

AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO

im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Rozprawa na tytuł 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 2022

Spis treści

| | |
|---|----|
| Wykaz skrótów | 4 |
| 1. WPROWADZENIE | 5 |
| 1.1. Przebieg starzenia się organizmu | 6 |
| 1.2. Czynniki ryzyka upadku | 10 |
| 1.2.1. Zaburzenia równowagi ciała..... | 12 |
| 1.2.2. Zmniejszenie siły mięśniowej i wytrzymałości wysiłkowej | 16 |
| 1.2.3. Zwiększony lęk przed upadkiem | 16 |
| 1.3. Czynniki zapalne a ryzyko upadków | 17 |
| 1.4. Diagnostyka endogennych czynników ryzyka upadków | 18 |
| 1.5. Zmniejszanie ryzyka upadków | 26 |
| 1.6. Trening wibracyjny | 28 |
| 1.7. Trening wibracyjny całego ciała u osób starszych w świetle literatury światowej..... | 31 |
| 2. CEL BADAŃ I ZAŁOŻENIA BADAWCZE | 41 |
| 3. METODY | 43 |
| 3.1. Zgoda Komisji Bioetycznej..... | 43 |
| 3.2. Kryteria włączenia i wyłączenia z badania | 43 |
| 3.3. Informacja dla pacjenta oraz podział do grup (randomizacja)..... | 44 |
| 3.4. Zaślepienie | 45 |
| 3.5. Metody terapii | 45 |
| 3.5.1. Metoda terapii na platformie wibracyjnej..... | 45 |
| 3.6. Metody oceny stanu zdrowia uczestniczek badania..... | 47 |
| 3.7. Metody oceny postępów terapii | 47 |
| 3.7.1. Metody oceny klinicznych postępów terapii | 47 |
| 3.7.2. Metoda oceny stężenia interleukiny-6 w surowicy krwi..... | 49 |
| 3.8. Główne efekty końcowe badania | 49 |
| 3.9. Drugorzędne efekty końcowe badania | 50 |
| 3.10. Wskaźniki użyte do oceny efektów leczenia | 51 |
| 3.11. Analiza statystyczna..... | 52 |
| 4. WYNIKI | 54 |
| 4.1. Podstawowa charakterystyka badanych i ocena jednorodności grup przed terapią..... | 55 |
| 4.2. Główne efekty końcowe badania | 58 |
| 4.2.1. Ocena wyników uzyskanych w testach klinicznych w obrębie grup | 58 |
| 4.2.2. Porównanie wyników testów klinicznych pomiędzy grupami | 60 |
| 4.3. Drugorzędne efekty końcowe badania | 62 |

| | |
|--|----|
| 4.3.1. Ocena stężeń interleukiny-6 we krwi w obrębie grup | 62 |
| 4.3.2. Porównanie zmian stężeń IL-6 pomiędzy grupami | 62 |
| 4.3.3. Ocena korelacji pomiędzy stężeniem IL-6 we krwi badanych a wynikami funkcjonalnych testów klinicznych | 63 |
| 5. OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA..... | 65 |
| 5.1. Omówienie wyników | 65 |
| 5.2. Odniesienie wyników własnych do badań innych autorów | 65 |
| 5.2.1. Kliniczne efekty terapii | 65 |
| 5.2.2. Stężenie IL-6 we krwi | 70 |
| 5.3. Efekty niepożądane | 74 |
| 5.4. Nowatorstwo badania, mocne strony i ograniczenia w badaniach własnych | 74 |
| 6. WNIOSKI | 76 |
| 7. BIBLIOGRAFIA | 78 |
| 8. WYKAZ TABEL..... | 88 |
| 9. WYKAZ RYCIN | 89 |
| 10. WYKAZ FOTOGRAFII..... | 90 |
| 11. STRESZCZENIE..... | 91 |
| 12. ABSTRACT..... | 95 |

Wykaz skrótów

| | | |
|---------------|---|---|
| BMI | - | Wskaźnik masy ciała |
| COG | - | Środek ciężkości ciała |
| COP | - | Środek nacisku stóp na podłoże |
| CRP | - | Białko C-reaktywne |
| FES-I | - | Skala Lęku Przed Upadkiem |
| GE | - | Grupa Eksperymentalna |
| GK | - | Grupa Kontrolna |
| ICTP | - | C-telopeptyd kolagenu typu I |
| IGF-1 | - | Insulinopodobny czynnik wzrostu-1 |
| IL-1 β | - | Interleukina-1beta |
| IL-6 | - | Interleukina-6 |
| OUN | - | Ośrodkowy układ nerwowy |
| POCHP | - | Przewlekła obturacyjna choroba płuc |
| sTNFR1 | - | Rozpuszczalny receptor typu 1 czynnika martwicy nowotworu |
| sTNFR2 | - | Rozpuszczalny receptor typu 2 czynnika martwicy nowotworu |
| TNF- α | - | Czynnik martwicy nowotworu-alfa |
| TUG | - | Test Wstań i Idź |
| WBVT | - | Trening wibracyjny całego ciała |
| 5SST | - | Test Pięciokrotnego Wstawania z Krzesła |
| 6MWT | - | Test Sześciominutowego Marszu |
| 30SCST | - | 30-Sekundowy Test Wstawania z Krzesła |

1. WPROWADZENIE

Starość jest naturalnym etapem życia, w którym następuje wiele zmian w fizycznym, psychicznym i społecznym funkcjonowaniu człowieka. Według Światowej Organizacji Zdrowia starość rozpoczyna się umownie w 60 roku życia i dzieli się ją na starość wczesną w wieku od 60 do 74 lat oraz na starość późną w okresie od 75 do 89 roku życia (przy czym wiek 80-89 lat uznaje się za starość sędziwą). Powyżej 90 roku życia zaczyna się długowieczność.^{1,2}

Wraz z wiekiem pogarsza się odporność ogólna organizmu i zwiększa się podatność na wiele chorób. Zmniejsza się wydolność fizyczna i psychiczna organizmu oraz następuje osłabienie funkcji poznawczych. W konsekwencji starzenia na ogół zmniejsza się funkcjonowanie społeczne seniorów. Osoby starsze stają się często niesamodzielne i w życiu codziennym wymagają opieki innych.

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.³

Zmiany demograficzne związane ze starzeniem się społeczeństwa dotyczą również Polski.⁴ 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.⁵ 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%.⁵

Negatywną przyczyną starzenia się społeczeństw w krajach rozwiniętych jest malejący współczynnik urodzeń.^{3,6} Natomiast przyczyną pozytywną jest wydłużający się czas życia seniorów dzięki coraz bardziej rozwijającej się profilaktyce prozdrowotnej i opiece medycznej, większej dostępności do świadczeń medycznych oraz poprawie higieny osobistej osób starszych.⁷

Nie zawsze jednak wydłużenie życia wiąże się z dobrym stanem zdrowia i dobrą jakością życia seniorów. Prognozuje się, że w najbliższych latach na świecie znacznie zmniejszy się zachorowalność na choroby zakaźne, ale zwiększy się liczba chorób neuropsychiatrycznych i niezakaźnych chorób przewlekłych.⁸ Zwiększająca się liczba osób starszych może doprowadzić do pogorszenia się ogólnego zdrowia fizycznego i psychicznego społeczeństw uprzemysłowionych. Istnieje także ryzyko znacznego zwiększenia się liczby osób z niepełnosprawnością oraz tych uzależnionych od leków i środków psychoaktywnych.⁹ Biorąc powyższe pod uwagę, konieczny jest dalszy rozwój profilaktyki prozdrowotnej seniorów oraz medycyny i fizjoterapii osób w zaawansowanym wieku.

1.1. Przebieg starzenia się organizmu

Tor życia ludzkiego można podzielić na dwie części. W pierwszym etapie (zwanym rozwojem) rozwijają się i dojrzewają wszystkie narządy i procesy biologiczne organizmu. Proces ten trwa od chwili narodzin do momentu uzyskania dojrzałości płciowej. W drugim okresie (nazywanym starzeniem się) stopniowo pogarszają się możliwości utrzymania homeostazy, co prowadzi do zaburzeń funkcjonowania organizmu, rozwijania się chorób i ostatecznie do śmierci.

Z punktu widzenia jakości starzenia się wyróżnia się: zwykłe starzenie się organizmu, starzenie się zdrowe oraz starzenie się chorobowe.

Najczęściej w populacji ludzkiej występuje tzw. „zwykłe starzenie się organizmu”, które przebiega stopniowo i dyskretnie. W procesie tym zmiany degeneracyjne są powolne i początkowo ich skutki niezauważalne. W związku z powyższym osoby starsze często dopiero w momencie wystąpienia chorób zaczynają podejmować działania zmniejszające skutki starzenia się. Niestety jest to zjawisko niekorzystne, ponieważ brak odpowiednio wczesnej profilaktyki w początkowej fazie zwykłego starzenia się zmniejsza zdolności przystosowawcze seniorów do zmieniającej się rzeczywistości zdrowotnej, zawodowej i społecznej. Dlatego też podkreśla się konieczność wczesnej edukacji w zakresie zasad zdrowego starzenia się, w tym roli higieny osobistej oraz aktywności fizycznej i społecznej. Edukacja ta powinna być skierowana już do osób pięćdziesięcioletnich, a nawet młodszych.

Zdrowe starzenie się jest wzorcem, do którego powinien dążyć każdy człowiek. Dane światowe pokazują jednak, że odsetek osób starzejących się zdrowo jest wciąż niewielki. Osoby te nawet w sędziwym wieku są samodzielne oraz sprawne fizycznie i psychicznie. Cechuje je optymistyczne podejście do życia, są stale aktywne rodzinnie i społecznie. Osoby te podejmują różnego rodzaju aktywności fizyczne i realizują swoje zainteresowania. Koniec życia osób reprezentujących ten model starzenia się jest określany mianem śmierci naturalnej. Ich odejście nie jest poprzedzone przewlekłymi chorobami, a jedynie wpisane w naturalny tor życia.

Chorobowe starzenie się organizmu zachodzi na drodze zmian patologicznych, które prowadzą do występowania wielu chorób równocześnie i towarzyszącej im wielolekowości. U osób tych spotyka się znaczne zmniejszenie odporności ogólnej organizmu i osłabienie. Ich aktywność fizyczna i społeczna oraz sprawność umysłowa są znacznie ograniczone. Osoby te stają się stosunkowo szybko niesamodzielne i niedołążne, co generuje u nich lęk i depresję. Seniorzy

starzejący się chorobowo wcześniej wymagają pomocy osób trzecich w czynnościach dnia codziennego. Często koniecznością staje się wdrożenie u nich kompleksowej opieki długoterminowej i instytucjonalnej.

Współczesna nauka tłumaczy już wiele mechanizmów starzenia się organizmu, wciąż jednak nie są poznane wszystkie uwarunkowania tego stanu. Proces starzenia się jest osobniczo zależny i u wielu osób wiek biologiczny i metrykalny nie są tożsame. Każdy organizm starzeje się w swoim indywidualnym tempie. Dużą rolę w procesie starzenia się odgrywa obciążenie genetyczne.¹⁰ Na przebieg starzenia się wpływa także środowisko, w którym człowiek żyje oraz styl życia, w tym stosowanie używek (tytoń, alkohol, substancje psychoaktywne), chroniczny stres oraz stopień podejmowania aktywności fizycznej.¹¹ Proces starzenia się jest także uzależniony od wielu innych często przypadkowych czynników, które przyspieszają lub opóźniają jego przebieg.

Zmiany degeneracyjne związane z wiekiem (z różnym nasileniem) występują we wszystkich narządach i układach organizmu. W wyniku odkładania się wapnia i cholesterolu zmniejsza się światło naczyń krwionośnych, co prowadzi do niedokrwienia i niedotlenienia mięśni, serca i mózgu.¹² Zmniejsza się kurczliwość mięśnia sercowego i objętość płuc w wyniku czego pogarsza się tolerancja wysiłkowa.^{1,13} W układzie wydalniczym osłabieniu ulegają zwieracze czego konsekwencją jest nietrzymanie moczu i stolca.¹⁴⁻¹⁶ W związku ze starzeniem się układu immunologicznego dochodzi do znacznego upośledzenia zdolności naprawczych i przystosowawczych organizmu. Występują również zaburzenia gospodarki hormonalnej.¹⁷ Zauważalna jest także mniejsza tolerancja węglowodanów.¹⁷

Szczególnie intensywne zmiany degeneracyjne związane z wiekiem występują w aparacie ruchu oraz w układzie nerwowym i narządach zmysłu.

W starzejącym się aparacie ruchu występuje szereg zmian wstecznych prowadzących do zmniejszenia elastyczności, wytrzymałości i sprężystości ścięgien, więzadeł i chrząstek stawowych, co zwiększa podatność tych struktur na uszkodzenia. Zmiany zanikowe i zwyrodnieniowe toczące się w narządzie ruchu sprzyjają występowaniu ostrych i przewlekłych zapaleń, a to z kolei jest przyczyną bólu i ograniczania aktywności ruchowej seniorów.¹⁸

Zmiany degeneracyjne w kościach mogą prowadzić do osteoporozy, w wyniku czego kości stają się kruche i łamliwe, co zwiększa ryzyko ich złamań przyczyniających się do niepełnosprawności.¹⁹

W układzie nerwowym zmniejsza się liczba ciał komórek nerwowych substancji szarej i zdolność tkanki nerwowej do tworzenia nowych połączeń w mózgu. U osób starszych znacznie zmniejsza się szybkość przewodnictwa nerwowego, w tym przewodnictwa nerwowo-mięśniowego. W wyniku spowolnienia reakcji nerwowo-mięśniowych ruchy osób starszych stają się powolne i nieskoordynowane. Wydłuża się czas trwania reakcji nerwowo-mięśniowych, w tym reakcji obronnych przed upadkami i urazami. W związku ze zmianami w układzie nerwowym u seniorów mogą także występować zaburzenia snu oraz rozdrażnienie i rozkojarzenie, w wyniku czego osoby starsze mają trudności ze skupieniem uwagi nawet na ważnych rzeczach. Pojawiają się także zaburzenia pamięci i spadek nastroju, a w skrajnych przypadkach otępienie.²⁰

Wraz z wiekiem pogarsza się ostrość wzroku oraz zdolność widzenia obwodowego i przestrzennego. Zmniejsza się także pobudliwość obwodowej części narządu przedsionkowego, co prowadzi do zaburzeń czucia położenia ciała. Zmniejszenie pobudliwości receptorów czucia głębokiego i zwolnienie przewodnictwa czuciowego pogłębiają zaburzenia koordynacji ruchowej i kontroli posturalnej.²¹

U osób starszych obserwuje się także zmniejszenie siły i wytrzymałości mięśniowej. Zmiany te spowodowane są między innymi zanikaniem wraz z wiekiem szybko i wolnokurczliwych włókien mięśniowych.¹⁷ Na upośledzenie sprawności mięśni wpływają również zmiany czynności wydzielniczej. U seniorów zwiększa się oporność na insulinę oraz zmniejsza się stężenie we krwi hormonu wzrostu, insulinopodobnego czynnika wzrostu-1 (IGF-1) oraz estrogenu i testosteronu. Zwiększa się natomiast stężenie parathormonu. U seniorów obserwuje się także niedobór witaminy D.

