



**Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego
w Warszawie**

Patrycja Żaneta Bobowik

Diagnostyka ryzyka upadków u senierek

Fall risk assessment in older women

Promotor rozprawy doktorskiej
dr hab. Ida Wiszomirska, prof. AWF

Rozprawa doktorska w oparciu o cykl publikacji naukowych
w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu
w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej

Warszawa, styczeń 2022

Oświadczenie autora rozprawy doktorskiej

1. Świadom/a odpowiedzialności prawnej oświadczam, że niniejsza praca doktorska na temat:

Diagnostyka ryzyka upadków u senierek

została napisana przeze mnie samodzielnie i nie zawiera treści uzyskanych w sposób niezgodny z obowiązującymi przepisami.

2. Oświadczam, że praca doktorska nie narusza praw autorskich na podstawie ustawy z dnia 4 lutego 1994 roku o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. 2019 poz. 1231 z późn. zm.) oraz dóbr osobistych chronionych prawem cywilnym.

3. Oświadczam ponadto, że treść pracy przekazanej na zewnętrznym nośniku elektronicznym jest identyczna z wersją przyjętą przez promotora i dostarczoną w formie papierowej.

4. Oświadczam również, że przedstawiona praca nie była wcześniej przedmiotem procedur związanych z uzyskaniem stopnia doktora.

Pouczenie:

Zgodnie z art. 193 ust. 5 ustawy z dnia 18 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 1668 z późn. zm.) w przypadku niedopuszczenia do obrony rozprawy doktorskiej albo wydania decyzji o odmowie nadania stopnia doktora, ta sama rozprawa nie może być podstawą do ponownego ubiegania się o nadanie stopnia doktora

10.01.2022 r.

Data

podpis autora pracy

10.01.2022 r.

Data

podpis promotora pracy przyjmującego oświadczenie

Spis treści

1.	Wykaz publikacji będących podstawą rozprawy doktorskiej.....	4
2.	Wykaz skrótów	5
3.	Streszczenie w języku polskim	7
4.	Streszczenie w języku angielskim	8
5.	Wprowadzenie	9
6.	Cel pracy	14
7.	Realizacja celów naukowych	15
7.1.	Materiał i metody badawcze	15
7.2.	Wyniki badań.....	20
7.3.	Podsumowanie i dyskusja	26
8.	Wnioski.....	30
9.	Piśmiennictwo.....	31
10.	Prace będące podstawą rozprawy doktorskiej.....	38
10.1.	Artykuł pt.: Selected tools for assessing the risk of falls in older women	38
10.2.	Artykuł pt.: Diagnostic dependence of muscle strength measurements and the risk of falls in the elderly.	44
10.3.	Artykuł pt.: The impact of obesity and age on the risk of falls in women over 60.	51
10.4.	Artykuł pt.: Sarcopenic obesity in older people.....	59
10.5.	Streszczenie konferencyjne pt.: Assessing fall risk in older women.....	70
11.	Zgoda Senackiej Komisji Etyki Badań Naukowych Akademii Wychowania Fizycznego w Warszawie	72
12.	Oświadczenie autora publikacji	73
13.	Wykaz publikacji wraz z wniesionym wkładem współautorów	78
14.	Oświadczenia współautorów publikacji	81
15.	Dorobek naukowy	85
15.1.	Wykaz innych publikacji naukowych	85
15.2.	Wykaz pozostałych doniesień zjazdowych	85

1. Wykaz publikacji będących podstawą rozprawy doktorskiej

1. Bobowik, P., Wiszomirska, I., Leś, A., Kaczmarczyk, K. (2020). Selected Tools for Assessing the Risk of Falls in Older Women. *Biomed Res Int*, 2020, s. 1-6. DOI: 10.1155/2020/2065201. **IF: 2,276; MNiSW: 70 pkt**
2. Bobowik, P., Wiszomirska, I. (2020). Diagnostic dependence of muscle strength measurements and the risk of falls in the elderly. *Int J Rehabil Res*, 43(4), s. 330-336. DOI: 10.1097/MRR.0000000000000430. **IF: 1,357; MNiSW: 70 pkt**
3. Bobowik, P., Wiszomirska, I. (2021). The impact of obesity and age on the risk of falls in older woman. *Acta Bioeng Biomech*, 23 (2), s. 123-130. DOI: 10.37190/ABB-01804-2021-03. **IF: 1,073; MNiSW: 100 pkt**
4. Bobowik, P. (2020). Sarcopenic obesity in older people. *Adv Rehab*, 34(4), s. 25–35. DOI: 10.5114/areh.2020.100297. **MNiSW: 20 pkt**
5. Bobowik, P., Wiszomirska, I. (2021). Assessing Fall Risk in Older Women. *BIOMECHANICS 2020. International Conference of the Polish Society of Biomechanics*. 09-10.09.2021, Warszawa. Streszczenie konferencyjne z wystąpieniem ustnym.

2. Wykaz skrótów

ALST - z ang. *Appendicular Lean Soft Tissue* - beztłuszczowa tkanka miękka

APSI - z ang. *Anterior - Posterior Stability Index* - wskaźnik stabilograficzny wychyleń przód - tył

BBS - z ang. *Biodex Balance System SD (USA) platform* - platforma Biodex Balance System SD

BF% - z ang. *Body Fat Percentage* - procent tkanki tłuszczowej

BMI - z ang. *Body Mass Index* - wskaźnik masy ciała

COP - z ang. *Centre of Pressure* - środek parcia stóp na podłoże

EWGSOP2 - z ang. *The European Working Group on Sarcopenia in Older People 2* - Europejska Grupa Robocza ds. Sarcopenii u Osób Starszych 2

FR - z ang. *fall risk* - ryzyko upadków

FRT - z ang. *Fall Risk Test* - test ryzyka upadków

FRT - z ang. *Functional Reach Test* - test sięgania

HGS - z ang. *handgrip strength* - siła ścisku ręki

ICD-10 - z ang. *International Classification of Diseases* - Międzynarodowa Klasyfikacja Chorób

KES - z ang. *knee extensor strength* - siła prostowników stawu kolanowego

LBM - z ang. *Lean Body Mass* - beztłuszczowej masy ciała

MLSI - z ang. *Medial- Lateral Stability Index* - wskaźnik stabilograficzny wychyleń bocznych

MVC - z ang. *Maximum Voluntary Contraction* - maksymalny skurcz dobrowolny

OSI - z ang. *Overall Stability Index* - ogólny wskaźnik stabilograficzny

PST - z ang. *Postural Stability Test* - test stabilności posturalnej w statyce

Równowaga dynamiczna - przyjęto definiować, jako zdolność utrzymania pozycji ciała w ruchu lub na niestabilnym podłożu

Równowaga statyczna - przyjęto uznawać za zdolność utrzymania ciała w spoczynku w postawie stojącej z minimalnym odchyleniem od ustalonej pozycji, mierzoną na stabilnym podłożu

SD - z ang. *standard deviation* - odchylenie standardowe

SMI - z ang. *Skeletal Muscle Mass Index* - wskaźnik masy mięśni szkieletowych

SO - z ang. *sarcopenic obesity* - otyłość sarkopeniczna

TUG - z ang. *Time Up and Go* - test „wstań i idź”

VAT - z ang. *Visceral Adipose Tissue* - obszar tłuszczu trzewnego

WB-EMS - z ang. *Whole- Body Electromyostimulation* - całościowa elektrostymulacja ciała

WC - z ang. *Waist Circumference* - obwód talii

WHO - z ang. *World Health Organisation* - Światowa Organizacja Zdrowia

WHR - z ang. *Waist- Hip Ratio* - stosunek obwodu talii do obwodu bioder

3. Streszczenie w języku polskim

Upadki stanowią ważny problem wśród seniorów i często prowadzą do poważnych konsekwencji zdrowotnych. Ryzyko upadków (z ang. *fall risk* - FR) częściej dotyczy kobiet niż mężczyzn i ściśle związane jest z poziomem sprawności funkcjonalnej, a to z kolei z siłą mięśniową oraz masą ciała. Negatywny wpływ na stan zdrowia seniorów ma również otyłość sarkopeniczna (z ang. *sarcopenic obesity* - SO). Zaburzenia systemu równowagi można ocenić za pomocą testów funkcjonalnych oraz profesjonalnych platform stabilograficznych.

Do celów powyższego badania należą: identyfikacja wybranych wskaźników funkcjonalnych i somatycznych warunkujących występowanie ryzyka upadków, wskazanie najlepszych warunków diagnostycznych zaburzeń równowagi oraz poznanie struktury zależności między zmiennymi i matematyczny opis tych zależności, który umożliwi predykcję ryzyka upadków u senierek. Ostatecznie w badaniu udział wzięło 56 kobiet (rezydentki domu opieki i ambulatoryjne pacjentki kliniki rehabilitacyjnej w wieku 71.77 ± 7.43 (SD)). Protokół badania obejmował: pomiar parametrów antropometrycznych, wykonanie testów funkcjonalnych i badania stabilograficznego, pomiar momentów siły mięśniowej prostowników stawu kolanowego (z ang. *knee extensor strength* - KES) oraz siły ścisku ręki (z ang. *handgrip strength* - HGS).

Wyniki badania pokazały, że użyteczne w funkcjonalnej ocenie ryzyka upadku (FR) są test TUG (z ang. *Time Up and Go*) i zmodyfikowany test Unterbergera (dynamiczna próba Romberga), natomiast test FRT (*Functional Reach Test*) nie jest wiarygodny w ocenie FR u senierek. Świadczy to o tym, że diagnostyka ryzyka upadków (FR) u senierek powinna odbywać się w warunkach dynamicznych. Wyniki pokazały, że narzędzia stosowane w funkcjonalnej diagnostyce sarkopenii (KES, test krzesła) mogą również wskazywać FR u senierek, co wymaga przeprowadzenia dodatkowych testów. Co więcej, FR jest istotnie warunkowane zarówno przez wiek jak i otyłość. Analiza statystyczna wykazała, że statycznym stabilograficznym predyktorem ryzyka upadku (FR) są wychylenia boczne w płaszczyźnie czołowej z oczami otwartymi. Do pozostałych predyktorów FR należą: siła mięśniowa kończyn dolnych oraz wskaźnik BMI. Powyższe wyniki podkreślają wieloczynnikowy charakter FR wskazując jednocześnie konieczność holistycznego podejścia do jego oceny oraz kontynuacji badań dotyczących otyłości sarkopenicznej i FR. Prawdopodobnie, redukcja nadmiernej masy ciała i poprawa siły mięśniowej mogą opóźnić zmiany inwolucyjne.

Słowa kluczowe: upadki, sarkopenia, seniorzy, stabilografia

4. Streszczenie w języku angielskim

Fall risk (FR) is a major problem for seniors and often leads to serious consequences. Females are more likely to fall than males. Falls are closely connected with the level of physical activity and hence to muscle strength and mass. Sarcopenic obesity (SO) also has a negative impact on the health of older people. It is important to note that body balance disorders can be assessed with functional tests and stabilographic examinations.

The main aims of the conducted study were: to identify the functional and somatic parameters that affect the risk of falls in older women, to ascertain the environmental conditions (both static and dynamic) in which FR assessment should be conducted, and to establish a correlation between parameters and their mathematical description, which will allow equilibrium disorders to be predicted in older women. The study included 56 females aged 71.77 ± 7.43 (residents of social welfare housing as well as patients in a rehabilitation clinic). The study protocol included: measuring anthropometric parameters, conducting functional (tests) and stabilographic examinations, and taking measurements of knee extensor strength (KES) and handgrip strength (HGS).

The results of the above study show that the TUG (Timed Up and Go) test and the modified Unterberger test (Romberg dynamic test) are useful in assessing functional fall risk in older women. On the other hand, the FRT (Functional Reach Test) test is not a useful diagnostic tool for balance disorders. Moreover, this indicates that fall risk assessment in older women should take place in dynamic conditions. The results also show that the tools used in the functional diagnosis of sarcopenia (KES) may also indicate the risk of body balance disorders in this population. In order to differentiate between sarcopenia and falls, additional tests should be conducted. Moreover, FR is significantly determined by two parameters, age and obesity. Statistical analysis showed that other FR predictors are muscle strength in the lower limbs, body weight, age, and medial - lateral swaying. Therefore, a conclusion can be drawn that reducing excess body weight, improving muscle strength, and sarcopenic obesity treatment can all improve not only balance in the elderly, but also probably significantly delay involutional changes and disuse atrophy.

Key words: falls, sarcopenia, seniors, stabilography

5. Wprowadzenie

Liczebność populacji osób starszych rośnie w dużym tempie (Dykes i in., 2019). Według Światowej Organizacji Zdrowia (z ang. *World Health Organization* - WHO) pomiędzy 2015 a 2050, liczba osób po 65 roku życia wzrośnie z 12 do 22% (Steverson, 2018). Pomimo rozwoju medycyny, upadki oraz ich często długotrwałe konsekwencje stanowią poważny problem wśród seniorów. Ryzyko upadków (z ang. *fall risk*- FR) występuje już po 65 roku życia. Ponad 30% seniorów doznaje incydentu upadku w ciągu roku, a połowa z nich raportuje wystąpienie kolejnego upadku w przeciągu następnego roku. Co więcej, 50% osób po 80 roku życia upada co najmniej raz w roku (Gouveia i in., 2019).

Badania wskazują, że FR dotyczy zdecydowanie częściej kobiet niż mężczyzn (Gouveia i in., 2019; Grant i in., 2015). Wynika to z faktu, że kobiety reprezentują niższy poziom aktywności fizycznej, mobilności i kontroli równowagi niż mężczyźni (Kim i in., 2020; Himes i in., 2012; Gouveia i in., 2019; Demur i in., 2003)¹. Co więcej, pogarszający się poziom sprawności fizycznej wpływający na poziom stabilności posturalnej u kobiet jest powiązany z wiekiem (Smee i in., 2012; Perell i in., 2001; Marciniak i in. 2018). Bezpośrednią przyczyną tej zależności jest spadek masy i siły mięśniowej u senierek (Krzymińska-Siemaszko i in., 2019; Anker i in., 2016; Cruz-Jentoft i in., 2019), czego konsekwencją są właśnie zaburzenia równowagi (Landi i in., 2012; Liu i in., 2017).

Upadek definiowany jest jako skutek braku zdolności utrzymania kontroli nad położeniem ciała w odniesieniu do środowiska, a także dostosowania się do zmieniających się warunków na skutek wykonywanych ruchów. Utrzymanie stabilnej postawy pionowej wymaga wzajemnej integracji czterech systemów czuciowych: narządu przedsionkowego, propriocepcji, narządu wzroku i eksteroceptorów (czucia powierzchniowego). Dostarczane do ośrodkowego układu nerwowego przez nie informacje są weryfikowane z określonym zadaniem motorycznym i korygowane w procesie utrzymywania równowagi (Stodolka i in., 2016). Oprócz informacji sensorycznych istnieje wiele czynników wpływających na wystąpienie zaburzeń równowagi (Landi i in., 2012). Do przyczyn wewnętrznych ryzyka upadku (FR) zaliczamy m.in.: zmiany degeneracyjne systemu przedsionkowego, spowolnienie reakcji posturalnej, pogorszenie wzroku i kontroli motorycznej, obniżenie zdolności funkcjonalnych, osłabienie i asymetrię siły mięśniowej, wiek, otyłość oraz

¹ Australian Commission on Safety Quality in Health Care. Preventing Falls and Harm from Falls in Older People. Best Practice Guidelines for Australian Community Care. Available online: <https://doi.org/www.safetyandquality.gov.au/our-work/falls-prevention/falls-prevention-community> (accessed on 30 September 2019).

choroby, których objawem są m.in. zaburzenia równowagi np. choroba Parkinsona. Do czynników zewnętrznych FR należą m.in.: skutki uboczne przyjmowanych leków, czynniki środowiskowe: słabe oświetlenie, podwijające się dywany, brak właściwego wyposażenia zabezpieczającego osoby starsze np. w łazienkach (Kim i in., 2020; Gouveia i in., 2019; Lusardi i in., 2017; Melillo i in., 2017). Z wiekiem dochodzi również do pogorszenia przepływu impulsacji nerwowej z ośrodkowego do obwodowego układu nerwowego (Wiszomirska i in., 2013).

Jak wiadomo, powiązany z wiekiem spadek masy i siły mięśniowej oraz reedukacja poziomu aktywności fizycznej definiowana jest jako sarkopenia (Krzywińska-Siemaszko i in., 2019). W 2016 roku sarkopenii nadano kod M62.84 w Międzynarodowej Klasyfikacji Chorób ICD-10 (z ang. *International Classification of Diseases*) (Anker i in., 2016). Z kolei, w 2018 roku, na drugim spotkaniu Europejskiej Grupy Roboczej ds. Sarkopenii u Osób Starszych 2 (z ang. *European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 – EWGSOP2*) zaktualizowano jej kryteria diagnostyczne. Istotnymi wskaźnikami sarkopenii stały się niski poziom siły i masy mięśniowej, w tym siła ścisku ręki (z ang. *handgrip strength* - HGS), a także funkcjonalny test krzesła (z ang. *chair test*) (Cruz-Jentoft i in., 2019). Warto wspomnieć, że problem sarkopenii dotyczy od 5% do 13% seniorów w wieku 60- 70 r. ż. i od 11% do 50% seniorów w wieku 80-ciu lat i więcej (Bischoff-Ferrari i in., 2015; Su i in., 2019).

Jednocześnie negatywny wpływ na stan zdrowia człowieka ma otyłość, definiowana jako choroba związana ze wzrostem masy tkanki tłuszczowej (Neri i in., 2020). Powiązana jest ona m.in. z obniżeniem sprawności fizycznej (Hardy i in., 2013), chorobami metabolicznymi, w tym cukrzycą typu II (Barazzoni i in., 2018), nadciśnieniem tętniczym i chorobami kardiologicznymi (Fauziana i in., 2016) oraz zaburzeniami równowagi ciała (Hue i in., 2007). Aktualnie, na świecie 300 milionów ludzi jest otyła, a liczba ta ciągle rośnie (Ercan i in., 2020). Otyłość pełni istotną rolę w ograniczaniu sprawności i upadkach (Himes i in., 2012; Mitchell i in., 2014). Część autorów sugeruje, że upadki są jedną z najczęstszych przyczyn urazów wśród otyłych seniorów, co nie kiedy jest bagatelizowane przez medyków (Dykes i in., 2019; Matter i in., 2007). Ponadto, otyli seniorzy upadają dwa razy częściej, niż ich szczupli równolatkowie (Lockhart i in., 2019). Z drugiej zaś strony, w wielu badaniach zasugerowano, że nie ma istotnego związku pomiędzy zwiększoną masą ciała, a FR w starszym wieku (Rosenblatt i in., 2012).

Pojawiającą się wraz z wiekiem kombinacją zmian w obrębie masy ciała oraz siły i masy mięśniowej jest otyłość sarkopeniczna (z ang. *sarcopenic obesity* - SO) (Barazzoni i in., 2018). Jest to jednocześnie współwystępowanie otyłości oraz sarkopenii. SO ma negatywny wpływ na stan zdrowia i poziom sprawności funkcjonalnej, m.in. na FR (Godziuk i in., 2019). Jednakże, nurtujący jest brak jednoznacznych kryteriów oceny SO, które różnią się w wielu pracach naukowych (Zamboni i in., 2019). Co więcej, wiele prac przedstawia ścisły związek otyłości z osłabioną siłą i masą mięśniową, aczkolwiek nie nawiązuje bezpośrednio do samej otyłości sarkopenicznej (Grillot i in., 2021).

Diagnostyka FR stanowi duże wyzwanie. Na etiologię zaburzeń równowagi wpływa wiele parametrów, których działanie potęguje się bądź znosi, co stwarza problem przy identyfikacji FR, a to w konsekwencji skutkuje dużą liczbą narzędzi diagnostycznych. (Lusardi i in., 2017). Istnieją dowody, że upadkom można zapobiegać, przeprowadzając badania przesiewowe w celu wykrycia czynników ryzyka i zalecając dostosowane interwencje w ramach fizjoterapii (Avin i in., 2015). Fizjoterapeuci zbierają informację poprzez wywiad oraz badanie podmiotowe, polegające głównie na wykorzystaniu testów funkcjonalnych. Aby określić skuteczność wybranych narzędzi funkcjonalnych, należy porównać ich wyniki z rzetelnym i wiarygodnym narzędziem diagnostycznym FR. Lusardi i in. (2017) podają, że wiarygodnym predyktorem FR jest historia upadków. Natomiast stwierdzenie to budzi pewne wątpliwości, związane z okolicznością ich występowania. Nie jest jednak jasne, jakie są kluczowe pytania dotyczące konkretnych okoliczności lub czynników związanych z tą historią (Avin i in., 2015). Część upadków może faktycznie wynikać z zaburzeń równowagi, natomiast pozostałe mogą być spowodowane nieuwagą, nagłym incydem, temperamentem osoby starszej, bądź innymi czynnikami zewnętrznymi (Bobowik i in., 2020). Co więcej, na FR niewątpliwym wpływ ma już sam strach przed upadkiem (Kim i in., 2020). Osoby z zaburzeniami równowagi i obawą przed upadkiem, będą zdecydowanie ostrożniejsze w codziennych aktywnościach, w celu zminimalizowania prawdopodobieństwa ich wystąpienia (Błażkiewicz i in., 2018). W związku z tym relacja badanych związana z historią upadków, nie musi jednoznacznie wskazać osób zagrożonych FR. Pomimo, że testy te weryfikują poziom stabilności posturalnej, możliwości funkcjonalne pacjenta i towarzyszące mu ograniczenia, to niestety nie różnicują etiologii upadków. Zaletą testów funkcjonalnych są ich łatwa dostępność i niskie nakłady finansowe konieczne do ich zastosowania, w porównaniu z platformami stabilograficznymi (Smeets i in., 2012).

Jednym z testów powszechnie wykorzystywanych przez fizjoterapeutów w diagnostyce ryzyka upadków jest test dosiężny (z ang. *Functional Reach Test* - FRT). Jego celem jest ocena stabilności przednio-tylnej w płaszczyźnie strzałkowej, w trakcie maksymalnego wychylenia w przód, w czasie którego dochodzi do przemieszczenia środka ciężkości (Behrman i in., 2002). Kolejnym testem jest test „wstań i idź” (z ang. *Time Up and Go* - TUG). Jest on jednym z sześciu elementów baterii testów *The Fullerton Functional Fitness Test* badających koordynację, siłę, zwinność i równowagę (Cho i in., 2018). Ostatnim natomiast jest zmodyfikowany test Unterbergera (dynamiczna próba Romberga), który ocenia odległość przesunięcia ciała w przód i dynamikę rotacji ciała podczas marszu w miejscu z zamkniętymi oczami (Rocha i in., 2014).

Stabilografia jest powszechnie stosowaną metodą oceny stabilności posturalnej, platformy stabilograficzne należą do obiektywnych narzędzi oceny FR. W trakcie badania dochodzi do pomiaru wychyleń środka parcia stóp na podłoże (z ang. *centre of pressure* - COP). Przykładem takiej platformy jest Balance System SD firmy Biodex USA (BBS). Pozwala na wyznaczenie wskaźników stabilograficznych na platformie nieruchomej (równowaga statyczna) i mobilnej (równowaga dynamiczna). Do parametrów, wyznaczanych w trakcie badania należą: ogólny wskaźnik stabilograficzny (z ang. *Overall Stability Index* - OSI), wskaźnik stabilograficzny wychyleń przód - tył (z ang. *Anterior - Posterior Stability Index* - APSI), wskaźnik wychyleń bocznych (z ang. *Medial - Lateral Stability Index* - MLSI), wskaźnik ryzyka upadków (z ang. *Fall Risk Index* - FRI). Wskaźnik APSI mierzy wychylenia w płaszczyźnie strzałkowej, MLSI w płaszczyźnie czołowej, natomiast OSI jest składową ich obu, przy czym MLSI stanowi bardzo małą część OSI. APSI i MLSI mogą być oddzielnie wykorzystywane do oceny równowagi (Arnold i in., 1998; Błażkiewicz i in., 2018). Badania wykazały, że BBS i wyznaczane na niej wskaźniki (OSI, FRI) są rzetelnym i wiarygodnym narzędziem wykorzystywanym do oceny zaburzeń równowagi (FRI ICC= 0.80; OSI ICC= 0.69) (Perraca i in., 2011; Pincivero i in., 1995). Warto zaznaczyć, że zarówno testy funkcjonalne jak i ocena stabilograficzna zostały wykorzystywane do oceny efektywności skuteczności różnych programów treningowych (Cho i in., 2018). Ponadto, platformę BBS wykorzystano do oceny skuteczności innych testów funkcjonalnych (Melillo i in., 2017).

Reasumując, diagnostyka FR u seniorek wymaga podejścia wieloaspektowego. Obszarem pozostającym w fazie badań naukowych jest poszukiwanie metod diagnostyczno-terapeutycznych FR w praktyce klinicznej. W dostępnym piśmiennictwie brakuje

opracowań weryfikujących zależność diagnostyczną pomiędzy narzędziami badającymi poziom sprawności funkcjonalnej, siłę mięśniową i masę ciała w ocenie FR u senierek. Aby diagnostyka FR była wiarygodna, konieczna jest identyfikacja jego warunków i czynników, a także wyznaczenie jego predyktorów, w celu zastosowania odpowiedniej prewencji. Wykorzystując rzetelne i powtarzalne narzędzie badawcze jakim jest platforma BBS z dostępnymi różnymi protokołami badań zaburzeń równowagi, a w szczególności testem tzw. ryzyka upadków- dającym obiektywne rezultaty, postanowiono przeprowadzić badania, stanowiące próbę wykazania podstawowych czynników determinujących FR u senierek w Polsce. Często w codziennej praktyce, fizjoterapeuci nie dysponują profesjonalnymi platformami stabilograficznymi, a omówione powyżej aspekty i ich analiza dały podłoże do stworzenia tanich i dostępnych narzędzi diagnostycznych, które mogą być zastosowane w identyfikacji FR. Warto zaznaczyć, że część z nich obejmuje testowanie i wnioskowanie w warunkach tzw. statycznych (niezmieniający się punkt podparcia ciała, jak określa wielu klinicystów i badaczy), natomiast inni oceniają w warunkach tzw. dynamicznych (utrzymania równowagi w sytuacji zmieniającego się punktu podparcia (Brown and Mynark, 2007; Davlin, 2004; Fujimoto i in., 2009). Dzięki tym badaniom będzie można zalecić ocenę FR w konkretnych warunkach w nawiązaniu do wyników parametrów równowagi na stabilnym i niestabilnym podłożu. Kolejną luką w dostępnej literaturze wydaje się być określenie za pomocą zaawansowanych metod statystycznych tzw. funkcjonalnych predyktorów zaburzeń równowagi. Możliwość posiłkowania się konkretnymi wskaźnikami, dałaby możliwość lepszej wstępnej oceny FR oraz wcześniejszego zastosowania terapii prewencyjnych.

6. Cel pracy

Celem pracy była identyfikacja wybranych wskaźników funkcjonalnych i somatycznych warunkujących występowanie FR, wskazanie najlepszych warunków diagnostycznych zaburzeń równowagi oraz poznanie struktury zależności między zmiennymi i matematyczny opis tych zależności, który umożliwi jego predykcję u senierek.

Pytania badawcze:

1. Czy testy funkcjonalne najczęściej wykorzystywane w codziennej praktyce fizjoterapeutycznej są użyteczne w ocenie FR u starszych kobiet?
2. Czy funkcjonalna ocena FR powinna odbywać się w warunkach statycznych czy w ruchu?
3. Czy narzędzia stosowane do funkcjonalnej oceny sarkopenii mogą być również wykorzystywane do oceny FR u senierek?
4. Jaki wpływ na występowanie FR u senierek ma otyłość w powiązaniu z wiekiem?
5. Czy poprzez progres cech funkcjonalnych (siła mięśniowa, masa ciała) istnieje możliwość zahamowania lub cofnięcia zmian inwolucyjnych u senierek?
6. Czy i które statyczne wskaźniki stabilograficzne mogą być predyktorami FR u senierek?

