczym. *Long-Term Care Nursing* 2019; 3(2):28-39.
- 42 Nieckarz R. Opieka pielęgniarstwa nad pacjentem z chorobą Alzheimera. *Medical Science Pulse* 2015; 9(2): 18-23.
- 43 Arnold CM, Faulkner RA. The history of falls and the association of the timed up and go test to falls and near-falls in older adults with hip osteoarthritis. *BMC Geriatrics* 2007; 7: 17.
- 44 Jeong SM, Shin DW, Han K et al. Timed up-and-go test is a useful predictor of fracture incidence. *Bone* 2019; 127: 474–481.
- 45 Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Physical therapy* 2000; 80: 896–903.
- 46 Wolaskiewicz J. Sześciominutowy test marszowy - zastosowanie w praktyce klinicznej. *Kardiologia Polska* 2010; 68: 237-240.
- 47 Enright PL. The six minute walk test. *Respiratory Care* 2003; 48: 783-785.
- 48 Hamilton DM, Heannel RG. Validity and reliability of the 6-minute walk test in a cardiac rehabilitation. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention* 2000; 20: 156-164.
- 49 Arslan S, Erol MK, Gundogdu F et al. Prognostic Value of 6-Minute Walk Test in Stable Outpatients with Heart Failure. *Texas Heart Institute Journal* 2007; 34: 166-169.
- 50 Jones CJ, Rikli RE. Measuring functional. *The Journal on Active Aging* 2002; 1: 24-30.
- 51 Cebolla EC, Rodacki ALF, Bento PCB. Balance, gait, functionality and strength: comparison between elderly fallers and non-fallers. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 2015; 19(2): 146-151.
- 52 Jonasson SB, Nilsson MH, Lexell. Psychometric properties of the original and short versions of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I) in people with Parkinson's disease. *Health and quality of Life Outcomes* 2017; 15: 1-8.

- 53 Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Physical therapy* 2000; 80: 896–903.
- 54 Dite W, Temple VA. A clinical test of stepping and change of direction to identify multiple falling older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2002; 83: 1566–1571.
- 55 Leng SX, Xue QL, Tian J et al. Inflammation and frailty in older women. *Journal of the American Geriatrics Society* 2007; 55(6): 864-871.
- 56 Broadbent S, Rousseau JJ, Thorp RM et al. Vibration therapy reduces plasma IL6 and muscle soreness after downhill running. *British Journal of Sports Medicine* 2010; 44(12): 888-894.
- 57 Simão AP, Avelar NC, Tossige-Gomes R et al. Functional performance and inflammatory cytokines after squat exercises and whole-body vibration in elderly individuals with knee osteoarthritis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2012; 93(10):169.
- 58 Verschueren SMP, Bogaerts A, Delecluse C et al. The effects of whole-body vibration training and vitamin D supplementation on muscle strength, muscle mass, and bone density in institutionalized elderly women: A 6-month randomized, controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research* 2011; 26(1): 42-49.

## 8. WYKAZ TABEL

<b>Tabela 1.</b> Zmienne charakteryzujące pacjentki w poszczególnych grupach przed terapią (liczba kobiet=42) .....	29
<b>Tabela 2.</b> Wyniki testów klinicznych uzyskane w grupie eksperymentalnej przed i po badaniu (liczba badanych=22).....	31
<b>Tabela 3.</b> Wyniki testów klinicznych uzyskane w grupie kontrolnej przed i po badaniu (liczba badanych=20).....	32
<b>Tabela 4.</b> Porównanie klinicznych efektów terapii pomiędzy grupami (liczba badanych=42) .....	33
<b>Tabela 5.</b> Stężenie IL-6 we krwi po i przed badaniem w grupie eksperymentalnej (n=22) ....	34
<b>Tabela 6.</b> Porównanie zmian stężeń IL-6 we krwi po badaniu w stosunku do stanu sprzed badania pomiędzy grupami (liczba badanych=42) .....	35
<b>Tabela 7.</b> Wyniki badania korelacji pomiędzy stężeniem interleukiny-6 a wynikami testów funkcjonalnych przed terapią (liczba badanych=42) .....	35
<b>Tabela 8.</b> Wyniki badania korelacji pomiędzy stężeniem interleukiny-6 a wynikami testów funkcjonalnych po terapii (liczba badanych=42).....	36

## **9. WYKAZ RYCIN**

<b>Rycina 1.</b> Wykonywanie treningu wibracyjnego przez pacjentkę - widok z tyłu.....	17
<b>Rycina 2.</b> Wykonywanie treningu wibracyjnego przez pacjentkę - widok z boku.....	18
<b>Rycina 3.</b> Przebieg badania .....	26