Starzeniu się mięśni (a w konsekwencji sarkopenii) sprzyja także podwyższone stężenie we krwi czynników prozapalnych, w tym czynnika martwicy nowotworów alfa (TNF- α), interleukiny-6 (IL-6) oraz białka C-reaktywnego (CRP). Zwiększone stężenie czynników prozapalnych w mięśniach prowadzi do przewlekłych zapaleń, które przyczyniają się do rozpadu białek mięśniowych i utrudniają syntezę (odbudowę) białek, w wyniku czego w bilansie końcowym w mięśniach dominują procesy rozpadu białek. Podwyższone stężenie cytokin prozapalnych (w tym TNF- α i IL-6) przy równoczesnym obniżonym stężeniu IGF-1 prowadzą do utraty masy mięśniowej i pobudzenia mechanizmów apoptozy.^{22,23}

Opisane zmiany degeneracyjne zachodzące w układzie nerwowym, narządach zmysłu i aparacie ruchu skutkują upośledzeniem funkcji odpowiedzialnych za kontrolę posturalną i koordynację ruchową, wskutek czego u osób starszych zwiększa się ryzyko upadków i urazów.^{17,18,20,21}

1.2. Czynniki ryzyka upadku

Upadek definiuje się jako nagłe zdarzenie, w wyniku którego dochodzi do niezamierzonej zmiany pozycji ciała wskutek utraty równowagi podczas chodzenia lub innych czynności. W efekcie upadku poszkodowany znajduje się na ziemi, podłodze lub innej niżżej położonej powierzchni.²⁴

U osób dorosłych częstotliwość upadania zwiększa się wraz z wiekiem. 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.²⁵ W populacji osób powyżej 70 roku życia rocznie upada aż 40% seniorów.^{26,27}

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.²⁸ Zgodnie z wynikami badań prowadzonych w latach 2007-2011 w ramach projektu Pol Senior, rocznie jednego lub więcej upadków doznaje 19% populacji polskich seniorów.²⁹

Poważnymi konsekwencjami upadków są rany, skręcenia i zwichnięcia stawów oraz złamania kości. U osób starszych urazy te często powodują trwałe dysfunkcje narządu ruchu i kalectwo. W wyniku długotrwałego unieruchomienia spowodowanego urazem może dochodzić do powikłań jakimi są: infekcje, choroba zakrzepowo-zatorowa, zaostrzenie przewlekłych chorób układu krążenia i układu oddechowego, odleżyny oraz dysfunkcje układu moczowego. W wyniku upadków dochodzi też do urazów głowy, krwawień wewnątrzczaszkowych i uszkodzeń mózgu, czego konsekwencją są dysfunkcje neurologiczne.^{30,31}

Większość upadków u osób w podeszłym wieku jest wieloprzyczynowa i stanowi następstwo współwystępowania zmian inwolucyjnych w organizmie, patologii towarzyszących chorobom, wielolekowej terapii oraz czynników środowiskowych związanych ze stylem i warunkami życia.³²

Wśród czynników ryzyka upadków wyróżnia się czynniki egzogenne, czyli zewnętrzne (środowiskowe) oraz czynniki endogenne, czyli zależne od funkcji organizmu.³³

Do egzogennych czynników ryzyka upadków zalicza się bałagan w pomieszczeniach, niewłaściwe oświetlenie, niedostosowane meble i podłogi w mieszkaniu (np. progi, dywany, śliskie nawierzchnie), brak odpowiednich uchwytów i poręczy (np. w łazience lub na schodach), nieodpowiednie obuwie itp. Upadkom sprzyjają także trudne warunki atmosferyczne, w szczególności mokre lub oblodzone nawierzchnie. Do zewnętrznych przyczyn upadków zalicza się również niewłaściwą korekcję zaburzeń wzroku i słuchu.³⁴ Egzogennymi przyczynami upadków są także niedogodności architektoniczne, takie jak: wysokie krawężniki, nierówne i uszkodzone chodniki, kamienie oraz niekorzystne ukształtowanie terenu (np. strome zejścia).³⁵ Analizy egzogennych okoliczności upadków wskazują, że osoby starsze doznają ich najczęściej podczas chodzenia, wstawania i siadania. Ryzyko upadku wzrasta nawet o 50% w przypadkach, gdy osoba starsza znajdzie się w nowym miejscu (np. po zmianie miejsca zamieszkania). Upadki zdarzają się także w czasie robienia zakupów oraz korzystania z transportu publicznego.

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.³⁶⁻³⁸

1.2.1. Zaburzenia równowagi ciała

Kontrola postawy i równowagi ciała osiągnana jest przez umiejętność stałego utrzymania środka ciężkości ciała nad powierzchnią podstawy podparcia podczas wykonywania pracy statycznej i dynamicznej. Za kontrolę postawy odpowiada układ czuciowy, narządy zmysłów, ośrodkowy układ nerwowy (OUN) oraz układ nerwowo-mięśniowy.

Bodźce czuciowe odbierane są przez narządy czucia głębokiego oraz przez narządy czucia dotyku, wzroku i słuchu. Z receptorów czucia głębokiego (znajdujących się w stawach,

mięśniach i ścięgnach) do OUN wysyłane są informacje o wzajemnym ułożeniu i ruchu w przestrzeni poszczególnych części ciała, a także informacje dotyczące siły generowanej w trakcie poruszania się.^{21,39}

Istotną rolę w zapobieganiu upadkom i w utrzymaniu równowagi ciała odgrywa narząd równowagi i narząd wzroku. System równowagi odpowiada za czucie pozycji ciała w przestrzeni oraz za wykrywanie ruchów przemieszczeń liniowych i rotacji. Umożliwia również odpowiednią koordynację ruchową i utrzymanie równowagi ciała. Mechanizm równowagi jest złożonym systemem, który w dużej mierze opiera się na informacjach płynących z układu przedsionkowego (zlokalizowanego w uchu wewnętrznym) oraz z receptorów czucia głębokiego zlokalizowanych w ścięgnach, mięśniach i stawach. Czucie ciała w przestrzeni możliwe jest dzięki proprioreceptorom i układowi przedsionkowemu. W układzie przedsionkowym znajdują się otolity i kanały półkoliste odpowiadające za wykrywanie ruchów które są złożone z przemieszczeń i rotacji. Ruchy otolitów są źródłem informacji dotyczących liniowych przemieszczeń ciała docierających do ośrodkowego układu nerwowego co jest niezbędne do odpowiedniej korekty położenia ciała. Natomiast kanały półkoliste umożliwiają dostarczenie informacji o przyspieszeniu kątowym głowy, tzn. o jej rotacji. Informacje te wyzwalają odruchy przedsionkowo-oczne oraz przedsionkowo-rdzeniowe, które korygują położenie oczu, głowy i ciała w trakcie czynności ruchowych. Odruchy przedsionkowo-oczne zapewniają stabilizację obrazów na siatkówce podczas wykonywania ruchów głowy. Dzięki tym odruchom percepcja wzrokowa jest stabilna nawet wtedy, gdy głowa porusza się. Natomiast odruchy przedsionkowo-rdzeniowe wyzwalają odpowiednie ruchy szyi i mięśni posturalnych służące stabilizacji głowy i tułowia w przestrzeni oraz synchronizują te ruchy z ruchami oka. Ośrodkowy układ nerwowy odpowiada za scalenie projekcji układu przedsionkowego z informacjami somatycznymi oraz wzrokowymi dzięki czemu możliwe jest kontrolowanie i stymulowanie reakcji nerwowo-mięśniowych. Sprawne

działanie układu nerwowo-mięśniowego zapewnia odpowiednie reakcje mięśniowe i koordynację ruchową, w tym reakcje równoważne i obronne przed upadkiem.⁴⁰⁻⁴²

Starzenie się organizmu prowadzi do zmian degeneracyjnych wszystkich elementów kontroli postawy ciała. Wraz z wiekiem zmniejsza się liczba receptorów czucia głębokiego i dochodzi do zaburzeń propriocepcji, w tym czucia wibracji. Zgodnie z wynikami badań prowadzonych u osób starszych, pogorszenie czucia wibracji występuje u 10% osób powyżej 60 roku życia i aż u 50% osób w wieku powyżej 75 lat.⁴³

Starzenie się prowadzi także do zaburzeń widzenia. U seniorów zmniejsza się pole i ostrość widzenia, głębia obrazu i postrzeganie kontrastu.^{21,44} W wyniku tych zmian obraz widziany przez osoby starsze jest niewyraźny i spłaszczony. Badania prowadzone u osób w zaawansowanym wieku potwierdzają zależność pomiędzy zmniejszonym polem widzenia, gorszą ostrością wzroku, głębią widzenia i wrażliwością na kontrast a zwiększoną częstością upadków.^{45,46} U osób powyżej 55 roku życia zmniejsza się liczba komórek włoskowatych oraz liczba włókien nerwowych wchodzących w skład układu równowagi, w związku z czym zmniejsza się percepcja ruchów i położenia ciała w przestrzeni. Równocześnie, w związku ze spowolnieniem reakcji nerwowo-mięśniowych i zaburzeniami widzenia, u osób starszych upośledzone są odruchy przedsionkowo oczne i przedsionkowo-rdzeniowe.^{21,47-50}

Skutki starzenia się organizmu obserwowane są również w ośrodkowym i obwodowym układzie nerwowym. Zmiany strukturalne w naturalnie starzejącym się OUN wprawdzie nie są dramatyczne, ale istotnym problemem jest zmniejszenie pobudliwości receptorów czucia głębokiego oraz spowolnienie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego.^{51,52}

Najbardziej wyraźną, makroskopową zmianą występującą w starzejącym się mózgu jest ubytek zawartości wody w komórkach nerwowych, przy czym problem ten dotyczy jedynie wnętrza komórek, natomiast w przestrzeni międzykomórkowej zawartość wody nie zmienia się.⁵¹

Zdaniem badaczy masa uwodnionej tkanki nerwowej zaczyna maleć już około 50 roku życia.⁵² Ubytek wody z komórek nerwowych prowadzi do zwiększenia stężenia białek w neuronach co spowalnia przebieg procesów metabolicznych i obniża aktywność neuronów. Wskutek utraty wody następuje obkurczenie neuronów i zmniejszenie objętości struktur mózgowych. Nie wszystkie okolice mózgu są jednakowo podatne na te zmiany. Małe neurony (tzw. komórki ziarniste) w korze ciemieniowej i potylicznej w wyniku utraty wody wraz z wiekiem tracą nie więcej niż 8% swojej objętości. Największy ubytek wody występuje w dużych neuronach piramidalnych, w związku z czym największe zaburzenia strukturalne związane z tym procesem występują w asocjacyjnej korze czołowej (-15%) oraz w korze ruchowej (-20%). Ma to negatywny wpływ na funkcje ruchowe organizmu.⁵¹

W starzejącym się mózgu zmniejsza się także liczba komórek nerwowych, przy czym ubytek ten jest różny w poszczególnych okolicach mózgu. W trakcie normalnego starzenia się prawie nie obserwuje się wymierania neuronów w pniu mózgu oraz w istocie czarnej. Natomiast strukturą wrażliwą na obumieranie neuronów jest mózdzek i dotyczy to przede wszystkim obumierania komórek Purkinjego.⁵³ Konsekwencją zmian występujących w mózdzku jest pogorszenie równowagi ciała i funkcji ruchowych, co w połączeniu z opisanymi wcześniej zmianami występującymi wskutek utraty wody w korze ruchowej może prowadzić do poważnych zaburzeń poruszania się u osób starszych i zwiększonego wraz z wiekiem ryzyka upadków.⁵¹

Nieodłączną cechą starzenia się jest spowolnienie działania układu nerwowego. Już wiele lat temu Norris i wsp.⁵⁴ odnotowali, że przewodzenie impulsów w nerwie łokciowym jest u mężczyzn w wieku 80-90 lat średnio o 10 ms wolniejsze w porównaniu do mężczyzn w wieku 20-30 lat. Klinicznymi objawami zwolnienia przewodnictwa nerwowego jest spowolnienie ruchów, co stanowi jedną z głównych przyczyn upadków u osób starszych, które

nie są w stanie bronić się przed upadkiem poprzez wykonywanie odpowiednio szybkich i skoordynowanych ruchów obronnych.⁵⁵

1.2.2. Zmniejszenie siły mięśniowej i wytrzymałości wysiłkowej

Aparat nerwowo-mięśniowy odpowiada za efektywną reakcję organizmu przy każdym zakłóceniu równowagi. Prawidłowa reakcja narządu ruchu na zaburzenia równowagi zależy od elastyczności, siły i wytrzymałości mięśniowej, a także od zakresów ruchów w stawach.

Bezpośrednim skutkiem zaniku neuronów u seniorów jest zmniejszenie masy i siły mięśniowej. Zdaniem badaczy, u osób w zaawansowanym wieku około połowa utraconej masy mięśniowej jest konsekwencją utraty neuronów (w szczególności aksonów).⁵⁶ W mięśniach szkieletowych najpierw zaczynają zanikać włókna szybkokurczliwe (białe; typu II), które odpowiadają za siłę i szybkość reakcji mięśniowej. Ich stopniowy zanik obserwuje się już po 30 roku życia. Włókna wolnokurczliwe (czerwone; typu I), odpowiadające za wytrzymałość wysiłkową, zanikają wolniej, ale ich znaczny zanik jest widoczny po 80 roku życia.⁵⁷

W grupie seniorów, którzy upadają zaobserwowano znaczny spadek momentu siły mięśniowej kończyn dolnych stanowiących niezbędny czynnik do utrzymania właściwej postawy ciała.⁵⁸ Zmniejszenie masy i siły mięśniowej jest silnie skorelowane ze zmniejszeniem aktywności ruchowej i zwiększeniem ryzyka upadków u seniorów. Prowadzi to również do obniżenia jakości życia oraz zwiększenia zachorowalności i śmiertelności u osób w zaawansowanym wieku.^{59,60}

1.2.3. Zwiększony lęk przed upadkiem

Endogennym czynnikiem ryzyka upadku jest również zwiększony lęk przed upadkiem. Wskutek upadków u osób starszych rozwijają się stany lękowe. Seniorzy w obawie przed kolejną utratą równowagi ograniczają aktywność fizyczną, wskutek czego stają się jeszcze

mniej sprawni ruchowo, a to z kolei predysponuje ich do kolejnych upadków. Stan ten określany jest zespołem poupadkowym. W wyniku rozwinięcia się zespołu poupadkowego, seniorzy, którzy wcześniej prowadzili samodzielny tryb życia i poruszali się swobodnie stają się niesamodzielnymi i uzależnieni od innych, co pociąga za sobą izolację społeczną, przygnębienie i smutek, a nawet depresję.

Zespół poupadkowy skutkuje także osłabieniem i zanikiem mięśni, co jest przyczyną dalszego ograniczenia mobilności i zmniejszenia wydolności wysiłkowej. Może również dochodzić do ograniczenia ruchomości stawów i występowania przykurczy stawowych. Jeśli w wyniku urazu dojdzie do unieruchomienia seniora w łóżku, mogą wystąpić powikłania zatorowo-zakrzepowe, odleżyny oraz infekcje układu oddechowego i moczowego. Powoduje to nasilenie izolacji społecznej i dalsze pogorszenie jakości życia, aż do całkowitego uzależnienia od opieki innych.

1.3. Czynniki zapalne a ryzyko upadków

Procesy zapalenia i odbudowy tkanek są koordynowane przez czynniki pro- i przeciwzapalne, w tym cytokiny, chemokiny, hematopoetyny i czynniki wzrostowe. Czynniki te działając poprzez mechanizmy autokrynne, parakrynne, juxtakrynne i endokrynne, regulują migrację, proliferację i różnicowanie się komórek.

Wyniki wielu badań wykazują podwyższone stężenie czynników prozapalnych we krwi u osób starszych, w tym interleukiny-6 (IL-6).⁶¹⁻⁶⁶ Interleukina-6 przez badaczy jest nawet nazywana „cytokiną gerontologów” (cytokine for gerontologists) ze względu na jej bliskie pokrewieństwo ze starzeniem się i przewlekłymi chorobami. Interleukina-6 jest powiązana z zespołem słabości i zaburzeniami funkcji poznawczych u osób starszych.⁶⁷ Jej stężenie we krwi zwiększa się istotnie po przekroczeniu 70 roku życia.⁶⁸

U osób w zaawansowanym wieku występują przewlekłe stany zapalne wielu narządów, w tym narządu ruchu. Zapalenia są konsekwencją wielu czynników towarzyszących starzeniu się. Przyczyniają się do nich choroby o przebiegu ostrym i przewlekłym, zmiany genetyczne i metaboliczne, stresory środowiskowe i styl życia. Podwyższony poziom mediatorów stanu zapalnego występuje w szczególności u osób starzejących się chorobowo. Oprócz IL-6, we krwi seniorów obserwuje się także zwiększone stężenie IL-1 β , czynnika martwicy nowotworu-alfa (TNF- α) i białka C-reaktywnego (CRP).^{61,62,64,65}

Czynniki prozapalne przyczyniają się do powstania zespołu słabości, ponieważ zwiększają degradację białek mięśniowych i równocześnie zaburzają szlaki metaboliczne służące syntezie i odbudowie białek.⁶² W konsekwencji tych zmian w mięśniach przeważa rozpad białek nad ich syntezą, co prowadzi do zaniku włókien mięśniowych, zmniejszenia siły i wytrzymałości mięśniowej oraz spowolnienia funkcji motorycznych.^{62,69} Dodatkowo u osób starszych zmniejsza się synteza i aktywność przeciwzapalnej IL-10, która jest cytokiną hamującą aktywność cytokin prozapalnych (w tym TNF- α , IL-1 β i IL-6).⁶⁵

1.4. Diagnostyka endogennych czynników ryzyka upadków

Endogenne czynniki ryzyka upadków ocenia się subiektywnie i obiektywnie. W ocenie subiektywnej wykorzystywany jest wywiad kliniczny, obserwacja badanego, jakościowe testy funkcjonalne i kwestionariusze osobowe. W ocenie obiektywnej stosowane są ilościowe testy funkcjonalne, specjalistyczne narzędzia pomiarowe oraz laboratoryjne badania krwi.