7. Realizacja celów naukowych

7.1. Materiał i metody badawcze

Grupa badana

Badanie otrzymało zgodę Senackiej Komisji Etyki Badań Naukowych Akademii Wychowania Fizycznego w Warszawie (w artykułach podano nazwę komisji anonimowo). Grupa została wyłoniona spośród pensjonariuszek domu pomocy społecznej oraz ambulatoryjnych pacjentek kliniki rehabilitacyjnej (*convenience sampling*). Wstępna kwalifikacja została przeprowadzona przez fizjoterapeutę na podstawie kwestionariusza ankiety. Ostatecznej kwalifikacji do badań dokonał lekarz medycyny na podstawie badania przedmiotowego i badania podmiotowego m.in. badania elektrokardiograficznego. Do kryteriów włączenia należały: płeć żeńska, wiek równy lub powyżej 65 roku życia, dobra kondycja psychiczna, deklarowany niski poziom aktywności fizycznej oraz pisemna zgodna na udział w badaniu. Kryteriami wyłączenia zostały: zła kondycja psychiczna, problemy w komunikacji i zrozumieniu poleceń, przyjmowanie leków mogących wywołać zaburzenia równowagi, choroby objawiające się zaburzeniami równowagi (choroba Parkinsona), stwardnienie rozsiane, choroby przedsionka, zaawansowana choroba wieńcowa, wysokie ryzyko powikłań kardiologicznych. Dwie osoby zrezygnowały z uczestnictwa w badaniu. Ostatecznie w badaniu udział wzięło 56 kobiet: rezydentki domu opieki i pacjentki kliniki rehabilitacyjnej w wieku 71.77 ± 7.43 .

Metody i narzędzia badawcze

U badanych wykonano: krótki kwestionariusz ankiety, pomiary antropometryczne, testy funkcjonalne, pomiary momentów sił mięśniowych i siły ścisku ręki oraz badania stabilograficzne. Jedna z badanych nie była w stanie wykonać prób funkcjonalnych, stąd została wyłączona z części analiz statystycznych.

W pierwszej kolejności wykonane zostały pomiary masy i wysokości ciała. Na tej podstawie wyznaczono wskaźnik BMI (z ang. *Body Mass Index*; masa ciała[kg]/wysokość ciała²[m²]). W części analiz statystycznych wykorzystano podział badanych na grupy ze względu na wartości wskaźnika BMI wg WHO. Grupa nieotyłych składała się z badanych z wartością wskaźnika BMI poniżej 30 kg/m² (normalna waga i nadwaga), a grupa otyłych

z BMI równym lub wyższym jak 30 kg/m^2 . Ponadto, wykonano pomiary obwodów talii (na wysokości pępka) i bioder (na wysokości krętarza większego kości udowej) za pomocą taśmy centymetrowej. Na tej podstawie wyznaczono wskaźnik WHR (z ang. *Waist-hip ratio*), czyli stosunek obwodu talii do obwodu bioder. Wszystkie pomiary antropometryczne zostały przeprowadzone według tego samego protokołu przez jednego badającego. Ponadto, badane podzielone zostały na grupy wiekowe również wg wytycznych WHO. Do grupy młodszych zakwalifikowane zostały badane w przedziale wiekowym pomiędzy 60, a 74 rokiem życia. W grupie starszych znalazły się badane w wieku pomiędzy 75, a 90 rokiem życia.³

Następnie, badane zostały poproszone o wykonanie testów funkcjonalnych. Test dosiężny (FRT) wykonano w pozycji stojącej ze złączonymi stopami. Jedna kończyna górna była uniesiona do poziomu ramienia w przód. Badane poproszono o maksymalne wychylenie ciała do przodu. Zmierzone różnicę odległości środkowego palca pomiędzy pozycją wyjściową, a pozycją maksymalnego wychylenia. Test „wstań i idź” (TUG) polegał na wstaniu z krzesła, przejścia dystansu 2.44 m, ominięciu słupka, powrotu do krzesła i przyjęcia ponownie pozycji siedzącej. Czas zmierzono w milisekundach [ms]. Test Unterbergera (dynamiczna próba Romberga) został zmodyfikowany. Każda z badanych była proszona o 20- sekundowy marsz w miejscu z oczami zamkniętymi (z unoszeniem wysoko kończyn dolnych- zgięcie ud do 90° i podudzi do 45°). Następnie zmierzono odległość przemieszczenia pomiędzy pozycją wyjściową i końcową w odniesieniu do paluchów stopy. W związku z przełożeniem z klasycznej próby wartości rotacji wyrażonej w stopniach na cm, test był uważany za pozytywny, gdy uczestniczka przesunęła się w przód lub w bok co najmniej o 21 cm w trakcie marszu w stosunku do pozycji wyjściowej. Test krzesła (*chair test*) został wykonany według testu Fullertona. W jego trakcie badane były poproszone o jak największą liczbę powstań i powrotów do pozycji siedzącej na krześle w trakcie 30- stu sekund.

Pomiar momentów siły mięśniowej prostowników stawów kolanowych wykonano w środowisku statycznym wg metody MVC (z ang. *Maximum Voluntary Contraction Method*), za pomocą specjalnego sprzętu pomiarowego firmy JBA Staniak. Do analizy statystycznej wykorzystano kończynę dolną podporową. Z powodu braku standardów

² WHO: World Health Organization. Mean Body Mass Index (BMI), https://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/bmi_text/en/. Accessed 13 December 2019.

³ WHO: World Health Organization, <https://pssegostyn.pis.gov.pl/plikijednostki/wssegorzow/pssegostyn/userfiles/file/Oswiata/%C5%9ADZ%20informacja.pdf>. Accessed 13 December 2019.

podziału, badane podzielono wg kwartyli (Q) wartości średniej dla przebadanej populacji (70.78 ± 28.53 (SD)). Pierwsza grupa składała się z kobiet z siłą mięśniową poniżej 70 Nm (niska siła mięśniowa), a druga powyżej 70 Nm (normalna siła mięśniowa). Pomiar momentów sił odbył się w skurczy izometrycznym w warunkach statycznych, w pozycji siedzącej, ze zgiętymi udami i podudziami do 90° . Udo i podudzie było ustabilizowane za pomocą wałków. W analizie statystycznej pod uwagę była brana średnia wartość trzech pomiarów.

Pomiar siły ścisku ręki (z ang. *handgrip strength* - HGS) został wykonany za pomocą ręcznego dynamometru hydraulicznego SH501 (Seaman Corporation). Pomiar odbył się w pozycji siedzącej, ze zgiętym przedramieniem do 90° , ustawionym w pozycji pośredniej w stawie łokciowym i ręką ustawioną w 0° zgięcia/wyprostu wg rekomendacji *American Society of Hand Therapists*. Do analizy statystycznej wykorzystano średnią wartość trzech pomiarów. Badane, które uzyskały wartość HGS poniżej 16 kg, zakwalifikowane zostały do grupy ze słabą HGS, te które uzyskały 16 kg i więcej, do grupy z normalną HGS. Powyższy podział został zastosowany wg wytycznych Europejskiej Grupy Roboczej ds. Sarkopenii u Osób Starszych 2 (z ang. *The European Working Group on Sarcopenia 2* - EWGSOP2) z 2018 roku.

Na platformie stabilograficznej *Biodex Balance System SD* (BBS) USA wykonano ocenę równowagi. BBS jest połączona z oprogramowaniem *Medical System Biodex Inc*, co umożliwia pomiar kąta pochylenia platformy w każdej osi. Przeprowadzone zostały trzy protokoły w stanie obunóż, a każdy z nich składał się z 3 prób po 20 sekund, z 10 sekundową przerwą między próbami:

1. *Postural Stability Test* (PST) - platforma stabilna, oczy otwarte;
2. *Postural Stability Test* (PST) - platforma stabilna, oczy zamknięte;
3. *Fall Risk Test* (test ryzyka upadków)- platforma niestabilna; zmienny poziom niestabilności platformy na poziomach od 12 do 6 i od 6 do 2 (poziom 12- platforma najmniej niestabilna); poziom 1- platforma najbardziej niestabilna), oczy otwarte.

Testy PST pozwoliły wyznaczyć wartości parametrów stabilograficznych na statycznym podłożu:

$$APSI = \sqrt{\frac{\sum(0-Y)^2}{N}}$$

$$MLSI = \sqrt{\frac{\sum(0-X)^2}{N}}$$

$$OSI = \sqrt{\frac{\sum(0-X)^2 + \sum(0-Y)^2}{N}}$$

Legenda 1.

Y – przemieszczenie w stopniach, od poziomu dla ruchu w płaszczyźnie strzałkowej;

X – przemieszczenie w stopniach, od poziomu dla ruchu w płaszczyźnie czołowej;

N – liczba przykładów.

Test ryzyka upadków pozwolił wyznaczyć wskaźnik ryzyka upadków (z ang. *Fall Risk Index* - FRI). W ciągu 20 s platforma zmieniała stabilność z 6 do poziomu 2-iego w przedziałów sugerowanych przez firmę Biodex⁴. Z racji tego, że duża część badanych nie była w stanie wykonać próby na poziomie 6-2 z powodu zaburzeń równowagi, przeprowadzono również badanie, w którym platforma zmieniała swój poziom niestabilności z poziomu 12 do 6. Aby uzyskać wskaźnik FRI wykonano badanie na platformie z podłożem niestabilnym, gdyż dostosowanie się organizmu do zakłóceń zewnętrznych, prawidłowa szybka reakcja na gwałtowne zmiany pozycji ciała jest niezbędną do oceny FR. Należy zaznaczyć, że badania w warunkach statycznych nie oddają w pełni złożoności mechanizmu kontroli równowagi. Natomiast, badanie na platformie o ruchomym podłożu, imitującym warunki ruchu, pozwalają na dokładniejszą ocenę stanu funkcjonalnego narządu równowagi. Wysoka wartość wszystkich powyższych indeksów stabilograficznych świadczy o dużych wychyleniach ciała i o problemach z utrzymaniem równowagi.

Rysunek 1. Obrazy ekranu oraz referencyjne przedziały wyników dla testu ryzyka upadków (Fall Risk Test) na zmieniającym się poziomie niestabilności platformy z poziomów 6-2 wg firmy Biodex Balance System SD.⁵



Figure A.13. The Fall Risk Testing screen.



Figure A.14. The Fall Risk Testing Options screen.

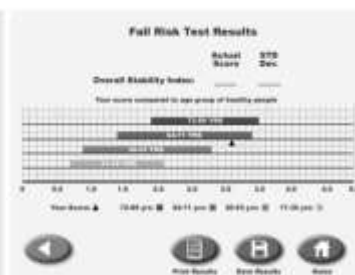


Figure A.15. A sample Fall Risk Test Results screen.

⁴ https://www.biodex.com/sites/default/files/950300man_08060.pdf

⁵ https://www.biodex.com/sites/default/files/950300man_08060.pdf

Przegląd piśmiennictwa

Przegląd piśmiennictwa, który został przedstawiony w jednej z prac, dotyczył metod diagnostycznych, leczenia oraz wpływu SO na stan zdrowia. Przegląd został przeprowadzony przez jedną osobę. Przeanalizowane zostały artykuły z naukowych baz PubMed i ScienceDirect. Do przeglądu włączono prace, które spełniły następujące kryteria:

- tematyka dotyczyła SO u seniorów
- prace dotyczyły diagnostyki leczenia lub wpływu SO na stan zdrowia seniorów
- artykuły o charakterze badawczym
- prace opublikowane zostały między styczniem 2015, a marcem 2020 roku.

Z przeglądu wyłączono:

- prace o charakterze przeglądowym
- prace, w których cele lub wyniki dotyczyły zmiany składu masy ciała związanego z tkanką tłuszczową, masą ciała lub siłą mięśniową, bez bezpośredniego nawiązania do definicji SO
- prace przedstawiające wyniki pilotażowe lub bez kompletnych wyników i wniosków, przedstawiające jedynie metodologię pracy
- artykuły powtarzające się w obu bazach danych

Po wpisaniu słowa kluczowego „*sarcopenic obesity*” znaleziono 1,672 prac z Science Direct i 684 z PubMed. Po dodaniu słów: „*diagnostic*”, „*treatment*”, „*elderly*” i „*physical therapy*” z operatorem ‘OR’, liczba publikacji zmniejszyła się do 200. Po zastosowaniu odpowiednich kryteriów włączenia i wyłączenia, pozostało 70 prac. Po szczegółowej analizie streszczeń wyłoniono 18 artykułów.

Aby przegląd, był bardziej przejrzysty prace podzielone zostały na dwie grupy. Pierwsza z nich zawierała 6 prac o wpływie SO na stan zdrowia w różnych dziedzinach medycyny. Druga natomiast, 12 publikacji o wpływie różnych terapii na leczenie SO.

Analizy statystyczna

Analiza statystyczna została przeprowadzona w programie STATISTICA (v.13) StatSoft USA. W pracach przyjęto poziom istotności $p < 0.05$. Rozkłady normalności analizowanych parametrów zostały ocenione za pomocą testu Shapiro-Wilka. Zastosowano proste korelacje rang Spearmana lub Pearsona. Przy porównywaniu grup wykonano testy jednorodności

wariancji Levene'a i Brown–Forsythe. Jednoczynnikowe i wieloczynnikowe (dwuczynnikowe) analizy wariancji oraz testy post-hoc (test NIR) zostały wykorzystane do oceny różnic pomiędzy poszczególnymi grupami badanych. W modelach wieloczynnikowych oprócz efektów głównych sprawdzono również efekty interakcji. Dodatkowo w analizie regresji krokowej wstecznej do modelu włączono zmienne o rozkładzie normalnym. W przypadku, gdy rozkład zmiennych był różny od normalnego, wówczas wykonano ich transformację w postaci logarytmizacji. W celu potwierdzenia predyktorów, wykonano analizę regresji krokowej postępującej.

7.2. Wyniki badań

Funkcjonalna ocena ryzyka upadków

W pierwszej publikacji⁶ przedstawiono użyteczność wybranych testów funkcjonalnych w ocenie ryzyka upadków u senierek. Celem pracy było porównanie wyników testów FRT (wychylenie w przód w pozycji stojące), TUG i zmodyfikowanego testu Unterbergera) z obiektywnymi parametrami stabilograficznymi w ocenie FR u senierek.

Ze względu na historię upadków, uczestniczki, które miały incydent upadku w roku poprzedzającym badania zakwalifikowano do grupy Fallers (z ang. *fallers*- upadające), a bez do Non-fallers (z ang. *non-fallers*- nieupadające). Analiza wariancji wykazała różnice pomiędzy grupami w parametrze MLSI EC. Ponadto, ANOVA wykazała różnicę pomiędzy grupami w TUG ($p=0.068$), FRT ($p=0.015$), MLSI EO ($p=0.0118$) i MLSI EC ($p=0.05$). Z kolei, test ryzyka upadku 6-2 (*fall risk index- FRI 6-2*) z grupy osób upadających (z incydem upadku) z powodu dużych zaburzeń równowagi wykonały tylko 4 uczestniczki. Z tego powodu niemożliwe było wykonanie właściwej analizy statystycznej w ocenie różnic pomiędzy grupami w powyższym parametrze.

Wykazano, również że wyniki testu FRT nie korelują z żadnym z parametrów stabilograficznych. Natomiast, wykazano istotną statystycznie korelację wyników TUG z: OSI EO ($r=0.314$), MLSI EO ($r=0.297$) i FRI6-2 ($r=0.435$). Wyniki zmodyfikowanego testu Unterbergera korelowały natomiast z: MLSI EO ($r=0.276$) i MLSI EC ($r=0.310$). Wykazano, że badane, które miały lepszy wynik w teście FRT, osiągały krótszy czas w teście TUG ($r=-0.399$).

⁶ Bobowik, P., Wiszomirska, I., Leś, A., Kaczmarczyk, K. (2020). Selected Tools for Assessing the Risk of Falls in Older Women. *Biomed Res Int*, 2020, s. 1-6. DOI: 10.1155/2020/2065201

Z racji tego, że niektóre incydenty upadków kwalifikujące badane do grupy osób upadających mogły mieć inne podłoże niż zaburzenia równowagi (czynniki środowiskowe) badane podzielono również na dwie grupy na podstawie osiągniętych wyników w zmodyfikowanym teście Unterbergera (grupa z testem pozytywnym $n=32$, grupa z testem negatywnym $n=23$). Istotnie statystycznie korelacje wykazano pomiędzy wynikami testu, a wskaźnikami MLSI EC ($r=0.276$) i OSI EC ($r=0.310$). Analiza wariancja wskazywała na różnice między grupami w APSI EO i OSI EO ($p<0.05$). Istotna statystycznie korelację wykazano między wynikami testu, a wartościami indeksów MLSI EC ($p=0.014$) i OSI EC ($p=0.028$).

Ryzyko upadków, a siła mięśniowa

W drugim artykule⁷ przedstawiono zależność diagnostyczną ryzyka upadków i siły mięśniowej u seniorek. Celem powyższej pracy była weryfikacja, które narzędzia diagnostyczne wykorzystywane do oceny siły mięśniowej w sarkopenii mogą być również stosowane w ocenie FR u seniorek.

Początkowe wyniki pokazały, że HGS i KES nie korelują z wartościami statycznych indeksów stabilograficznych (OSI, APSI, MLSI) zarówno z oczami otwartymi jak i zamkniętymi. Ponadto, HGS nie korelowało z właściwym wskaźnikiem FR - FRI12-6 ($r=-0.00498$). Natomiast wartości FRI12-6 istotnie były skorelowane z KES zarówno prawej ($r=-0.492$) jak i lewej ($r=-0.427$) kończyny dolnej. Do dalszych analiz statystycznych wykorzystano wartości KES lewej kończyny dolnej, będącej u wszystkich badanych kończyną podporową. Do powyższej analizy statystycznej wykorzystano wskaźnik FRI wyznaczony na poziomach niestabilności platformy 12-6, ponieważ test na poziomie 6-2 wykonała zbyt mała liczba badanych.

Badane podzielone zostały ze względu na wartości HGS, KES i wyników testu krzesła. Analiza statystyczna nie wykazała zróżnicowania pomiędzy grupami z niską i normalną siłą mięśniową w wartościach statycznych parametrów stabilograficznych (OSI, APSI, MLSI) z oczami otwartymi i zamkniętymi ($p>0.05$).

Badane podzielone zostały na grupy wiekowe wg wytycznych WHO. Do grupy młodszych zakwalifikowane zostały badane w przedziale wiekowym pomiędzy 60, a 74 rokiem życia. W grupie starszych znalazły się badane w wieku pomiędzy 75, a 90 rokiem

⁷ Bobowik, P., Wiszomirska, I. (2020). Diagnostic dependence of muscle strength measurements and the risk of falls in the elderly. *Int J Rehabil Res*, 43(4), s. 330-336. DOI: 10.1097/MRR.0000000000000430.

życia⁸. Test dwuczynnikowej analizy wariancji dla efektów głównych wykazał istotny wpływ normalnej i niskiej siły KES na wartość wskaźnika FRI w grupach wiekowych. Wykazano istotne statystycznie różnice w wartości FRI12-6 pomiędzy badanymi z niską i normalną siłą mięśniową w grupach wiekowych. ($p=0.047$), czego nie wykazano w przypadku podziału ze względu na siłę HGS ($p=0.949$).

Badane podzielone zostały na dwie grupy wg historii upadków w ostatnim roku kalendarzowym na upadające (z ang. *fallers*) i nieupadające (z ang. *non-fallers*) i grupy siły mięśniowej (normalna/ słaba). Jednakże, z grup osób upadających z normalną siłą KES i upadających z niską siłą HGS tylko test ryzyka upadków (FRI12-6) wykonało tylko po 5 badanych, co uniemożliwiło właściwą analizę statystyczną.

Ryzyko upadków, a otyłość

W trzeciej publikacji⁹ przedstawiono wpływ otyłości i wieku na zaburzenia równowagi u starszych kobiet. Celem była ocena czy nadmierna masa ciała i starszy wiek w ten sam sposób warunkują występowanie ryzyka upadków u seniorek, i czy wpływają one na te same wskaźniki stabilograficzne.

Wykazano istotne statystycznie korelacje pomiędzy wiekiem badanych, a wskaźnikami OSI EO ($r=0.370$), APSI EO ($r=0.392$) i FRI12-6 ($r=0.389$). Istotne korelacje były również pomiędzy BMI, a indeksami OSI EC ($r=0.392$), APSI EC ($r=0.312$) i FRI12-6 ($r=0.455$). Badane podzielone zostały na grupy ze względu na wartości wskaźnika BMI na otyłe i nieotyłe¹⁰. Wykazano istotne statystycznie różnice pomiędzy otyłymi i nieotyłymi w wartościach indeksów OSI EC ($p=0.016$), APSI EC ($p=0.035$), MLSI EC ($p=0.041$) i FRI12-6 ($p=0.005$). Badane podzielone zostały również na grupy wiekowe. Wykazano istotne statystycznie różnice pomiędzy młodszymi i starszymi badanymi w indeksach OSI EO ($p=0.009$), APSI EO ($p=0.005$) i FRI12-6 ($p=0.003$). Obliczona także effect size (wskaźnik Cohena: będący różnicą pomiędzy średnimi (M) podzieloną przez odchylenie standardowe (SD) przy czym SD było pierwiastkiem kwadratów średnich dwóch grup podzielonym przez 2) w próbie na podstawie wzorów:

$$1. \text{Cohen's } d = (M2 - M1) / SD,$$

⁸ WHO: World Health Organization, <https://pssegostyn.pis.gov.pl/plikijednostki/wssegorzow/pssegostyn/userfiles/file/Oswiata/C5%9ADZ%20informacja.pdf>. Accessed 13 December 2019.

⁹ Bobowik, P., Wiszomirska, I. (2021). The impact of obesity and age on the risk of falls in older woman. *Acta Bioeng Biomech*, 23 (2), s. 123-130. DOI: 10.37190/ABB-01804-2021-03.

¹⁰ WHO: World Health Organization. Mean Body Mass Index (BMI), https://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/bmi_text/en/. Accessed 13 December 2019.

$$2. SD = \sqrt{((SD1^2 + SD2^2) / 2)}$$

Ponadto, wykonano analizę wariancji i testy post-hoc (test NIR) dla otyłości i wieku. Wykazano istotne statystycznie różnice pomiędzy otyłymi i nieotyłymi uczestniczkami w grupach wiekowych w indeksach OSI EO ($p=0.027$), APSI EO ($p=0.034$) i FRI 12-6 ($p=0.0002$). Wskaźnika OSI EO pokazał różnicę pomiędzy nieotyłymi- młodymi i nieotyłymi- starszymi ($p=0.0043$), APSI EO pomiędzy nieotyłymi- starszymi i nieotyłymi młodymi ($p=0.009$) oraz pomiędzy otyłymi starszymi i nieotyłymi- młodymi ($p=0.0402$). Ponadto, nie wykazano, że istnieją różnice statystyczne w wartościach FRI12-6 pomiędzy wszystkimi kombinacjami grup, prócz badanymi nieotyłymi- starszymi i otyłymi- młodszyymi ($p=0.864$).

Analiza wariancji dla efektów głównych nie wykazała istotnego wpływu otyłości lub jej braku na wartości statycznych wskaźników stabilograficznych w grupach wiekowych. Pomimo, że wiek i otyłość istotnie osobno wpływają na wartości statycznych wskaźników stabilograficznych, nie wykazano żadnych współzależności między nimi. Podobna sytuacja była w przypadku FRI 12-6 ($p=0.974$). Wykazano, że wiek i otyłość osobno istotnie wpływają na zaburzenia równowagi w warunkach dynamicznych, aczkolwiek nie ma między nimi interakcji.

Otyłość sarkopeniczna

W związku z tym, że proces starzenia silnie powiązany jest ze zmianami w składzie masy ciała, w czwartej pracy¹¹ wykonano przegląd literatury dotyczący SO u osób starszych. Przegląd dotyczył metod leczenia oraz kryteriów diagnostycznych stosowanych w rozpoznawaniu SO. Ponadto, zweryfikowano wpływ SO na stan zdrowia osób starszych.

Z przeglądu wynika, że SO definiuje się jako stan, ściśle powiązany z współwystępowaniem otyłości oraz sarkopenii. Ponadto wykazano, że SO ma negatywny wpływ na stan zdrowia w wielu dziedzinach medycyny m.in.: w chorobach oddechowych, u pacjentów bariatrycznych i po zabiegach kardiologicznych, w zmianach zwyrodnieniowych. Dodatkowo SO warunkuje niski stan funkcjonalny i ryzyko upadków.

Stosowane w diagnostyce SO wskaźniki, ich zestawienie oraz ich wartości są mocno zróżnicowane i zależne od preferencji autorów badań. Jednakże, najczęściej stosowanymi wskaźnikami oceny SO są: BMI w przedziale 25–30kg/m², procent tkanki tłuszczowej (z ang. *Body Fat Percentage* - BF%) w przedziale 27%-42%, wskaźnik masy mięśni

¹¹ Bobowik, P. (2020). Sarcopenic obesity in older people. *Adv Rehab*, 34(4), s. 25–35. DOI: 10.5114/areh.2020.100297.

szkieletowych (z ang. *Skeletal Muscle Mass Index* - SMI) w przedziałach $SMI < 24-27\%$; $SMI < 5.67\text{kg}-8.87\text{kg}/\text{m}^2$; $SMI > 0.789$), beztłuszczowa tkanka miękka (z ang. *Appendicular Lean Soft Tissue* - ALST) o wartościach ($x < 15.02\text{kg}$). Do pozostałych należą m.in.: obszar tłuszczu trzewnego (z ang. *Visceral Adipose Tissue* - VAT) w wartościach $x > 69.0\text{cm}^2$ u kobiet i $x > 103.0\text{cm}^2$ u mężczyzn, obwód talii (z ang. *waist circumference* - WC) o wartościach $x > 88\text{cm}$ u kobiet i $x > 103\text{cm}$ u mężczyzn, indeks tkanki tłuszczowej w najwyższym tertylu (z ang. *fat tissue index in the highest tertile*) o wartości $x > 13.9\text{kg}/\text{m}^2$, beztłuszczowej masy ciała (z ang. *Lean Body Mass* - LBM) poniżej $< 90\%$ idealnej masy beztłuszczowej osoby badanej.

Co więcej wysoką skuteczność w leczeniu SO wykazują aerobowe i oporowe programy treningowe, całościowa elektrostymulacja ciała (z ang. *Whole- Body Electromyostimulation*- WB-EMS), zbilansowana dieta, a także odpowiednia terapia psychologiczna. Z powyższego przeglądu wynika również, że poprawa wartości wybranych parametrów funkcjonalnych (masa ciała, siła mięśniowa) poprzez zastosowanie odpowiednich kryteriów diagnostycznych oraz interwencji terapeutycznych, można wpłynąć na poprawę stanu zdrowia pacjenta.

Statyczne predyktory ryzyka upadków

Jak już wcześniej wspomniano, diagnostyka FR może odbywać się w ruchu bądź statycznie (w bezruchu). Jednakże, często stan zdrowia pacjenta bądź inne czynniki zewnętrzne nie pozwalają na ocenę FR w dynamice. W streszczeniu konferencyjnym *International Conference of the Polish Society of Biomechanics*¹² zaprezentowano analizę regresji krokowej wstecznej w celu ustalenia, które zmienne niezależne spośród statycznych wskaźników stabilograficznych pozwalają przewidzieć FR u seniorek.

W celu predykcji wskaźnika FRI przez statyczne wskaźniki stabilograficzne wykonano regresję krokową wsteczną, poprzedzoną analizą prostych korelacji rang Spearmana. Model zbudowano w oparciu o zmienne objaśniające, do których należały statyczne parametry stabilograficzne, wyznaczone z oczami otwartymi (z ang. *eyes open*-EO) oraz z oczami zamkniętymi (z ang. *eyes closed*-EC): OSI EO, APSI EO, MLSI EO, OSI EC, APSI EC i MLSI EC. W związku z tym, że rozkład wszystkich wskaźników stabilograficznych był różny od normalnego, wykonano ich transformację w postaci logarytmizacji. Następnie ponownie oceniono ich rozkład. Dopasowanie modelu oceniano

¹² Bobowik, P., Wiszomirska, I. (2021). Assessing Fall Risk in Older Women. BIOMECHANICS 2020. International Conference of the Polish Society of Biomechanics. 09-10.09.2021, Warszawa. Streszczenie konferencyjne z wystąpieniem ustnym.

współczynnikiem determinacji (R^2), skorygowanym względem liczebności próby i liczby współczynników regresji. Przyjęto poziom istotności o wartości $p < 0.05$. W wyniku stopniowej eliminacji zmiennych, analiza wykazała, że FR można przewidzieć w 35% na podstawie MLSI EO. Wykonano również analizę wykresu normalności reszt. Wyniki analizy znajdują się w tabeli 1 (Tabela 1).

Tabela 1. Wyniki analizy regresji krokowej wstecznej dla zmiennej zależnej FRI 12-6.

$R^2 = 0.3458$; $F(1,53) = 28.013$; $p < 0.000$; Błąd std. estymacji: 0.4336						
	b*	bl. std. z b*	b	bl. std z b	t(53)	p
wyraz wolny			1.1589	7.4464	7.4464	0.000
MLSI EO	0.5880	0.1111	0.4840	0.0914	5.2927	0.000

Legenda 2.

R^2 - współczynnik determinacji; b - wartość współczynnika równania regresji; p - istotności różnicy; MLSI- Medial-Lateral Stability Index with eyes open (EO);

W celu potwierdzenia wyników powyższej analizy wykonano regresję krokową postępującą.

Predykcja ryzyka upadków

W celu uzupełnienia cyklu rozprawy doktorskiej i podsumowania wszystkich powyższych analiz, wykonano dodatkową analizę statystyczną w formie regresji krokowej wstecznej. Jej założeniem było, wyznaczenie najsilniejszych predyktorów ryzyka upadków u senierek z pośród parametrów, które w powyższych badaniach wykazały pewną istotność w diagnostyce FR u senierek.

W celu znalezienia zestawu parametrów najlepiej opisującego zmienną zależną, do modelu włączono następujące zmienne niezależne: wiek, wskaźnik BMI, parametr MLSI EO, wyniki TUG, wyniki testu krzesła i zmodyfikowanej próby Unterbergera oraz KES lewej kończyny dolnej. Do modelu weszły zmienne o rozkładzie normalnym, a w przypadku rozkładu różnego od normalnego, wykonano ich transformację w postaci logarytmizacji. Dokonano transformacji wyników BMI, MLSI EO, testu krzesła i testu TUG. Zmienną zależną był wskaźnik FRI 12-6, który również został poddany transformacji. Wykonano również analizę wykresu normalności reszt. Wyniki regresji krokowej wstecznej znajdują się w tabeli 2 (Tabela 2).

Tabela 2. Wyniki analizy regresji krokowej wstecznej dla zmiennej zależnej FRI 12-6.

$R^2 = 0.5484$; $F(3,52) = 21.050$; $p < 0.00000$; Błąd std. estymacji: 0.36549						
	b*	bl. std. z b*	b	bl. std z b	t(52)	p

wyraz wolny			-3.2462	1.042	-3.1148	0.002993
MLSI EO	0.4351	0.0947	0.3418	0.0744	4.5915	0.000028
KES L	-0.3244	0.0933	-0.006	0.0017	-3.4755	0.001038
BMI	0.4293	0.0947	1.378	0.3039	4.533	0.000034

Legenda 3.

R²- współczynnik determinacji; *b*- wartość współczynnika równania regresji; *p* – istotności różnicy; *MLSI*- Medial-Lateral Stability Index with eyes oper (EO); *KES L*- knee extensor strength of the left lower limb; *BMI*- Body Mass Index;

Powyższa analiza pokazuje, iż zmienne MLSI EO, KES L oraz BMI mogą być predyktorami ryzyka upadków w 55%. Należy zauważyć, że na podstawie wartości wyrazu wolnego w równaniu regresji, nie uwzględniono około 45% innych wielkości, które mają także wpływ na FR. W celu potwierdzenia wyników powyższej analizy wykonano regresję krokową postępującą.

7.3. Podsumowanie i dyskusja

Złożona etiologia zaburzeń równowagi sprawia, że stanowią one trudny problem diagnostyczny i leczniczy. W przypadku oceny zaburzeń równowagi u osób starszych zaleca się diagnostykę wieloczynnikową. Złożony charakter tej oceny powoduje, że niektóre sytuacje wymagają przekierowania pacjenta do innych wykwalifikowanych pracowników służby zdrowia, podczas gdy inne wchodzą w zakres praktyki fizjoterapeuty (Avin i in., 2015). Rosnąca populacja osób starszych, zmusza to przede wszystkim wymaga odpowiedniej diagnostyki (Dykes i in., 2019). Co więcej, seniorzy powinni być poddawani badaniom przesiewowym pod kątem ryzyka upadku co najmniej raz w roku (Avin i in., 2015).

Wyniki powyższych badań pokazują, że test FRT nie jest skutecznym narzędziem diagnostycznym FR. Już Berhman i in. (2002) wykazali, że test ten jest w stanie zdiagnozować tylko 30% osób z wcześniejszym incydem upadku. Jest to rezultat możliwości licznych kompensacji w trakcie wykonywania tego testu chociażby w obrębie grzbietu, co potwierdzili w swoich badaniach de Warquier-Leroy i in. (2014). Dodatkowo, test FRT przeprowadzany jest w statyce, co może budować fałszywy obraz stabilności posturalnej w ruchu. Warto zaznaczyć, że wynik słaby tego testu w ocenie zaburzeń równowagi, nie oznacza, że FRT nie może dawać informacji na temat ogólnego stanu funkcjonalnego osoby starszej.

Z drugiej strony, wyniki powyższych analiz wskazują, że FR może być rozpoznawane za pomocą testu TUG i zmodyfikowanego testu Unterbergera. Khen i in.(2019) w swoich badaniach również potwierdzili korelację testu TUG z wartościami wskaźników

stabilograficznych wyznaczonymi na platformie BBS. Zasugerowali również, że w ocenie FR badający nie powinien sugerować się wynikami pojedynczego testu funkcjonalnego, ale wykonać co najmniej dwa w celu potwierdzenia diagnozy. Z kolei Melo i in. (2017) również wykazali istotnie statystyczną zależność pomiędzy wynikami testu Unterbergera, a parametrami stabilograficznymi. Co ciekawe, Tjernstrom i in. (2015) w badaniach oceniających skuteczność ich terapii pokazali, że doszło do istotnej redukcji przemieszczenia w przód w ponownie wykonanym przez badanych teście Unterbergera, bez istotnego zmniejszenia kąta rotacji. Warto zaznaczyć, że oba te testy wykonywane są w ruchu, co sugeruje, że diagnostyka zaburzeń równowagi powinna odbywać się właśnie w warunkach dynamicznych.

Narzędzia stosowane do funkcjonalnej oceny sarkopenii, mogą jednocześnie sugerować współwystępowanie FR u seniorów. Testami potwierdzającymi zarówno zaburzenia równowagi jak i słabą siłę mięśniową są wyniki momentów sił mięśniowych kończyn dolnych i testu krzesła. W związku z tym, należy stosować inne testy do wykonania tzw. diagnostyki różnicowej, mówiącej o tym, czy stan seniora związany jest z faktycznymi zaburzeniami kontroli systemu równowagi, czy tylko osłabieniem siły mięśni kończyn dolnych (Wiśniowska-Szurlej i in., 2019).

Z powyższych badań wynika, również że niska siła mięśniowa może prowadzić do upadków. We wcześniejszych badaniach odnotowano wyższy spadek masy mięśniowej w obrębie kończyn dolnych niż górnych. Prawdopodobnie jest to związane z postępującym ograniczaniem poziomu aktywności fizycznej u seniorów, który angażuje w większym stopniu właśnie mięśnie kończyn dolnych (Krzymińska-Siemiaszko i in., 2019). Mclean i in. (2014) oraz Yeung i in. (2019) w swoich pracach stwierdzili, że niska siła mięśniowa jest powiązana z zaburzeniami równowagi u seniorów. Gomes i in. (2015) otrzymując korelację siły prostowników stawu kolanowego z wartościami statycznych parametrów stabilograficznych zasugerowali, że przyczyną upadków jest niska siła mięśniowa kończyn dolnych. Warto wspomnieć, że Menant i in. (2017) również dowiedli, że siła mięśniowa kończyn dolnych jest efektywna w predykcji równowagi i stanu funkcjonalnego. Wyniki te wskazują na bezpośrednią zależność występowania sarkopenii i ryzyka upadku (Wiśniowska-Szurlej i in., 2019).

Warto wspomnieć również, że siła HGS będąca złotym standardem diagnostycznym sarkopenii, nie wskazuje na występowanie ryzyka upadków u senierek. Alonso i in. (2018) w swoich badaniach również udowodnił, że HGS nie wpływa na ryzyko upadków, pomimo

że może być predyktorem siły mięśniowej u człowieka. Co więcej, Felicio i in. (2014) stwierdzili, że HGS nie ma związku z siłą mięśni kończyn dolnych, pomimo, że zarówno siła kończyn górnych jak i dolnych jest stosowana do oceny sarkopenii. Z kolei, Yang i in. (2019) zarekomendowali test krzesła jako użyteczne narzędzie do oceny siły mięśniowej kończyn dolnych. Z powyższych badań wynika, że test ten może być również narzędziem screeningowym FR, niezależnie od zastosowanej wersji tego testu, co w swoich badaniach dowiedli Reider i in. (2016).

Z wiekiem wraz ze zmniejszeniem masy mięśniowej dodatkowo dochodzi proporcjonalny wzrost ilości tkanki tłuszczowej. Z badań wynika, że zarówno wiek, jak i nadmierna masa ciała wpływają na wystąpienie ryzyka upadków u senierek. U seniorów dochodzi do pogorszenia równowagi w związku z procesem starzenia (Gonzalez i in., 2019). Z kolei otyłość powoduje pogorszenie funkcji systemu proprioceptywnego oraz redukcję czułość stóp z powodu ciągłego nacisku masy ciała, co przekłada się na pracę mechanoreceptorów stopy (Hue i in., 2007; Gonzalez i in., 2020). Aczkolwiek, wskaźniki te determinują inne parametry stabilograficzne: wiek- dynamiczny parametr stabilograficzny i parametry statyczne z oczami otwartymi, otyłość- dynamiczny parametr stabilograficzny i statyczne z oczami zamkniętymi. Lee i in. (2020) wykazali, że otyli seniorzy charakteryzują się gorszą równowagą, co bezpośrednio jest związane ze słabą siłą mięśni kończyn dolnych, co w zasadzie jest bezpośrednim nawiązaniem do otyłości sarkopenicznej. Co więcej, zasugerowali, że wysoki wskaźnik BMI, może być niezależnym czynnikiem ryzyka upadków, podobnie jak wiek. Z powyższego wynika, że upadki mogą wystąpić już przy obecności jednego z czynników (wiek, otyłość). W związku z tym, redukcja nadmiernej masy ciała w starszym wieku, może przyczynić się do poprawy równowagi, podobnie jak poprawa siły mięśniowej. Ozuruk i in. (2018) stwierdzili, że osoby z otyłością sarkopeniczną są w najwyższym ryzyku wystąpienia zaburzeń równowagi. W ten sposób można poprawić nie tylko stan równowagi seniorów, ale również opóźnić pewne zmiany inwolucyjne.

Najsilniejszymi predyktorami ryzyka upadków u starszych kobiet są: BMI, siła prostowników stawu kolanowego oraz wychylenia boczne w płaszczyźnie czołowej z oczami otwartymi (MLSI EO). Szczególnie zastanawiający i wymagający dalszych badań jest związek pomiędzy BMI, a siłą mięśniową w odniesieniu do problemu otyłości sarkopenicznej u senierek. Na podstawie powyższych predyktorów, wydawać by się mogło, że podjęcie aktywności fizycznej w celu redukcji nadmiernej masy ciała i poprawy siły

mięśniowej może poprawić nie tylko kontrolę równowagi, ale również prawdopodobnie opóźnić zmiany inwolucyjne.

Podsumowując, wykorzystanie parametrów siły i otyłości, a także testów funkcjonalnych może być bardzo cenne w fizjoterapeutycznej ocenie FR. Jednakże, należy zaznaczyć, że część tych parametrów należy do metod szacunkowych, pomimo silnych związków z parametrami stabilograficznymi, co potwierdzają wyniki analizy regresji pokazujące przewagę diagnostyczną narzędzi obiektywnych. Ponadto, skuteczna diagnostyka zaburzeń równowagi wymaga dokładnego zrozumienia złożonych mechanizmów neurofizjologicznych wpływających na właściwą kontrolę ciała w pozycji stojącej. W związku z wykazaniem predykcji ryzyka upadków przez BMI oraz siłę mięśniową kończyn dolnych, należy kontynuować badania w celu oceny wpływu otyłości sarkopenicznej na ryzyko upadków u senierek oraz ujednoczenia kryteriów diagnostycznych SO.

W celu uzupełnienia wnioskowania o czynnikach ryzyka upadków w kolejnych badaniach należałoby wykorzystać akcelerometr umieszczony na kości krzyżowej. Da to możliwość analizy wychyleń w poszczególnych płaszczyznach w trakcie chodu. Należy również opracować referencyjne normy wartości momentów siły mięśni kończyn dolnych w przypadku oceny ryzyka upadków u seniorów oraz oceny zależności pomiędzy ryzykiem upadków, a wartościami masy mięśniowej rekomendowanej przez EWGSOP2.

8. Wnioski

1. Test FRT może dawać terapeutę informacje o ogólnym stanie funkcjonalnym pacjenta, niekoniecznie związanym z zaburzeniami równowagi, ze względu na ocenę w warunkach statycznych i wielu możliwości jego kompensacji.
2. Do funkcjonalnej oceny ryzyka upadków bardziej odpowiednie mogą być: zmodyfikowany test Unterbergera i TUG ze względu na dynamiczny charakter tych testów oraz bardziej złożoną funkcję, gdyż diagnostyka FR nie powinna opierać się na wynikach pojedynczego testu funkcjonalnego.
3. Momenty siły mięśniowej prostowników stawu kolanowego (KES) i test krzesła stosowane do funkcjonalnej diagnostyki sarkopenii mogą również pośrednio wskazywać na ryzyko upadków u senierek, jednak wydaje się, że powinny być one uzupełnione bardziej specyficznymi testami dla FR.
4. Wiek i otyłość istotnie mogą warunkować występowanie FR u senierek, aczkolwiek zaburzenia równowagi mogą wystąpić zarówno u osób starszych, niezależnie od masy ciała, bądź u otyłych niezależnie na wieku.
5. Do oceny ryzyka upadków lepsze wydają się warunki dynamiczne niż statyczne. Natomiast w warunkach statycznych najlepszym diagnostycznie parametrem jest MLSI czyli wychylenia boczne.
6. Uzyskane wyniki predyktorów ryzyka upadków wskazują, że prawdopodobnie redukcja nadmiernej masy ciała i poprawa siły mięśni kończyn dolnych w starszymi wieku może przyczynić się do poprawy równowagi i opóźnić zachodzące z wiekiem zmiany inwolucyjne.
7. Powyższe badania podkreślają wieloczynnikowy wpływ na wystąpienie ryzyka upadków wskazując jednocześnie konieczność poszukiwania mechanizmów neurofizjologicznych zaburzeń równowagi i holistycznego podejścia do ich oceny oraz kontynuacji badań na większym materiale.

9. Piśmiennictwo

1. Alonso, A. C., Ribeiro, S. M., Luna, N. M. S., Peterson, M. D., Bocalini, D.S., Serra, M. M., Brech, G. C., Greve, J. M. D., Garcez-Leme, L. E. (2018). Association between handgrip strength, balance, and knee flexion/ extension strength in older adults. *PLoS*, 13(6), e0198185. DOI: 10.1371/journal.pone.0198185.
2. Anker, S.D., Morley, J.E., von Haehling, S. (2016). Welcome to the ICD-10 code for sarcopenia. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 7(5), s. 512–514. DOI: 10.1002/jcsm.12147.
3. Arnold, B. L., Schmitz, R. J. (1998). Examination of balance measures produced by the biodex stability system. *J Athl Train*. 33(4), s. 323-327.
4. Avin, K. G., Hanke, T. A., Kirk-Sanchez, N., McDonough, C. M., Shubert, T. E., Hardage, J., Hartley, G. (2015). Academy of Geriatric Physical Therapy of the American Physical Therapy Association. Management of falls in community-dwelling older adults: clinical guidance statement from the Academy of Geriatric Physical Therapy of the American Physical Therapy Association. *Phys Ther*. 95(6), s. 815-34. DOI: 10.2522/ptj.20140415.
5. Barazzoni, R., Bischoff, S., Boirie, Y., Busetto, L., Cederholm, T., Dicker, D., Toplak, H., Van Gossum, A., Yumuk, V., Vettor, R. (2018). Sarcopenic Obesity: Time to Meet the Challenge. *Obes Facts*, 11(4), s. 294–305. DOI: 10.1159/000490361.
6. Behrman, A. L., Light, K. E., Flynn, S. M., Thigpen, M. T. (2002). Is the Functional Reach Test useful for identifying falls risk among individuals with Parkinson's disease? *Arch Phys Med Rehabil*, 83(4), s. 538-542. DOI: 10.1053/apmr.2002.30934.
7. Bischoff-Ferrari, H. A., Orav, J. E., Kanis, J. A., Rizzoli, R., Schlögl, M., Staehelin, H. B., Willett, W. C., Dawson-Hughes, B. (2015). Comparative performance of current definitions of sarcopenia against the prospective incidence of falls among community-dwelling seniors age 65 and older. *Osteoporos Int*, 26(12), s. 2793–2802. DOI:10.1007/s00198-015-3194-y.
8. Błażkiewicz, M., Wiszomirska, I., Kaczmarczyk, K., Wit, A. (2018). Types of falls and strategies for maintaining stability on an unstable surface. *Med Pr*. 22;69(3), s. 245-252. DOI: 10.13075/mp.5893.00639.
9. Brown, C. N., Mynark, R. (2007). Balance deficits in recreational athletes with chronic
10. Cho, Y.H., Mohamed, O., White, B., Singh-Carlson, S., Krishnan, V. (2018). The effects of a multicomponent intervention program on clinical outcomes associated with falls in

- healthy older adults. *Aging Clin Exp Res*, 30(9), s. 1101-1110. DOI: 10.1007/s40520-018-0895-z.
11. Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper C, Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A. A., Schneider, S. M., Sieber, C. C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M., Zamboni, M. (2019). Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*, 48(1), s. 16-31. DOI: 10.1093/ageing/afy169.
 12. Davlin, C. D. (2004). Dynamic balance in high level athletes. *Percept Mot Skills* 98 (3 Pt 2), s. 1171-1176. DOI: 10.2466/pms.98.3c.1171-1176.
 13. de Souza Melo, R., dos Santos Marinho, S. E., Freire, M. E. A., Souza, R. A., Damasceno, H. A. M., Damasceno, H. A. M., Raposo, M. C. F. (2017). Static and dynamic balance of children and adolescents with sensorineural hearing loss. *Einstein (São Paulo)*, 15(3), s. 262–268. DOI: 10.1590/S1679-45082017AO3976.
 14. de Waroquier-Leroy, L., Bleuse, S., Serafi R., Watelain, E., Pardessus, V., Tiffreau, A. V., Thevenon, A. (2014). The Functional Reach Test: strategies, performance and the influence of age. *Ann Phys Rehabil Med*, 57(6-7), s. 452-464. DOI: 10.1016/j.rehab.2014.03.003.
 15. Demura, S., Sato, S., Minami, M., Kasuga, K. (2003). Gender and age differences in basic ADL ability on the elderly: comparison between the independent and the dependent elderly. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*. 22(1),s. 19–27.
 16. Dykes, P. C., Bogaisky, M., Carter, E. J., Duckworth, M., Hurley, A. C., Jackson, E. M., Khasnabish, S., Lindros, M. E., Lipsitz, S. R., Scanlan, M., Yu, S. P., Bates, D. W., Adelman, J.S. (2019). Development and validation of a fall prevention knowledge test. *J Am Geriatr Soc*; 67(1), s. 133–138. DOI: 10.1111/jgs.15563.
 17. Ercan, S., Baskurt, Z., Baskurt, F., Cetin, C. (2020). Balance disorder, falling risks and fear of falling in obese individuals: cross-sectional clinical research in Isparta. *J Pak Med Assoc*, 70(1), s. 17-23. DOI: 10.5455/JPMA.293668.
 18. Fauziana, R., Jeyagurunathan, A., Abdin, E., Vaingankar, J., Sagayadevan, V., Shafie, S., Sambasivam, R., Chong, S. A., Subramaniam, M. (2016). Body mass index, waist-hip ratio and risk of chronic medical condition in the elderly population: results from the Well-being of the Singapore Elderly (WiSE) Study. *BMC Geriatr*, 16:125, s. 1-9. DOI: 10.1186/s12877-016-0297-z.

19. Felicio, D. C., Pereira, D. S., Assumpção, A. M., de Jesus-Moraleida, F. R., de Queiroz, B. Z., da Silva, J. P., de Brito Rosa, N. M., Dias, J. M., Pereira, L. S. (2014). Poor correlation between handgrip strength and isokinetic performance of knee flexor and extensor muscles in community-dwelling elderly women. *Geriatr Gerontol Int*, 14(1), s. 185-189. DOI: 10.1111/ggi.12077.
20. Fujimoto, C., Murofushi, T., Chihara, Y., Ushio, M., Sugasawa, K., Yamaguchi, T., Yamasoba, T., Iwasaki, S. (2009). Assessment of diagnostic accuracy of foam posturography for peripheral vestibular disorders: analysis of parameters related to visual and somatosensory dependence. *Clin Neurophysiol*. 120(7), s. 1408-1414. DOI: 10.1016/j.clinph.2009.05.002.
21. Godziuk, K., Prado, C. M., Woodhouse, L. J., Forhan, M. (2019). Prevalence of sarcopenic obesity in adults with end-stage knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*, 27(12), s. 1735-1745. DOI: 10.1016/j.joca.2019.05.026.
22. Gomes, M. M., Reis, J. G., Carvalho, R. L., Tanaka, E. H., Hyppolito, M. A., Abreu, D. C. (2015). Analysis of postural control and muscular performance in young and elderly women in different age groups. *Braz J Phys Ther*, 19(1), s. 1–9. DOI: 10.1590/bjpt-rbf.2014.0068.
23. Gonzalez, M., Gates, D. H., Rosenblatt, N. J. (2020). The impact of obesity on gait stability in older adults. *J Biomech*, 100, 109585. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2019.109585.
24. Gouveia, É. R., Gouveia, B. R., Ihle, A., Kliegel, M., Marques, A., Freitas, D. L. (2019). Balance and mobility relationships in older adults: a representative population-based cross-sectional study in Madeira, Portugal. *Arch Gerontol Geriatr*, 80, s. 65–69. DOI: 10.1016/j.archger.2018.10.009.
25. Grant, A., Mackenzie, L., Clemson, L. (2015). How do general practitioners engage with allied health practitioners to prevent falls in older people? An exploratory qualitative study. *Australas J Ageing*, 34(3), s. 149–154. DOI: 10.1111/ajag.12157.
26. Grillot, J., D'Engremont, C., Parmentier, A. L., Lakkis, Z., Piton, G., Cazaux, D., Gay, C., De Billy, M., Koch, S., Borot, S., Vuitton, L. (2020). Sarcopenia and visceral obesity assessed by computed tomography are associated with adverse outcomes in patients with Crohn's disease. *Clin Nutr*, 39(10), s. 3024-3030. DOI: 10.1016/j.clnu.2020.01.00.
27. Hardy, R., Cooper, R., Aihie Sayer, A., Ben-Shlomo, Y., Cooper, C., Deary, I. J., Demakakos, P., Gallacher, J., Martin, R. M., McNeill, G., Starr, J. M., Steptoe, A.,

- Syddall, H., Kuh, D., HALCYon study team. (2013). Body Mass Index, Muscle Strength and Physical Performance in Older Adults from Eight Cohort Studies: The HALCYon Programme. *PLoS One*, 8(2), e56483. DOI: 10.1371/journal.pone.0056483.
28. Himes, C. L., Reynolds, S. L. (2012). Effect of obesity on falls, injury, and disability. *J Am Geriatr Soc*, 60(1), s. 124-129. DOI: 10.1111/j.1532-5415.2011.03767.x.
 29. Hue, O., Simoneau, M., Marcotte, J., Berrigan, F., Doré, J., Marceau, P., Tremblay, A., Teasdale, N. (2007). Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait Posture*, 26(1), s. 32–38. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2006.07.005.
 30. Khan, S. J., Khan, S. S., Usman, J. (2019). The effects of toe-out and toe-in postures on static and dynamic balance, risk of fall and TUG score in healthy adults. *Foot*, 39, s. 122–128. DOI: 10.1016/j.foot.2018.06.002.
 31. Kim, J., Lee, W., Lee, S. H. (2020). A Systematic Review of the Guidelines and Delphi Study for the Multifactorial Fall Risk Assessment of Community-Dwelling Elderly. *Int J Environ Res Public Health*, 21;17(17): 6097. DOI: 10.3390/ijerph17176097.
 32. Krzywińska-Siemaszko, R., Fryzowicz, A., Czepulis, N., Kaluźniak-Szymanowska, A., Dworak, L. B., Wieczorowska-Tobis, K. (2019). The impact of the age range of young healthy reference population on the cut-off points for low muscle mass necessary for the diagnosis of sarcopenia. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 23(10), s. 4321–4332. DOI: 10.26355/eurev_201905_17938.
 33. Landi, F., Liperoti, R., Russo, A., Giovannini, S., Tosato, M., Capoluongo, E., Bernabei, R., Onder, G. (2012). Sarcopenia as a risk factor for falls in elderly individuals: results from the *ilSIRENTE* study. *Clin Nutr*, 31(5), s. 652–658. DOI: 10.1016/j.clnu.2012.02.007.
 34. Lee, J. J., Hong, D. W., Lee, S. A., Soh, Y., Yang, M., Choi, K. M., Won, C. W., Chon, J. (2020). Relationship Between Obesity and Balance in the Community-Dwelling Elderly Population: A Cross-Sectional Analysis. *Am J Phys Med Rehabil*, 99(1), s. 65-70. DOI: 10.1097/PHM.0000000000001292.
 35. Liu, P., Hao, Q., Hai, S., Wang, H., Cao, L., Dong, B. (2017). Sarcopenia as a predictor of all- cause mortality among community-dwelling older people: A systematic review and meta-analysis. *Maturitas*, 103, s. 16–22. DOI: 10.1016/j.maturitas.2017.04.007.
 36. Lockhart, T. E., Frames, C. W., Soangra, R., Lieberman, A. (2019). Effects of Obesity and Fall Risk on Gait and Posture of Community-Dwelling Older Adults. *Int J Progn Health Manag*, 10(1), 019.