Bada się między innymi nasilenie lęku przed upadkiem, kontrolę posturalną, jakość chodu, siłę mięśniową i wytrzymałość wysiłkową. Kontrola posturalna jest to złożona czynność która jest niezbędna w osiągnięciu odpowiedniej stabilizacji ciała w spoczynku oraz kontrolowaniu ruchów w trakcie wykonywania czynności dnia codziennego. Umownie równowagę dzieli się na statyczną rozpatrywaną w warunkach spoczynku oraz dynamiczną odpowiadającą za zdolność

utrzymywania prawidłowej postawy ciała w momencie podejmowania aktywności fizycznej.^{70,71}

Istotne znaczenie w utrzymaniu równowagi ciała, sprawności funkcjonalnej i w zapobieganiu upadkom ma siła mięśniowa dolnych partii ciała (obręcz biodrowa, mięśnie brzucha, dolne partie grzbietu, kończyny dolne).^{72,73} Dzięki niej możliwe jest samodzielne podejmowanie prostych codziennych czynności takich jak umiejętność pokonywania schodów, wstawania z krzesła.⁷⁴ Natomiast wytrzymałość wysiłkowa jest definiowana jako zdolność do wykonywania możliwie długiego wysiłku fizycznego w danym zakresie mocy przez człowieka.

W wywiadzie zbiera się informacje na temat aktualnego stanu zdrowia badanych, występowania chorób towarzyszących oraz ilości i rodzaju zażywanych leków. Wywiad obejmuje również pytania dotyczące historii i okoliczności upadków oraz umożliwia rozpoznanie zewnętrznych czynników zwiększających ryzyko upadków.

Istotnym elementem oceny ryzyka upadków jest ocena lęku przed upadkiem, którą można przeprowadzić w badaniu subiektywnym przy pomocy „Skali Lęku Przed Upadkiem” (Falls Efficacy Scale International - FES-I).⁷⁵ Jest to kwestionariusz składający się z 16 pytań, na które samodzielnie odpowiada osoba badana. W każdym z pytań nasilenie lęku przed upadkiem oceniane jest w skali od 1 do 4, z czego 1 oznacza całkowity brak obaw przed upadkiem, a 4 najwyższy stopień lęku przed upadkiem. W FES-I badani określają jak silny jest ich lęk przed upadkiem podczas samodzielnego wykonywania takich czynności jak: chodzenie po mieszkaniu, wstawanie i siadanie na krzesło i toalecie, samodzielne przygotowywanie potraw (bez konieczności noszenia ciężkich lub gorących przedmiotów), kładzenie się i wstawanie z łóżka, odbieranie telefonu, otwieranie drzwi, dbanie o własną higienę, ubieranie i rozbieranie się. Punkty uzyskane w poszczególnych pytaniach są sumowane. Wynik końcowy

w kwestionariuszu mieści się w przedziale od 16 do 64 punktów. Przy wyniku powyżej 16 punktów, u pacjenta diagnozuje się podwyższony lęk przed upadkiem, który stanowi czynnik ryzyka upadków, przy czym w zakresie od 17 do 19 punktów obawy przed upadkiem uznaje się za niewielkie, w zakresie od 20 do 27 punktów diagnozuje się umiarkowany lęk przed upadkiem, w zakresie od 28 do 64 punktów lęk przed upadkiem uznaje się za duży.

W obiektywnej diagnostyce endogennych czynników ryzyka upadków wykorzystuje się testy funkcjonalne pozwalające na ocenę statycznej i dynamicznej równowagi ciała, poruszania się i tolerancji wysiłkowej.⁷⁶ Najczęściej stosowanymi testami funkcjonalnymi są: „Test Wstań i Idź”, „30-Sekundowy Test Wstawania z Krzesła”, „Skala Równowagi Berg”, „Test Równowagi i Chodu Tinetti”, „Test Dynamiki Chodu”, „Test Stania na Jednej Nodze”, „Test Funkcjonalnego Zakresu Sięgania”, „Test Pięciokrotnego Wstania z Krzesła” oraz „Sześciominutowy Test Marszowy”.

„Test Wstań i idź” (ang. „Test Up and Go”; TUG) służy do funkcjonalnej oceny równowagi dynamicznej i chodu.⁷⁷ Podczas testu zadaniem pacjenta jest wstać z krzesła (o wysokości 45 cm), przejść odcinek 3 metrów, wykonać obrót o 180°, wrócić i ponownie usiąść na krześle. Wykonuje się przynajmniej 3 próby testu. W pierwszej próbie pacjent zapoznaje się z przebiegiem testu i zapamiętuje sekwencję zadań. Następnie przeprowadzane są 2 próby właściwe. Jako wynik końcowy przyjmuje się najkrótszy czas wykonania testu lub średni czas z obu prób. Zgodnie z normami wynik krótszy niż 10 sekund oznacza prawidłową sprawność funkcjonalną i brak ryzyka upadków. Zakres od 10 do 14 sekund świadczy o minimalnym ryzyku upadku. Przy wyniku w zakresie od 15 do 20 sekund przyjmuje się średnie ryzyko upadku wynikające z zaburzeń równowagi i poruszania się, ale nie zaleca się jeszcze korzystania podczas chodu ze sprzętów ortopedycznych lub z pomocy osób postronnych. Osiągnięcie wyniku powyżej 20 sekund świadczy o znacznym ograniczeniu mobilności

i zaburzeniach równowagi oraz o wysokim ryzyku upadków (podczas poruszania się należy rozważyć korzystanie z pomocy ortopedycznych).^{77,78}

„30-Sekundowy Test Wstawania z Krzesła” (ang. „30-Second Chair Stand Test”; 30SCST) na ocenę funkcjonalną siły mięśniowej dolnej partii ciała.⁷⁹ W teście sumuje się liczbę powtórzeń wstawania z krzesła w czasie 30 sekund. Podczas próby wykorzystuje się krzesło o wysokości 45 cm, z prostym oparciem, bez podłokietników, którego nogi są zabezpieczone gumowymi podstawkami. Rozpoczęcie 30SCST następuje po przyjęciu przez badanego pozycji siedzącej na środku krzesła z wyprostowanymi plecami, ramionami skrzyżowanymi na klatce piersiowej oraz równoległym położeniem stóp względem siebie na podłożu. Na komendę osoby oceniane wstają z krzesła do pozycji wyprostnej, a następnie wracają do pozycji wyjściowej. Przed rozpoczęciem testu przeprowadza się przynajmniej jedną próbę demonstracyjną, której celem jest nauczenie badanego przebiegu zadania. Wynikiem końcowym jest suma prawidłowo wykonanych powtórzeń. Wyniki testu interpretuje się na podstawie norm podanych oddzielnie dla mężczyzn i kobiet w poszczególnych przedziałach wiekowych.⁸⁰

Skala równowagi opracowana przez Katherine Berg (ang. Berg Balance Scale) pozwala na funkcjonalną ocenę statycznej i dynamicznej równowagi ciała.^{81,82} Test trwa około 20 minut i składa się z łatwych do wykonania 14 zadań ruchowych wymagających zachowania równowagi ciała w pozycji siedzącej i stojącej. Każde z zadań oceniane jest w skali od 0 (najniższy poziom funkcjonalności) do 4 punktów (najwyższy poziom funkcjonalności). Końcowym wynikiem testu jest suma punktów uzyskanych przy poszczególnych zadaniach, mieszcząca się w zakresie od 0 do 56 punktów.

„Test Równowagi i Chodu” opracowany przez Mary E. Tinetti (ang. „Tinetti Balance and Gait Test”) składa się z dwóch części, które służą funkcjonalnej ocenie chodu i równowagi ciała.^{83,84} W części dotyczącej analizy chodu ocenia się jakość rozpoczęcia chodu, długość i wysokość

kroku, ruchy tułowia, symetrię wykonywanych ruchów, linię marszu, a także ustawienie stóp. Druga część testu skupia się na ocenie równowagi w siedzeniu, podczas wstawania z krzesła, w staniu, w trakcie wykonywania obrotu o 360° oraz podczas prób trącania z zamkniętymi i otwartymi oczami. Każde z zadań oceniane jest w skali od 0 do 2 punktów. W części dotyczącej chodu maksymalnie można uzyskać 12 punktów, natomiast w części dotyczącej równowagi 16 punktów. Wynik poniżej 26 punktów wskazuje na zaburzenia równowagi.

W „Teście Dynamiki Chodu” (ang. „Dynamic Gait Index”) ocenia się funkcjonalną sprawność chodu ze zmienną prędkością. W czasie chodu pacjent na polecenie terapeuty idzie w zmiennym tempie, obraca głowę na boki, pokonuje przeszkody i zmienia kierunek marszu. Test obejmuje również analizę jakości chodu podczas wchodzenia i schodzenia ze schodów. Wykonywane czynności oceniane się w skali od 0 do 3 (przy czym 0 oznacza brak danej umiejętności lub znaczną trudność w wykonaniu danej czynności, a 3 punkty oznaczają wykonanie danej czynności bez problemów). Maksymalny wynik z testu wynosi 24 punkty. Uzyskanie wyniku poniżej 19 punktów świadczy o wysokim ryzyku upadku.^{85,86}

„Test Stania na Jednej Nodze” (ang. „One Leg Standing Test”) służy do funkcjonalnej oceny zdolności utrzymania równowagi statycznej przy ograniczonym polu podparcia. W trakcie próby osoba badana proszona jest o uniesienie jednej kończyny dolnej do wysokości podudzia kończyny dolnej pełniącej funkcję podporową (bez możliwości kontaktu cielesnego między kończynami). Ważne jest by w trakcie testu wzrok badanego skierowany był wprost przed siebie, a kończyny górne znajdowały się wzdłuż tułowia. „Test Stania na Jednej Nodze” przerywany jest w przypadku utraty równowagi lub zmiany ustawienia stopy kończyny podporowej (np. przesunięcia jej w bok). Jako wynik końcowy przyjmuje się czas prawidłowego wykonania testu, przy czym czas powyżej 30 sekund przyjmuje się za wynik prawidłowy.⁸⁷

„Test Funkcjonalnego Zakresu Sięgania” (ang. „Functional Reach Test”) pozwala na funkcjonalną ocenę dynamicznej równowagi ciała.^{88,89} Przed rozpoczęciem testu badany proszony jest o ustawienie się bokiem do ściany tak, aby miednica i bark bezpośrednio do niej przylegały. Kończyna górna bliższa ścianie jest zgięta w stawie ramiennym pod kątem 90°. Na polecenie przeprowadzającego badanie pacjent ma za zadanie wykonać maksymalne wychylenie tułowia w przód z utrzymaniem pozycji przez ok. 2-3 sekundy. W trakcie trwania próby nie można opuszczać ręki w dół, rotować tułowia ani odrywać stóp od podłoża. W przypadku pacjentów niepotrafiących utrzymać pozycji stojącej możliwe jest przeprowadzenie testu w pozycji siedzącej. Wynikiem końcowym testu jest odległość na jaką badany przesunie palec do przodu. W literaturze naukowej brak jest jednoznacznych wartości, które uznawane są za normę. Powołując się na dane zamieszczone w podręczniku „Diagnostyka funkcjonalna w fizjoterapii”⁹⁰ wyniki w przedziale od 18.5 do 25.4 cm można uznać za prawidłowe. Dla osób starszych wyniki normatywne powinny oscylować przy wartości minimalnej 10 cali (25.4 cm). Uzyskanie przez seniorów wyniku poniżej wartości 18.5cm. wskazuje na znaczne ryzyko upadków.⁸⁷

„Test Pięciokrotnego Wstawania z Krzesła” (ang. „5-Times Sit to Stand Test”; 5SST) służy do funkcjonalnej oceny siły mięśniowej dolnej partii ciała.⁹¹ Przed rozpoczęciem próby badany proszony jest o przyjęcie pozycji siedzącej na krześle (45 cm) z równoczesnym skrzyżowaniem ramion na klatce piersiowej. Następnie na komendę zadaniem pacjenta jest pięciokrotne powtórzenie procedury przejścia z siadu do pozycji stojącej i powrotu do wyjściowej pozycji siedzącej. Wynikiem końcowym testu jest czas wykonania próby. Uzyskanie wyniku powyżej 15 sekund świadczy o małej sile mięśniowej dolnej partii ciała i dużym ryzyku upadków.

Kontrola posturalna i jakość chodu oceniane są również przy pomocy specjalnych urządzeń diagnostycznych, takich jak platformy dynamograficzne i bieżnie ruchome. Na platformach

przeprowadza się posturografię i stabilomertrię. Badania te pozwalają rejestrować przemieszczanie się rzutu środka ciężkości ciała na platformę podczas wykonywania różnego rodzaju statycznych i dynamicznych zadań ruchowych. Istotą tych badań jest fakt, że stabilizacja pionowej postawy ciała polega na minimalizowaniu jej kołysania, w taki sposób aby pionowy rzut środka ciężkości ciała nie przemieszczał się poza anatomiczne granice podstawy podparcia mieszczącej się w polu powierzchni przylegania stóp do podłoża. Badania przeprowadza się w postawie stojącej przy oczach otwartych i zamkniętych, wykorzystując platformy stabilne i ruchome. Otoczenie pacjenta może być nieruchome lub ruchome (np. obiekty przemieszczające się na monitorze w zasięgu wzroku pacjenta). W trakcie oceny równowagi statycznej zadaniem pacjenta jest utrzymywanie pozycji wyprostowanej i ograniczenie kołysania ciała. Badanie przeprowadza się przy oczach otwartych i zamkniętych w postawie swobodnej, w postawie ze stopami złączonymi lub w pozycji tandemowej. W trakcie oceny równowagi dynamicznej pacjent stoi na stabilnym lub ruchomym podłożu wykonując równocześnie różnego rodzaju zadania ruchowe wymagające przemieszczania środka ciężkości ciała w różnych kierunkach. Analizuje się między innymi długość i pole powierzchni przemieszczania się środka ciężkości ciała (ang. center of gravity; COG) oraz środka nacisku stóp na podłoże (ang. center of foot pressure; COP), jak również szybkość, częstość i wielkość wychyleń COG i COP w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej. W ocenie stabilometrycznej wykorzystuje się również zaawansowane metody analizy, a dokładnie mówiąc dekompozycji sygnału, takie jak: rambling i trembling.⁹²⁻⁹⁴

Bieżnie ruchome wyposażone w platformy dynamograficzne pozwalają na szczegółowe badanie czasowo-przestrzennych parametrów chodu, takich jak: długość i szerokość kroku, symetria chodu, kadencja i prędkość chodu. Oceniany jest również czas trwania poszczególnych faz chodu, takich jak: faza podporu, przenoszenia i podwójnego podporu. Nowoczesne techniki pomiarowe umożliwiają również trójpłaszczyznową analizę ruchu,

w której oprócz czasowo-przestrzennych parametrów chodu rejestrowane są także wartości kątowe w stawach kończyn dolnych podczas poszczególnych faz chodu.⁹⁵

Oprócz testów funkcjonalnych do oceny siły mięśniowej również wykorzystuje się różnego rodzaju urządzenia, które pozwalają na ocenę siły mięśniowej w warunkach izometrycznych i izokinetycznych. Testy izokinetyczne przeprowadzane są w otwartych i zamkniętych łańcuchach kinematycznych i służą ocenie dynamicznej pracy poszczególnych grup mięśniowych. Pomiar izokinetyczny w warunkach otwartego łańcucha kinematycznego służy ocenie siły mięśniowej grupy mięśni odpowiedzialnych za dany ruch (np. wykonuje się zgięcie i wyprost w stawie kolanowym, uzyskując informację o sile mięśniową całej grupy zginaczy i prostowników stawu kolanowego).^{96,97}

W celu oceny tolerancji wysiłkowej u osób starszych wykorzystywany jest „Sześciominutowy Test Marszowy” (6MWT), zwany też testem korytarzowym. Test ten przeprowadza się na płaskiej powierzchni umożliwiającej wyznaczenie odcinka o długości 30 metrów, na którym będzie bezpiecznie poruszał się pacjent. Na odcinku tym oznacza się odcinki co trzy metry oraz linię startu i linię zawracania. Podczas marszu badany powinien być ubrany w swobodny strój sportowy, niekrępujący ruchów i buty sportowe zapewniające bezpieczny marsz. Na komendę badany rozpoczyna marsz i idzie przez 6 minut tam i z powrotem na dystansie 30 metrów. Tempo marszu jest swobodne, ale możliwie najszybsze. Wynikiem końcowym jest dystans przebyty przez pacjenta w czasie 6 minut. Zaleca się, aby minimum 10 minut przed rozpoczęciem badania pacjent przebywał w pozycji spionowanej. Wyniki 6MWT są wyrażane jako przebyty dystans w metrach. W czasie 6 minut zdrowy mężczyzna powinien przejść marszem 600 m, a kobieta 500 m.⁹⁸⁻¹⁰¹

W diagnostyce endogennych czynników ryzyka upadków powinno się również uwzględnić laboratoryjne badania krwi, w tym ocenę stężenia markerów stanu zapalnego (IL-6, CRP

i innych). Badania powinny być wykonywane w godzinach porannych, z poprzedzającym dwutygodniowym okresem, w których pacjent nie podejmuje intensywnych treningów fizycznych.

1.5. Zmniejszanie ryzyka upadków

Aby zapobiegać upadkom u osób starszych należy usunąć lub zminimalizować zewnętrzne czynniki ryzyka upadków. Ważna jest również systematyczna kontrola wzroku tak, aby na bieżąco korygować wady. Należy też wykryć i w miarę możliwości wyeliminować przyczyny zawrotów głowy i zaburzeń równowagi ciała.

Niezwykle istotna u seniorów jest kontrola spożywanych leków pozwalająca zminimalizować niekorzystne efekty wielolekowości. Należy wykluczyć szkodliwe interakcje pomiędzy lekami oraz wyeliminować zbędne medykamenty, które seniorzy często kupują bez recepty i zażywają bez nadzoru lekarza. Ryzyko upadków jest szczególnie wysokie u osób starszych, które przyjmują leki moczopędne w godzinach późnych popołudniowych oraz w godzinach wieczornych, a następnie w nocy wstając do toalety, przewracają się z powodu ograniczonej widoczności. Należy także kontrolować przyjmowanie leków nasennych i uspokajających, które zmniejszają koncentrację uwagi i działają zwiotczająco na mięśnie. Bardzo ważne jest włączenie do diety seniorów suplementacji witaminą D, która wzmacnia kości oraz zwiększa metabolizm mięśniowy, co sprzyja utrzymaniu odpowiedniej siły i wytrzymałości wysiłkowej mięśni.¹⁰²

Szczególne znaczenie w zapobieganiu upadkom u osób starszych ma profilaktyka i leczenie bólu oraz dysfunkcji narządu ruchu. Rehabilitacja powinna być także ukierunkowana na leczenie schorzeń neurologicznych (w tym polineuropatii) oraz utrzymanie odpowiedniej siły mięśniowej i wydolności wysiłkowej.

Istotną rolę w profilaktyce upadków odgrywa aktywność fizyczna.¹⁰³ Procesu starzenia się nie można zatrzymać, jednak ruch minimalizuje jego niekorzystne skutki.^{104,105} Ćwiczenia fizyczne zapobiegają utracie masy mięśniowej, poprawiają koordynację ruchową i zmniejszają ryzyko zaburzeń równowagi ciała.¹⁰⁶

Fizjoprofilaktyka upadków u osób starszych obejmuje ćwiczenia chodu, ćwiczenia równoważne oraz ćwiczenia wzmacniające elastyczność i siłę mięśniową. Ważne jest, aby wiele ćwiczeń było wykonywanych w postawie stojącej, co pozwala prowokować i trenować reakcje równoważne. Wskazane jest, aby treningi odbywały się na podłożu o różnej strukturze i wielkości, w tym na platformach o stabilnym i ruchomym podłożu.^{107,108} Poziom trudności ćwiczeń powinien być stopniowo zwiększany, a częstotliwość ćwiczeń możliwie jak największa.

Ćwiczenia fizyczne sprzyjają również zmniejszeniu stężenia czynników prozapalnych we krwi. Na podstawie klinicznych i eksperymentalnych danych wiadomo jest, że regularnie podejmowana aktywność fizyczna zmniejsza stężenie IL-6 we krwi człowieka, przyczyniając się tym samym do zmniejszenia przewlekłego stanu zapalnego.^{68,109-112}

W badaniach klinicznych, przeprowadzonych u seniorów, poprawę równowagi ciała i poruszania się, oraz zmniejszenie ryzyka upadków osiągnęto stosując różnego rodzaju treningi fizyczne, w tym treningi z biologicznym sprzężeniem zwrotnym,¹¹³ treningi umiejętności funkcjonalnych, siły mięśniowej i wytrzymałości wysiłkowej,¹¹⁴ ćwiczenia oporowe z wykorzystaniem taśm elastycznych,^{115,116} oraz wielokierunkowe aktywności fizyczne o umiarkowanej intensywności, obejmujące ćwiczenia aerobowe, siłowe, gibkościowe i równoważne.¹¹⁷

1.6. 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. Zdaniem badaczy treningi wibracyjne wywołują w organizmie człowieka podobne efekty jak niektóre ćwiczenia fizyczne, w szczególności ćwiczenia oporowe. Treningi z wykorzystaniem wibracji mogą uzupełniać inne ćwiczenia fizyczne lub też mogą być stosowane jako odrębna forma ćwiczeń.^{118,119}

Już wiele lat temu treningi wibracyjne wzbudziły zainteresowanie specjalistów z zakresu treningów sportowych, rekreacji ruchowej i odnowy biologicznej. Do rozpowszechnienia treningów wibracyjnych w tych dziedzinach przyczyniły się między badania prowadzone przez izraelskich naukowców w latach 90-tych XX wieku.¹²⁰ Były to jedne z pierwszych badań, w których oceniano efekty ćwiczeń fizycznych wykonywanych równocześnie z wibracjami na siłę mięśniową. Badania te Issurin i wsp.¹²⁰ przeprowadzili u 24 młodych osób, w tym u 14 zawodników w wieku średnio 21.3 ± 4.1 lat uprawiających sport wyczynowo oraz u 14 osób w wieku średnio 25.8 ± 7.3 lat uprawiających sport amatorsko. Wibracje były aplikowane w obszarze kończyn górnych. Uczestnicy badania wykonywali dwie oddzielne serie ćwiczeń zginania stawu łokciowego obu kończyn górnych. Celem tych ćwiczeń było trenowanie siły eksplozywnej mięśnia dwugłowego ramienia. Pierwsza seria ćwiczeń była wykonywana bez wibracji, natomiast w trakcie drugiej serii ćwiczeń u badanych na obie kończyny górne aplikowano wibracje o częstotliwości 44 Hz i amplitudzie 3 mm. Pod wpływem wibracji znamienne statystycznie ($p < 0.001$) zwiększyła się maksymalna i średnia moc mięśnia dwugłowego ramienia odpowiednio o 30.1 W i 29.8 W (10.4% i 10.2%) w grupie zawodników oraz o 20.0 W i 25.9 W (7.9% i 10.7%) w grupie sportowców amatorów. Dodatkowo zwiększenie mocy maksymalnej badanego mięśnia okazało się być znamienne statystycznie większe u zawodników wyczynowych w porównaniu ze sportowcami amatorami ($p < 0.04$).

Autorzy wyciągnęli wnioski, że trening wibracyjny może zwiększać siłę eksplozywną mięśni i można go stosować jako uzupełnienie treningów sportowych.¹²⁰

Badania prowadzone w następnych latach potwierdziły pozytywny wpływ wibracji na pobudliwość nerwowo-mięśniową i siłę mięśniową.^{118,119} Badania te stały się zachętą do stosowania treningu wibracyjnego nie tylko w odnowie biologicznej i sporcie, ale również w różnych dziedzinach fizjoterapii.^{118,119}

Bodźce mechaniczne wywołane wibracją stymulują receptory czuciowe, w tym receptory czucia głębokiego, jakimi są wrzeciona nerwowo-mięśniowe. Impulsy nerwowe z pobudzonych wrzecion nerwowo-mięśniowych poprzez aferentne włókna nerwowe docierają do rdzenia kręgowego, gdzie aktywują polisynaptyczne łuki odruchowe i pobudzają skurcze mięśni. Wibracje o częstotliwościach w zakresie od 10 do 100 Hz wywołują toniczne odruchy mięśniowe, polegające na przedłużonych skurczach mięśni poddanych wibracji przy równoczesnym rozluźnieniu ich antagonistów. Te obserwacje zdają się uzasadniać wprowadzanie ćwiczeń z równoczesnymi wibracjami do treningów terapeutycznych, których celem jest wzmacnianie mięśni.^{118,119,121-123}

W terapii wykorzystuje się między innymi trening wibracyjny całego ciała (Whole Body Vibration Training; WBVT). Jest on wykonywany na specjalnych platformach wibrujących, przy pomocy których uzyskuje się drgania mechaniczne przenoszące się w głąb ciała. Urządzenia emitują oscylacje pionowe, które są równomiernie przenoszone na całe ciało. Oscylacje mogą być również uzyskiwane asynchronicznie przez różne części platformy i przenoszone na zmianę na prawą i lewą stronę ciała. W treningach aplikowane są zwykle wibracje o częstotliwości w zakresie od 15 do 40 Hz i amplitudzie wahającej się od 1.0 do 5.0 mm.¹²⁴⁻¹³²

Ćwiczenia na platformach wibracyjnych mogą być wykonywane w formie statycznej (wówczas pacjenci przyjmują postawę nieruchomą w pozycji wyprostnej lub w półprzysiadzie) lub dynamicznej (wówczas pacjenci podczas wibracji wykonują ćwiczenia, np. przysiady).¹³³ Treningi są zwykle prowadzone przez 2-3 dni w tygodniu (z przynajmniej jednodniowym odstępem między treningami).¹²⁸⁻¹³² Treningi składają się na ogół z kilku serii ćwiczeń, które powtarzane są od 3 do 9 razy. Jedna seria trwa zwykle od 30 do 70 sekund. Czas trwania przerwy między seriami jest na ogół równy czasowi trwania serii lub krótszy.¹²⁸⁻¹³²

W randomizowanych badaniach klinicznych przeprowadzonych w latach 2004-2021 WBVT stosowany był w leczeniu cukrzycy,¹³¹ przewlekłej obturacyjnej choroby płuc (POCHP)¹³² oraz choroby zwyrodnieniowej stawów kolanowych.¹²⁸⁻¹³⁰ W grupach eksperymentalnych WBVT stosowany był w połączeniu z ćwiczeniami równowagi ciała¹³¹ oraz siły i wytrzymałości mięśniowej.^{129,130,132} Efekty terapii w grupach eksperymentalnych porównywano do grup kontrolnych, w których wymienione ćwiczenia były jedyną formą treningów fizycznych.¹²⁸⁻¹³² Rzadziej w grupach eksperymentalnych WBVT był jedyną formą terapii, której efekty porównywano do grup kontrolnych, gdzie pacjenci nie podejmowali żadnych treningów.¹²⁸ Całkowity czas trwania WBVT był zróżnicowany. U pacjentów chorujących na cukrzycę trening prowadzono przez 6 tygodni.¹³¹ Pacjentów z POCHP leczono 3 tygodnie,¹³² natomiast u osób ze zwyrodnieniem stawu kolanowego WBVT stosowano przez 8^{128,129} i 12 tygodni.¹³⁰

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.¹³¹ 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.¹³² Włączenie WBVT do ćwiczeń wzmacniających kończyny dolne u osób chorujących na zwyrodnienie stawów kolanowych zwiększyło sprawność funkcjonalną pacjentów,¹²⁹ maksymalną siłę mięśniową,¹²⁹ moment obrotowy,¹³⁰ moc¹²⁹ i pracę całkowitą¹²⁹ 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.¹²⁸

Nie wszystkie jednak parametry odzwierciedlające sprawność funkcjonalną i stan zdrowia pacjentów poprawiają się pod wpływem WBVT. Trans i wsp.¹²⁸ i Bokaeian i wsp.¹²⁹ nie odnotowali zmniejszenia bólów stawowych po zastosowaniu WBVT u pacjentów chorujących na zwyrodnienie stawu kolanowego. W badaniu Bokaeian i wsp.¹²⁹ WBVT nie wpłynął na siłę mięśniową, pracę całkowitą i moc mięśniową zginaczy stawu kolanowego u osób z chorobą zwyrodnieniową kolan. Lai i wsp.¹³⁰ 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 badaniu¹³⁰ WBVT nie miał również wpływu na równowagę dynamiczną oraz na wydolność wysiłkową.¹³⁰

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 u ludzi.

1.7. 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 dysertacji dokonano przeglądu badań klinicznych, opublikowanych w języku angielskim, w których u seniorów zastosowano WBVT. Jako kryteria włączenia do przeglądu przyjęto randomizowane badania kliniczne przeprowadzone u osób w wieku 60+, w których przynajmniej w jednej grupie eksperymentalnej zastosowano serię zabiegów WBVT i wyniki porównano do grup, w których nie stosowano WBVT lub zastosowano inną interwencję fizjoterapeutyczną. Ostatecznie do przeglądu włączono 5 randomizowanych badań klinicznych, które spełniły kryteria włączenia.^{118,134-137} 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,¹³⁸ a w związku z czym tematyka tego badania była spójna z tematem niniejszej dysertacji. Artykuły włączone do przeglądu zostały opublikowane w latach 2004-2015.