37. Lusardi, M. M., Fritz, S., Middleton, A., Allison, L., Wingood, M., Phillips, E., Criss, M., Verma, S., Osborne, J., Chui, K. K. (2017). Determining Risk of Falls in Community Dwelling Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis Using Posttest Probability. *J Geriatr Phys Ther.* 40(1), s. 1-36. DOI:10.1519/JPT.0000000000000099.
38. Marciniak, T., Wiszomirska, I., Ilnicka, L. (2018). Evaluation of Postural Stability in Young and Elderly Women. *Biomedical Human Kinetics.* 10(1), s. 134-140. DOI: 10.1515/bhk-2018-0020.
39. Matter, K. C., Sinclair, S. A., Hostetler, S. G., Xiang, H. (2007). A comparison of the characteristics of injuries between obese and non-obese inpatients. *Obesity (Silver Spring)*, 15(10), s. 2384–2390. DOI: 10.1038/oby.2007.283.
40. McLean, R. R., Shardell, M. D., Alley, D. E., Cawthon, P. M., Fragala, M. S., Harris, T. B., Kenny, A. M., Peters, K. W., Ferrucci, L., Guralnik, J. M., Kritchevsky, S. B., Kiel, D. P., Vassileva, M. T., Xue, Q. L., Perera, S., Studenski, S. A., Dam. T. T. (2014). Criteria for clinically relevant weakness and low lean mass and their longitudinal association with incident mobility impairment and mortality: the foundation for the National Institutes of Health (FNIH) sarcopenia project. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 69(5), s. 576–583. DOI: 10.1093/gerona/glu012.
41. Melillo, F., Di Sapio, A., Martire, S., Malentacchi, M., Matta, M., Bertolotto, A. (2017). Computerized posturography is more sensitive than clinical Romberg Test in detecting postural control impairment in minimally impaired Multiple Sclerosis patients. *Mult Scler Relat Disord*, 14, s. 51-55. DOI: 10.1016/j.msard.2017.03.008.
42. Menant, J. C., Weber, F., Lo, J., Sturnieks, D. L., Close, J. C., Sachdev, P. S., Brodaty, H., Lord, S. R. (2017). Strength measures are better than muscle mass measures in predicting health-related outcomes in older people: time to abandon the term sarcopenia? *Osteoporos Int*, 28(1), s. 59-70. DOI: 10.1007/s00198-016-3691-7.
43. Mitchell, R. J., Lord, S. R., Harvey, L., Close, J. C. T. (2014). Associations between obesity and overweight and fall risk, health status and quality of life in older people. *Aust N Z J Public Health*, 38(1), s. 13-18. DOI: 10.1111/1753-6405.12152.
44. Neri, S. G. R., Tiedemann, A., Gadelha, A. B., Lima, R. M. (2020). Body fat distribution in obesity and the association with falls: A cohort study of Brazilian women aged 60 years and over. *Maturitas*, 139, s: 64-68. DOI: 10.1016/j.maturitas.2020.06.009.
45. Öztürk, Z. A., Türkbeyler, İ. H., Abiyev, A., Kul, S., Edizer, B., Yakaryılmaz, F. D., Soylu, G. (2018). Health-related quality of life and fall risk associated with age-related

- body composition changes; sarcopenia, obesity and sarcopenic obesity. *Intern Med J*, 48(8), s. 973-981. DOI: 10.1111/imj.13935.
46. Perell, K. L., Nelson, A., Goldman, R. L., Luther, S. L., Prieto-Lewis, N., Rubenstein, L. Z. (2001). Fall risk assessment measures: an analytic review. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 56(12), M761-M766. DOI: 10.1093/gerona/56.12.m761.
47. Perraca, J., Olivares, P., Carbonell-baeza, A., Aparicio, V., Adsuar, J., Gusi, N. (2011). Test-retest reliability of biodex balance SD on physically active old people. *J Human Sport Exercise*, 6(2), s. 444–451. DOI: 10.4100/jhse.2011.62.25.
48. Pincivero, D. M., Lephart S. M., Henry T. J. (1995). Learning effects and reliability of the Biodex Stability System. *J Athl Training*. 30(35).
49. Reider, N., Gaul, C. (2016). Fall risk screening in the elderly: a comparison of the minimal chair height standing ability test and 5-repetition sit-to-stand test. *Arch Gerontol Geriatr*, 65, s. 133–139. DOI: 10.1016/j.archger.2016.03.004.
50. Rocha Junior, P. R., da Peres Silva, A., Garbi, F. P., Frizzo, A. C., Valenti, V. E. (2014). Effects of physiotherapy on balance and unilateral vestibular hypofunction in vertiginous elderly. *Int Arch Med*, 7(1), 8. DOI: 10.1186/1755-7682-7-8.
51. Rosenblatt, N. J., Grabiner, M. D. (2012). Relationship between obesity and falls by middle-aged and older women. *Arch Phys Med Rehabil*, 93(4), s. 718-22. DOI: 10.1016/j.apmr.2011.08.038.
52. Smee, D. J., Anson, J. M., Waddington, G. S., Berry, H. L. (2012). Association between physical functionality and falls risk in community-living older adults. *Curr Gerontol Geriatr Res*, 2012, 864516. DOI: 10.1155/2012/864516.
53. Steverson, M. (2018). Ageing and Health. World Health Organization. Pobrane z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>. (lipiec 2019).
54. Stodolka, J., Golema, M., Migasiewicz, J. (2016). Balance Maintenance in the Upright Body Position: Analysis of Autocorrelation. *J Hum Kinet*. 50, s. 45-52. DOI: doi: 10.1515/hukin-2015-0140.
55. Su, Y., Hirayama, K., Han, T., Izutsu, M., Yuki, M. (2019). Sarcopenia prevalence and risk factors among japanese community dwelling older adults living in a snow-covered city according to EWGSOP2. *J Clin Med*, 8(3), 291. DOI: 10.3390/jcm8030291.
56. Tjernström, F., Björklund, M., Malmström, E. M. (2015). Romberg ratio in quiet stance posturography- test to retest reliability. *Gait & Posture*, 42(1), s. 27–31. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2014.12.007.

57. Wiśniowska-Szurlej, A., Ćwirlej-Sozańska, A., Wołoszyn, N., Sozański, B., Wilmowska-Pietruszyńska, A. (2019). Association between handgrip strength, mobility, leg strength, flexibility, and postural balance in older adults under long-term care facilities. *Biomed Res Int*, 2019, 1042834. DOI: 10.1155/2019/1042834.
58. Wiszomirska, I., Kaczmarczyk, K., Zdrodowska, A., Błażkiewicz, M., Ilnicka, L., Marciniak, T. (2013). Evaluation of static and dynamic postural stability in young, elderly and with vision loss women. *Adv Rehab*, 27(3), s. 33-39. DOI: 10.2478/rehab-2014-0019.
59. Yang, M., Liu, Y., Zuo, Y., Tang, H. (2019). Sarcopenia for predicting falls and hospitalization in community-dwelling older adults: EWGSOP versus EWGSOP2. *Sci Rep*, 9, 17636. DOI: 10.1038/s41598-019-53522-6.
60. Yeung, S. S. Y., Reijnierse, E. M., Pham, V. K., Trappenburg, M. C., Lim, W. K., Meskers, C. G. M., Maier, A. B. (2019). Sarcopenia and its association with falls and fractures in older adults: a systematic review and meta-analysis. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 10(3), s. 485-500. DOI: 10.1002/jcsm.12411.
61. Zamboni, M., Rubele, S., Rossi, A. P. (2019). Sarcopenia and obesity. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 22(1), s. 13-19. DOI: 10.1097/MCO.0000000000000519.
62. Zhang, X., Huang, P., Dou, Q., Wang, C., Zhang, W., Yang, Y., Wang, J., Xie, X., Zhou, J., Zeng, Y. (2020). Falls among older adults with sarcopenia dwelling in nursing home or community: a meta-analysis. *Clin Nutr*, 39(1), s. 33–39. DOI: 10.1016/j.clnu.2019.01.002.

10. Prace będące podstawą rozprawy doktorskiej

10.1. Artykuł pt.: Selected tools for assessing the risk of falls in older women

Hindawi
BioMed Research International
Volume 2020, Article ID 2065201, 6 pages
<https://doi.org/10.1155/2020/2065201>

Research Article

Selected Tools for Assessing the Risk of Falls in Older Women

Patrycja Bobowik ¹, Ida Wiszomirska ¹, Anna Leś ² and Katarzyna Kaczmarczyk¹

¹Faculty of Rehabilitation, Józef Piłsudski University of Physical Education, Warsaw, Poland

²Faculty of Physical Education, Józef Piłsudski University of Physical Education, Warsaw, Poland

Correspondence should be addressed to Patrycja Bobowik; patrycjabobowik@gmail.com

Received 12 June 2020; Revised 30 October 2020; Accepted 4 November 2020; Published 16 November 2020

Academic Editor: Javier Olazar n

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

Background and Aim. This study is aimed at comparing the Functional Reach Test (FRT), Timed Up and Go (TUG), and a modified Unterberger test with stabilographic parameters (Biodex Balance System—BBS), to assess fall risk (FR) in older women. **Methods.** Fifty-five females were examined (May 2018–June 2019). Stabilographic examinations were performed with eyes open (EO) and closed (EC). An analysis of variance (ANOVA) and Spearman rank correlation were performed to determine the relationships and differences between the above tests. **Results.** The results of the TUG correlate with the overall stability index (OSI) EO ($r = 0.314$), medial-lateral stability index (MLSI) EO ($r = 0.297$), and fall risk index (FRI6-2; $r = 0.435$) in stabilographic examinations and the FRT ($r = -0.399$). The results of the modified Unterberger test correlate with MLSI EO ($r = 0.276$), OSI EC ($r = 0.310$), and MLSI EC ($r = 0.378$). There are statistically significant differences between faller and nonfaller groups in TUG ($p = 0.0068$), FRT ($p = 0.001$), and MLSI EO ($p = 0.0118$). **Conclusions.** The modified Unterberger test and TUG can be considered effective in functional FR assessment in older women. Using at least two different functional tests may improve the assessment of FR.

1. Introduction

The World Health Organization (WHO) states that between 2015 and 2050, the number of people over the age of 60 will increase from 12 to 22% [1]. One-third of older people experience a fall each year, and some of these falls could be caused by balance disorders. The rest may occur due to environmental factors or low levels of physical activity [2]. Previous studies state that 3% of all hospitalised people have suffered a fall, and 25% are injurious [3, 4]. Fall risk (FR) is still one of the most serious problems, mainly among people aged 65 and over [2, 5].

Falls are a consequence of many factors: degenerative changes in the vestibular and visual systems, deterioration of motor control, reduced muscle strength, the side effects of taking medication, and environmental factors [5, 6]. Motor functions and proprioception worsen with age [7]. Ageing also causes damage to receptors, neural pathways, and centres responsible for cognitive and equivalent functions. As a conse-

quence, there is an abnormal flow of information between the central and peripheral nervous system [4].

Identifying the risk of falls (FR) in older people is a major challenge in daily physiotherapeutic practice, despite the availability of different types of FR assessment tools. FR can be assessed functionally or stabilographically. Usually, physiotherapists exam the balance control system and (the directly related to FR) the level of physical activity, with functional tests [8]. The relationship between FR and physical functionality has therefore been evaluated [9]. Unfortunately, the tests are not able to differentiate intrinsic factors related to falls. However, these tests are focused on functional limitations in balance or gait and provide a lot of information about the patient's functional capabilities and limitations. Luckily, their use does not incur significant costs [8, 10].

The Functional Reach Test (FRT) is a clinical measure of balance used to predict FR. The FRT evaluates anterior-posterior stability by measuring the maximum forward deflection from a neutral position and the displacement of the centre

of gravity [11]. It seems that the movement of the trunk influences the test more than any displacement of the centre of pressure [12]. Notwithstanding various concerns, the FRT has been used in older people [13] and people with Parkinson's disease [11].

The Fullerton Functional Fitness Test consists of 6 elements that assess coordination, strength, agility, and balance. The Timed Up and Go (TUG) test is used more often than the other elements of the Fullerton Test [4]. It is believed that the TUG is potentially a useful tool to assess changes in a variety of substrates that affect the equivalent capabilities. It has been used to assess, for example, the physical efficiency and balance of healthy older people [4] and residents of social housing [14].

The modified Unterberger test (dynamic Romberg test), first described in 1846, is also used to assess FR. It involves walking in place with the eyes closed. It evaluates forward tilt and body rotation dynamics [15]. The reliability of the Romberg test for evaluating postural performance and determining sensory preference in postural control—at least in healthy controls—is uncertain [16]. The modified Unterberger test has not yet been evaluated for reliability. This test has however been used, for instance, in people with hearing impairments [17] and older people [19].

Body balance disorders are also diagnosed with the use of stabilographic platforms. These allow for the measurement of balance from a biomechanical perspective. Perraca et al. conclude that Biodex Balance System (BBS) SD (USA) platform measures are reliable and may be useful for measuring FR and for monitoring programs to prevent falls in older people [19]. Furthermore, stabilographic and functional tests have been used to measure the efficacy of different training regimes [4, 15]. The BBS has been used to assess balance in orthopaedic patients [18], neurological patients (Parkinson's disease) [7], people with multiple sclerosis [6], and women with hearing impairments [20]. The platform is also used to evaluate the effectiveness of functional tests [6].

The complexity of the balance control system makes assessment challenging. Previous studies have shown that functional tests' performance raises serious doubts regarding their objectivity and reliability. Sometimes, participants who get negative results in the functional test actually have balance disorders. Therefore, the utility of functional tests in clinical practice remains uncertain. This study is therefore aimed at comparing the results of the FRT, TUG, and modified Unterberger test, with the most objective tool (BBS) in the FR assessment of older women. The main question is whether the above functional tests, the most frequently used in everyday physiotherapeutic practice, are helpful and precise. Finally, in the absence of any platform, could balance disorders be diagnosed in a cheaper and more convenient way? Should FR assessment take place in a dynamic environment or in a static one?

2. Materials and Methods

The research received approval from the Warsaw Bioethical Commission in Poland. Selecting participants took place in two stages. The first stage involved an interview conducted

by a physiotherapist. To qualify, participants had to meet multiple criteria. They had to be 65 or older, be in good mental condition, and have a low level of physical activity, as declared by them. They also had to be willing to participate in the research. The second stage consisted of another interview, a cardiac examination, and electrocardiography carried out by a physician. Exclusion criteria included are as follows: a serious mental condition, communication problems, medications that might cause imbalance, diseases that cause imbalance (e.g., Parkinson's disease), multiple sclerosis, labyrinth diseases, advanced coronary disease, and a high cardiac risk. The second stage took place in the laboratory. Two participants withdrew because of deteriorating health and sudden injury. The experiment lasted from May 2018 to June 2019. All participants provided written consent.

The research outcomes included anthropometric measurements (body height, body weight, and waist and hip circumferences). Patients' body mass index (BMI) and waist-hip ratio (WHR) were also calculated.

The FRT, TUG, and the modified Unterberger test were used to assess balance disorders. These tests are commonly used by physiotherapists in Poland to assess FR in older people. The FRT was performed in a standing position, with the feet spaced out at the width of the hips. One upper limb was raised forward until it was level with the shoulder. The participants were asked to move to the position of maximum forward tilt. The distance between the middle finger of the raised limb in the starting position and the position at maximum tilt was measured. The TUG required participant's to get out of a chair, walk a distance of 2.44 m, go round a cone, return to the chair, and get back into the starting position. The time taken was measured to the millisecond. The Unterberger test was slightly modified. It consisted of walking in place with eyes closed and upper limbs raised forward until they were level with the shoulders. Each participant was asked to raise their lower limbs to 45 degrees of flexion in the knee joints and 90 degrees in the hip joints for 20 seconds during the walk. The test was assessed as being positive if the participant moved 21 cm to the front or side while marching.

Participants were divided into two groups according to their history of falls over the preceding year. Participants with fall incidents in the preceding year formed a "fallers group," and participants without a fall incident formed a "non-fallers group." Due to the fact that some of the falls may have occurred due to an uncontrollable environmental factor (extrinsic risk factor), participants were divided into two groups according to the modified Unterberger test results. The test was considered positive if a participant moved more than 21 cm forward or sideways while marching (group 1). Participants with negative results (movement of less than 21 cm) formed group 2.

Stabilographic tests were performed to assess postural stability. Three protocols were prepared on the Biodex Balance System SD platform from Biodex (BBS). Each of them lasted 20 seconds. The BBS enables subjects to be tested on a stable or unstable platform on 12 levels. The degree of instability of the platform increases from 12 to 1 (the most stable platform being level 12). A Postural Stability Test (PST) was performed on a stationary platform with eyes open

(EO) and closed (EC) to determine: an OSI (overall stability index), APSI (anterior-posterior stability index) and MLSI (medial-lateral stability index). High values of these indices comprised the FR. The Fall Risk Test was also carried out with EO on an unstable platform at levels ranging from 6 to 2. On this basis, the fall risk index (FRI) was determined.

The recorded data were analysed with the use of STATISTICA (v. 13) StatSoft USA. The normality of distribution was analysed using the Shapiro-Wilk test. In some cases, the results were subjected to a natural logarithmising procedure to obtain normal distribution. Each parameter was described using descriptive statistics (means and standard deviations). In addition, Levene's homogeneity of variance test was performed. The analysis of variance (ANOVA) was performed for groups of fallers and nonfallers, as well as those with positive and negative Unterberger test results. The ANOVA was performed with the stability parameters being dependent variables, whereas the eyes open and closed measurements represented independent variables. Correlation of the results was evaluated with the Spearman rank correlation test at a significance level of $p \leq 0.05$.

3. Results

The research included 55 sedentary females (32 residents of a social care home and 23 patients of a rehabilitation clinic). The age of the participants was 72.60 ± 7.47 (SD). The participants' anthropometrics can be found in Table 1.

Participants with a fall incident in the preceding year formed a faller group. Participants without a fall incident in the preceding year formed a nonfaller group. Fallers were older ($p < 0.0417$) and shorter ($p < 0.0409$) compared to nonfallers. There were no statistically significant differences in body weight, BMI, or WHR between the groups.

A comparative analysis of the results of fallers and nonfallers was conducted. The test of variance showed a difference between the groups in the MLSI EC. One-way ANOVA indicated differences in both groups in TUG ($F(1,53) = 7.9204$), FRT ($F(1,53) = 11212$), MLSI EO ($F(1,53) = 6.7865$), and MLSI EC ($F(1,53) = 8.4382$) values. These results are shown in Table 2.

The Fall Risk Test (BBS) was performed by only 4 participants from the faller group; the remainder were not able to complete the test due to severe disequilibrium. These low numbers precluded statistical testing.

Participants were also divided into two groups, based on their results in the modified Unterberger test. The analysis of variance indicated a difference between the groups in APSI EO and OSI EO. A statistically significant correlation was found between the test and the results of the MLSI EC and OSI EC. The results of the variance analysis are presented in Table 3.

The results of the FRT, TUG, and modified Unterberger test were correlated with stabilographic parameters. The FRT's results do not correlate with the stabilographic parameters. Results of the TUG correlate with the following OSI EO, MLSI EO, and FRI (instability level 6-2). These results are shown in Table 4.

There is a correlation between the results of the functional tests performed. Participants who had better FRT results also had a shorter TUG time. There is no statistically significant relationship between the modified Unterberger test and other functional tests. These results are shown in Table 5.

4. Discussion

Balance is considered to be a complex motor coordination involving various skills. It is based on the interaction of many sensorimotor processes [20]. The increasing elderly population is forcing physiotherapists to attempt to lower the probability and consequences of falling, but this in turn is directly related to appropriate diagnostics [3]. Unfortunately, scientific studies do not provide strong evidence that functional tests are sufficiently reliable to identify FR [21]. This study is aimed at comparing the results of the FRT, TUG, and modified Unterberger test, with stabilographic parameters in FR assessment in older women.

Due to the topic of this study being FR assessment, the study group consisted of women because it is well-known that women are generally more likely to fall than men [3]. Moreover, balance deterioration is associated with old age and postmenopausal oestrogen deficiency [5, 22]. Only women in good mental health were examined. They understood the instructions given, which reduced the risk of incorrect execution of individual tests. Additionally, only women who declared a low level of physical activity during the day were included in the study. Older women have a greater FR and lower physical functional performance [2, 9]. In this research, participants were divided into two groups (fallers and nonfallers). New falls seem to be closely related to fall history [10].

This study shows that the TUG and the modified Unterberger test seem to be the most effective in functional FR assessment in older women. This means that equilibrium disorders can be diagnosed in cheaper and more convenient ways, without a stabilographic platform. The study shows a statistically significant correlation between the results of the TUG, OSI EO, MLSI EO, and FRI6-2, all of which confirms the great effectiveness of the TUG in the functional diagnosis of FR. Furthermore, all these parameters are performed with biofeedback (EO—eyes opened), so the above dependence seems to be very logical. Khan et al. decided to evaluate whether the way the feet are set affects the level of balance. To perform such an evaluation, they used the BBS and TUG. This experiment also confirms the fact that there is a close correlation between the TUG and stabilographic parameter results [23]. Khan et al. concluded that the TUG can be a reliable tool in FR assessment. On the other hand, Brandmeir et al. have shown that TUG is definitely less sensitive in the diagnosis of FR than a stabilographic study on the BBS platform or the Berg scale. The authors suggest that using at least two different functional tests may improve the assessment of FR [24].

Unfortunately, only 4 participants performed the Fall Risk Test (FRI6-2). Two of them were in the FRI value standards for their age range. One reached the lower limit of normal, and the final one exceeded the upper limit. On this

TABLE 1: Participants' anthropometrics.

	n	Age (years)	Body mass (kg)	Body height (cm)	BMI	WHR
Participants	55	72.60 ± 7.48	70.43 ± 11.33	157.60 ± 6.68	28.43 ± 4.71	0.856 ± 0.092

BMI: body mass index; WHR: waist-hip ratio.

TABLE 2: Results of selected tests divided into groups.

Tests	Fallers n = 15			Non fallers n = 40			p < 0.05
	Mini	Max	Mean ± SD	Min	Max	Mean ± SD	
OSI EO	0.20	1.40	0.58 ± 0.29	0.1	1.1	0.44 ± 0.22	0.053
APSI EO	0.1	1.1	0.41 ± 0.26	0.1	0.90	0.35 ± 0.18	0.294
MLSI EO	0.1	0.60	0.31 ± 0.13	0.00	0.70	0.20 ± 0.14	0.0118
OSI EC	0.70	3.10	1.49 ± 0.65	0.50	2.40	1.17 ± 0.52	0.061
APSI EC	0.50	2.10	1.01 ± 0.52	0.30	2.10	0.92 ± 0.45	0.514
MLSI EC	0.20	2.10	0.87 ± 0.57	0.10	1.50	0.51 ± 0.34	0.005
FRT	3.00	38.00	20.9 ± 8.43	13	38	27.7 ± 5.97	0.0015
TUG	5.51	31.5	10.732 ± 7.327	4.98	15.0	7.243 ± 1.874	0.0068

Fallers: participants with a fall incident in the last year; nonfallers: participants without a fall incident in the last year; EO: eyes open; EC: eyes closed; OSI: overall stability index; APSI: anterior-posterior stability index; MLSI: medial-lateral stability index; FRT: Functional Reach Test; TUG: Timed Up and Go.

TABLE 3: Results of stability indices according to the results of modified Unterberger test.

Tests	Group 1 n = 32			Group 2 n = 23			p < 0.05
	Min	Max	Mean ± SD	Min	Max	Mean ± SD	
OSI EC	0.50	2.40	1.119 ± 0.525	0.50	3.10	0.488 ± 0.357	0.028
MLSI EC	0.20	1.50	1.456 ± 0.577	0.10	2.10	0.776 ± 0.495	0.014

Group 1: participants with a positive result of the modified Unterberger test; group 2: participants with a negative result of the modified Unterberger test; EC: eyes closed; OSI: overall stability index; MLSI: medial-lateral stability index.

TABLE 4: Values of correlation coefficients of functional tests and stabilographic parameters assessing fall risk.

	Postural Stability Test (PST)						Fall Risk Test
	OSI EO	APSI EO	MLSI EO	OSI EC	APSI EC	MLSI EC	FR16-2
Functional Reach Test (FRT)	-0.239	-0.086	-0.205	-0.118	-0.143	-0.113	-0.253
Timed Up and Go (TUG)	0.314*	0.231	0.297*	0.104	0.156	0.100	0.435*
Modified Unterberger test	0.206	0.217	0.276*	0.310*	0.169	0.378*	0.097

EO: eyes open; EC: eyes closed; OSI: overall stability index; APSI: anterior-posterior stability index; MLSI: medial-lateral stability index; *Spearman rank correlation test: p < 0.05.

TABLE 5: Values of correlation coefficients of functional tests assessing FRT.

	Functional Reach Test (FRT) (cm)	Timed Up and Go (s)
Timed Up and Go (s)	-0.399*	X
Modified Unterberger test (cm)	-0.112	-0.016

*Spearman rank correlation test: p < 0.05.

basis, it may be concluded that these females experienced a nonbalance-related fall, since they have a well-functioning balance control system. It is possible that in the past, they fell because of external factors. However, 11 participants from the faller group were not able to complete the Fall Risk Test, probably due to an impaired body balance control system. This is confirmed by the research from Oh et al., where they showed a correlation between the OSI, FRT, and TUG values. They correlated the results obtained at various levels of platform instability. They conclude that the balance assessment on the BBS platform should be carried out at lower levels of

platform instability. They also prove that TUG is an effective diagnostic tool in fall risk assessment [25].

Moreover, there is a statistically significant difference in OSI EC and MLSI EC between groups with positive and negative results in the modified Unterberger test. Participants with positive results in the modified Unterberger test were characterised by worse stabilographic parameters. During these tests, it is impossible for subjects to compensate for balance deficits by using biofeedback (eyes are closed). These results also confirm the efficacy of the modified Unterberger test in FR assessment.

Melo et al. also find a statistically significant relationship between the results of the Unterberger test and stabilographic parameters. They prove that people with hearing impairment display significantly worse dynamic balance, which may predispose them to a higher FR in the future [17]. Furthermore, Tjernström et al. use the Unterberger test to evaluate the effectiveness of their physiotherapeutic program. They show that, as a result of training, there is a significant reduction in forward movement in the Unterberger test, but there is no statistically significant reduction in the rotation angle [16].

It is worth mentioning that there is no significant correlation between the results of FRT and BBS parameters. This shows that the sensitivity of FRT in FR assessment is low. Movement of the trunk seems to influence the test more than the displacement of the centre of pressure. The FRT does not identify all people with a high FR and, so it is not a sufficiently strong diagnostic tool. All the above results show that FR assessment should take place in a dynamic environment, not in a static one. Jonsson et al. also present no significant correlation between the results of FRT and stabilographic parameters. Therefore, when using the FRT test for assessing balance, compensatory mechanisms should be taken into account [12]. Furthermore, Behrman et al. show that the FRT diagnosed only 30% of patients who previously experienced fall incidents [11]. This shows that the sensitivity of the FRT in FR assessment is low. On the other hand, the results of this study show a correlation between the results of the FRT and TUG. This may indicate that the FRT diagnosed functional decline in older people, but not FR itself. De Waroquier-Leroy et al. prove that the FRT does not seem to be an effective tool to identify FR [13]. They show that joints in the lower limbs and torso are involved during the FRT. Furthermore, worse FRT results were achieved by older women [5, 13]. It should be noted that performing the FRT is only possible because of various strategies and compensations. Wilczyński et al. show a significant relationship between the metabolic age of older people with Parkinson's disease and the values of OSI EO, APSI EO, and the degree of rotation. The parameters of postural stability also deteriorate with age [7].

5. Limitations of the Study

Participants declared that their falls could have had different background reasons. It is believed that some of the falls could have been caused by balance disorders (an intrinsic risk factor). The rest of them may have been nonbalance related due to an environmental factor or low levels of physical activ-

ity (extrinsic risk factors). On the other hand, participants who did not fall could have shown increased vigilance connected to a fear of falling. Unfortunately, only fifty-five women took part in this study, and further research should be continued on a bigger group of participants.

6. Conclusions

The FRT does not seem to be an adequate tool to identify FR, because of the number of compensations used while performing it. However, it can be used to evaluate the functional efficiency of older people. In daily physiotherapeutic practice, the TUG and modified Unterberger test can be used as tools in FR assessment. Indeed, this has been confirmed by the results of the above test with stabilographic parameters. The results indicate that FR assessment should take place in a dynamic environment, not in a static one. In order to improve FR diagnostic accuracy, a physiotherapist should not focus entirely on the results of a single test. Furthermore, the TUG should be performed with an accelerometer placed on the sacrum bone. This would additionally allow deflections in individual plane to be assessed while the subject walks.

Data Availability

The data used to support the findings of this study are available from the corresponding author upon request.

Additional Points

- (i) The modified Unterberger test TUG seems to be helpful and accurate in FR assessment in older women and can be used to diagnose equilibrium disorders in the absence of a stabilographic platform
- (ii) Diagnosing FR should take place in dynamic environments, not in static ones
- (iii) Using at least two different functional tests may improve assessment of FR

Disclosure

The funding institution did not influence the study design, performing the experiments nor data interpretation, and drafting the manuscript.

Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

Acknowledgments

The project was supported by the Polish Ministry of Science and Higher Education (grant number DS308).

References

- [1] M. Stevension, *Ageing and Health*, World Health Organization, 2018, July 2019, <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>.