W roku 2004 w randomizowanym badaniu klinicznym przeprowadzonym przez Verschueren i wsp.¹³⁶ zauważono pozytywny wpływ półrocznego WBVT na siłę mięśniową, gęstość kości i dynamiczną kontrolę postawy u kobiet będących po okresie menopauzy. Do badania włączono 70 kobiet, które podzielono losowo do grupy kontrolnej (n=23; średnia wieku badanych 64.2 ± 3.1 lat) oraz do dwóch grup eksperymentalnych, mianowicie do grupy WBVT (n=25; średnia wieku badanych 64.6 ± 3.3 lat) oraz do grupy, w której stosowano trening oporowy kończyn dolnych (n=22; średnia wieku badanych 63.9 ± 3.8 lat). Pacjentki w grupie kontrolnej nie podejmowały treningów fizycznych. Natomiast w grupach eksperymentalnych WBVT i ćwiczenia oporowe były prowadzone przez 3 dni w tygodniu, przez 24 tygodnie. W sumie w każdej z grup eksperymentalnych przeprowadzono 72 treningi. W grupie WBVT ćwiczenia były wykonywane na platformie wibracyjnej i stosowano: wysokie przysiady (kąąt zgięcia kolan 120° i 130°), głębokie przysiady (90°), przysiady w szerokim rozstawie nóg i wypadki. Intensywność WBVT systematycznie zwiększano w poszczególnych tygodniach,

wydłużając czas trwania serii wibracyjnej (30-60 sekund), zwiększając liczbę ćwiczeń w serii (2-9 ćwiczeń) oraz zwiększając liczbę serii (1-3 serie). Intensywność treningu była także zwiększana przez skracanie odpoczynku pomiędzy seriami wibracyjnymi (60-5 sekund) oraz przez zwiększanie amplitudy (2.5-5.0 mm) i częstotliwości wibracji (35-40 Hz). Dodatkowo ćwiczenia utrudniano, zmniejszając stopniowo liczbę ćwiczeń wykonywanych w postawie dwunożnej na rzecz ćwiczeń wykonywanych na jednej nodze. Całkowity czas trwania WBVT w pierwszym dniu ćwiczeń wynosił 3 minuty, a w ostatnim dniu 30 minut. W drugiej grupie eksperymentalnej stosowano dynamiczne ćwiczenia zginania i prostowania kończyn dolnych, ze stopniowo wzrastającym oporem w zakresie od 20 do 8 RM (RM-repetition maximum; maksymalny opór, który pacjent był w stanie pokonać w trakcie 20-8 powtórzeń). Maksymalny czas trwania ćwiczeń wynosił 60 minut. Autorzy oceniali siłę mięśniową prostowników kolana w warunkach izometrycznych oraz siłę dynamiczną prostowania i zginania stawu kolanowego w warunkach izokinetycznych przy prędkości kątowej 100°/sek. Oceniano także gęstość kości (na podstawie badania densytometrycznego biodra, kręgosłupa i całego ciała) oraz stężenie we krwi osteoklacyny jako markera mineralizacji kości i C-telopeptydu kolagenu typu I (ICTP) jako markera resorpcji kości. Badano także równowagę statyczną i dynamiczną na platformie stabilometrycznej, ale tylko w grupie WBVT i w grupie kontrolnej. Po 24 tygodniach siła mięśniowa w warunkach izometrycznych i izokinetycznych była znamienne statystycznie większa w obu grupach eksperymentalnych w porównaniu do grupy kontrolnej ($p < 0.001$), natomiast pomiędzy grupami eksperymentalnymi nie odnotowano różnic statystycznie istotnych ($p > 0.05$). Zwiększenie gęstości kości w obszarze biodra odnotowano tylko w grupie WBVT ($p = 0.03$) i wynik ten był znamienne statystycznie większy niż w drugiej grupie eksperymentalnej i w grupie kontrolnej ($p < 0.05$). W żadnej z grup nie stwierdzono zwiększenia gęstości kości w obszarze kręgosłupa lędźwiowego i całego ciała. W żadnej z grup nie odnotowano także

istotnych statystycznie zmian stężenia osteokalcyny i ICTP. Trening wibracyjny całego ciała nie wpłynął także na wielkość kołysania się ciała w warunkach statycznych. Natomiast w warunkach dynamicznych zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy grupą WBVT i grupą kontrolną. Przy odwodzeniu ramion przez pacjentki kołysanie w grupie WBVT w płaszczyźnie strzałkowej było mniejsze niż w grupie kontrolnej ($p=0.003$). Natomiast przy zginaniu i prostowaniu ramion kołysanie w płaszczyźnie czołowej było mniejsze w grupie WBVT niż w grupie kontrolnej ($p=0.03$). Zdaniem autorów, u kobiet w zaawansowanym wieku WBVT (podobnie jak ćwiczenia oporowe kończyn dolnych) może zmniejszać endogenne czynniki ryzyka upadku poprzez zwiększenie siły mięśniowej dolnej partii ciała i poprawę dynamicznej kontroli posturalnej. Nie ma natomiast wpływu na gęstość i przebudowę kości.

Roelants i wsp.¹¹⁸ (2004r.) przeprowadzili randomizowane badanie kliniczne u 89 kobiet. Kobiety losowo przydzielono do dwóch grup eksperymentalnych, w których zastosowano odpowiednio WBVT ($n=30$; średnia wieku badanych 64.6 ± 0.7 lat) i trening oporowy ($n=29$; średnia wieku badanych 63.9 ± 0.8 lat) oraz do grupy kontrolnej ($n=30$; średnia wieku badanych 64.2 ± 0.6 lat). Pacjentki w grupie kontrolnej nie podejmowały treningów fizycznych, natomiast w grupach eksperymentalnych WBVT i ćwiczenia oporowe były prowadzone przez 3 dni w tygodniu, przez 24 tygodnie. Metodyka ćwiczeń była taka sama, jak w opisanym wcześniej badaniu przeprowadzonym przez Verschueren i wsp.¹³⁶ Po 12 i 24 tygodniach terapii maksymalna siła prostowników kolana, oceniana zarówno izometrycznie, jak i izokinetycznie (przy prędkości kątowej $100^\circ/\text{sek}$) w obu grupach eksperymentalnych była znamienne statystycznie większa niż w grupie kontrolnej ($p<0.05$). Pomiędzy grupami eksperymentalnymi nie było różnic istotnych statystycznie ani po 12, ani po 24 tygodniach ćwiczeń ($p>0.05$). Po 24 tygodniach w grupie WBVT prędkość ruchu wyprostowania kolana przy oporze wynoszącym 1% maksymalnego skurczu izometrycznego była znamienne statystycznie większa niż w grupie kontrolnej ($p<0.05$). Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie pomiędzy grupą

eksperymentalną, w której stosowano ćwiczenia oporowe, a grupą kontrolną ($p>0.05$) przy żadnym z oporów (1, 20, 40 i 60% maksymalnego skurczu izometrycznego). Przy żadnym z oporów nie było także różnic istotnych statystycznie pomiędzy grupami eksperymentalnymi ($p>0.05$). Zarówno po 12, jak i po 24 tygodniach ćwiczeń wysokość wyskoku w obu grupach eksperymentalnych była znamienne statystycznie większa niż w grupie kontrolnej ($p<0.05$). Wysokość wyskoku nie różniła się istotnie statystycznie w grupach eksperymentalnych ($p=0.382$). Autorzy wyciągnęli wnioski, że WBVT w podobnym stopniu jak ćwiczenia oporowe przyczynia się do zwiększenia siły mięśniowej oraz szybkości ruchu prostowników kolan u kobiet w starszym wieku.

W kolejnym randomizowanym badaniu klinicznym, przeprowadzonym w 2012r. przez Pollock i wsp.¹³⁴ oceniono wpływ WBVT na równowagę ciała, lęk przed upadkiem i sprawność fizyczną u osób w zaawansowanym wieku. Do badania włączono 77 seniorów, których przydzielono losowo do grupy eksperymentalnej ($n=38$; średnia wieku 80 ± 1.4 lat) oraz do grupy kontrolnej ($n=39$; średnia wieku 82.2 ± 1.3 lat). W obu grupach przez 3 dni w tygodniu prowadzono 60 minutowe treningi obejmujące ćwiczenia ukierunkowane na poprawę siły mięśniowej, równowagi ciała i funkcji ruchowych. W grupie eksperymentalnej dodatkowo stosowano WBVT. Trening wibracyjny składał się z pięciu, 1-minutowych wibracji całego ciała oddzielonych 30 sekundowym odpoczynkiem. Częstotliwość i amplitudę wibracji zwiększano stopniowo w kolejnych tygodniach terapii w zakresie od 15 do 30 Hz i od 2 do 8 mm. W obu grupach ćwiczenia prowadzono przez 8 tygodni. U pacjentów oceniono funkcjonalną równowagę statyczną (Test Borg) i dynamiczną (TUG), lęk przed upadkiem (FES-I) oraz jakość życia (kwestionariusz SF-12, wersja 2). Postępy terapii były oceniane po 4 i 8 tygodniach ćwiczeń oraz po 6 miesiącach od zakończenia ćwiczeń. Po 4 tygodniach terapii w obu grupach odnotowano podobną poprawę funkcjonalnej równowagi dynamicznej, natomiast po 8 tygodniach poprawa równowagi dynamicznej była znamienne statystycznie

większa w grupie eksperymentalnej (12.9%) niż w grupie kontrolnej (8.3%); $p=0.029$. Po 6 miesiącach równowaga dynamiczna w obu grupach wróciła do stanu sprzed terapii i nie różniła się znamienne statystycznie pomiędzy grupami ($p>0.05$). W żadnym z okresów pomiarowych pomiędzy grupami nie odnotowano istotnych statystycznie różnic zmian równowagi statycznej, nasilenia lęku przed upadkiem i jakości życia ($p>0.05$). Autorzy wyciągnęli wnioski, że włączenie WBVT do treningu obejmującego ćwiczenia siłowe i równoważne poprawia równowagę dynamiczną u seniorów, ale nie ma wpływu na nasilenie lęku przed upadkiem, równowagę statyczną i jakość ich życia.

W 2015 roku Ochi i wsp.¹³⁷ przeprowadzili randomizowane badanie kliniczne u 20 kobiet w zaawansowanym wieku, które przydzielono do grupy eksperymentalnej i kontrolnej. Wszystkie pacjentki wykonywały ćwiczenia samodzielnie w domu. Celem ćwiczeń była poprawa równowagi ciała i jakości chodu. W obu grupach program ćwiczeń był taki sam. Ćwiczenia wykonywano przez 30 minut dziennie, 3 dni w tygodniu, przez 12 tygodni. Celem poprawy równowagi ciała pacjentki wykonywały ćwiczenia stania na jednej nodze, stania tandemowego, chodzenia bardzo małymi i bardzo dużymi krokami, a także podskakiwanie i lądowanie. Ćwiczenia chodu ukierunkowane były na wydłużenie kroku, wydłużenie fazy przenoszenia, skrócenie fazy podporu i symetrię chodu. W grupie kontrolnej (10 kobiet; średnia wieku 80.2 ± 3.3 lat) opisane ćwiczenia były jedyną formą terapii. Natomiast w grupie eksperymentalnej u 10 kobiet, których wiek wynosił średnio 80.9 ± 2.8 lat, dodatkowo stosowano ćwiczenia z obciążeniem na platformie wibracyjnej. W pierwszym tygodniu częstotliwość wibracji wynosiła 10 Hz i w każdym kolejnym tygodniu była zwiększana o 1 Hz, osiągając 21 Hz w 12 tygodniu. Amplituda wibracji również była zwiększana w zakresie od 3 do 12 mm. Po 12 tygodniach terapii w obu grupach znamienne statystycznie poprawiła się funkcjonalna równowaga dynamiczna (TUG), zwiększyła się prędkość chodu na dystansie 10 m oraz maksymalna siła wyprostu kolana w warunkach izometrycznych, ale pomiędzy

grupami nie zaobserwowano różnic istotnych statystycznie ($p>0.05$). W badaniu przeprowadzonym na bieżni ruchomej po terapii w obu grupach odnotowano istotne statystycznie wydłużenie kroku, ale tylko w grupie WBVT znamienne statystycznie zwiększyła się prędkość chodu. Wynik ten był znamienne statystycznie większy niż w grupie kontrolnej ($p<0.05$). W obu grupach znamienne statystycznie zwiększyła się maksymalna aktywność bioelektryczna zginaczy i prostowników stawu kolanowego. Nie stwierdzono też różnic istotnych statystycznie pomiędzy grupami ($p>0.05$). Natomiast aktywność bioelektryczna mięśnia trójgłowego łydki (odgrywającego istotną rolę w fazie odrywania stopy od podłoża w trakcie chodu) była znamienne statystycznie większa ($p<0.05$) w grupie WBVT niż w grupie kontrolnej. Autorzy wyciągnęli wnioski, że włączenie WBVT do ćwiczeń poprawiających równowagę ciała i jakość chodu u starszych kobiet zwiększa prędkość chodu i aktywność zginaczy stopy, co może przyczynić się do poprawy fazy przenoszenia podczas chodu.

W randomizowanym badaniu klinicznym przeprowadzonym przez Parsons i wsp.¹³⁵ (2015r.) oceniono wpływ WBVT na zdolność utrzymania równowagi ciała i ryzyko upadku u hospitalizowanych osób starszych. Uczestnicy losowo zostali podzieleni na dwie grupy: kontrolną ($n=28$; średnia wieku 81.76 ± 8.0 lat) i eksperymentalną ($n=28$; 82.07 ± 6.4 lat). Pacjenci w obu grupach uczestniczyli w indywidualnie zaprogramowanych ćwiczeniach, których celem była poprawa funkcji ruchowych i bezpieczeństwa chodu. Ćwiczenia były wykonywane pod opieką fizjoterapeutów przez 5 dni w tygodniu i trwały od 30 do 45 minut (w zależności od możliwości pacjenta). Średnio u pacjentów w grupie WBVT ćwiczenia trwały 307.5 min, a w grupie kontrolnej 310.0 min ($p=0.97$). W grupie kontrolnej ćwiczenia te były jedyną formą treningu fizycznego. Natomiast w grupie eksperymentalnej dodatkowo przez 3 dni w tygodniu stosowano WBVT. Częstotliwość i amplituda wibracji były stopniowo zwiększane, odpowiednio w zakresie od 30 do 50 Hz i od 2 do 5 mm. Na platformie

wibracyjnej wykonywano ćwiczenia statyczne. Pacjenci przyjmowali pozycję nieruchomą w półprzysiadzie, trzymając się oburącz poręczy. Początkowo czas trwania jednego ćwiczenia wynosił 30 sekund i ćwiczenia powtarzano dwukrotnie z 1-minutową przerwą pomiędzy powtórzeniami. W kolejnych treningach czas trwania pojedynczych ćwiczeń oraz ich liczbę zwiększano w zależności od możliwości pacjenta. Średnio u pacjentów wykonano 3.25 ± 2 WBVT. Czas trwania ćwiczeń i WBVT były uwarunkowane czasem pobytu pacjenta w ośrodku rehabilitacyjnym, który średnio wynosił 8.79 dni. Ocenę niezależności podczas wykonywania zadań ruchowych i poznawczych przeprowadzono przy pomocy „Funkcjonalnego Pomiaru Niezależności” (ang. „Functional Independence Measure”), natomiast ryzyko upadków oceniono przy pomocy „Zmodyfikowanej Skali Skuteczności Upadków” (ang. „Modified Falls Efficacy Scale”). Po terapii w obu badaniach wystąpiła różnica istotna statystycznie pomiędzy grupami na korzyść grupy WBVT (odpowiednio $p=0.03$ i $p=0.007$). Na podstawie „Oceny Profilu Fizjologicznego” (ang. „Physiological Profile Assessment”) pomiędzy grupami nie wykazano istotnych statystycznie różnic ryzyka upadków ($p>0.05$). Ocena ta obejmowała funkcje wizualne (postrzeganie kontrastu), czucie głębokie, siłę mięśniową zginaczy i prostowników kolana oraz zginaczy podszwowych stopy, czas trwania reakcji równoważnych oraz równowagę ciała na podstawie wielkości kołysania się [mm] z oczami otwartymi. Autorzy wyciągnęli wnioski, że włączenie WBVT do ćwiczeń poprawiających funkcje ruchowe i bezpieczeństwo chodu może zwiększyć niezależność seniorów podczas wykonywania czynności ruchowych oraz zmniejszyć skuteczność upadków.

W badaniu przeprowadzonym w 2004 r. w warunkach klinicznych przez Cristi i wsp.¹³⁸ oceniono wpływ WBVT na stężenie IL-6 we krwi u 36 kobiet w zaawansowanym wieku (81.1 ± 1.2 lat), zagrożonych upadkami. W badaniu tym nie utworzono grupy kontrolnej. U wszystkich kobiet przeprowadzono 27 sesji WBVT (30-45 Hz, 2 mm) w ciągu 9 tygodni. Terapia była stosowana przez 3 dni w tygodniu. Czas trwania wibracji stopniowo wydłużano

od 30 do 60 sekund z 3 minutowymi przerwami pomiędzy wibracjami. Po terapii autorzy nie odnotowali istotnych statystycznie zmian stężenia IL-6 we krwi badanych kobiet w stosunku do stanu początkowego ($p > 0.05$).

Opisane randomizowane badania kliniczne^{118,134-137} wykazują, że u osób w wieku 60+ ćwiczenia fizyczne prowadzone z równoczesną wibracją całego ciała przyczyniają się do zwiększenia siły mięśniowej zginaczy¹³⁶ i prostowników^{118,136} stawu kolanowego. Mogą również zwiększyć siłę eksplozywną kończyn dolnych¹¹⁸ oraz prędkość ruchu wyprostowania kolana.¹¹⁸ Trening wibracyjny całego ciała może również poprawiać jakość chodu, zwiększając prędkość chodu¹³⁷ oraz aktywność bioelektryczną zginaczy podszwowych stopy odpowiedzialnych za fazę przetoczenia i oderwania stopy od podłoża w trakcie chodu.¹³⁷ Ćwiczenia prowadzone na platformie wibracyjnej mogą również poprawiać równowagę dynamiczną,^{134,136} zwiększać niezależność funkcjonalną¹³⁵ i zmniejszać skuteczność upadków.¹³⁵ Trening wibracyjny może również poprawiać gęstość kości.¹³⁶ 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 trening wibracyjny całego ciała wpływa na wybrane, endogenne czynniki ryzyka upadków u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.

Szczegółowymi celami badań były odpowiedzi na następujące pytania:

- 1) Czy trening wibracyjny całego ciała poprawia funkcjonalną sprawność chodu i dynamiczną równowagę ciała u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami?
- 2) Czy trening wibracyjny całego ciała zwiększa tolerancję wysiłkową u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami?
- 3) Czy trening wibracyjny całego ciała zwiększa funkcjonalną siłę mięśniową dolnej partii ciała u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami?
- 4) Czy trening wibracyjny całego ciała zmniejsza nasilenie lęku przed upadkiem u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami?
- 5) Czy trening wibracyjny całego ciała 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+ stężenie IL-6 we krwi koreluje z funkcjonalną sprawnością chodu i równowagą dynamiczną.
- 7) U kobiet w wieku 60+ stężenie IL-6 we krwi koreluje z tolerancją wysiłkową.
- 8) U kobiet w wieku 60+ 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).¹³⁹

3.1. 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.

3.2. 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 niespowodowane 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.).

3.3. 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.

3.4. Zaślepienie

Zaślepieniem objęto osobę, która dokonywała oceny klinicznych postępów terapii, osoby przeprowadzające badanie laboratoryjne stężenia IL-6 we krwi oraz osobę przeprowadzającą analizę statystyczną wyników terapii.

3.5. 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 nie wprowadzano żadnych dodatkowych aktywności fizycznych, natomiast w grupie eksperymentalnej u kobiet dodatkowo stosowano WBVT.

Diagnostyka pacjentek w obu grupach oraz WBVT w grupie eksperymentalnej przeprowadzona była w Domu Pomocy Społecznej Świętej Elżbiety w Rudzie Śląskiej.

3.5.1. Metoda terapii na platformie wibracyjnej

Metodyka terapii na platformie wibracyjnej została opracowana w oparciu o badania kliniczne, w których WBVT stosowano w leczeniu osób w wieku 60+.^{118,134-138} 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 rękoma trzymała się poręczy, które znajdowały się przed nią. Przykładowe ćwiczenie na platformie wibracyjnej zostało przedstawione na fotografii 1 i fotografii 2.



Fotografia 1. Wykonywanie treningu wibracyjnego przez pacjentkę - widok z tyłu



Fotografia 2. Wykonywanie treningu wibracyjnego przez pacjentkę - widok z boku

3.6. Metody oceny stanu zdrowia uczestniczek badania

Przed rozpoczęciem badania w obu grupach oceniono sprawność ruchową pacjentek przy pomocy Skali Barthel oraz ich stan poznawczy przy pomocy Mini Mental Test.

3.7. 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.

3.7.1. 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 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.

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.

W trakcie 30SCST zadaniem pacjentki było jak najszybsze wstawanie (do wyprostowania kolan) z krzesła i z powrotem siadanie na krzesło. 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 krzesło, 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 krzesło. Jako wynik końcowy przyjmowano liczbę pełnych cykli wstania i siadania.

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 10, z czego 1 oznaczało brak obaw przed upadkiem a 10 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 poszczególnych pytaniach (minimalna liczba zsumowanych punktów w całym kwestionariuszu wynosiła 10 a maksymalna 100).

3.7.2. Metoda oceny stężenia interleukiny-6 w surowicy krwi

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

3.8. 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.

3.9. 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.

3.10. 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].

3.11. 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.

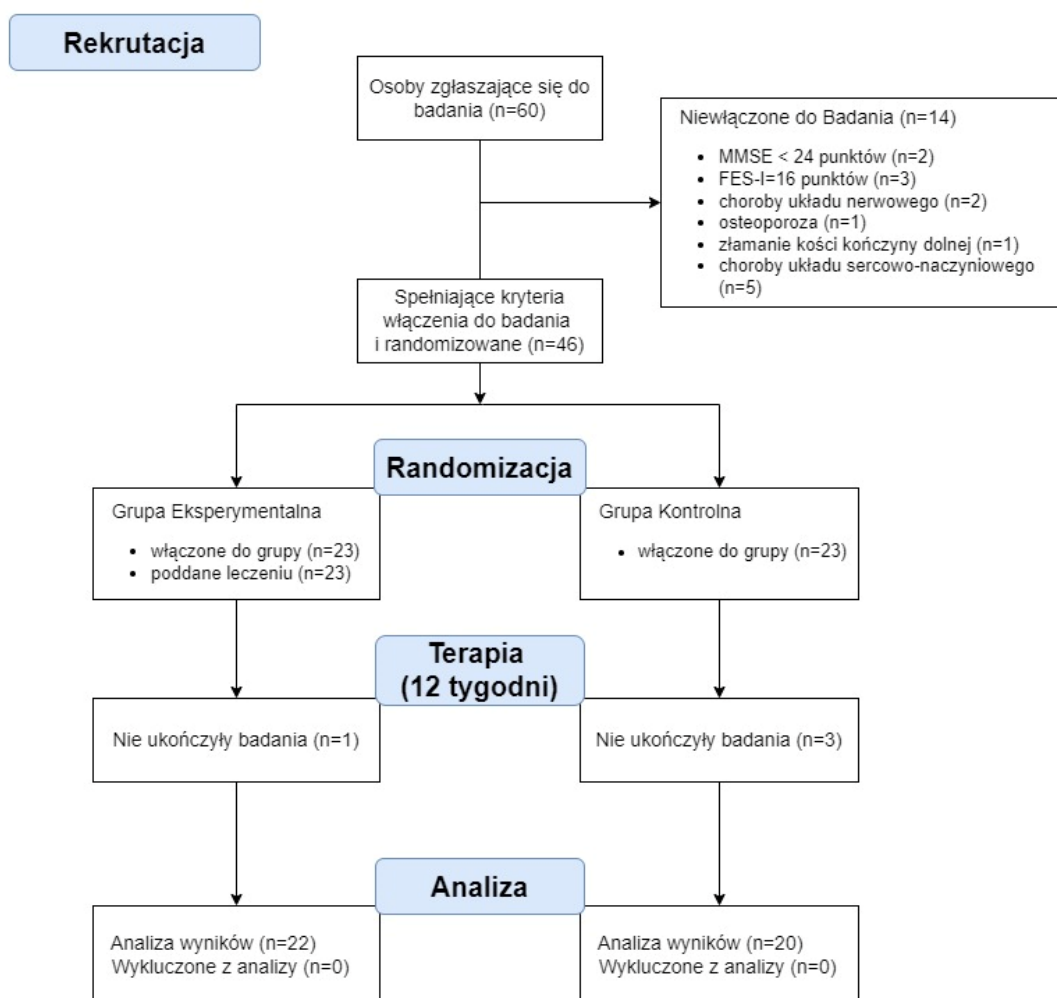
Do porównania wyników przed i po terapii uzyskanych w poszczególnych grupach w testach funkcjonalnych (TUG, 6MWT, 30SCST) oraz w kwestionariuszu FES-I zastosowano test kolejności par Wilcoxon. Stężenia IL-6 we krwi przed i po terapii w obu grupach również porównano przy pomocy testu kolejności par Wilcoxon.

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 1.



Rycina 1. 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/m². 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.

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.

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).

Czas wykonania TUG wynosił od 5.37 do 14.3 s, przy czym 21 (50%) pacjentek wykonywało test w czasie 10 – 14 s co wskazywało na niewielkie zaburzenia funkcjonalne poruszania się

i równowagi dynamicznej, natomiast u 2 (4.76%) kobiet czas wykonania testu nieznacznie przekraczał 14 sekund wskazując znaczne, funkcjonalne zaburzenia poruszania się i równowagi dynamicznej i duże ryzyko upadku.

W teście 30SCT u 10 (23.81%) pacjentek wynik testu był mniejszy w stosunku do normy wiekowej, co wskazywało na zmniejszoną, funkcjonalną siłę mięśniową dolnych partii ciała.

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.

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 terapią (liczba kobiet=42)

| Zmienna | Grupa eksperymentalna (n=22) | Grupa kontrolna (n =20) |
|---|--|---|
| *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) |
| *BMI [kg/m ²] 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) |
| **Miejsce zamieszkania kobiet [liczba kobiet (%)] Dom pomocy społecznej Gospodarstwo domowe | 9 (40.91%) 13 (59.09%) | 7 (35%) 13 (65%) |
| *Ocena funkcji dnia codziennego [punkty] ¹ Średnia ± SD Mediana (kwartył dolny – kwartył górny) | 98.86 ± 3.43 100.00 (100.00 – 100.00) | 97.81 ± 4.07 100 (95 - 100) |
| *Ocena funkcji poznawczych [punkty] ² 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) |
| *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) |
| *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) |
| *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) |
| *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) |
| *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) |

SD-odchylenie standardowe; BMI-body mass index; ¹Skala Barhel; ²Mini Mental Test; ¹FES-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 terapii (liczba badanych=22)

| Zmienna | Przed terapią | Po terapii | *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 terapii (liczba badanych=20)

| Zmienna | Przed terapią | Po terapii | *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 Wilcozona.

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 wstawiania i siadania na krzesło w „30 Sekundowym Teście Wstawiania 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 (kwartył dolny – kwartył górny) | | |
| %TUG [%] | -17 ± 29 -11 (-3 - 28) | 7 ± 12 7 (11 - -3) | 0.009 |
| %6MWT [%] ² | 50 ± 44 48 (10 - 75) | 9 ± 28 4 (-6 - 11) | 0.001 |
| %30SCST [%] ³ | 19 ± 33 13 (-9 - 36) | -5 ± 15 0 (-17 - 9) | 0.027 |
| %FES-I [%] ⁴ | 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 Wstawiania 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 terapią | Po terapii | *Poziom istotności |
|-------------------------------|---|---------------------------------------|-----------------------|
| | Średnia \pm SD Mediana – (kwartył dolny – kwartył górny) | | |
| Grupa eksperymentalna | | | |
| 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 |
| Grupa kontrolna | | | |
| 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) | | |
| %IL-6 [%] ¹ | -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 |
|--|------------------|------------------------|--------------------|
| Przed terapią | | | |
| Grupa eksperymentalna | | | |
| 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 |
| Grupa kontrolna | | | |
| 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 |
|--|------------------|------------------------|--------------------|
| Po terapii | | | |
| Grupa eksperymentalna | | | |
| 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 |
| Grupa kontrolna | | | |
| 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

5.1. Omówienie wyników

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).

5.2. Odniesienie wyników własnych do badań innych autorów

5.2.1. Kliniczne efekty terapii

Głównym końcowym efektem badania było nasilenie lęku przed upadkiem u badanych kobiet oraz poziomy wybranych zdolności funkcjonalnych wpływających na ryzyko upadków, w tym na poziom funkcjonalnej sprawności chodu i równowagi dynamicznej, poziom funkcjonalnej siły mięśniową dolnej partii ciała oraz na poziom tolerancji wysiłkowej.

W badaniu własnym nie odnotowano znamiennego statystycznie wpływu WBVT na nasilenie lęku przed upadkiem u kobiet w wieku 60+. Pollock i wsp.¹³⁴ 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.¹³⁴ 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.^{118,134,136,137} W 3 spośród tych badań^{118,134,136,137} uczestniczyły wyłącznie kobiety, podobnie jak w badaniu własnym. Natomiast autorzy czwartego badania¹³⁴ objęli terapią zarówno kobiety, jak i mężczyzn. Badania przeprowadzono u kobiet, których średnia wieku wynosiła 64.6 ± 0.7 lat,¹¹⁸ 64.6 ± 3.3 lat,¹³⁶ 80.9 ± 2.8 lat.¹³⁷ oraz u kobiet i mężczyzn, których średnia wieku wynosiła 82.2 ± 3.0 lata.¹³⁴ Średnia wieku kobiet poddanych WBVT w badaniu własnym wynosiła 69.00 ± 6.74 lat. Zarówno w badaniu własnym, jak i w cytowanych badaniach^{118,134,136,137} 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.¹³⁴ którzy u kobiet i mężczyzn¹³⁴ 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).¹³⁴ Zarówno w badaniu Pollock i wsp.,¹³⁴ jak i w badaniu własnym wykonano w sumie 24 WBVT.

Również wyniki dwóch innych badań^{118,136} 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.^{118,136}

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^{118,136,137} 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^{118,136,137} oraz w warunkach izokinetycznych przy prędkości kątowej wynoszącej 100°/sek.^{118,136}

U kobiet w wieku 60+, poddanych WBVT, badacze^{118,137} zaobserwowali także znamienne statystycznie zwiększenie szybkości ruchu wyprostu kolana,¹¹⁸ zwiększenie długości kroku badanego na bieżni ruchomej¹³⁷ oraz zwiększenie aktywności bioelektrycznej mięśnia

trójgłowego łydki, którego aktywność jest szczególnie istotna w fazie przetaczania i odrywania stopy od podłoża w trakcie chodu.¹³⁷ Dodatkowo autorzy badań^{118,136} stwierdzili, że u kobiet w wieku 60+ WBVT poprawia równowagę dynamiczną i siłę mięśniową kończyn dolnych w podobnym stopniu jak ćwiczenia oporowe.

W badaniu własnym, w grupie eksperymentalnej doszło do znamiennego 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 przeciwieństwie do badań własnych oraz do cytowanych powyżej trzech innych badań,^{118,134,136} Ochi i wsp.¹³⁷ po zastosowaniu WBVT nie odnotowali poprawy funkcjonalnej równowagi dynamicznej (TUG) i maksymalnej siły mięśniowej prostowników stawu kolanowego (ocenianej w warunkach izometrycznych) u kobiet w wieku 60+. W badaniu tym nie stwierdzono także istotnego statystycznie wpływu WBVT na szybkość chodu ocenianą w funkcjonalnym teście marszu na dystansie 10 metrów oraz w teście wykonanym na bieżni ruchomej.¹³⁷ Trudno jest wyjaśnić przyczyny odmiennych wyników uzyskanych przez Ochi i wsp.¹³⁷ Zarówno w badaniu Ochi i wsp.,¹³⁷ jak i w pozostałych badaniach uczestniczyli zdrowi seniorzy, u których występowanie czynników ryzyka upadków było związane z wiekiem. Ochi i wsp.¹³⁷ stosowali WBVT u kobiet, których średnia wieku wynosiła 80.9 ± 2.8 lat, czyli była wyższa niż w badaniu własnym (69.0 ± 6.74 lat) oraz w badaniach

Roelants i wsp.¹¹⁸ (64.6 ± 0.7 lat) i Verschueren i wsp.¹³⁶ (64.6 ± 3.3 lat), ale nie różniła się zasadniczo od średniej wieku pacjentów (kobiet i mężczyzn) w badaniu Pollock i wsp.¹³⁴ (82.2 ± 3 lata). Ze względu na duże rozbieżności w metodyce treningów wibracyjnych stosowanych w poszczególnych badaniach nie można stwierdzić aby różnice efektów terapii wynikały z odmiennej metodyki WBVT zastosowanej przez Ochi i wsp.¹³⁷ w stosunku do metody WBVT stosowanej w badaniu własnym i w badaniach trzech innych autorów.^{118,134,136}

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.^{118,134,136}

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 8¹³⁴ i 24 tygodni^{118,136} (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.^{118,134,136} W sumie w badaniu własnym u pacjentek wykonano 24 WBVT, podobnie jak w badaniu Pollock i wsp.¹³⁴ Natomiast w pozostałych dwóch badaniach zastosowano aż 72 treningi.^{118,136} 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,¹³⁶ od 2.5 do 5 mm¹¹⁸, a nawet od 2 do 8 mm.¹³⁴ 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 Hz¹³⁴ i w zakresie od 35 do 40 Hz.^{118,136} Cykl treningowy składał się z kilku serii wibracji, po których następowały przerwy. W badaniu własnym, podobnie jak w badaniu Pollock i wsp.¹³⁴ 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.¹¹⁸ oraz Verschueren i wsp.¹³⁶ 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.