- [2] A. Grant, L. Mackenzie, and L. Clemson, "How do general practitioners engage with allied health practitioners to prevent falls in older people? An exploratory qualitative study," *Australian Journal on Ageing*, vol. 34, no. 3, pp. 149–154, 2015.
- [3] P. C. Dykes, M. Bogaisky, E. J. Carter et al., "Development and validation of a fall prevention knowledge test," *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 67, no. 1, pp. 133–138, 2019.
- [4] Y. H. Cho, O. Mohamed, B. White, S. Singh-Carlson, and V. Krishnan, "The effects of a multicomponent intervention program on clinical outcomes associated with falls in healthy older adults," *Aging Clinical and Experimental Research*, vol. 30, no. 9, pp. 1101–1110, 2018.
- [5] É. R. Gouveia, B. R. Gouveia, A. Ihle, M. Kiegel, A. Marques, and D. L. Freitas, "Balance and mobility relationships in older adults: a representative population-based cross-sectional study in Madeira, Portugal," *Archives of Gerontology and Geriatrics*, vol. 80, pp. 65–69, 2019.
- [6] F. Melillo, A. Di Sapia, S. Martire, M. Malentacchi, M. Matta, and A. Bertolotto, "Computerized posturography is more sensitive than clinical Romberg test in detecting postural control impairment in minimally impaired multiple sclerosis patients," *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, vol. 14, pp. 51–55, 2017.
- [7] J. Wikrzyński, A. Pedrycz, D. Mucha, T. Ambroży, and D. Mucha, "Body posture, postural stability, and metabolic age in patients with Parkinson's disease," *BioMed Research International*, vol. 2017, 3975419 pages, 2017.
- [8] K. L. Perell, A. Nelson, R. L. Goldman, S. L. Luther, N. Prieto-Lewis, and L. Z. Rubenstein, "Fall risk assessment measures: an analytic review," *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 56, no. 12, pp. M761–M766, 2001.
- [9] D. J. Smee, J. M. Anson, G. S. Waddington, and H. L. Berry, "Association between physical functionality and falls risk in community-living older adults," *Current Gerontology and Geriatrics Research*, vol. 2012, 864516 pages, 2012.
- [10] S. Park, "Tools for assessing fall risk in the elderly: a systematic review and meta-analysis," *Aging Clinical and Experimental Research*, vol. 30, no. 1, pp. 1–16, 2018.
- [11] A. L. Behrman, K. E. Light, S. M. Flynn, and M. T. Thigpen, "Is the functional reach test useful for identifying falls risk among individuals with Parkinson's disease?," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 83, no. 4, pp. 538–542, 2002.
- [12] E. Jonsson, M. Henriksson, and H. Hirschfeld, "Does the functional reach test reflect stability limits in elderly people?," *Journal of Rehabilitation Medicine*, vol. 35, no. 1, pp. 26–30, 2003.
- [13] L. de Waroquier-Leroy, S. Bleuse, R. Serafi et al., "The Functional Reach Test: strategies, performance and the influence of age," *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 57, no. 6-7, pp. 452–464, 2014.
- [14] C. L. Sun and T. L. Sun, "Interactive visualization to assist fall-risk assessment of community-dwelling elderly people," *Information Visualization*, vol. 18, no. 1, pp. 33–34, 2019.
- [15] P. R. Rocha Júnior, P. A. da Silva, F. P. Garbi, A. C. Frizzo, and V. E. Valenti, "Effects of physiotherapy on balance and unilateral vestibular hypofunction in vertiginous elderly," *International Archives of Medicine*, vol. 7, no. 1, p. 8, 2014.
- [16] F. Tjemström, M. Björklund, and E. M. Malmström, "Romberg ratio in quiet stance posturography- test to retest reliability," *Gait & Posture*, vol. 42, no. 1, pp. 27–31, 2015.
- [17] R. de Souza Melo, S. E. dos Santos Marinho, M. E. A. Freire, R. A. Souza, H. A. M. Damasceno, and M. C. F. Raposo, "Static and dynamic balance of children and adolescents with sensorineural hearing loss," *Einstein (São Paulo)*, vol. 15, no. 3, pp. 262–268, 2017.
- [18] R. Sierra-Guzmán, F. Jiménez, and J. Abián-Vicén, "Predictors of chronic ankle instability: analysis of peroneal reaction time, dynamic balance and isokinetic strength," *Clinical Biomechanics*, vol. 54, pp. 28–33, 2018.
- [19] J. A. Parraca, P. R. Olivares, A. Carbonell-Baeza, V. A. Aparicio, J. C. Adsuar, and N. Gusí, "Test-retest reliability of Biodex Balance SD on physically active old people," *Journal of Human Sport & Exercise*, vol. 6, no. 2, pp. 444–451, 2011.
- [20] F. B. Horak, "Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?," *Age and Ageing*, vol. 35, supplement_2, pp. i17–i111, 2006.
- [21] S. Gates, L. A. Smith, J. D. Fisher, and S. E. Lamb, "Systematic review of accuracy of screening instruments for predicting fall risk among independently living older adults," *Journal of Rehabilitation Research and Development*, vol. 45, no. 8, p. 1105, 2008.
- [22] F. Hita-Contreras, A. Martínez-Amat, R. Lomas-Vega et al., "Predictive value of stabilometry and fear of falling on falls in postmenopausal women," *Climacteric*, vol. 16, no. 5, pp. 584–589, 2013.
- [23] S. J. Khan, S. S. Khan, and J. Usman, "The effects of toe-out and toe-in postures on static and dynamic balance, risk of fall and TUG score in healthy adults," *Foot*, vol. 39, pp. 122–128, 2019.
- [24] N. J. Brandmeir, C. L. Brandmeir, K. Kuzma, and J. McInerney, "A prospective evaluation of an outpatient assessment of postural instability to predict risk of falls in patients with Parkinson's disease presenting for deep brain stimulation," *Movement Disorders Clinical Practice*, vol. 3, no. 2, pp. 151–155, 2016.
- [25] K. Y. Oh, S. A. Kim, S. Y. Lee, and Y. S. Lee, "Comparison of manual balance and balance board tests in healthy adults," *Annals of Rehabilitation Medicine*, vol. 35, no. 6, pp. 873–879, 2011.

10.2. Artykuł pt.: Diagnostic dependence of muscle strength measurements and the risk of falls in the elderly.

330 Original article

Diagnostic dependence of muscle strength measurements and the risk of falls in the elderly

Patrycja Bobowik and Ida Wiszomirska

Low muscle strength appears to increase balance disorders and the tendency to fall. Diagnostic terms indicate that sarcopenia and risks of falling are related. The aim of this study is to verify which diagnostic tools used for the assessment of muscle strength in sarcopenia can be used for fall risk assessment in older women. The study included 56 females [71.77 ± 7.43(SD)]. The results of handgrip strength (HGS) and knee extensors torque [knee extension strength (KES)] were compared to the results of stabilographic parameters from Biodex Balance System platform in static and dynamic environment. The one-way ANOVA and Pearson correlation were performed. There were significant differences between groups with low and normal HGS in the chair test, and between groups with low and normal KES in the fall risk index, FRI12-6 and chair test ($P < 0.05$). Static parameters did not differentiate groups, due to a muscle strength of the upper and lower limbs. There was a statistically significant difference in FRI12-6 values between participants with low and normal KES in age groups ($P = 0.047$). No differences were found

in FRI12-6 values between participants with low and normal HGS in age groups ($P = 0.949$). Statistical analysis showed differences in FRI12-6 between fallers with low KES and non-fallers with normal KES, non-fallers with low KES and non-fallers with normal KES. Results of the study show that there is diagnostic dependence in muscle strength of lower limbs and risk of falls in older women. KES and chair test can be used in fall risk assessment for older women. *International Journal of Rehabilitation Research* 43: 330–336 Copyright © 2020 Wolters Kluwer Health, Inc. All rights reserved.

International Journal of Rehabilitation Research 2020, 43:330–336

Keywords: balance, falls, muscle disorders, women's health

Faculty of Rehabilitation, Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw, Warsaw, Poland

Correspondence to: Patrycja Bobowik, MSc, Marymoncka 34 D/70, 00-118, Warsaw, Poland
Tel: +48 500 740 592; e-mail: patrycjabobowik@gmail.com

Received 29 May 2020 Accepted 6 July 2020

Introduction

The population of older people is growing (Dykes *et al.*, 2019). Despite the developments in the field of medicine, falling is a serious problem for seniors. Elders above the age of 65 years are at most risk of falling (Gouveia *et al.*, 2019). One-third of elders fall each year, and half report falling in the sequencing year. Furthermore, 50% of people aged 80 years and above are expected to fall at least once every year (Grant *et al.*, 2015). Women are more likely to fall than men (Grant *et al.*, 2015; Gouveia *et al.*, 2019).

Falling seems to be a consequence of many factors. It can be classified as either intrinsic or extrinsic (Landi *et al.*, 2012). Intrinsic factors include degenerative changes of the vestibular and visual systems, functional impairment, deterioration of motor control, weakness or asymmetry of muscle strength. Extrinsic factors include drug reactions, environmental factors, poor lighting or lack of bathroom safety equipment (Gouveia *et al.*, 2019).

Sarcopenia is an age-related decline in muscle mass, strength and physical performance (Krzymińska-Siemaszko *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2020). In 2016, sarcopenia was entered into the International Classification of Diseases ICD-10 as M62.84 code (Anker *et al.*, 2016). In 2018, the European Working Group on Sarcopenia (EWGSOP2) updated the diagnostic criteria. The most

reliable criteria include low muscle levels and handgrip strength (HGS). They recommended the chair test for the assessment of sarcopenia (Cruz-Jentoft *et al.*, 2019).

The prevalence of sarcopenia has been reported to range between 5 and 13% in seniors aged 60–70 years, and 11–50% in seniors aged 80 and above (Bischoff-Ferrari *et al.*, 2015; Su *et al.*, 2019). Muscle mass and strength decrease with ageing. These are the main factors involved in the reduction of mobility (Felicio *et al.*, 2014; Anker *et al.*, 2016; Cruz-Jentoft *et al.*, 2019). Several observational studies have reported that reduced muscle strength, especially of the lower limbs, is one of the most important risk factors for falling (Landi *et al.*, 2012). Furthermore, it is important for diagnosing and intervening sarcopenia, which can reduce the mortality of older people (Bean *et al.*, 2007; Liu *et al.*, 2017).

Sarcopenia is closely related to falls risk (Yeung *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2020). It is highly prevalent among older people, of either gender, and assessed using the EWGSOP algorithm (Landi *et al.*, 2012). The purpose of this study was to verify which diagnostic tools used for the assessment of muscle strength in sarcopenia can be used for fall risk assessment in older women? Can other diagnostic tools, recommended by EWGSOP2, be used to assess balance disorders in sarcopenia assessment?

0342-0282 Copyright © 2020 Wolters Kluwer Health, Inc. All rights reserved.

DOI: 10.1097/MRR.0000000000000430

Copyright © 2020 Wolters Kluwer Health, Inc. Unauthorized reproduction of this article is prohibited.

Materials and methods

Research has received approval from the Bioethical Commission of Poland. The qualification consisted of two stages. The first was based on an interview made by the physiotherapist. Inclusion criteria contained female gender, age above 65, good mental condition, low level of physical activity (declared by participants) and willingness to participate in a research project. The second stage included an interview, cardiac examination and electrocardiography carried out by a doctor of medicine. Exclusion criteria contained serious mental condition, communication problems, medications that may cause balance disorders and various chronic diseases due to balance disorders such as Parkinson's disease, multiple sclerosis, labyrinth disease, advanced coronary disease, high risk of heart attack and bad ECG results. The last stage took place in the laboratory of Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw. Two participants resigned from this part because of health deterioration and sudden injury. The experiment's duration was from May 2018 to June 2019. All eligible participants gave their written consent.

Participants were divided into two groups, according to the measured results obtained by the knee extensor muscle torque of the dominant leg in static environments. The muscle torques were measured with special equipment, which is also used for determining knee flexor/extensor muscle torque in static conditions JBA Staniak. The above division was applied in accordance with the maximum voluntary contraction method. There were no standards in dividing participants into groups, because of terms of knee extension torque values. Therefore, they were divided according to the average results obtained in this measurement. The average was 70.78 ± 28.53 (SD). The first group consisted of females with knee extension torque values below 70 (Nm) [low knee extension strength (KES)], and the second above 70 (Nm) (normal KES). The measurement of the knee extensor muscle torque was conducted in the sitting position with flexed hip and knee joint at 90° under isometric conditions. The thigh and calf were stabilized by rollers. The mean values of these three measurements were recorded.

HGS was measured in kilograms (kg), with a hydraulic hand dynamometer SH501 (Seaman Corporation) calibrated by the manufacturer. The measurement was performed in sitting position with the elbow flexed at 90°, the forearm in neutral position and the wrist in 0° extension in accordance to the American Society of Hand Therapists. The mean values of three measurements were recorded. Participants were divided into two groups, according to the results obtained in measuring HGS. The first group consisted of females with HGS below 16 kg (low grip strength of the upper limb) and the second above 16 kg (normal grip strength of the upper limb). The above division was applied in accordance to the guidelines of the European Working Group on Sarcopenia (EWGSOP2)-2018.

The participants, additionally, performed the chair test. The goal was to determine how many times the participant could stand up from a chair and sit back down in 30 s. The chair test was applied in accordance to the Fullerton test.

Three protocols were prepared on the Biodex Balance System (BBS) SD platform from Biodex to assess postural balance. Each of them lasted for 20 s. BBS enables testing on a stable and unstable platform on 12 different levels. The degree of instability of the platform increases from 1 to 12 (the most stable platform – level 12). A postural stability test was performed on a stationary platform with open eyes and closed eyes. It allowed to determine values of parameters: overall stability index (OSI), anterior-posterior stability index (APSI) and medial-lateral stability index (MLSI). High values of these indexes presented the falls risk. A fall risk test was also carried out with eyes open on an unstable platform between levels 6 and 12. On this basis, the fall risk index (FRI) parameter was determined.

Participants were divided into younger and older women, in accordance to the WHO guidelines. The younger group formed participants between the ages of 60- and 74-years-old, and the elder from 75- to 90-years-old (WHO, 2019).

Participants were also divided into two groups, according to fall incidents from the previous year. The group with fall incidents was named 'fallers' and the group without incidents was named 'non-fallers'.

The statistical analysis procedure was carried out with Statistica (v13) software. The distribution of analyzed parameters was tested by the Shapiro-Wilk test. In some cases, the results were subjected to a natural logarithmizing procedure in order to obtain a normal distribution. Each parameter was described using descriptive statistics (means and SD). Moreover, one-way ANOVA was performed. Stability parameters are dependent variables, whereas the measurements and tests [knee extension torque (left limb), HGS and chair test] represented independent variables. In the one-way ANOVA, the one factor or independent variable analyzed had three categorical groups. The effects and interactions between variables were verified using the ANOVA test for main effects and factorial designs. The correlation of the results was evaluated with the Pearson correlation. All tests were performed at the significance level of 0.05.

The project was financed by the Polish Ministry of Science and Higher Education (grant number DS308).

Results

The research consisted of 56 inactive females at the age of 71.77 ± 7.43 (SD). The research methodology used anthropometric measurements (body height, body waist and hip circumferences). The characteristics of the

Table 1 Participants' anthropometrics

	n	Age (years)	Body mass (kg)	Body height (cm)	BMI	WHR
Participants	56	71.77 ± 7.43	70.15 ± 11.43	157.44 ± 6.67	28.29 ± 4.66	0.861 ± 0.0847

WHR, waist-hip ratio.

somatic parameters of the participants can be found in Table 1.

In the beginning, the correlation between the results of the KES and HGS with stabilographic parameters (BBS platform) was performed. HGS and KES values do not correlate with static parameters with eyes open and closed eyes. Furthermore, HGS does not correlate with the dynamic parameter FRI12-6 either ($r = -0.00498$). The situation was different for KES. FRI12-6 values were significantly correlated with KES values of right ($r = -0.492$) and left ($r = -0.427$) limbs. In other words, the higher KES indicates the lower FRI12-6 values (fall risk test). Due to the small differences in these values, the left lower limb's values were used for further statistical analysis. In addition, all study participants declared their left lower limb as a nondominant, supportive limb. Moreover, there was a significant correlation between chair test and HGS ($r = 0.601$), and the chair test and KES ($r = 0.405$).

Participants were divided into groups with low and normal strength, according to the results obtained in the measuring of KES (left limb), HGS and the chair test. Differences in stabilographic parameters, in static environments, between groups with low and normal strength were checked. The relationship between groups were assessed in stability indexes (OSI, APSI, MLSI) with eyes opened and closed eyes. The one-way ANOVA indicated that static parameters do not differentiate groups, due to muscle strength of the upper and lower extremities. These results are shown in Fig. 1.

Furthermore, participants were divided into two groups according to age. The ANOVA test for main effects and factorial designs showed a significant impact of normal and low KES on the mean value of the FRI12-6 parameter in age groups. There was a statistically significant difference in FRI12-6 values between participants with low and normal KES in age groups ($P = 0.047$). In addition, no differences were found in FRI12-6 values between participants with low and normal HGS in age groups ($P = 0.949$). Results of these analyses can be found in Fig. 2.

Participants were also divided into two groups, according to fall incident in the last year. Participants with a fall incident in the last year formed a 'fallers' group. Participants without the fall incident in the last year formed 'non-fallers' group. Eight women did not perform a fall risk test from different groups (FRI12-6), due to balance disorders. There were only five women in the fallers group with normal KES. The same situation was in fallers

group with low HGS (five participants). It is impossible to perform a correct statistical analysis. Statistical analysis showed differences in FRI12-6 and chair test between: fallers with low KES and non-fallers with normal KES, and non-fallers with low KES and non-fallers with normal KES. Statistical analysis showed differences in the chair test between non-fallers with low HGS and non-fallers with normal HGS. The results of the above statistical analysis can be found in Table 2.

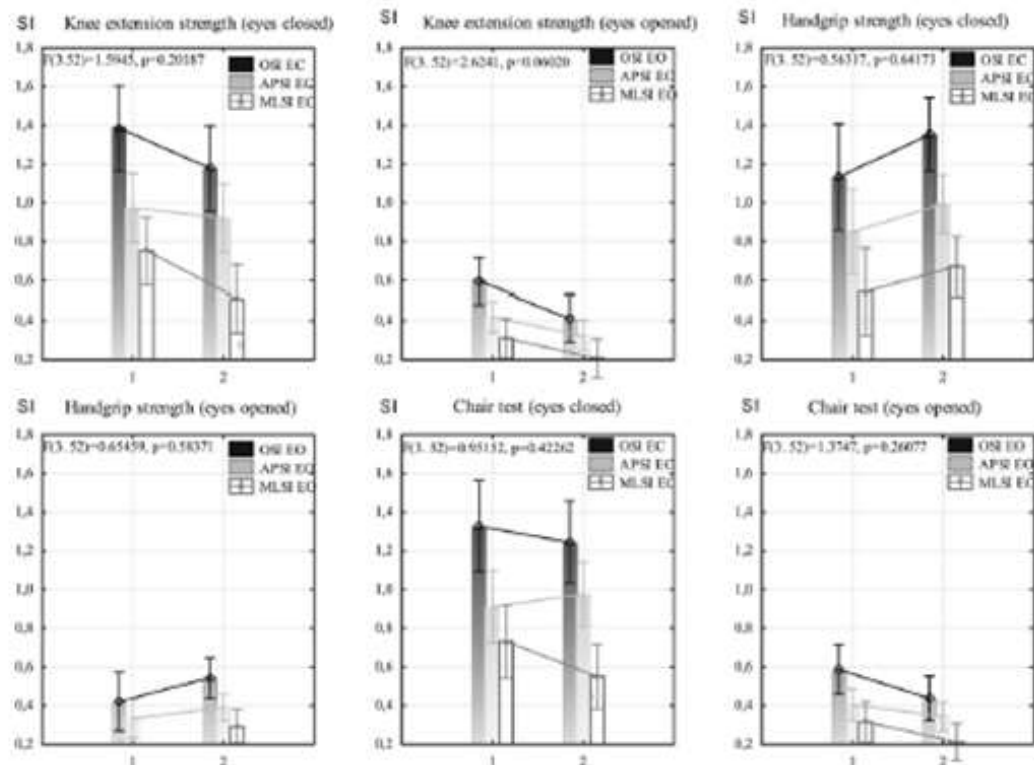
Discussion

Sarcopenia has been indicated as a reliable marker of frailty and poor prognosis among the elderly (Landi *et al.*, 2012). Previous studies have shown that sarcopenia is associated with falling, hospitalization, functional decline, poor quality of life and death (Zhang *et al.*, 2020). Low muscle strength has been shown to be positively associated with the inability to maintain standing balance, in older adults (McLean *et al.*, 2016; Yeung *et al.*, 2019). Many authors suggest that muscle strength of lower limbs is associated with body balance (Aoyama *et al.*, 2011; Tanimoto *et al.*, 2014; Gomes *et al.*, 2017). On the contrary, the main and the most common indicator of muscle strength is HGS. In summary, low muscle strength leads to the falling, so sarcopenia is closely related to falls risk (Tanimoto *et al.*, 2014; Wiśniowska-Szurlej *et al.*, 2019). Therefore, the question arises whether any of the tools that diagnose muscle strength in sarcopenia can be a predictor of falling. Studies show that there are no connections between HGS and the risk of falling (Alonso *et al.*, 2018).

In this study, BBS SD has been used. In their research, Perraca *et al.* proved that BBS is an objective and reliable tool in falls risk assessment from a biomechanical perspective. The FRI showed a high ICC (ICC = 0.80) and a low percentage of variation of method error. The OSI showed a good and acceptable reliability measurement by the ICC (Perraca *et al.*, 2011).

Participants were divided into groups, according to the results obtained in measuring right HGS. Bohannon *et al.* suggest that right-handed people have greater HGS in the dominant upper extremity whereas, in left-handed individuals, the difference between the right and left hand is negligible (Bohannon *et al.*, 2003). In this study, the cut-off points of HGS were determined according to the updated report of European Working Group on Sarcopenia (EWGSOP2) about diagnostic criteria of sarcopenia. The prevalence's of EWGSOP-defined and EWGSOP2-defined sarcopenia were very similar (Cruz-Jentoft *et al.*, 2019).

Fig. 1



SI- Stability Index;
 OSI- Overall Stability Index;
 APSI- Anterior- Posterior Stability Index;
 MLSI- Medial- Lateral Stability Index;
 1- low muscle strength;
 2- normal muscle strength;

Results of analysis between individual groups in static parameters. APSI, anterior-posterior stability index; MLSI, medial-lateral stability index; OSI, overall stability index; SI, stability index; 1, low muscle strength; 2, normal muscle strength.

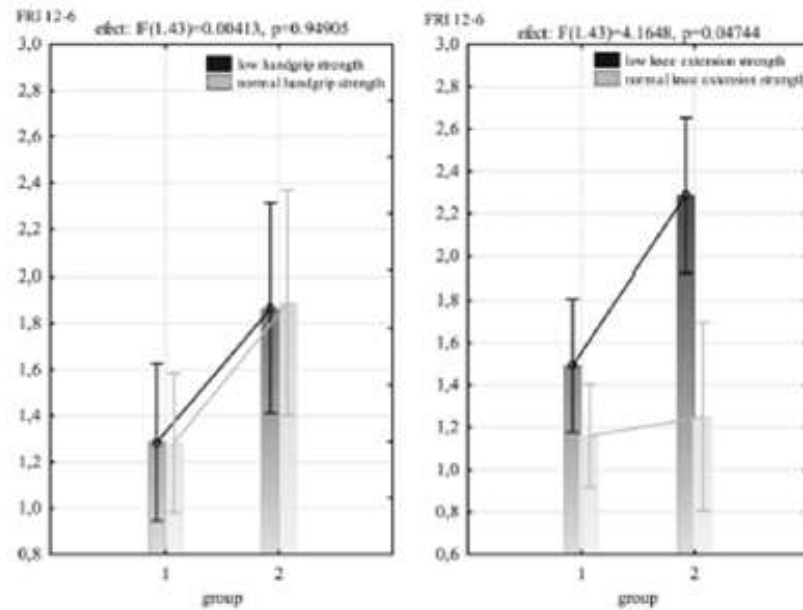
The results show that only KES correlate with the dynamic stabilographic parameter (FRI12-6). Gomes *et al.* tried to compare the knee flexor and extensor muscles strength along with the power of postural control performance, in different age groups. They only found correlation between the strength of the knee extensor muscles and the static stabilographic parameters (Gomes *et al.*, 2017).

Furthermore, participants were divided into groups according to results obtained in measuring: the KES (left limb), HGS and age. The statistical analysis indicated that the factor between groups with low and normal KES's values in FRI12-6 result in age groups. This means that, older people with low KES are more likely to fall compared to young people with low KES. Moreover,

statistical analysis showed differences in FRI12-6 between fallers with low KES and non-fallers with normal KES, and non-fallers with low KES and non-fallers with normal KES. Therefore, KES seems to be a useful diagnostic tool in falls risk. Moreland *et al.*, in a systematic review, also indicated that lower limbs weakness is a clinically important and statistically significant risk factor for falling (Moreland *et al.*, 2004). Menant *et al.* proved that lower limb strength assessment was as effective in predicting balance, functional mobility and falling as more expensive and time-consuming muscle mass-based measures (Menant *et al.*, 2017).

Results of this study suggest that the HGS values do not correlate with static parameters with open eyes and closed eyes. The HGS does not correlate with the

Fig. 2



1- participants aged 60-74;
 2- participants aged 75-90;
 FRI12-6-Fall Risk Index: index of Fall Risk Test (BBS platform):

Results of analysis and interaction individual groups in selected dynamic parameters. 1, participants aged 60–74 years; 2, participants aged 75–90 years; FRI12-6-fall risk index, index of fall risk test [Biodex Balance System (BBS) platform].

Table 2 Differences between individual groups in selected parameters

Strength	Falls	N	Mean ± SD	
			FRI12-6	Chair test
Low KES	Fallers	10	1.81 ± 0.60 ^a	10.3 ± 2.08 ^a
	Non-fallers	15	1.84 ± 0.83 ^b	11.93 ± 3.33 ^b
Normal KES	Fallers	5	1.37 ± 0.25	11.4 ± 3.29
	Non-fallers	26	1.13 ± 0.45 ^{a,b}	15.3 ± 4.41 ^{a,b}
Low HGS	Fallers	5	1.40 ± 0.25	13.2 ± 1.84
	Non-fallers	23	1.42 ± 0.77	16.00 ± 4.36 ^c
Normal HGS	Fallers	10	1.96 ± 0.65	9.40 ± 2.32
	Non-fallers	18	1.36 ± 0.82	11.70 ± 2.91 ^c

FRI, fall risk index; HGS, handgrip strength; KES, knee extension strength; Fallers, participants with a fall incident in the last year; Non-fallers, participants without a fall incident in the last year.

^aDifferences between fallers (low KES) and non-fallers (normal KES).
^bDifferences between non-fallers (low KES) and non-fallers (normal KES).
^cDifferences between non-fallers (low HGS) and non-fallers (normal HGS).

dynamic parameter (FRI12-6) either. The statistical analysis did not indicate the factor between FRI12-6 values between participants with low and normal HGS in age groups. Alonso *et al.* did not show any relationship between the HGS and static stabilographic parameters from the Accusway platform, which allowed to perform tests on a stable platform. Furthermore, they showed a correlation between HGS and the time up and go test (TUG) results. They concluded that the HGS could be

a predictor of dynamic postural balance. Unfortunately, it was not assessed in a biomechanical way on an unstable platform (FRD). Their research showed a relationship between the HGS and muscle strength of the lower limbs in older people. They confirmed that HGS can be used as a predictor of muscular strength throughout the body (Alonso *et al.*, 2018). On the contrary, Felicio *et al.* proved that there is no close relationship between the HGS and muscle strength of the lower limbs. They

suggested caution when referring to the representativeness of HGS measurement as a predictor of global muscle strength (Felicio *et al.*, 2014).

Statistical analysis showed differences in the chair test between non-fallers, with low HGS, and non-fallers, with normal HGS. Wiśniowska-Szurlej *et al.* tried to assess the HGS of older people, and also analyze the associations between HGS and mobility, leg strength, flexibility and postural balance. Lower limb strength (demonstrated by chair test) and total path length COP, the COP path in the lateral-medial direction, were correlated negatively in women. They also showed a correlation between the chair test and HGS. Authors demonstrated that there is a negative correlation between HGS and body balance (length of COP). This test should be performed on an unstable platform (BBS), which shows how participant react to changing platform conditions. Unfortunately, biomechanical tests of muscle strength have not been performed (Wiśniowska-Szurlej *et al.*, 2019).

The EWGSOP2 decided to update the diagnostic criteria of sarcopenia. They recommended the chair test as a muscle strength diagnostic tool (Yang *et al.*, 2019). The chair test measured how long it took for a participant to sit down and stand up five times. Times below 15 s indicates that subjects have low muscle strength and times above 15 s suggests a normal strength of the lower limbs. The chair test recommended by EWGSOP2 differs in the performance of the Fullerton advanced balance's chair test (Cruz-Jentoft *et al.*, 2019). The chair test applied in accordance to the Fullerton test determines how many times the participant stands up from a chair and sits back down, throughout the duration of 30 s. In summary, the results of both versions of the chair test help to determine people with low knee flexor and extensor muscle strength. It allows the defining of functional status of older people and can be useful during functional fall risk and sarcopenia assessment. Reider *et al.* confirmed that various modifications of the chair test are a good screening tool in fall risk assessment of older people (Reider *et al.*, 2016).