5.2.2. 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.^{61,62,64,66} Puzianowska-Kuźnicka i wsp.⁶⁴ 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^{61,62,64,65} 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.⁶⁹ 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.¹⁴⁰ 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 ± 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. Pomędzy 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 badania¹⁴⁰ 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.^{138,141} W jednym z tych badań, które było randomizowanym badaniem klinicznym, Simão i wsp.¹⁴¹ 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.¹³⁸ 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.¹³⁸ ocenili zmiany stężenia IL-6 we krwi kobiet.

W pierwszym ze wspomnianych badań, przeprowadzonym przez Simão i wsp.¹⁴¹ 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 ± 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 ± 3.7 lat, 3 razy w tygodniu stosowano treningi obejmujące przysiady. U seniorów w grupie kontrolnej (średnia wieku 71 ± 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.¹³⁸ zastosowali WBVT u 36 kobiet w wieku średnio 81.1 ± 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 ± 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.¹³⁸ 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.¹³⁸ 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.^{118,119,136} Równocześnie wiele badań potwierdzało, że regularnie podejmowane ćwiczenia fizyczne zmniejszają stężenie IL-6 we krwi u ludzi w różnym wieku.^{68,109-112} 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.¹³⁸ 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.

5.3. 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.^{118,134,136,137}

5.4. 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).

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.

7. BIBLIOGRAFIA

- 1 Kulik TB, Janiszewska M, Piróg E i wsp. Sytuacja zdrowotna osób starszych w Polsce i innych krajach europejskich. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu* 2011; 17(2): 90-95.
- 2 Mianowany ME, Maniecka-Bryła I, Drygas WK. Starzenie się populacji jako ważny problem zdrowotny i społeczno-ekonomiczny. *Gerontologia Polska* 2004; 12(4): 172-175.
- 3 United Nations Department of Economic and Social Affairs. *World Population Prospects 2022. Summary of Results*. United Nations New York 2022.
- 4 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.
- 5 Statystyczny GU. *Sytuacja demograficzna osób starszych i konsekwencje starzenia się ludności Polski w świetle prognozy na lata 2014-2050*. GUS Warszawa 2014: 2-39.
- 6 Nargund G. Declining birth rate in Developed Countries: A radical policy re-think is required. *Facts, views & vision in ObGyn* 2009; 1: 191–193.
- 7 Kijak R, Szarota Z. *Starość. Między diagnozą a działaniem*. Centrum Rozwoju Zasobów Ludzkich Warszawa 2013: 12-16.
- 8 Murray CJ, Lopez AD. Evidence-based health policy - lessons from the Global Burden of Disease Study. *Science* 1996; 274(5288): 740-743.
- 9 Antosik-Wójcińska A, Bodzak-Opolska G. Leki przeciwbólowe w populacji ludzi po 65. roku życia. *Psychiatria* 2013; 10(3-4): 139-143.
- 10 Morris BJ, Willcox BJ, Donlon TA. Genetic and epigenetic regulation of human aging and longevity. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease* 2019; 1865(7): 1718-1744.
- 11 Laskowska-Szcześniak M, Kozak-Szkopek E. Uwarunkowania pomyślnego starzenia. *Forum Medycyny Rodzinnej* 2013; 7(6): 287-294.
- 12 Cheitlin MD. Cardiovascular physiology—changes with aging. *The American journal of geriatric cardiology* 2003; 12(1): 9-13.
- 13 Fortuna M, Kaczorowska A, Szczurowski J i wsp. Wpływ rehabilitacji w ocenie tolerancji wysiłkowej u pensjonariuszek DPS w różnych przedziałach wiekowych. *Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wieku* 2021; 1: 25-32.
- 14 Minassian VA, Stewart WF, Wood GC. Urinary incontinence in women: variation in prevalence estimates and risk factors. *Obstetrics & Gynecology* 2008; 111(2): 324-331.
- 15 Tariq SH, Morley JE, Prather CM. Fecal incontinence in the elderly patient. *The American journal of medicine* 2003; 115: 217-227.

- 16 Stewart W, Van Rooyen J, Cundiff G. Prevalence and burden of overactive bladder in the United States. *World journal of urology* 2003; 20(6): 327-336.
- 17 Strzelecki A, Ciechanowicz R, Zdrojewski Z. Sarkopenia wieku podeszłego. *Gerontologia Polska* 2011; 19: 3-4.
- 18 Wells T, Davidson C, Mörgelin M et al. Age-related changes in the composition, the molecular stoichiometry and the stability of proteoglycan aggregates extracted from human articular cartilage. *Biochemical Journal* 2003; 370(1): 69-79.
- 19 Demontiero O, Vidal C, Duque G. Aging and bone loss: new insights for the clinician. *Therapeutic Advances In Musculoskeletal Disease* 2012; 4(2): 61-76.
- 20 Tomaszewski K, Matusik P, Chmielowska K i wsp. Ołępienie a sprawność fizyczna pacjentów w podeszłym wieku mieszkających w wybranych domach opieki. *Gerontologia Polska* 2010; 18: 71-75.
- 21 Alghwiri A, Susan L, Whitney. Balance and Falls. In: Guccione AA, Avers D, Wong R. *Geriatric Physical Therapy*.(eds). Elsevier Health Sciences 2011: 331-354.
- 22 Marzetti E, Hwang JC, Lees HA et al. Mitochondrial death effectors: relevance to sarcopenia and disuse muscle atrophy. *Biochimica et Biophysica Acta* 2010; 1800: 235-244.
- 23 Marzetti E, Lees HA, Wohlgemuth SE et al. Sarcopenia of aging: underlying cellular mechanisms and protection by calorie restriction. *Biofactors* 2009; 35(1): 28-35.
- 24 WHO Global Report on Falls Prevention In Older Age, 2017.
- 25 Sattin RW. Falls among older persons: a public health perspective. *Annual Review of Public Health* 1992; 13: 489-508.
- 26 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.
- 27 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.
- 28 Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Injury Prevention and Control. Web-based Injury Statistics Query and Reporting System.
- 29 Skalska A, Wizner B, Piotrowicz K i wsp. The prevalence of falls and their relation to visual and hearing impairments among a nation-wide cohort of older Poles. *Experimental gerontology* 2013; 48(2): 140-146.
- 30 Sattin RW, Lambert Huber DA, Devito CA et al. The incidence of fall injury events among the elderly in a defined population. *American Journal of Epidemiology* 1990; 131: 1028-1037.
- 31 Błaszczuk JW, Czerwosch L. Postural stability in the process of aging. *Gerontologia Polska* 2005; 13(1): 25-36.
- 32 Kanis JA, McCloskey EV, Johansson H et al. European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporosis International* 2013; 24(1): 23-57.

- 33 Edbom-Kolarz A, Marcinkowski JT. Upadki osób starszych-przyczyny, następstwa, profilaktyka. *Hygeia Public Health* 2011; 46(3): 313-318.
- 34 Szczudlik A, Rudzińska M. Zaburzenia chodu i upadki-diagnostyka różnicowa i postępowanie. *Polski Przegląd Neurologiczny* 2008; 4(A): 13-14.
- 35 Li W, Keegan TH, Sternfeld B et al. Outdoor falls among middle-aged and older adults: a neglected public health problem. *American Journal of Public Health* 2006; 96: 1192-1200.
- 36 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.
- 37 Szpringer M, Wybraniec-Lewicka B, Czerwiak B i wsp. Upadki i urazy wieku geriatrycznego. *Studia Medyczne* 2008; 9: 77-81.
- 38 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.
- 39 Nagy E, Feher-Kiss A, Barnai M et al. Postural control in elderly subjects participating in balance training. *European Journal of Applied Physiology* 2007; 100(1): 97-104.
- 40 Haines D, Mihailoff G. *Fundamental Neuroscience for Basic and Clinical Applications*. (3rd ed). Philadelphia PA: Churchill Livingstone Elsevier 2006: 346-377.
- 41 Jaśkowski P. *Neuronauka poznawcza. Jak mózg tworzy umysł*. Vizja Press & IT Warszawa 2009: 140-160.
- 42 Purves D, Augustine G, Fitzpatrick D et al. *Neuroscience*. 3rd ed. Sunderland MA: Sinauer Associates 2001: 317-371.
- 43 Brocklehurst JC, Robertson D, James-Groom P. Clinical correlates of sway in old age-sensory modalities. *Age and Ageing* 1982; 11(1): 1-10.
- 44 Czerwińska K, Kucharczyk I. Niepełnosprawność wzroku nabyta w późnej dorosłości a aktywność fizyczna seniorów. *Niepełnosprawność-Dyskursy Pedagogiki Specjalnej* 2019; 34: 99-113.
- 45 Lord SR, Clark RD, Webster IW. Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons. *Journal of Gerontology* 1991; 46: 69-76.
- 46 Judge JO, King MB, Whipple R et al. Dynamic balance in older persons: effects of reduced visual and proprioceptive input. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 1995; 50: 263-270.
- 47 Norre ME, Forrez G, Beckers A. Vestibular dysfunction causing instability in aged patients. *Acta Oto-Laryngologica* 1987; 104(1-2): 50-55.
- 48 Baloh RW, Spain S, Socotch TM et al. Posturography and balance problems in older people. *Journal of the American Geriatrics Society* 1995; 43(6): 638-644.
- 49 Peterka RJ, Black FO. Age-related changes in human posture control: sensory organization tests. *Journal of Vestibular Research* 1990; 1(1): 73-85.

- 50 Whipple R, Wolfson, Derby C et al. Altered sensory function and balance in older adults. *Journal of Gerontology* 1993; 48: 71-76.
- 51 Niewiadomska G. Starzejący się mózg - zmiany strukturalne i czynnościowe. *Problemy Nauk Biologicznych* 1999; 48(2): 201-213.
- 52 Desbordes P, Cohadon F. Brain water and aging. *Journal of Gerontology* 1987; 42(6): 655-659.
- 53 Haug H, Eggers R. Morphometry of the human cortex cerebri and corpus striatum during aging. *Neurobiology of Aging* 1991; 12(4): 336-338.
- 54 Norris AH, Shock NW, Wagman IH. Age changes in the maximum conduction velocity of motor fibers of human ulnar nerves. *Journal of Applied Physiology* 1953; 5(10): 589-593.
- 55 Hartholt KA, van der Velde N, Looman CW et al. Trends in fall-related hospital admissions in older persons in the Netherlands. *Archives of Internal Medicine* 2010; 170(10): 905-911.
- 56 Campbell MJ, McComas AJ, Petitto F. Physiological changes in ageing muscles. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 1973; 36(2): 174-182.
- 57 Cohn SH, Vartsky D, Yasumura S et al. Compartmental body composition based on total-body nitrogen, potassium, and calcium. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism* 1980; 239(6): 524-530.
- 58 Rosengren KS, McAuley E, Mihalko SL. Gait adjustments in older adults: activity and efficacy influences. *Psychology and Aging* 1998; 13(3): 375-386.
- 59 Roubenoff R. Sarcopenia and its implications for the elderly. *European Journal of Clinical Nutrition* 200; 54(3): 40-47.
- 60 Rosenberg IH. Sarcopenia: Origins and Clinical Relevance. *The Journal of Nutrition* 1997; 127: 990-991.
- 61 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.
- 62 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.
- 63 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.
- 64 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.
- 65 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.
- 66 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.

- 67 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.
- 68 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.
- 69 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.
- 70 DiStefano LJ, Clark MA, Padua DA Evidence supporting balance training in healthy individuals: a systemic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2009; 23(9): 2718-2731.
- 71 Olczak A. Równowaga ciała człowieka. Ćwiczenia. Wydawnictwo Lekarskie PZWL Warszawa 2016: 9-12.
- 72 Wiacek M, Hagner W, Hagner-Derengowska M. et al. Correlations between postural stability and strength of lower body extremities of women population living in long-term care facilities. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 2009; 48: 346–349.
- 73 Bean JF, Kiely DK, Herman S. et al The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *Journal of the American Geriatrics Society* 2002; 50: 461–467.
- 74 Jones CJ, Rikli RE. Measuring functional fitness of older adults. *The Journal of Active Ageing* 2002; 1(1): 25–30.
- 75 Tinetti ME, Richman D, Powell L. Falls efficacy as a measure of fear of falling. *Journal of Gerontology* 1990; 45(6): 239-43.
- 76 Kostiukow A, Rostkowska E, Samborski W. Assessment of postural balance function. *Annales Academiae Medicae Stetinensis* 2009; 55: 102-109.
- 77 Podsiadlo D, Richardson S. The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society* 1991; 39: 142-148.
- 78 Żak M, Grodziski T. Ocena ryzyka upadków osób starszych - analiza zagrożeń na podstawie obserwacji własnych. *Fizjoterapia Polska* 2004; 4(4): 391-395.
- 79 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.
- 80 Jones CJ, Rikli RE. Measuring functional. *The Journal on Active Aging* 2002; 1: 24-30.
- 81 Wrisley DM, Marchetti GF, Kuharsky DK et al. Reliability, internal consistency, and validity of data obtained with the Functional Gait Assessment. *Physical Therapy* 2004; 84: 906-918.
- 82 Berg K, Wood-Dauphine S, Williams JI et al. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada* 1989; 41(6): 304-311.

- 83 Borowicz AM, Wieczorowska-Tobis K. Ocena ryzyka upadku u osób starszych przebywających na oddziale rehabilitacyjnym. *Geriatrics* 2011; 5: 13-18.
- 84 Tinetti ME, Williams TF, Mayewski R. Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities. *The American Journal of Medicine* 1986; 80(3): 429-434.
- 85 Shumway-Cook A, Gruber W, Baldwin M et al. The effect of multidimensional exercises on balance, mobility and fall-risk in community-dwelling older adults. *Physical Therapy* 1997; 77: 46-57.
- 86 Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor Control: Theory and practical applications*. Williams and Wilkins Baltimore 1995: 407-461.
- 87 Thomas JI, Lane JV. A pilot study to explore the predictive validity of 4 measures of falls risk in frail elderly patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2005; 86: 1636-1640.
- 88 Szot P, Golec J, Szczygieł E. Przegląd wybranych testów funkcjonalnych, stosowanych w ocenie ryzyka upadków osób starszych. *Gerontologia Polska* 2008; 16: 12-17.
- 89 Duncan PW, Weiner DK, Chandler J et al. Functional reach: a new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology* 1990; 45: 192-197.
- 90 Ronikier A. *Diagnostyka funkcjonalna w fizjoterapii*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL Warszawa 2015: 153-154.
- 91 Cesari M, Kritchevsky SB, Newman AB et al. Added value of physical performance measures in predicting adverse health-related events: results from the Health, Aging And Body Composition Study. *Journal of the American Geriatrics Society* 2009; 57(2): 251-259.
- 92 Held-Ziółkowska M. Równowaga statyczna i dynamiczna ciała. Część 2. Metody oceny równowagi posturalnej - komputerowa posturografia dynamiczna. *Magazyn Otorinolaryngologiczny* 2006; 5(2): 47-52.
- 93 Zatsiorsky VM, Duarte M. Rambling and trembling in quiet standing. *Motor Control* 2000; 4(2): 185-200.
- 94 Olejarz P, Olchowik G. Rola dynamicznej posturografii komputerowej w diagnostyce zaburzeń równowagi. *Otorinolaryngologia* 2011; 10(3): 103-110.
- 95 Vaughan CL, Davis BL, O'Connor JC. *Dynamics of Human Gait*. 2nd ed. Cape Town, South Africa: Kiboho Publisher 1999: 7-14.
- 96 Rzepka R, Grygorowicz M. Obiektywna ocena w warunkach Izokinetycznych w medycynie i sporcie - jej przydatność i zastosowanie. *Rehabilitacja w Praktyce* 2007; (4): 14-16.
- 97 Grygorowicz M, Głowacka A, Wiernicka M i wsp. Kompleksowa ocena fizjoterapeutyczna podstawą profilaktyki pierwotnej urazów sportowych. *Nowiny Lekarskie* 2010; 79(3): 240-244.
- 98 Wolaskiewicz J. Sześciominutowy test marszowy - zastosowanie w praktyce klinicznej. *Kardiologia Polska* 2010; 68: 237-240.
- 99 Enright PL. The six minute walk test. *Respiratory Care* 2003; 48: 783-785.