Limitations of the study

Participants declared that falling occurs in different situations. Some are caused by balance disorders, while the others were uncontrollable due to environmental factors. Participants who did not fall could show increased vigilance connected with the fear of falling. In this study, only 56 women took part in the research, so it should be continued on the bigger scale of participants. Chair test have been performed according to the Fullerton advanced balance's chair test, not EWGSOP2 references.

Conclusion

Results of the study show that there is diagnostic dependence in muscle strength of lower limbs (KES, chair test) and risk of falls in older women. Physiotherapists can rely on results of KES and chair test results in fall risk

assessment for older women. Static stabilographic parameters are not as sensible as dynamic FRI12-6 in falls risk assessment in older women. Fall risk assessment should take place in dynamic environments, not static. Research should be continued, in order to identify KES norms that indicate falls risk in older women. Furthermore, future studies should assess the relationship between the risk of falls and sarcopenia in the elderly, including muscle mass assessed according to EWGSOP2.

Acknowledgements

The project was supported by the Polish Ministry of Science and Higher Education (grant number DS308).

Conflicts of interest

There are no conflicts of interest.

References

- Alonso AC, Ribeiro SM, Luna NMS, Peterson MD, Bocchini DS, Serra MM, *et al.* Association between handgrip strength, balance, and knee flexion/extension strength in older adults. *PLoS One* 2018; **13**:e0198180.
- Anker SD, Morley JE, von Haehling S. Welcome to the ICD-10 code for sarcopenia. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2016; **7**:512–514.
- Aoyama M, Suzuki Y, Onishi J, Kusaya M. Physical and functional factors in activities of daily living that predict falls in community-dwelling older women. *Geriatr Gerontol Int* 2011; **11**:348–357.
- Bean JF, Kiely DK, LaRocca S, Alan J, Frontiera WR. Is stair climb power a clinically relevant measure of leg power impairments in at-risk older adults? *Arch Phys Med Rehabil* 2007; **88**:604–609.
- Bachhoff-Farrat HA, Orav JE, Karis JA, Rizzoli R, Schiogl M, Staehelin HB, *et al.* Comparative performance of current definitions of sarcopenia against the prospective incidence of falls among community-dwelling seniors age 65 and older. *Osteoporos Int* 2015; **26**:2793–2802.
- Bohannon RW. Grip strength: a summary of studies comparing dominant and nondominant limb measurements. *Percept Mot Skills* 2003; **96**(3 Pt 1):728–730.
- Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyere O, Cederholm T, *et al.* Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing* 2019; **48**:601.
- Dykas PC, Boguski M, Carter EJ, Duckworth M, Hurley AC, Jackson EM, *et al.* Development and validation of a fall prevention knowledge test. *J Am Geriatr Soc* 2019; **67**:133–138.
- Felicio DC, Pereira DS, Assumpção AM, de Jesus-Moralais FR, do Quiróz BZ, da Silva JP, *et al.* Poor correlation between handgrip strength and isokinetic performance of knee flexor and extensor muscles in community-dwelling elderly women. *Geriatr Gerontol Int* 2014; **14**:185–189.
- Gomes MM, Reis JG, Carvalho RL, Tanaka EH, Hyppolito MA, Abreu DC. Analysis of postural control and muscular performance in young and elderly women in different age groups. *Braz J Phys Ther* 2015; **19**:1–9.
- Gouveia ER, Gouveia BR, Ilo A, Klugol M, Marques A, Freitas DL. Balance and mobility relationships in older adults: a representative population-based cross-sectional study in Madeira, Portugal. *Arch Gerontol Geriatr* 2019; **80**:60–69.
- Grant A, Mackenzie L, Clanson L. How do general practitioners engage with allied health practitioners to prevent falls in older people? An exploratory qualitative study. *Australas J Ageing* 2015; **34**:149–154.
- Krzywicka-Siomaszko R, Fryzowicz A, Czopufin N, Kalutnick-Szymanowska A, Dworak LB, Woczarowska-Tobis K. The impact of the age range of young healthy reference population on the cut-off points for low muscle mass necessary for the diagnosis of sarcopenia. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2019; **23**:4321–4332.
- Landi F, Liparoti R, Russo A, Giovanni S, Tosato M, Capoluongo E, *et al.* Sarcopenia as a risk factor for falls in elderly individuals: results from the ISIRI-RENTE study. *Clin Nutr* 2012; **31**:602–608.
- Liu P, Hao Q, Hai S, Wang H, Cao L, Dong B. Sarcopenia as a predictor of all-cause mortality among community-dwelling older people: a systematic review and meta-analysis. *Maturitas* 2017; **103**:16–22.

- McLean RR, Shardell MD, Alley DE, Cawthon PM, Fragala MS, Harris TB, et al. Criteria for clinically relevant weakness and low lean mass and their longitudinal association with incident mobility impairment and mortality: the foundation for the National Institutes of Health (NIH) sarcopenia project. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2014; **69**:576–583.
- Manant JC, Weber F, La J, Sturms DL, Close JC, Sachdev PS, et al. Strength measures are better than muscle mass measures in predicting health-related outcomes in older people; time to abandon the term sarcopenia? *Osteoporos Int* 2017; **28**:69–70.
- Moreland JD, Richardson JA, Goldsmith CH, Clase CM. Muscle weakness and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc* 2004; **52**:1121–1129.
- Porcari J, Olivares P, Carbonell-bazza A, Aparicio V, Adsuar J, Guai N. Test-retest reliability of biodex balance SD on physically active old people. *J Human Sport Exercise* 2011; **6**:444–451.
- Reider N, Gaid C. Fall risk screening in the elderly: a comparison of the minimal chair height standing ability test and 5-repetition sit-to-stand test. *Arch Gerontol Geriatr* 2016; **65**:133–139.
- Su Y, Hirayama K, Han T, Iizumi M, Yuki M. Sarcopenia prevalence and risk factors among Japanese community dwelling older adults living in a snow-covered city according to EWGSOP2. *J Clin Med* 2019; **8**:291.
- Tanimoto Y, Watanabe M, Sun W, Sugjura Y, Hayashida I, Kusabiraki T, Tamaki J. Sarcopenia and falls in community-dwelling elderly subjects in Japan: defining sarcopenia according to criteria of the European Working Group on Sarcopenia in older people. *Arch Gerontol Geriatr* 2014; **59**:295–299.
- WHO- World Health Organization <https://pse.wgostyn.pl.gov.pl/plik/jadnostki/wsgorow/pse.wgostyn/usartiose/for/Oswiata/WC096ADZ%20informacja.pdf>. [Accessed 14 December 2019]
- Witrowska-Szulaj A, Cwirlej-Sozanska A, Woloszyn N, Sozanski B, Wilniewska-Pietruszyńska A. Association between handgrip strength, mobility, leg strength, flexibility, and postural balance in older adults under long-term care facilities. *Biomed Res Int* 2019; **2019**:1042834.
- Yang M, Liu Y, Zuo Y, Tang H. Sarcopenia for predicting falls and hospitalization in community-dwelling older adults: EWGSOP versus EWGSOP2. *Sci Rep* 2019; **9**:17636.
- Young SSY, Rajniwas EM, Pham VK, Trappenburg MC, Lim WK, Meekers CGM, Major AB. Sarcopenia and its association with falls and fractures in older adults: a systematic review and meta-analysis. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2019; **10**:485–500.
- Zhang X, Huang F, Dou Q, Wang C, Zhang W, Yang Y, et al. Falls among older adults with sarcopenia dwelling in nursing home or community: a meta-analysis. *Clin Nutr* 2020; **39**:33–39.

10.3. Artykuł pt.: The impact of obesity and age on the risk of falls in women over 60.

Acta of Bioengineering and Biomechanics
Vol. 23, No. 2, 2021

Original paper
DOI: 10.37190/ABB-01804-2021-03

The impact of obesity and age on the risk of falls in elderly women

PATRYCJA BOBOWIK*, IDA WISZOMIRSKA

Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw, Faculty of Rehabilitation, Warsaw, Poland.

Purpose: The aim of this study was to examine the effect of obesity and age on body balance disorders in women over 60, especially whether obesity increase the FR in older females and whether age and obesity affect the same stabilographic parameters when it causes to the FR. *Methods:* The study consisted of 56 inactive females aged 71.77 ± 7.43 (SD). They were divided into groups according to age and obesity. *Results:* Obesity separately affects FRI12-6, static indicators with eyes closed (OSI EC, APSI EC, MLSI EC), and age affects FRI12-6 and static indices with eyes open (OSI EO, APSI EO). After considering design factors (age and obesity), there were statistically significant differences in OSI EO ($p = 0.027$), APSI EO ($p = 0.034$), FRI12-6 ($p = 0.0002$) between obese and non-obese participants in the age groups. There were no statistical differences between non-obese old and obese-young participants ($p = 0.863$). The interaction between obesity and age in the FR in static indices and in FRI12-6 ($p = 0.73047$) was not significant. *Conclusions:* Age and obesity affect the stabilographic parameters individually, but there is no interaction effect between them. The presence of only one of the above risk factors may increase the FR. Obesity affects stability, while age depends on other factors. If older people are not obese or fit, involuntal changes could be reversed. The type of obesity and the location of the fat tissue should be taken into account in FR assessment.

Key words: body mass index, elderly age, geriatrics, fall risk

1. Introduction

It is quite evident that the ageing process involves physiological changes, which manifest in increases in body weight, muscular mass loss, or body balance disorders [9]. The World Health Organization (WHO) predicts that, between 2015–2050, the proportion of people over 60 globally may increase to 22% [27]. Moreover, the number of obese individuals is constantly increasing. Currently, more than 300 million people around the world are obese [8]. This state of affairs is a result of economic development and changes in lifestyle [6].

The risk of falls (FR) is one of the most serious problems among people aged 65 and over [11]. Falls are a consequence of many factors: degenerative changes in the vestibular and visual systems, deterioration of motor control, reduced muscle strength, the side effects

of drugs taken, changes in body posture, and environmental factors [13], [34]. All this causes damage to receptors, neuronal pathways, and centres responsible for cognitive and equivalent functions. There is an abnormal flow of information between the central and peripheral nervous system [33].

Obesity is a disease characterized by increased fatty tissue, which has a negative impact on a person's health condition in various fields of medicine [3], [21]. The simplest method of assessing obesity is to determine a person's BMI value. Obesity is associated with many geriatric syndromes and it is connected with: a reduction in physical activity and performance [13], metabolic syndromes and type 2 diabetes [2], cardiovascular diseases and hypertension [9], and postural balance disorders, that result in falls [10]. Obesity plays a major role in elderly disability and falls [14]. Obesity and excess weight do not only increase the

* Corresponding author: Patrycja Bobowik, Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw, Faculty of Rehabilitation, ul. Marymoncka 34, 00-968 Warsaw, Poland. Phone: 048505740592, e-mail: patrycja.bobowik@awf.edu.pl

Received: February 5th, 2021

Accepted for publication: April 1st, 2021

FR, but fear of falling also. Furthermore, obese individuals are more likely to suffer from reduced quality of life following a fall [10], [17]. They also have lower muscle mass, functional parameters, and higher risk of frailty developing [2], [4], [17].

Body balance disorders can be assessed functionally or stabilographically. Stabilographic platform allow for the measurement of body balance from a biomechanical perspective. Perraca et al. [23] conclude that Biodex Balance System (BBS) SD (USA) platform measures are reliable and may be useful for measuring FR in older people. BBS allows to determine fall risk indicators in static and dynamic environments. Among other things, they showed that FRI index had high ICC (ICC = 0.80). This platform has been used to assess balance in neurological patients [31], orthopaedic patients [25], and women with vision impairment: [33].

Increasing age and weight are associated with the presence of various chronic conditions [20]. It is well-known that the FR is still one of the most common causes of injury among obese elderly individuals, something which is rarely taken into account by medical staff [7], [19]. Furthermore, some studies show that obese older people fall almost twice as often as their lean counterparts [18]. On the other hand, a lot of studies fail to report any associations between increased weight or excessive mass and falls in the elderly [24]. There are still doubts as to the impact of obesity and age as FR factors. The aim of this study was to examine the effect of obesity and age on body balance disorders in women over 60.

2. Materials and methods

The research received approval from the Bioethical Commission in Poland. Qualification consisted of two stages. The first stage was based on an interview conducted by a physiotherapist. Inclusion criteria were: female gender, age above 60, good mental condition, low level of physical activity declared by participants, and a willingness to participate in a research project. The second stage involved: a cardiac interview, an examination and electrocardiography carried out by a doctor of medicine. Exclusion criteria were: bad mental condition, communication problems, medications that may cause balance disorders, various chronic diseases due to imbalance, e.g., Parkinson's disease, multiple sclerosis, labyrinth disease, advanced coronary disease, and a high risk of heart attack. The last stage took place in a laboratory at the Józef Pilsudski

University of Physical Education in Warsaw. Two participants dropped out prior to this part because of deteriorating health and sudden injury. All participants whose physical and psychological status allowed them to participate in the study gave their written consent.

All participants had their height and weight measured according to the same study protocol, carried out by one person. Body Mass Index (BMI) was calculated as $\text{weight}[\text{kg}]/\text{height}[\text{m}]^2$. Participants were divided into two groups according to the BMI results. The non-obese group consisted of participants with a BMI below 30 kg/m^2 (normal weight, overweight). The obese group comprised participants with a BMI above 30 kg/m^2 (obese). The body weight classification of adults based on BMI was carried out according to WHO guidelines [30].

Three protocols were prepared on the Biodex Balance System SD (BBS) platform, from Biodex, to assess postural balance. Each of them lasted 20 seconds. BBS enables testing on a stable and unstable platform at 12 levels. The degree of instability of the platform increases from 12 to 1 (the most stable platform being level 12). A postural stability test (PST) was performed on a stationary platform with eyes open (EO) and eyes closed (EC). This enabled the researchers to determinate values of various parameters: the OSI (overall stability index), APSI (anterior-posterior stability index) and MLSI (medial-lateral stability index). High values of this indices suggested a high FR. A fall risk test was also carried out with eyes open on an unstable platform at a level from 12 to 6. On this basis, the FRI (Fall Risk Index) parameter was determined.

Participants were divided into two groups according to age. The division was carried out in accordance with WHO guidelines [29]. The younger group was formed of participants between 60 and 74 years old, and the older one contained subjects between 75 and 90 years old.

The recorded data were analysed with the use of STATISTICA (v.13), StatSoft USA. The normality of the distribution was analysed using the Shapiro-Wilk test. Each parameter was described using descriptive statistics (means and standard deviations). In addition, Brown-Forsythe homogeneity of variance test was performed. An analysis of variance (ANOVA) was carried out and post-hoc tests (an NIR test) were performed. The correlation of the results was evaluated with the Pearson's rank correlation and an NIR test. The effects and interactions between variables were verified using the ANOVA test for main effects and factorial designs. All tests were performed at the significance level of 0.05.

This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education in 2020–2022 under Research Group no. 3 at Józef Pilsudski University of Physical Education in Warsaw “Motor system diagnostics in selected dysfunctions as a basis for planning the rehabilitation process”.

3. Results

The study consisted of 56 inactive females aged 71.77 ± 7.43 (SD). The characteristics of the somatic parameters of the participants can be found in Table 1.

Table 1. Participants' anthropometrics

	min	max	mean \pm SD
Body mass [kg]	48.50	95.10	70.15 \pm 11.43
Body height [cm]	143.00	170.00	157.44 \pm 6.67
BMI	21.16	42.55	28.34 \pm 4.70
WHR	0.699	1.147	0.861 \pm 0.085

BMI – body mass index, WHR – waist–hip ratio.

The Pearson's rank correlation was performed. There were statistically significant correlations between age and OSI EO ($r = 0.370$), APSI EO ($r = 0.392$), and FRI12-6 ($r = 0.389$). Statistically significant correlations was also found between BMI and OSI EC ($r = 0.392$), APSI EC ($r = 0.312$), and FRI12-6 ($r = 0.455$).

Participants were divided into two groups according to their BMI values. There were no differences between groups in the test of variance. High variability was found in almost all groups. There were statistically significant differences between obese and non-obese individuals in: OSI EC, APSI EC, MLSI EC, and FRI 12-6 parameters. The results of the above analysis are presented in Table 2.

Participants were also divided into two groups according to their age. There were no differences between groups in the test of variance. High variability was found in almost all groups. There were statistically significant differences between older and younger participants in: OSI EO, APSI EO, and FRI 12-6 parameters. The results of the above analysis can be found in Table 3.

Table 2. Differences in the stabilographic parameters between obese and non-obese groups

Stabilographic parameters	obese group	CV%	non-obese group	CV%	effect size	p-value
<i>n</i>	22		34			
OSI EO	0.55 \pm 0.25	45.45	0.48 \pm 0.37	77.08	0.226	0.463
APSI EO	0.39 \pm 0.23	58.97	0.36 \pm 0.20	55.56	0.140	0.579
MLSI EO	0.37 \pm 0.14	51.85	0.25 \pm 0.32	128.0	0.087	0.835
OSI EC	1.51 \pm 0.61	40.40	1.13 \pm 0.52	46.02	0.673	0.016*
APSI EC	1.11 \pm 0.50	45.05	0.84 \pm 0.41	48.81	0.593	0.035*
MLSI EC	0.79 \pm 0.48	60.76	0.53 \pm 0.44	83.02	0.565	0.041*
FRI 12-6	1.82 \pm 0.72	39.56	1.25 \pm 0.57	45.6	0.884	0.005*

OSI – Overall Stability Index; APSI – Anterior–Posterior Stability Index; MLSI – Medial–lateral Stability Index; FRI – Fall Risk Index; EO – Eyes Open; EC – Eyes Closed; obese group – participants with a BMI above 30 kg/m^2 ; non-obese group – participants with a BMI below 30 kg/m^2 .

Table 3. Differences in the stabilographic parameters between Older and Younger groups

Stabilographic parameters	Older group	CV%	Younger group	CV%	Effect size	p-value
<i>n</i>	20		36		–	–
OSI EO	0.66 \pm 0.42	63.63	0.42 \pm 0.22	52.38	0.750	0.009*
APSI EO	0.48 \pm 0.22	45.83	0.31 \pm 0.18	58.0	0.850	0.005*
MLSI EO	0.35 \pm 0.39	111.43	0.21 \pm 0.14	66.67	0.528	0.069
OSI EC	1.29 \pm 0.55	42.64	1.28 \pm 0.61	47.66	0.017	0.903
APSI EC	0.98 \pm 0.42	42.86	0.93 \pm 0.49	53.69	0.110	0.750
MLSI EC	0.64 \pm 0.40	62.5	0.63 \pm 0.51	80.95	0.220	0.973
FRI 12-6	1.87 \pm 0.85	45.45	1.26 \pm 0.49	38.89	0.910	0.003*

OSI – Overall Stability Index; APSI – Anterior–Posterior Stability Index; MLSI – Medial–lateral Stability Index; FRI – Fall Risk Index; EO – Eyes Open; EC – Eyes Closed; older group – participants between 60 and 74 years old; younger group – participants between 75 and 90 years old.

Furthermore, an analysis of variance and post-hoc tests (NIR test) was performed (obesity, age). There were statistically significant differences in OSI EO ($p = 0.027$), APSI EO ($p = 0.034$), and FRI 12-6 ($p = 0.0002$) values between obese and non-obese participants in the age groups. The OSI EO parameter showed there was a difference between non-obese young and non-obese old ($p = 0.0043$) participants. The APSI EO parameter, meanwhile, revealed that there were differences between: non-obese old and non-obese young ($p = 0.009$), and obese old and non-obese young ($p = 0.0402$) individuals. There was a statistically significant difference in FRI 12-6 values between: non-obese young and non-obese old, non-obese young and obese young, non-obese young and obese old, obese old and non-obese old, obese-old, and obese young subjects. There was no statistical difference between non-obese old and obese young participants. The results of the above analysis are set out in Table 4.

Table 4. Differences in FRI 12-6 parameter between obese and non-obese participants in age groups

Participant's groups	Young non-obese	Young obese	old non-obese	old obese
young non-obese		0.0110*	0.0099*	0.00005*
young obese	0.0110*		0.86377	0.02218*
old non-obese	0.0099*	0.86377		0.0355*
old obese	0.00005*	0.0222*	0.0355*	

The ANOVA test for the main effects and factorial designs was performed for static stabilographic parameters in the age groups. There was no significant impact of obesity and non-obesity on the mean values of static stabilographic parameters in the age groups. Age and obesity affect the dependent variable (stabilographic parameters) individually, but there is no interaction effect between these variables. The results are shown in Fig. 1.

Furthermore, the ANOVA test for factorial designs and main effects of the dynamic stabilographic pa-

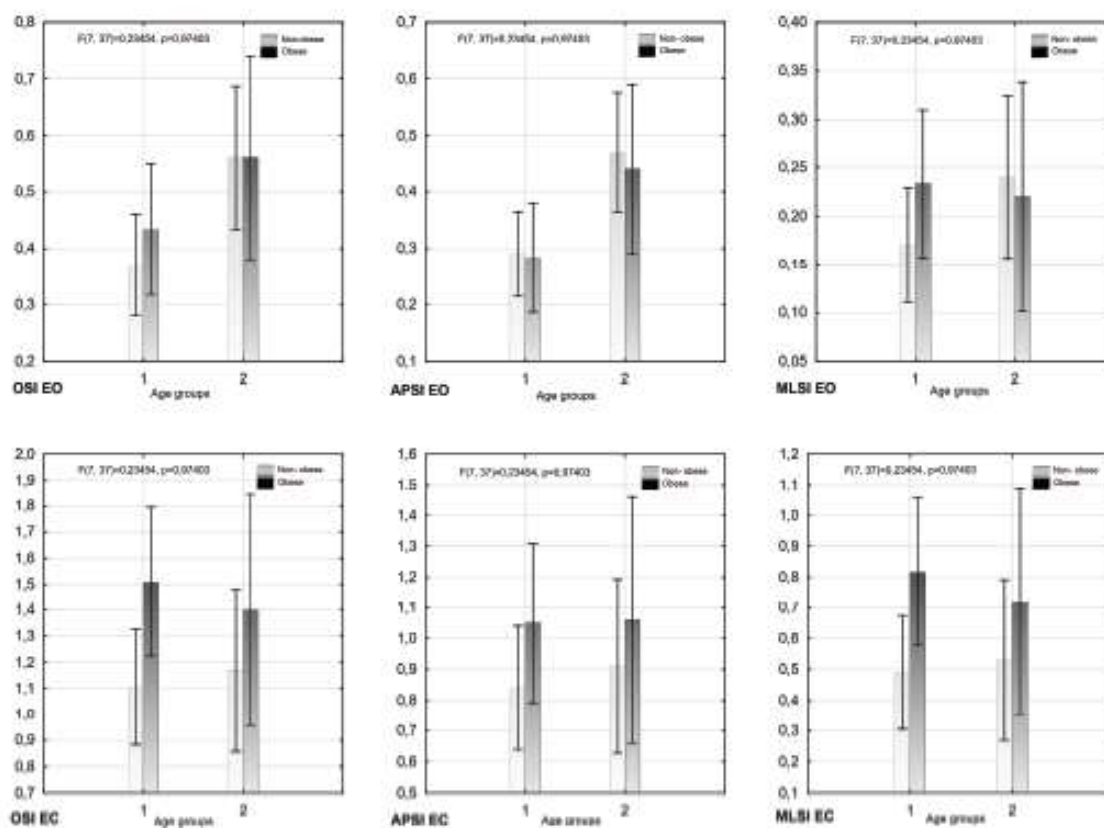


Fig. 1. Differences in static stabilographic parameters between obese and non-obese participants in age groups. OSI – Overall Stability Index, APSI – Anterior-Posterior Stability Index, MLSI – Medial-lateral Stability Index, FRI – Fall Risk Index, EO – Eyes Open, EC – Eyes Closed

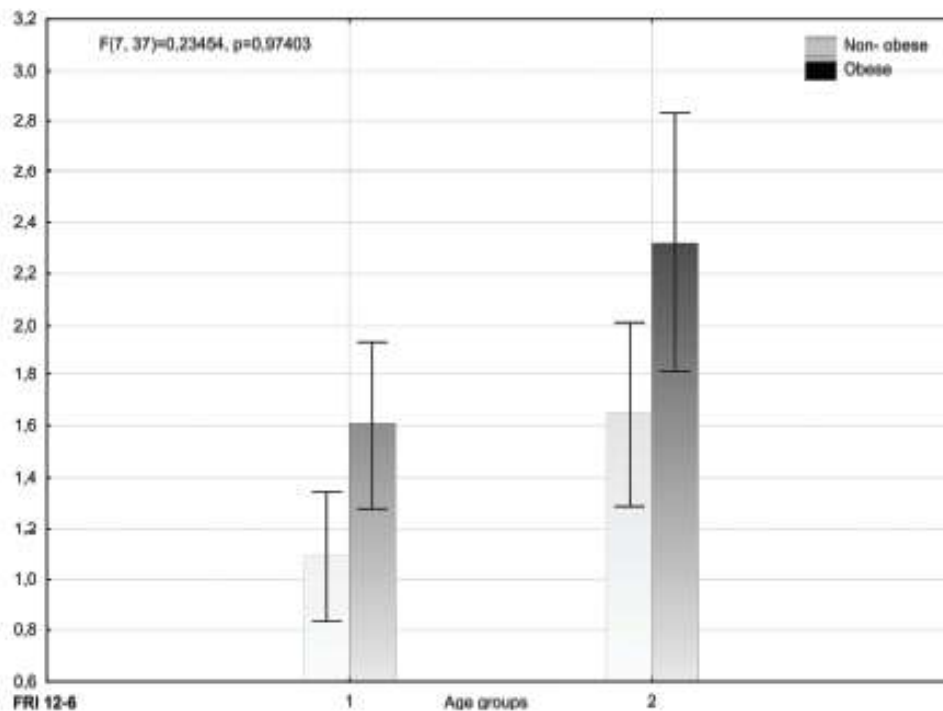


Fig. 2. Differences in FRI 12-6 parameter between obese and non-obese participants in age groups

parameter in age groups was performed. As shown above, age and obesity affect the FRI 12-6 value individually, but there is no interaction effect between these variables. The results of the above analysis are presented in Fig. 2.

4. Discussion

Unfortunately, older people tend to weigh more due to various changes in modern society, lower levels of physical activity, and inappropriate eating habits [9], [13]. Moreover, older people have impaired balance control as a result of senility-related processes [10], [11]. Falls result in injury, a heightened fear of falling, and decreased levels of physical activity in the elderly. Around 10% of falls may result in serious injuries [12]. Moreover, females are more likely to fall than men [11]. Yi et al. [34] checked the sex-specific association between body mass index (BMI) and falls in Korean adults. They concluded that obesity was associated with a greater risk of falls in females, whereas underweight seemed to be associated with a greater risk of falls in males. Numerous studies have shown that there is a relationship between obesity, age and

falls. The results of previous studies have shown that high body mass (BMI) has a negative impact on body balance control [5], [14], [18]. This means that obesity reduces the level of physical activity in the elderly [13], [17].

In the above study, there were statistically significant differences in stabilographic parameters in certain age and obese groups in women over 60. It follows, therefore, that obesity and age have an impact on the risk of falls, but they occur with different stabilographic parameters. Age affects FRI 12-6 and static indices with eyes open (OSI EO, APSI EO) and obesity affects FRI 12-6 and static indicators with eyes closed (OSI EC, APSI EC, MLSI EC). Based on the above results, both age and obesity may be the causes of falls.

Lockhart et al. [18] also investigated whether obesity has an influence on the quiet postural stance and gait stability when walking 10 m. Unfortunately, all measurements were performed with eyes open and only changes in linear parameters were presented. They divided participants according to falls history over the previous two years, and they formed fallers and non-fallers groups. Statistically significant differences were noted between fallers and non-fallers, as well as between obese and non-obese participants. They con-

cluded that BMI is a risk factor for falls in the elderly as measured by gait and postural stability parameters. It is worth mentioning that Himes and Reynolds also proved that obesity appears to be associated with FR among older people. They concluded that being underweight is not related to FR [14]. Ercan et al. [8] showed that obesity is also one of the many risk factors for falls. Interestingly, they conducted research on a group of middle-aged people, which proves that obesity as a risk factor for falling is not necessarily related to age. Moreover, Kejonen et al. [16] compared various anthropometric characteristics with stabilographic parameters which were performed with eyes open and closed. They revealed in their study that obesity is associated with anterior displacement of the centre of mass (COM). This state influences trunk posture and body balance while standing and walking. They also showed differences between the male and female groups in the correlations. Interestingly, age did not lead to any remarkable differences [16]–[18].

On the other hand, Byoung-Jin [5] has suggested that the FR increased for obese people, because postural stability was compromised, thereby limiting movement. He assessed the body balance of the participants, using functional tests with eyes open (Time Up and Go, one-leg standing test). He showed a relationship between age, obesity, and the FR. There was a negative correlation between BMI, gender, and falls efficacy. Moreover, he suggested that a lower BMI leads to a higher risk of severe injury. Actually, this study showed that obesity not only affects the risk of falling but also the consequences of falls. Mitchell et al. [20] also demonstrated a relationship between BMI, age and risk of falls. They also concluded that older obese people have an increased risk of falls. There was no significant association between fall injuries and increasing BMI. Unfortunately, they did not conduct any stabilographic tests, only an interview. Moreover, obese women aged 55 years and older may not be at an overall increased risk of falling, but may experience a greater rate of trip-related falls [24].

Obesity affects indicators with eyes closed and the dynamic stabilographic parameter (FRI 12-6). These results relate to the fact that obese individuals probably have problems mainly with how the proprioceptive system works, because of reduced plantar sensitivity. The continuous pressure of supporting a large mass causes hyperactivation of the plantar mechanoreceptors [10], [15]. Moreover, a greater mechanical demand due to their large body mass causes a greater gravitational torque. This gravitational torque accelerates the body and must be countered by muscular tor-

ques [26]. The above studies imply a need to take into account the type of obesity, the distribution of adipose tissue, and the hip and waist circumferences when assessing fall risk in obese individuals [18]. Neri et al. [21] in their study examined the association between gynoid and android obesity in falls risk in women aged 60 and over. This study showed, that gynoid obesity is associated with an increased risk of falls in older women. Gonzalez et al. [10] claimed that increased BMI, in absence of comorbidities or clinically functional impairments, may not influence balance during walking.

It is well known that musculoskeletal conditions are associated with age, obesity, and affect postural stability [17]. Low muscle strength in lower limbs is associated with body balance disorders [17], [28]. It worth mentioning that some obese people, at the same time, may also experience low muscle mass [4], [28]. This state, characterised by high adiposity and low muscle mass and strength, is called sarcopenic obesity (SO). On the other hand, some obese individuals may have increased muscle mass due to maintaining a large body mass [3]. Öztürk et al. [22] have proved that sarcopenically obese individuals have the highest risk of falls.

After considering a two-factor design (age and obesity), there were statistically significant differences between Obese and Non-obese participants in the age groups (OSI EO, APSI EO, FRI 12-6). It is known from experience that the most important of these parameters is FRI 12-6, because fall risk assessment should take place in dynamic environments, not in static ones. Although the statistically significant differences in the NIR test were in almost all age and obesity combinations, there were no statistical differences between non-obese old and obese young groups (0.863). This study shows that non-obese people have better stability because there is a lack of differences between younger and obese people. This shows that obesity has a bad effect on stability, while age depends on other factors as well. If older people are non-obese or fit, involuntal changes can be reversed through an active life and a balanced diet. This indicates that both obese young and non-obese old individuals may have body balance disorders due to the presence of one of the risk factors.

In our case, the question was whether there is an interaction between obesity and age in the risk of falling. There is no evidence of any interaction between age and obesity in variable stabilographic parameters. It is worth mentioning that Himes and Reynolds examined the effect of the interaction be-

tween age, sex, body size and falls risk. They only mentioned these analyses and did not publish their results in their study. As with the above study, none of the interactions were significant [14]. It is well known, that the risk of falls increase with age. Wiśniewska-Szurlej et al. [32] assessed the stability of older women and men receiving institutional care. They concluded that age presented the strongest correlation with an increase in stabilometric parameters. On the other hand, Lee et al. [17] tried to determine whether BMI-based obesity is associated with decreased body balance and whether instability has relationships with the main risk factors for falls. They showed that older people with obesity have poorer balance abilities and it is associated with the decreased strength of the lower limbs. Moreover, they concluded, that BMI-based obesity can be an independent fall risk as well as age.

5. Conclusions

The worse results seen for various parameters may be the result of a failure of various elements leading to a reduced adaptive capacity in the balance control system (feedback control, impaired proprioception/vision/vestibular system). There is no doubt that all of these systems deteriorate with age, which increases the risk of falls in the elderly. Obese people also show an increased risk of falling compared to non-obese people. In this case, the type of obesity, and the location of the fat tissue, must be taken into account in falls risk assessment. Moreover, there was no interaction between age and obesity. Age and obesity affect the stabilographic parameters individually, but there is no interaction effect between them. If older people are non-obese or fit, involuntional changes could be reversed through an active life and a balanced diet. This indicates that both obese young and non-obese old individuals may have body balance disorders due to the presence of one of the risk factors.

Limitations of the study

Participants declared that their falls could have had different background reasons. Some are caused by balance disorders, while the others were uncontrollable due to environmental factors. Moreover, participants who did not fall could have shown increased vigilance connected to a fear of falling. Accordingly, the research should be continued on the bigger number of participants.

References

- [1] AOYAMA M., SUZUKI Y., ONISHI J., KIZUYA M., *Physical and functional factors in activities of daily living that predict falls in community-dwelling older women*, *Geriatr. Gerontol. Int.*, 2011, 11, 348–357, DOI: 10.1111/j.1447-0594.2010.00685.x.
- [2] BARAZZONI R., BISCHOFF S., BOIRIE Y., Busetto L., CEDERHOLM T., DICKER D., TOPLAK H., VAN GOSSUM A., YUMUK V., VETTORI R., *Sarcopenic Obesity: Time to Meet the Challenge*, *Obes. Facts*, 2018, 11 (4), 294–305, DOI: 10.1159/000490361.
- [3] BOBOWIK P., *Sarcopenic obesity in older people*, *Adv. Rehab.*, 2020, 34 (4), 25–35, DOI: 10.5114/areh.2020.100297.
- [4] BOBOWIK P., WISZOMIRSKA I., *Diagnostic dependence of muscle strength measurements and the risk of falls in the elderly*, *Int. J. Rehabil. Res.*, 2020, 43 (4), 330–336, DOI: 10.1097/MRR.0000000000000430.
- [5] BYOUNG-JIN J., *The Effects of Obesity on Fall Efficacy in Elderly People*, *J. Phys. Ther. Sci.*, 2013, 25 (11), 1485–1489, DOI: 10.1589/jpts.25.1485.
- [6] DUTIL M., HANDRIGAN G.A., CORBEIL P., CANTIN V., SIMONEAU M., TEASDALE N., HUE O., *The impact of obesity on balance control in community-dwelling older women*, *Age (Dordr)*, 2013, 35 (3), 883–890, DOI: 10.1007/s11357-012-9386-x.
- [7] DYKES P.C., BOGAISKY M., CARTER E.J., DUCKWORTH M., HURLEY A.C., JACKSON E.M., KHASNABISH S., LINDROS M.E., LIPSITZ S.R., SCANLAN M., YU S.P., BATES D.W., ADELMAN J.S., *Development and Validation of a Fall Prevention Knowledge Test*, *J. Am. Geriatr. Soc.*, 2019, 67 (1), 133–138, DOI: 10.1111/jgs.15563.
- [8] ERCAN S., BASKURT Z., BASKURT F., CETIN C., *Balance disorder, falling risks and fear of falling in obese individuals: cross-sectional clinical research in Isparta*, *J. Pak. Med. Assoc.*, 2020, 70 (1), 17–23, DOI: 10.5455/JPMA.293668.
- [9] FAUZIANA R., JEYAGURUNATHAN A., ABDIN E., VAINGANKAR J., SAGAYADEVAN V., SHAFIE S., SAMBASIVAM R., CHONG S.A., SUBRAMANIAM M., *Body mass index, waist-hip ratio and risk of chronic medical condition in the elderly population: results from the Well-being of the Singapore Elderly (WISE) Study*, *BMC Geriatr.*, 2016, 18, 16, 125, DOI: 10.1186/s12877-016-0297-z.
- [10] GONZALEZ M., GATES D.H., ROSENBLATT N.J., *The impact of obesity on gait stability in older adults*, *J. Biomech.*, 2020, 13, 100, 109585, DOI: 10.1016/j.jbiomech.2019.109585.
- [11] GOUVEIA E.R., GOUVEIA B.R., IHLE A., KLIJGEL M., MARQUES A., FREITAS D.L., *Balance and mobility relationships in older adults: A representative population-based cross-sectional study in Madeira, Portugal*, *Arch. Gerontol. Geriatr.*, 2019, 80, 65–69, DOI: 10.1016/j.archger.2018.10.009.
- [12] GRANT A., MACKENZIE L., CLEMSON L., *How do general practitioners engage with allied health practitioners to prevent falls in older people? An exploratory qualitative study*, *Australas J. Ageing*, 2015, 34 (3), 149–54, DOI: 10.1111/ajag.12157.
- [13] HARDY R., COOPER R., ADIE SAYER A., BEN-SHLOMO Y., COOPER C., DEARY I.J., DEMAKAKOS P., GALLACHER J., MARTIN R.M., McNEILL G., STARR J.M., STEPTOE A., SYDDALL H., KUJH D., *Body Mass Index, Muscle Strength and Physical Performance in Older Adults from Eight Cohort Studies: The HALCYON Programme*, *PLoS One*, 2013, 8 (2), e56483, DOI: 10.1371/journal.pone.0056483.

- [14] HIMES C.L., REYNOLDS S.L., *Effect of obesity on falls, injury, and disability*, *J. Am. Geriatr. Soc.*, 2012, 60 (1), 124–129, DOI: 10.1111/j.1532-5415.2011.03767.x.
- [15] HUE O., SIMONEAU M., MARCOTTE J., BERRIGAN F., DORÉ J., MARCEAU P., MARCEAU S., TREMBLAY A., TEASDALE N., *Body weight is a strong predictor of postural stability*, *Gait Posture*, 2007, 26, 32–38, DOI: 10.1016/j.gaitpost.2006.07.005.
- [16] KEJONEN P., KAURANEN K., VANHARANTA H., *The relationship between anthropometric factors and body-balancing movements in postural balance*, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 2003, 84 (1), 17–22, DOI: 10.1053/apmr.2003.50058.
- [17] LEE J.J., HONG D.W., LEE S.A., SOH Y., YANG M., CHOI K.M., WON C.W., CHON J., *Relationship Between Obesity and Balance in the Community-Dwelling Elderly Population: A Cross-Sectional Analysis*, *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, 2020, 99 (1), 65–70, DOI: 10.1097/PHM.0000000000001292.
- [18] LOCKHART T.E., FRAMES C.W., SOANGRA R., LIEBERMAN A., *Effects of Obesity and Fall Risk on Gait and Posture of Community-Dwelling Older Adults*, *Int. J. Progn. Health Manag.*, 2019, 10 (1), 019.
- [19] MATTER K.C., SINCLAIR S.A., HOSTETLER S.G., XIANG H., *A comparison of the characteristics of injuries between obese and non-obese inpatients*, *Obesity (Silver Spring)*, 2007, 15 (10), 2384–2390, DOI: 10.1038/oby.2007.283.
- [20] MITCHELL R.J., LORD S.R., HARVEY L., CLOSE J.C.T., *Associations between obesity and overweight and fall risk, health status and quality of life in older people*, *Aust. N. Z. J. Public Health*, 2014, 38 (1), 13–18, DOI: 10.1111/1753-6405.12152.
- [21] NEKI S.G.R., TIEDEMANN A., GADELHA A.B., LIMA R.M., *Body fat distribution in obesity and the association with falls: A cohort study of Brazilian women aged 60 years and over*, *Maturitas*, 2020, 139, 64–68, DOI: 10.1016/j.maturitas.2020.06.009.
- [22] ÖZTÜRK Z.A., TÜRKBEYLER İ.H., ABİVEV A., KUL S., EDİZER B., YAKARYILMAZ F.D., SOYLU G., *Health-related quality of life and fall risk associated with age-related body composition changes; sarcopenia, obesity and sarcopenic obesity*, *Intern. Med. J.*, 2018, 48 (8), 973–981, DOI: 10.1111/imj.13935.
- [23] PARRACA J.A., OLIVARES P.R., CARBONELL-BAEZA A., APARICIO V.A., ADSLIAR J.C., GUSI N., *Test-retest reliability of Biodex Balance SD on physically active old people*, *J. of Hum. Sport and Exercise*, 2011, 6 (2), 444–451, DOI: 10.4100/jhse.2011.62.25.
- [24] ROSENBLATT N.J., GRABINER M.D., *Relationship between obesity and falls by middle-aged and older women*, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 2012, 93 (4), 718–722, DOI: 10.1016/j.apmr.2011.08.038.
- [25] SIERRA-GUZMÁN R., JIMÉNEZ F., ABIÁN-VICÉN J., *Predictors of chronic ankle instability: Analysis of peroneal reaction time, dynamic balance and isokinetic strength*, *Clin. Biomech.*, 2018, 54, 28–33, <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2018.03.001>
- [26] SIMONEAU M., CORBELL P., *The effect of time to peak ankle torque on balance stability boundary: experimental validation of a biomechanical model*, *Exp. Brain Res.*, 2005, 165, 217–228, DOI: 10.1007/s00221-005-2290-1.
- [27] STEVERSON M., *Ageing and Health*. IOP Publishing World Health Organization <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/ageing-and-health>. Accessed 10 July 2019.
- [28] TANIMOTO Y., WATANABE M., SUN W., SUGIURA Y., HAYASHIDA I., KUSABIRAKI T., TAMAKI J., *Sarcopenia and falls in community-dwelling elderly subjects in Japan: defining sarcopenia according to criteria of the European Working Group on Sarcopenia in older people*, *Arch. Gerontol. Geriatr.*, 2014, 59, 295–299, DOI: 10.1016/j.archger.2014.04.016.
- [29] WHO: World Health Organization, <https://pssegostyn.pis.gov.pl/plikijednostki/wssegorzow/pssegostyn/userfiles/file/Oswiata/%C5%9ADZ%20informacja.pdf>. Accessed 13 December 2019.
- [30] WHO: World Health Organization. Mean Body Mass Index (BMI), https://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/bmi_text/en/. Accessed 13 December 2019.
- [31] WILCZYŃSKI J., PEDRYCZ A., MUCHA D., AMBROŹY T., MUCHA D., *Body Posture, Postural Stability, and Metabolic Age in Patients with Parkinson's Disease*, *Biomed. Res. Int.*, 2017, 2017, 3975417, DOI: 10.1155/2017/3975417.
- [32] WIŚNIEWSKA-SZURLEJ A., ĆWIRLEJ-SOZAŃSKA A.B., WILMOWSKA-PIETRUSZYŃSKA A., WOŁOSZYŃ N., SOZAŃSKI B., *Gender differences in postural stability in elderly people under institutional care*, *Acta Bioeng. Biomech.*, 2019, 21 (2), 46–53, DOI: 10.5277/ABB-01327-2019-01.
- [33] WISZOMIRSKA I., KACZMARCZYK K., ZDRODOWSKA A., BŁAŻKIEWICZ M., ILNICKA L., MARCINIAK T., *Evaluation of static and dynamic postural stability in young, elderly and with vision loss women*, *Adv. Rehab.*, 2013, (3), 33–39, DOI: 10.2478/rehab-2014-0019.
- [34] YI S-W., KIM Y.M., WON Y.J., KIM S.K., KIM S.H., *Association between body mass index and the risk of falls: a nationwide population-based study*, *Osteoporos. Int.*, 2021, DOI: 10.1007/s00198-020-05725-1.

10.4. Artykuł pt.: Sarcopenic obesity in older people

DOI: 10.5114/areh.2020.100297

Review paper

Advances in Rehabilitation, 2020, 34(4), 25–35

Sarcopenic obesity in older people

Patrycja Żaneta Bobowik^{*A,F} 

Józef Piłsudski University of Physical Education, Warsaw, Poland

A – preparing concepts
B – formulating methods
C – conducting research
D – processing results
E – interpretation
and conclusions
F – editing the final
version

Received: 2020-06-12
Accepted: 2020-09-21
Published: 2020-10-23

*Correspondence: Patrycja Żaneta Bobowik; Józef Piłsudski University of Physical Education, Warsaw, Poland; email: patrycjaxbobowik@gmail.com

Abstract

Senility is strongly associated with changes in body composition. Sarcopenic obesity (SO) consists of symptoms such as increased body fat mass and a reduction in muscle strength and/or mass. Material and methods: The review covered treatment methods and diagnostic criteria used in SO patients. Moreover, the impact of SO on the health of older people was reviewed. Papers from the Science Direct and PubMed databases were analysed. The following keywords were used: "sarcopenic obesity", "diagnostic", "treatment", "elderly", and "physical therapy". The inclusion criteria encompassed research studies on SO in older people. To be precise, the review included papers from January 2015 to March 2020, and the review itself was carried out from March to April 2020. Results: Out of over 1,200 SO articles, 18 met all inclusion and exclusion criteria. All of the chosen papers were divided into two main groups. The first group contained papers about SO's impact on the health of older people. The second comprised works about SO treatment methods. The most commonly used SO diagnostic indicators were: BMI (25kg/m²–30kg/m²), BF% (27%–42%), SMI ($x < 24\%$ –27%; SMI 0.789), and ALST ($x < 15.02$ kg). SO was also assessed via the use of algorithms. Conclusions: Sarcopenic obesity is a common syndrome related to body composition in older people. Currently, SO patients can be effectively treated with aerobic and resistance training, whole-body electromyostimulations (WB-EMS), supplements, and psychological interventions. Due to the great impact of SO on people's health, future studies should concentrate on systematising the diagnostic criteria for SO.

Keywords: ageing, muscles, geriatrics, adiposity

Introduction

It is quite evident that our society as a whole is ageing. The percentage of older people has been gradually increasing over the years [1]. It's well-known that old age brings with it many changes in body composition such as dynapenia, sarcopenia, and excessive weight

[2,3]. These changes force medical staff to take action to prevent sarcopenia, obesity, and their consequences.

In recent years, increased interest in conditions connected to body mass composition has been observed [4]. Generally, sarcopenic obesity (SO) was first defined in 1996 by Heber et al. SO has been described as reduced lean body mass with increased fat mass [5]. Currently,



This is an Open Access journal, all articles are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

there is no SO definition agreed upon by the majority of authors. Presented SO definitions usually focus on the high level of fat tissue with low muscle strength or mass [6,7].

Sarcopenia and obesity co-occurring constitute the definition of sarcopenic obesity. In 2018, The European Working Group on Sarcopenia (EWGSOP2) defined sarcopenia as an age-related decline in muscle strength, muscle mass, and physical performance [8–10]. In addition, obesity is a condition characterised by increased adiposity (fat tissue) [4]. Statistics show that more than three hundred million people around the world are obese [11]. The results of many papers present a dependence between obesity, muscle mass and strength, though the authors do not strictly relate the analysed parameters to the SO definition [12].

Interest in sarcopenic obesity among medical professionals is growing. Some authors believe that disability is more common in SO individuals [4,13]. From this it follows that sarcopenic obesity affects health, especially in older people. Unfortunately, the definition of SO is limited by the lack of any standardised diagnostic criteria [14]. The purpose of this study was to review the treatment methods applied when presented with sarcopenic obesity. Which indicators were most commonly used to define SO? Additionally, SO's impact on the state of health of older people was analysed.

Material and methods

The review covered various treatment methods and diagnostic criteria used in SO patients. Additionally, the impact of SO on the health of older people was reviewed. Articles from the Science Direct and PubMed databases were analysed. Moreover, the review included papers from January 2015 to March 2020, and the review itself was carried out from March to April 2020.

It included works that met the following criteria:

- The article covered SO in older people only.
- The article detailed various aspects relating to the diagnostics, treatment or the effects of SO.
- The papers had to be of a research nature, not reviews.
- The article contained results from January 2015 to March 2020.

The exclusion criteria were:

- Papers of a review nature.
- If the aim of the study, or the results, covered changes in body mass composition similar to SO, but did not directly use the term "sarcopenic obesity".
- If the article turned out to be a research project that had just been started. Despite the material and re-

search methodology, there were no results as yet and the conclusions were only assumptions.

- If the article was a pilot study, which was later published with expanded results.
- If the article was repeated in both databases.

After entering the keyword "sarcopenic obesity", 1,672 articles from Science Direct and over 684 from PubMed were obtained. After adding: "diagnostic", "treatment", "elderly", and "physical therapy" with the operator 'OR', the number of papers was narrowed to just over 200. The appropriate inclusion and exclusion criteria were introduced, leaving 70 articles. After a detailed analysis of abstracts, only 18 papers met all the requirements needed to objectively present the above topic. All the analysed publications were of a research nature and detailed SO's impact on the health of older people. They also encompassed various methods for intervening in sarcopenic obesity. To make the topic of sarcopenic obesity clearer, the articles were divided into two basic groups. The first group contained 6 papers about the impact of SO on the state of health of older people in order to justify taking up this topic. The second group contained 12 articles about various SO therapies that can be implemented in the treatment of SO. More information about the review process can be found in figure 1.

Results

In the first group, the six articles were analysed according to: the purpose of the study, diagnostic criteria, the characteristics of patients, and SO's impact on the health of older people. This group contained articles about SO's impact on: the risk of falling, the level of physical activity and performance, the health of patients from a bariatric centre, respiratory diseases, individuals with end-stage knee osteoarthritis, and patients undergoing cardiovascular surgery. These results can be found in Table 1.

The second group of articles was made up of twelve publications regarding the impact of SO on health in various fields of medicine. These articles were analysed according to such things as: the purpose of the study, diagnostic criteria, the characteristics of the patients, and the results of various therapies used to treat SO. This group was further divided into three subgroups. The first subgroup, focusing on exercise intervention, comprised: two articles about resistance exercise and aerobic training, two about elastic band resistance training, and two about progressive resistance training. These results can be found in Table 2.

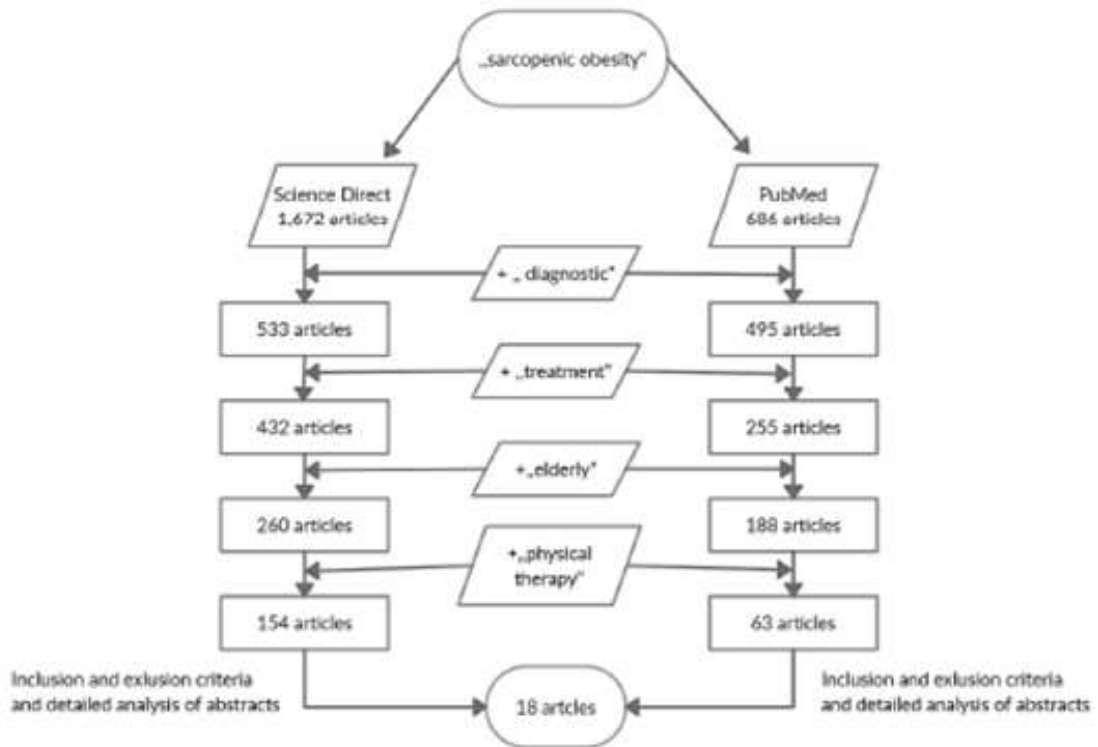


Fig. 1. Flowchart of the literature review process

Tab. 1. Sarcopenic obesity's impact on health in older people

Authors	The aim of the study was...	Results
Follis et al. 2018 [15]	to examine associations between sarcopenia, obesity, SO and falls in healthy postmenopausal women. SO criteria: the lowest 20th percentile of ALM BF% > 42%	SO is associated with greater FR in the younger women ((RR)=1.35, 95% (CI) = 1.17–1.56) than older ↑ FR is in Hispanic (RR = 2.40, 95% CI = 1.56–3.67) and non-Hispanic white (RR = 1.24, 95% CI = 1.11–1.39) women with SO. ↑ BF% and ↓ level of physical activity in Fallers
Pajek et al. 2018 [16]	to quantify deficits in physical abilities, exam and analyse associations of LM and FM content with test results. SO criteria: lean tissue index in the lower tertile $x < 12.2 \text{ kg/m}^2$ fat tissue index in the highest tertile $x > 13.9 \text{ kg/m}^2$	↑ BMI, age, and fat tissue index in SO/SOV individuals ($P < 0.001$) ↓ lean tissue index in SO/SOV individuals ($P < 0.001$) ↓ HGS ($P = 0.07$) and physical performance in SO/SOV individuals ↑ deficits in lower extremity tests in SO/SOV individuals
Xiao et al. 2018 [17]	to investigate the SO association with health outcomes in individuals seeking weight loss treatment in a bariatric centre. SO criteria: FMI/FFMI ratio > 95 percentile of sex, BMI > 30 kg/m^2 FMI – fat mass/height ² FFMI – fat free mass/height ²	↑ BF%, BMI, FMI/FFMI ratio FMI, and WC in SO compared to non – SO ($P < 0.001$) ↑ risk of high cholesterol, asthma, hernia, alcoholism in SO patients ($p < 0.05$)

Tab. 1. Cont.

Authors	The aim of the study was...	Results
Petermann-Rocha et al. 2020 [18]	to examine the association of SO, O, and S with incidence of respiratory disease and mortality. SO criteria: Female: HGS < 20kg; SMI < 6.42 kg/m ² One of the obesity criteria: BMI > 30kg/m ² , WC > 88cm BF% > 38.6% Male: HGS < 30kg; SMI < 8.87kgm ² One of the obesity criteria: BMI > 30kg/m ² , WC > 102cm BF% > 26.9%	↑ risk of respiratory disease incidence in SO patients (HR: 1.51 [95% CI: 1.30; 1.77]) No associations between SO and respiratory mortality (HR: 1.12 [95% CI: 0.76; 1.63]). ↑ sedentary behaviour in SO patients ↓ levels of HGS in S (19.3 ± 6.6) and SO (22.1 ± 9.0) patients ↓ levels of physical activity S (9.2 ± 2.5) and SO (7.4 ± 2.1) patients
Godziuk et al. 2020 [7]	to examine the prevalence of SO in adults with end-stage knee osteoarthritis (OA). SO criteria: BMI > 30kg/m ² Female: ASM/height ² < 5.45kg/m ² ASM/weight < 19.43% ASM/BMI < 0.512kg Male: ASM/height ² , x < 7.26 kg ASM/weight < 25.72% ASM/BMI < 0.789 kg/m ²	↓ walking speed, endurance, MS, and self-care activities reported by patients ↓ walking speed, climbing stairs ↑ age in SO group (mean difference of 5.5 years, 95% CI 1.0–9.9) Prevalence of SO depends on diagnostic criteria.
Yamashita et al. 2020 [19]	to examine whether SO identified by preoperative computed tomography is an useful predicting tool of postoperative mortality in individuals with cardiovascular surgery. SO criteria: VAT > 103.0 cm ² for males VAT > 69.0 cm ² for females MA – below median	↓ HGS, quadriceps strength, gait speed, and 6MV compared with the CG (p < 0.05) ↑ risk of mortality (EuroSCORE) (CI = 1.25–7.40) and all-cause mortality in individuals undergoing cardiovascular surgery

ALM – appendicular lean mass; ASMM/ASM – Appendicular Skeletal Muscle Mass; BF% – body fat percentage; BMI – Body Mass Index; FBW – Fat Body Mass; FFM – Fat Free Mass; FM – fat mass; FR – falls risk; HGS – handgrip strength; LM – lean mass; MA – psoas muscle attenuation; MS – muscle strength; non-SO – non-sarcopenic obese; O – obese individuals; S – sarcopenic individuals; SMI – Skeletal Muscle Mass Index; SO – sarcopenic obesity; SOV – sarcopenic overweight; TBF – total body fat; VAT – visceral adipose tissue; WC – waist circumference; ↑ – improvement; ↓ – deterioration.