- 100 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.
- 101 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.
- 102 Bischoff HA, Stähelin HB, Dick W et al. Effects of vitamin D and calcium supplementation on falls: a randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research* 2013; 18(2): 343-351.
- 103 Kasperczyk T. Aktywność fizyczna seniorów warunkiem zdrowia i dobrej jakości życia. *Journal of Clinical Healthcare* 2014; 1: 8-15.
- 104 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.
- 105 Pośluszny M, Lapina S. Zapobieganie starzeniu przez rekreację. *Studia Periegetica* 2011; 6: 9-16.
- 106 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.
- 107 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.
- 108 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.
- 109 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.
- 110 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.
- 111 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.
- 112 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.
- 113 Li Z, Wang X-X, Liang Y-Y, et al. Effects of the visual-feedback-based force platform training with functional electric stimulation on the balance and prevention of falls in older adults: a randomized controlled trial. *PeerJ* 2018; 6(11): 1-13.

- 114 Freiburger E, Menz HB, Abu-Omar K et al. Preventing falls in physically active community-dwelling older people: a comparison of two intervention techniques. *Gerontology* 2007; 53(5): 298-305.
- 115 Zion AS, De Meersman R, Diamond BE et al. A home-based resistance training program using elastic bands for elderly patients with orthostatic hypotension. *Clinical Autonomic Research* 2003; 13(4): 286-292.
- 116 Baum EE, Jarjoura D, Polen AE et al. Effectiveness of a group exercise program in a long-term care facility: a randomized pilot trial. *Journal of the American Medical Directors Association* 2003; 4(2): 74-80.
- 117 Gill TM, Pahor M, Guralnik JM, et al. Life Study Investigators. Effect of structured physical activity on prevention of serious fall injuries in adults aged 70-89: randomized clinical trial (LIFE Study). *BMJ* 2016, doi:10.1136/bmj.i245.
- 118 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.
- 119 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.
- 120 Issurin VB, Tenenbaum G. Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *Journal of Sports Sciences* 1999; 17(3): 177-182.
- 121 Burke D, Schiller HH. Discharge pattern of single motor units in the tonic vibration reflex of human triceps surae. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 1976; 39: 7290-741.
- 122 Hagbarth KE, Eklund G. Tonic vibration reflexes (TVR) in spasticity. *Brain Research* 1966; 2: 201-203.
- 123 Bosco C, Colli R, Intorini E et al. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinical Physiology* 1999; 19: 183-187.
- 124 Bosco C, Cardinale M, Tsarpela O et al. The influence on whole body vibration on jumping performance. *Biology of Sport* 1998; 15: 157-164.
- 125 Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. Strength increase following whole body vibration compared to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2003; 35: 1033-1041.
- 126 Rittweger J, Beller G, Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole body vibration in man. *Clinical Physiology* 2002; 20: 134-141.
- 127 Torvinen S, Kannus P, Sievonen H et al. Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2002; 34: 1523-1528.

- 128 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.
- 129 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.
- 130 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.
- 131 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.
- 132 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.
- 133 Rauch F. Vibration therapy. *Developmental Medicine and Child Neurology* 2009; 51: 166-168.
- 134 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.
- 135 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.
- 136 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.
- 137 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.
- 138 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.
- 139 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.
- 140 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.

- 141 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.

8. WYKAZ TABEL

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Zmienne charakteryzujące pacjentki w poszczególnych grupach przed terapią (liczba kobiet=42) | 57 |
| Tabela 2. Wyniki testów klinicznych uzyskane w grupie eksperymentalnej przed i po terapii (liczba badanych=22)..... | 59 |
| Tabela 3. Wyniki testów klinicznych uzyskane w grupie kontrolnej przed i po terapii (liczba badanych=20)..... | 60 |
| Tabela 4. Porównanie klinicznych efektów terapii pomiędzy grupami (liczba badanych=42) | 61 |
| Tabela 5. Stężenie IL-6 we krwi po i przed badaniem w grupie eksperymentalnej (n=22) | 62 |
| Tabela 6. Porównanie zmian stężeń IL-6 we krwi po badaniu w stosunku do stanu sprzed badania pomiędzy grupami (liczba badanych=42) | 63 |
| Tabela 7. Wyniki badania korelacji pomiędzy stężeniem interleukiny-6 a wynikami testów funkcjonalnych przed terapią (liczba badanych=42) | 63 |
| Tabela 8. Wyniki badania korelacji pomiędzy stężeniem interleukiny-6 a wynikami testów funkcjonalnych po terapii (liczba badanych=42) | 64 |

9. WYKAZ RYCIN

| | |
|---|----|
| Rycina 1. Przebieg badania | 54 |
|---|----|

10. WYKAZ FOTOGRAFII

Fotografia 1. Wykonywanie treningu wibracyjnego przez pacjentkę - widok z tyłu.....46

Fotografia 2. Wykonywanie treningu wibracyjnego przez pacjentkę - widok z boku46

11. STRESZCZENIE

Wprowadzenie: Starzenie się organizmu wywołuje wiele niekorzystnych zmian, w wyniku których zwiększa się ryzyko i częstotliwość upadków u osób starszych. Upadki są często przyczyną urazów, zmniejszenia jakości życia, a nawet niepełnosprawności i izolacji społecznej osób starszych.

Jako główne endogenne czynniki ryzyka upadków u osób starszych wymienia się zaburzenia równowagi ciała i chodu, zmniejszenie siły mięśniowej dolnej partii ciała i tolerancji wysiłkowej oraz lęk przed upadkiem. Endogennym czynnikiem ryzyka upadków u seniorów może być również zwiększone stężenie czynników prozapalnych, w tym interleukiny-6 (IL-6) w organizmie. Badania wykazują dodatnią korelację pomiędzy zwiększonym stężeniem czynników prozapalnych we krwi u osób starszych a występowaniem u tych osób zespołu słabości.

Istotnym elementem profilaktyki i terapii u osób narażonych na upadki jest aktywność fizyczna. Systematyczne ćwiczenia fizyczne poprawiają koordynację ruchową i równowagę ciała, zapobiegają utracie masy i siły mięśniowej oraz zmniejszają stężenie czynników prozapalnych we krwi.

W terapii zaburzeń równowagi ciała i poruszania się u seniorów podejmuje się również próby wykorzystania treningów wibracyjnych całego ciała (WBVT). Badania potwierdzają, że WBVT może zmniejszać ryzyko endogennych czynników ryzyka upadków u osób starszych, jednak są to dopiero pojedyncze badania i wskazane jest ich dalsze kontynuowanie w warunkach klinicznych.

Cel: Celem badania było uzyskanie wiedzy czy WBVT zmniejsza endogenne czynniki ryzyka upadków u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami, w tym czy zwiększa u tych kobiet tolerancję wysiłkową, funkcjonalną sprawność chodu i równowagę dynamiczną oraz siłę

mięśniową dolnej partii ciała, jak również czy zmniejsza lęk przed upadkiem i stężenie IL-6 we krwi. Natomiast aplikacyjnym celem badań było wskazanie możliwości wykorzystania metody WBVT zastosowanej w badaniu do terapii wybranych, endogennych czynników ryzyka upadków u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.

Material i metody: Do badania włączono 46 kobiet w wieku powyżej 60 lat które podzielono losowo do grupy eksperymentalnej (GE; n=23) oraz do grupy kontrolnej (GK; n=23). W obu grupach uczestniczki w ciągu 12 tygodni kontynuowały swoją dotychczasową aktywność fizyczną związaną z czynnościami dnia codziennego. W grupie kontrolnej nie wprowadzono żadnych dodatkowych aktywności fizycznych. Natomiast w grupie eksperymentalnej u kobiet dodatkowo stosowano WBVT. Trening wibracyjny prowadzono przez 2 dni w tygodniu przez 12 tygodni. Każdorazowo trening składał się z pięciu 1-minutowych wibracji całego ciała, oddzielonych, 1-minutowym odpoczynkiem. Częstotliwość wibracji wynosiła 20 Hz, a amplituda 2 mm. Badanie ukończyły 42 kobiety (GE n=22; GK n=20). Przed rozpoczęciem badania w obu grupach ocenie została poddana sprawność ruchowa w czynnościach codziennych przy pomocy Skali Barthel oraz stan poznawczy kobiet przy pomocy Mini Mental Test. Bezpośrednio przed rozpoczęciem badania oraz po jego zakończeniu w obu grupach oceniono także nasilenie lęku przed upadkiem przy pomocy kwestionariusza FES-I jak również funkcjonalną sprawność chodu i równowagę dynamiczną przy pomocy „Testu Wstań i Idź” (TUG), tolerancję wysiłkową za pomocą „Sześciominutowego Minutowego Testu Marszowego” (6MWT), oraz funkcjonalną siłę mięśniową dolnej partii ciała przy pomocy „30-Sekundowego Testu Wstawania z Krzesła” (30SCST). Badano również stężenie IL-6 we krwi pacjentek.

Wyniki: Po zakończeniu 12-tygodniowego treningu wibracyjnego całego ciała w GE w stosunku do GK zauważono istotnie statystycznie większą poprawę funkcjonalnej sprawności chodu i równowagi dynamicznej ($p=0.029$), tolerancji wysiłkowej ($p=0.0001$ oraz

funkcjonalnej siły mięśniowej dolnej partii ciała ($p=0.029$). Trening wibracyjny nie miał natomiast wpływu na nasilenie lęku przed upadkiem ($p=0.322$) oraz na stężenie interleukiny-6 we krwi ($p=0.398$).

W grupie kontrolnej po 12-tygodniowym okresie badania odnotowano nieistotną statystycznie poprawę funkcjonalnej sprawności chodu i równowagi dynamicznej ($p=0.0560$), tolerancji wysiłkowej ($p=0.352$) jak również funkcjonalnej siły mięśniowej dolnej partii ciała ($p=0.367$).

W grupie kontrolnej nie zauważono również wpływu badania na nasilenie lęku przed upadkiem ($p=0.868$) oraz stężenie interleukiny-6 we krwi ($p=0.999$).

Po 12-tygodniowym badaniu w grupie eksperymentalnej odnotowano znamienne statystycznie większą niż w grupie kontrolnej poprawę funkcjonalnej sprawności chodu i równowagi dynamicznej ($p=0.009$), tolerancji wysiłkowej ($p=0.001$), funkcjonalnej siły mięśniowej dolnej partii ciała ($p=0.027$). Pomiędzy grupami nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic zmian nasilenia lęku przed upadkiem ($p=0.655$) oraz stężenia interleukiny-6 we krwi ($p=0.377$) po terapii w porównaniu do stanu sprzed terapii. Nie odnotowano statystycznie istotnych korelacji pomiędzy stężeniem interleukiny-6 we krwi a wynikami testów funkcjonalnych oceniających funkcjonalną sprawność chodu i równowagę dynamiczną, funkcjonalną siłę mięśniową dolnej partii ciała oraz tolerancję wysiłkową.

Wnioski: Trening wibracyjny całego ciała zwiększa funkcjonalną sprawność chodu i równowagę dynamiczną, tolerancję wysiłkową oraz funkcjonalną siłę mięśniową dolnej partii ciała, zmniejszając tym samym endogenne czynniki ryzyka upadków u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami. Trening wibracyjny całego ciała nie wpływa na nasilenie lęku przed upadkiem oraz na stężenie IL-6 we krwi u kobiet w wieku 60+, zagrożonych upadkami.

Wniosek aplikacyjny: 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.

Słowa kluczowe: IL-6, TUG, 30SCST, 6MWT, WBVT, FES-I, zaburzenia równowagi ciała, ryzyko upadków, rehabilitacja geriatryczna

12. ABSTRACT

Title: Influence of whole body vibration training on selected endogenous risk factors of falling and on interleukin-6 blood level of women aged 60+

Introduction: Changes in the human body with aging increase the frequency of falls and injuries in the elderly, which in turn reduces their independence and quality of life, and leads to disability and social isolation.

According to scientific studies, the main risk factors for falls in the elderly are postural control disorders, decreased muscle strength and exercise endurance, and increased fear of falling. Endogenous risk factors for falls also include increased levels of pro-inflammatory factors in the body, which contribute to the development of the frailty.

Physical activity is an important form of preventive treatment for people with risk of falling. Systematic exercises improve motor coordination, reduces body imbalance, prevents body muscle loss and reduces level of pro-inflammatory factors in blood.

Efforts are already being made to perform trainings with use of vibrations in the treatment of body imbalance and movement disorders of elderly humans. Modern researches confirms that Whole Body Vibration Training (WBVT) may reduce endogenous risk factors of falling amongst older people, but those are only initial studies, and it would be wise to continue them in a clinical conditions.

Research purpose: The aim of the study was to obtain knowledge on the impact of Whole Body Vibration Training on a selected endogenous risk factors of falling for women 60+ years old.

Whereas the application objective of the research was to obtain knowledge on the methodology of Whole Body Vibration Training, which aim is to reduce endogenous risk factors of falling for women over 60s.

Material and methods: The study 46 women over 60 years old who were randomly assigned to the experimental group (EG n=23) and the control group (CG n=23). In both groups, the participants continued their previous physical activity related to everyday tasks, for 12 weeks. In the control group, no additional physical activities were introduced, while in the experimental group, women additionally apply WBVT. Vibration workout was carried out 2 days per week for 12 weeks, it consisted of five 1-minute vibrations of the whole body, separated by a 1-minute break. The frequency of the generated vibrations was 20Hz, and the amplitude was 2mm. The study was completed by 42 women (EG n=22; CG n=20). Before the start of the study, both groups were tested for mobility in everyday activities with the Barthel Scale and cognitive status with the Mini Mental Test. Immediately before the start of the study and after its completion, the severity of fall anxiety was also tested in both groups using the FES-I questionnaire, as well as gait and dynamic balance using the "Up and Go Test" (TUG), aerobic endurance using the "6 Minute Walk Test" (6MWT), and lower body fitness and strength using the "30 Second Chair Stand up Test "(30SCST). Before and after the test, the concentration of interleukin-6 (IL-6) in the blood of the patients was also tested.

Results: After the 12-weeks of Whole Body Vibration Training in the EG statistically significant improvement in mobility and dynamic balance ($p=0.029$) was observed, as well as aerobic endurance ($p=0.0001$), and lower body muscle strength ($p=0.029$). However, vibration training, had no effect on the severity of anxiety of falling ($p=0.322$) and on the level of interleukin-6 in the blood ($p=0.398$).

After 12 - weeks treatment period, in the CG, mobility and dynamic balance ($p=0.0560$), aerobic endurance ($p=0.352$) and lower body muscle strength ($p=0.367$), were consider as statistically insignificant improvement. In the CG no changes of severity of anxiety of falling ($p=0.868$) and the level of interlukin-6 in the blood ($p=0.999$) were noted.

After 12 - weeks of treatment in the EG, statistically significant improvement compared to the CG in mobility and dynamic balance ($p=0.009$), aerobic endurance ($p=0.001$), as well as lower body muscle strength ($p=0.027$) were noted. There were no statistically significant differences on the severity of anxiety of falling ($p=0.655$) and on the level of interlukin-6 in the blood ($p=0.377$) between the groups after the treatment compared to their condition before the treatment.

There were no statistically significant correlations between blood level of interlukin-6 and functional test results evaluating mobility and dynamic balance, lower body muscle strength and aerobic endurance.

Conclusions: Whole body vibration training increases gait and dynamic balance, exercise capacity, as well as strength of the lower body muscle, thus reducing endogenous risk factors for falls in women aged 60+.

Application form: Recommendation to improve dynamic balance, increase aerobic endurance and strength of lower body muscle in women at age 60+, is to implement Whole Body Vibration Training twice per week for over 12 weeks, with frequency of the generated vibrations 20Hz and amplitude of 2mm, in 5 series consisting of vibrations and breaks between them, lasting respectively 60 second vibration, 60 second break. It is essential to remember that above recommendations are resulting only from own studies and is related only to WBVT methods, used in this study. It is important to remember that WBVT treatment is not universal principal

for woman with risks of falling. Introduced WBVT methodology should be validated in further clinical tests and in comparison with other WBVT techniques.

Key words: IL-6, TUG, 30SCST, 6MWT, WBVT, FES-I, body imbalance, risk of falling, geriatric rehabilitation