The second subgroup consisted of articles concerning dietary interventions. It contained: two articles about exercise and nutrition (tea, protein), one paper about nutrition and diet only, and one about psychological impact on individuals living with sarcopenic obesity. The results of the above analyses are presented in Table 3.

The last subgroup included papers which used whole body electromyostimulation therapy in patients with SO. It contained three papers about the effect of whole-

body electromyostimulation and protein nutrition. These results can be found in Table 4.

In all of the above papers, obesity was assessed based on the following indicators: BMI (25–30kg/m²), BF% (27%–42%), VAT (x > 103.0cm² male, x > 69.0cm² female), WC (x > 88cm female, x > 103 male), a fat tissue index in the highest tertile (x > 13.9 kg/m²), and appendicular FFM as a sum of upper and lower limb FFM.

Sarcopenia was assessed based on the following indicators: SMI (x < 24–27%; SMI < 5.67kg–8.87kg/m²;

Tab. 2. Exercise interventions' effects in sarcopenic obesity patients

Authors	The aim of the study was...	Material characteristics	Results after interventions
Huang et al. 2017 [20]	to investigate body composition changes after 12-week elastic band RT in people with SO. SO criteria: SMI < 27.6% BF% > 30%	Female SG = 18 CG = 17 age: 60–90 CG had a 40-min lesson about SO	In SG: ↓ TBF (P = 0.035) and BF% (P = 0.02) ↑ BMD (P = 0.026) ↑ T-score (P = 0.028) and Z-score (P = 0.021) Differences between SG and CG: ↓ BF% (P = 0.011) and TBF (P = 0.023)
Deli-Conwright et al. 2018 [21]	to examine the clinical efficacy of 16-week exercise intervention on metabolic syndrome in breast cancer posttreatment survivors with SO. SO criteria: ASMM < 5.45kg/m ² BMI > 30.0kg/m ²	Female SG = 50 age: 52.8 ± 10.6 CG = 50 age: 53.6 ± 10.1	↓ BMI body weight, all fat indicators, and SO biomarkers in the SG compared with baseline (P < 0.01) and the CG (P < 0.01) ↑ LBM, ASMM in the SG compared with baseline (P < 0.01) and the CG (P < 0.01) ↓ all metabolic syndrome variables (P < 0.001) ↑ insulin, HOMA-IR, leptin, and IL-8 (P < 0.01) in the CG
Liao et al. 2017 [22]	to investigate the effects of 12-week elastic RT in individuals with SO. SO criteria: SMI < 7.15kg/m ² BF% > 30%	Female SG = 25 age: 66.39 ± 4.49 CG = 21 age: 68.42 ± 5.86	↑ FFM (P < 0.05) and leg LM (P < 0.001) in the SG. ↓ TBF (P < 0.01) and BF% (P < 0.001) in the SG Differences between the SG and the CG: ↑ gait speed (P < 0.01) ↑ TUG, TCR, SLS (P < 0.001) Significant correlation between leg LM and TUG (r = -0.37), TCR (r = 0.42), gait speed (r = 0.36), MQ of the upper (r = 0.48), and MQ of lower extremity (r = 0.45) ↓ patients satisfying SO's criteria
Park et al. 2017 [23]	to examine the effects of a 24-week aerobic and RT on carotid parameters in patients with SO. SO criteria: BMI ≥ 25.0kg/m ² ; ASM/weight > 25.1%	Female SG = 25 CG = 25 age: 74.1 ± 6.1	In the SG: ↑ CDMT (p < 0.01) ↓ carotid artery intima-media thickness (p < 0.01) ↑ wall shear rate (p < 0.05) and peak systolic flow velocity (p < 0.01), diastolic flow velocity (p < 0.001).
Gadelha et al. 2016 [24]	to identify the effects of RT on SO in older people. SO criteria: BMI ≥ 30 kg/m ² appendicular FFM – FFM of lower and upper limbs;	Female SG = 69 age: 67.0 ± 5.2 CG = 64	↑ FFM, AFFM and Peak Torque (P < 0.01) ↑ muscle strength (assessed with isokinetic dynamometer) (P < 0.01)

AFFM – Appendicular Fat Free Mass; ALM – appendicular lean mass; ALST – appendicular lean soft tissue; ASM/ASMM – appendicular skeletal muscle mass; BF% – body fat percentage; BMD – bone mineral density; BMI – body mass index; CG – control group; CDMT – carotid artery intima-media thickness; FBM – fat body mass; FFM – fat free mass; LBM – lean body mass; MQ – muscle quality (ratio of muscular strength to muscle mass); RT – resistance training; SG – study group; SMI – skeletal muscle mass index (total skeletal muscle mass/total body mass); SO – Sarcopenic obesity; TBF – total body fat; TCR – timed chair rise; TUG – Timed up and Go test; WHR – waist-hip ratio; ↑ – improvement, ↓ – deterioration.

SMI > 0.789), ALST (x < 15.02 kg), LBM (as <90% of the subject's ideal fat free mass), ALM (the lowest 20th percentile), and lean tissue index (in the lower tertile, x < 12.2 kg/m²)

In addition, sarcopenia was assessed according to the following algorithms: ASM/height² (x < 5.45 kg/m² female; x < 7.26 kg male), ASM/weight (x < 19.43%

Tab. 3. Dietary interventions in SO patients

Authors	The aim of the study was ...	Material characteristics	Results after interventions
Kim et al. 2016 [25]	to examine the effects of exercise, tea catechin and amino acid supplementation on blood components, body composition, and physical function in older individuals with SO. SO criteria: SMI < 5.67kg/m ² BF% ≥ 32% HGS < 17kg Or BF% ≥ 32% Walking speed < 1.0m/s	Female Ex + N = 36 age: 80.9 ± 4.2 Ex = 35 age: 81.2 ± 4.3 N = 34 age: 81.2 ± 4.9 HE = 34 age: 81.1 ± 5.1 Health education classes	↓ TBF in Ex + N greater than in HE (P = 0.036) ↓ TFM the greatest in Ex (P = 0.014) ↑ stride in Ex+N and Ex compared to the N and HE groups ↑ step length in Ex greater than in HE (P = 0.007). ↓ AFM by 4.9% in the Ex + N, 3.4% in Ex, 2.5% in N ↑ knee extension strength increased in the Ex + N by 17.8%, in Ex by 12.8%, and in N by 9.0% ↑ walking speed in Ex + N by 5.7% ↓ leptin in Ex + N by 13.5%, in Ex by 11.9%, and in N by 7.6%
Ponti et al. 2018 [26]	to identify changes in body composition by DXA in obese individuals enrolled into two weight loss medical programs. SO criteria: BMI > 30kg/m ² SMI < 24.9%	Female CBT = 27 age: 56 ± 11 NCP = 21 age: 59 ± 9	CBT and NCP: ↓ BMI, total and regional FM ↓ VAT (P < 0.05) ↓ FM-to-LM in CBT (P < 0.01) and NCP (P < 0.05)
Nabuco et al. 2019 [27]	to examine the effects of 12-week RT associated with whey protein supplementation in individuals with SO. SO criteria: ALST < 15.02 kg BF% > 35%	Female SG = 13 age: 68.0 ± 4.2 protein + RT CG = 13 age: 70.1 ± 3.9 training only	↑ LST, ALST in SG compared with the CG (P < 0.001) ↓ TFM, FM in SG compared with the CG (P < 0.05) ↓ WHR, WC in both groups (P < 0.05) ↓ frequency of sarcopenia in SG (13 to 6). ↑ muscular strength in both groups (P < 0.05) ↓ SO in SG group (61.5%, P < 0.05) ↑ functional capacity, and plasma metabolism biomarkers (P < 0.05) ↑ chest press, knee extension, total MS and preacher curl (P < 0.05)
Sammarco et al. 2017 [28]	to investigate the efficacy of a low-calorie and high-protein nutrition program in people with SO. SO criteria: FBM% > 34.8% LBM < 90% of the subject's ideal FFM	Female SG = 9 age: 55.0 ± 9.6 Low-calorie, high-protein diet CG = 9 low-calorie diet, placebo	↓ weight, FAT (kg) in SG (P = 0.01) ↓ FFM, FAT (%) in SG (P = 0.05) ↑ general health in SF-36 test in SG (P = 0.03) ↑ HGS in SG (P = 0.01) ↓ weight, FAT (%) in CG (P = 0.05) ↓ FAT (kg) in CG (P = 0.03) ↓ LBM greater in SG (P < 0.05)

AFM – appendicular fat mass; ALM – appendicular lean mass; ALST – appendicular lean soft tissue; BF% – body fat percentage; BMI – body mass index; CBT – cognitive-behavioral therapy; CG – control group; Ex – exercises groups; Ex+N and Ex – exercises for 3 months; Ex+N and N – supplementation for 3 months; Ex+N – exercise and nutrition group; FBM – fat body mass; FFM – free fat mass; HE – health educated; HGS – handgrip strength; LBM – lean body mass; LST – lean soft tissue; N – nutrition group; NCP – nutritional counseling plan; RT – resistance training; SG – study group; SMI – skeletal muscle mass index (total skeletal muscle mass/total body mass); SO – sarcopenic obesity; TBF – total body fat; TFM – trunk fat mass; WC – waist circumference; WHR – waist-hip ratio; ↑ – improvement, ↓ – deterioration.

Tab. 4. Whole-body electromyostimulation effects (WB-EMS) in patients with sarcopenic obesity

Authors	The aim of the study was...	Material characteristics	Results after interventions
Kemmler et al. 2017 [29]	to examine the effect of 16-weeks WB-EMS protocol on SO and sarcopenia in older men. SO criteria: SMI < 0.789; BF% > 27%;	Male WB-EMS&P = 33 age: 77.1 ± 4.3 Protein group = 33 age: 78.1 ± 5.1 CG = 34 age: 76.9 ± 5.1	↑ SMI in WB-EMS&P (P=0.001) and Protein group (P = 0.043) ↓ SMI in CG (P = 0.033) ↓ TBF in WB-EMS and Protein groups (p < 0.001) ↑ Z-Score in WB-EMS&P (P < 0.001) and Protein group (P = 0.007) ↑ HGS in the WB-EMS group (P < 0.001)
Kemmler et al. 2016 [30]	to identify the effect 26-weeks WB-EMS protocol in individuals with SO. SO criteria: SMI < 5.75kg/m ² ; BF% > 35%	Female WB-EMS&P = 25 age: 76.4 ± 2.9 WB-EMS = 25 age: 77.3 ± 4.9 CG = 25 Age: 77.4 ± 4.9	↑ Z-Score in the WB-EMS&P and the WB-EMS groups (p ≤ 0.046) ↑ SMI in both WB-EMS groups (p ≤ 0.003) ↑ gait speed in WB-EMS (p = 0.026) ↓ HGS in CG group (P = 0.03) CG parameters significantly deteriorate.
Witmann et al. 2016 [31]	to determine the effect of 6-months WB-EMS protocol on the metabolic syndrome in individuals with SO. SO criteria: SMI < 5.75kg/m ² ; BF% > 35%	Female WB-EMS&P = 25 age: 76.4 ± 2.9 WB-EMS = 25 age: 77.3 ± 4.9 CG = 25 age: 77.4 ± 4.9	↓ MetS Z-score in WB-EMS&P group compared with the CG (P = 0.001) ↓ MAP in both WB-EMS groups (P = 0.038) ↓ WC in WB-EMS group compared with CG (P = 0.036) ↓ HDL-C in the WB-EMS&P compared with CG (P = 0.006) ↓ HDL-C in CG (P = 0.007)

BF% – body fat percentage; CG – control group; HDL-C – high-density lipoprotein cholesterol; HGS – handgrip strength; MAP – mean arterial pressure; SG – study group; SMI – Skeletal Muscle Mass Index (total skeletal muscle mass/total body mass); SO – sarcopenic obesity; WB-EMS – whole body electromyostimulation; WB-EMS&P – whole body electromyostimulation and protein supplementation; WC – waist circumference; ↑ – improvement, ↓ – deterioration.

female; $x < 25.72\%$ male), and ASM/BMI ($x < 0.512$ kg/m² female; $x < 0.789$ kg/m² male).

The studies were conducted in groups of females only (12 articles), males only (2 articles), and mixed gender groups (5 articles). The analysed groups from the above papers differed in the number of participants (18–170.083).

Discussion

Generally, sarcopenic obesity is characterised as a condition typified by a reduction in lean body mass and muscle strength, but with increased fat mass [32]. It is therefore a combination of obesity and sarcopenia. To objectively present the above topic, it should be noted that sarcopenic obesity has a significant impact on health in older people. This explains the necessity to tackle the topic of SO and act to prevent this state of affairs. The purpose of this study was to

review the treatment methods administered in patients with sarcopenic obesity.

The basic assumptions for SO therapy are to increase muscle strength and mass, and reduce adiposity. Resistance training is one of the most commonly used methods to do this in SO individuals. After employing resistance training, there were significantly fewer patients who met the SO criteria regarding muscle mass and physical difficulties [22]. Moreover, combined exercises decreased the risk of cardiovascular diseases in this group of patients [23]. Combined resistance and aerobic exercises effectively improved metabolic syndrome and SO in survivors of breast cancer [21]. Huang et al. conclude that if exercises are conducted for a long period, muscle mass increases significantly [20]. Stover et al. show that older SO individuals can also make substantial improvements due to resistance training. These improvements in muscle function can help older people to lead a life with functional independence. Moreover, they can reduce the risk of disability and falling [6].

Dietary patterns also play a crucial role in SO treatment [33]. Studies show that just three months of training improves physical performance in older people [34].

WB-EMS (whole-body electromyostimulation) is one therapeutic intervention often applied in SO patients. It allows for the simultaneous stimulation of, for example: the thighs, hip/bottom, abdomen, and upper extremities. It is worth mentioning that, during the stimulation period, low-intensity exercises were simultaneously conducted [29]. The application of WB-EMS is regarded as a safe and popular method for increasing muscle mass and functional capacity [30]. Furthermore, Wittmann et al. confirmed the efficacy of this application on metabolic syndrome in a group of SO patients [31].

Some authors combined exercises or electromyostimulation with supplements [25,27,29–31]. Kim et al. checked the impact of amino acid and tea catechin supplementation with exercises on the SO parameters [25]. They concluded that it effectively improved adiposity, blood composition, and increased physical activity. Nabuco et al. recorded an ALST increase, and a decreased total of trunk fat mass due to ingestion of whey protein paired with resistant training [28]. Similar results were obtained by Kemmler and co-authors. They showed that WB-EMS and/or whey protein supplements reduced sarcopenia and SO [29,30]. An important conclusion is therefore that the eating habits of people undergoing SO treatment should most definitely be modified [26].

The definition of SO is limited by the lack of consensus regarding diagnostic criteria [14]. However, the results of many papers examine the relationship between adiposity, muscle mass, and muscle strength [12]. SO is often described as a coexistence of low muscle mass, and high Body Mass Index (BMI), total body fat (TBF), or body fat percentage (BF%). These parameters are assessed via bioelectrical impedance analysis or dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA). On the other hand, Hamer et al. define SO as a combination of a BMI of over 30kg/m² and HGS [35]. In some studies, authors use Appendicular Lean Mass (ALM) to assess muscle mass [36].

In all of the analysed publications, indicators from DEXA scans were taken into account. DEXA also allows changes in body composition to be monitored [14]. It is widely known that weight gain and weight loss are associated with changes in body composition [26]. The most commonly used adiposity indicators are BF% and BMI. Most of the authors surveyed used BF% to assess body fat content [20,22,25,27,29,30]. The differences in the BF% in the papers is large (from 27% to 42%). Huang et al. as well as Lia et al. define obesity as BF% >30% [20,22]. On the other hand, Follis et

al. define obesity as BF% >42% [15]. Importantly, the wide range of BF% has no relation to the sex of the participants. Moreover, BMI has been used in six works [7,17,18,21,24,26]. Attention should be paid to the wide range in BMI values, which in individual authors ranged from 25kg/m² to 30kg/m² [23]. From this it follows that some subjects were overweight, not obese. Such huge discrepancies in BMI and BF values can lead to inaccurate results and conclusions.

The most often used muscle mass indicator in the above articles was the Skeletal Muscle Mass Index (SMI). SMI was used in nine articles. In addition, some authors used other indicators: LBM, ASMM, and ALST. However, it should be noted that obese individuals tend to have a relatively high LBM, which may not indicate the presence of SO in these patients. It follows from this that more reliable parameters (SMI) for assessing muscle mass should be taken into account during SO assessment [36].

In some papers, SO was assessed according to various algorithms. Park et al. used the following algorithm: ASM/weight > 25.1% [23]. In turn, Godziuk et al. used: ASM/height², ASM/weight, and ASM/BMI indexes. Similar algorithms were used in many of the articles, for example: (ALM/weight) × 100% [7]. It is worth mentioning that the FNII Sarcopenia Project recommends cut-off points for appendicular lean mass adjusted for ALM/BMI [37].

Generally, some authors included low muscle strength and low levels of physical performance in the definition of sarcopenic obesity [34]. It should be noted that these are sarcopenia's diagnostic criteria [6]. Physical performance parameters are important in a physiotherapist's work. They could help them to identify patients at risk of SO. Functional indicators such as HGS, knee extension strength, gait speed, SF-36 tests, EuroSCORE, or Timed Up and Go tests (TUG) were used in seven articles. It should be mentioned that a low level of physical performance and activity are more strongly associated with obesity, not with sarcopenia [36].

To explain why the topic of SO was tackled, attention should be paid to the impact of sarcopenic obesity on overall health. Having sarcopenic obesity is associated with a risk of falling. Follis et al. prove that people who fall have a lower level of physical performance and higher BF% value. Moreover, the risk of suffering a fall while having SO is associated with age and race/ethnicity [15]. They conclude that SO creates the highest risk of falling in Hispanic, older women.

It worth to mentioning that SO individuals had a higher risk of respiratory disease incidence. Despite that, there was no association between SO and respiratory mortality. Petermann-Rocha et al. also conclude that

one must take into account the lack of unequivocal definition of SO-related cut-off points [18]. The studies showed that SO was the strongest predictor of high cholesterol and asthma. Moreover, patients with SO were more likely to suffer from alcoholism or hernia [17]. They also presented a lower level of physical activity and had deficits in functional tests of lower extremities [16,19]. This condition could be associated with low knee flexors and extensor strength. SO patients had lower values of HGS, slower gait speed, and lower 6-minute walking distance [19]. Additionally, both SO and knee osteoarthritis individuals had difficulties with climbing stairs. They also presented slower walking speed [7]. It should be noted that increases in physical activity contribute to an improvement in the health of SO patients.

Conclusions

Currently, SO patients can be effectively treated with aerobic and resistance training, whole-body electromyostimulation (WB-EMS), supplements, and psychological interventions. The most commonly used indicators to assess sarcopenic obesity were BMI, PB%, SMI, ALST, and LBM. Moreover, SO also can be assessed according to various algorithms. Unfortunately, diagnostic criteria for sarcopenic obesity vary considerably. Future studies should concentrate on determining the correct cut-off points for diagnosing SO, something which could help in identifying patients at high risk in various fields of medicine. An interdisciplinary holistic approach, training, and body composition monitoring of older patients all predispose to better functioning in daily life. Due to the great impact of SO on health, future studies should focus on attempting to evaluate SO using functional assessment.

Funding

This research received no external funding.

Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

1. Fauziana R, Jeyagurunathan A, Abidin E, Vaingankar J, Sagayadevan V, Shafie S, et al. Body mass index, waist-hip ratio and risk of chronic medical condition in the elderly population: results from the Well-being of the Singapore Elderly (WiSE) Study. *BMC Geriatr.* 2016; 16: 125.
2. Biolo G, Cederholm T, Muscaritoli M. Muscle contractile and metabolic dysfunction is a common feature of sarcopenia of aging and chronic diseases: from sarcopenic obesity to cachexia. *Clin Nutr.* 2014 Oct; 33(5): 737-48.
3. Bell KE, von Allmen MT, Devries MC, Phillips SM. Muscle Disuse as a Pivotal Problem in Sarcopenia-related Muscle Loss and Dysfunction. *J Frailty Aging.* 2016; 5(1): 33-41.
4. Barazzoni R, Bischoff S, Boirie Y, Busetto L, Cederholm T, Dicker D, et al. Sarcopenic Obesity: Time to Meet the Challenge. *Obes Facts.* 2018 Sep;11(4): 294-305.
5. Heber D, Ingles S, Ashley JM, Maxwell MH, Lyons RF, Elashoff RM. Clinical detection of sarcopenic obesity by bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr.* 1996; 64: S472-S477
6. Hardy R, Cooper R, Aihie Sayer A, Ben - Shlomo Y, Cooper C, Deary IJ, et al. Body Mass Index, Muscle Strength and Physical Performance in Older Adults from Eight Cohort Studies: The HALCYON Programme. *PLoS One.* 2013; 8(2): e56483.
7. Godziuk K, Prado CM, Woodhouse LJ, Forhan M. Prevalence of sarcopenic obesity in adults with end-stage knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2019; 27(12): 1735-45.
8. Krzymińska-Siemaszko R, Fryzowicz A, Czepulis N, Kaluźniak-Szymanowska A, Dworak LB, Wieczorowska-Tobis K. The impact of the age range of young healthy reference population on the cut-off points for low muscle mass necessary for the diagnosis of sarcopenia. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2019 May; 23(10): 4321-32.
9. Stöver K, Heber AH, Eichberg S, Brixius K. Influences of Resistance Training on Physical Function in Older, Obese Men and Women With Sarcopenia. *J Geriatr Phys Ther.* 2018 Jan/Mar; 41(1): 20-7.
10. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing.* 2019 Jan 1; 48(1): 16-31.
11. Ercan S, Baskurt Z, Baskurt F, Cetin C. Balance disorder, falling risks and fear of falling in obese individuals: cross-sectional clinical research in Isparta. *J Pak Med Assoc.* 2020 Jan; 70(1): 17-23.
12. Grillot J, D'Engremont C, Parmentier AL, Lakkis Z, Piton G, Cazaux D, et al. Sarcopenia and visceral obesity assessed by computed tomography are associated with adverse outcomes in patients with Crohn's disease [published online ahead of print, 2020 Jan 11]. *Clin Nutr.* 2020; S0261-5614(20)30001-7.
13. de Souza Vasconcelos KS, Dias JMD, de Araújo MC, Pinheiro AC, Maia MM, Dias RC. Land-based

- versus aquatic resistance therapeutic exercises for older women with sarcopenic obesity: study protocol for a randomised controlled trial. *Trials*. 2013; 14: 296.
14. Zamboni M, Rubele S, Rossi AP. Sarcopenia and obesity. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2019 Jan; 22(1):13-9.
 15. Follis S, Cook A, Bea JW, Going SB, Laddu D, Cauley JA, et al. The Association between Sarcopenic Obesity and Falls in a Multiethnic Cohort of Postmenopausal Women. *J Am Geriatr Soc*. 2018 Dec; 66(12): 2314-20.
 16. Pajek MB, Pajek J. Characterization of Deficits Across the Spectrum of Motor Abilities in Dialysis Patients and the Impact of Sarcopenic Overweight and Obesity. *Clin Nutr*. 2018; 37(3): 870-7.
 17. Xiao J, Cain A, Parcell SA, Ormsbee MJ, Contreras RJ, Kim JS, et al. Sarcopenic Obesity and Health Outcomes in Patients Seeking Weight Loss Treatment. *Clin Nutr ESPEN*. 2018; 23: 79-83.
 18. Petermann-Rocha F, Yang S, Gray SR, Pell JP, Celis-Morales C, Ho FK. Sarcopenic obesity and its association with respiratory disease incidence and mortality. *Clin Nutr*. 2020; S0261-5614(20)30109-6.
 19. Yamashita M, Kamiya K, Matsunaga A, Masuda T, Ako J, Miyaji K, et al. Prognostic value of sarcopenic obesity estimated by computed tomography in patients with cardiovascular disease and undergoing surgery. *J Cardiol*. 2019; 74(3): 273-8.
 20. Huang S, Ku J, Lin L, Liao Ch, Chou L, Liou T. Body Composition Influenced by Progressive Elastic Band Resistance Exercise of Sarcopenic Obesity Elderly Women: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017 Aug; 53(4): 556-63.
 21. Dieli-Cunwright CM, Courneya KS, Demark-Wahnefried W, Sami N, Lee K, Buchanan TA, et al. Effects of Aerobic and Resistance Exercise on Metabolic Syndrome, Sarcopenic Obesity, and Circulating Biomarkers in Overweight or Obese Survivors of Breast Cancer: A Randomized Controlled Trial. *J Clin Oncol*. 2018 Mar 20; 36(9): 875-83.
 22. Liao CD, Tsao JY, Lin LF, Huang SW, Ku JW, Chou LC, et al. Effects of elastic resistance exercise on body composition and physical capacity in older women with sarcopenic obesity. A CONSORT-compliant prospective randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2017 Jun; 96(23): e7115.
 23. Park J, Kwon Y, Park H. Effects of 24-Week Aerobic and Resistance Training on Carotid Artery Intima-Media Thickness and Flow Velocity in Elderly Women with Sarcopenic Obesity. *J Atheroscler Thromb*. 2017 Nov 1; 24(11): 1117-24.
 24. Gadelha AB, Paiva FM, Gauche R, de Oliveira RJ, Lima RM. Effects of resistance training on sarcopenic obesity index in older women: A randomized controlled trial. *Arch Gerontol Geriatr*. Mar 2016; 65: 168-73.
 25. Kim H, Kim M, Kojima N, Fujimo K, Hosoi E, Kobayashi H, et al. Exercise and Nutritional Supplementation on Community-Dwelling Elderly Japanese Women With Sarcopenic Obesity: A Randomized Controlled Trial. *J Am Med Dir Assoc*. 2016; 17(11): 1011-9.
 26. Ponti F, Soverini V, Plazzi A, Aparisi Gómez MP, Mercatelli D, Guglielmi G, et al. DXA-assessed changes in body composition in obese women following two different weight loss programs. *Nutrition*. 2018; 46: 13-9.
 27. Nabuco HCG, Tomeleri CM, Fernandes RR, Sugihara Junior P, Cavalcante EF, Cunha PM, et al. Effect of whey protein supplementation combined with resistance training on body composition, muscular strength, functional capacity, and plasma-metabolism biomarkers in older women with sarcopenic obesity: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Clin Nutr ESPEN*. 2019; 32: 88-95.
 28. Sammarco R, Marra M, Di Guglielmo ML, Naccarato M, Contaldo F, Poggiogalle E, et al. Evaluation of Hypocaloric Diet With Protein Supplementation in Middle-Aged Sarcopenic Obese Women: A Pilot Study. *Obes Facts*. 2017; 10(3): 160-7.
 29. Kemmler W, Weissenfels A, Teschler M, Willert S, Bebenek M, Shojaa M, et al. Whole-body Electromyostimulation and Protein Supplementation Favorably Affect Sarcopenic Obesity in Community-Dwelling Older Men at Risk: The Randomized Controlled FRANSO Study. *Clin Interv Aging*. 2017; 12: 1503-13.
 30. Kemmler W, Teschler M, Weissenfels A, Bebenek M, von Stengel S, Kohl M, et al. Whole-body Electromyostimulation to Fight Sarcopenic Obesity in Community-Dwelling Older Women at Risk. Result of the Randomized Controlled FORMOSA-sarcopenic Obesity Study. *Osteoporos Int*. 2016; 27(11): 3261-70.
 31. Wittmann K, Sieber C, von Stengel S, Kohl M, Freiberger E, Jakob F, et al. Impact of whole body electromyostimulation on cardiometabolic risk factors in older women with sarcopenic obesity: the randomized controlled FORMOSA-sarcopenic obesity study. *Clin Interv Aging*. 2016; 11: 1697-706.
 32. Kreidieh D, Itani L, El Masri D, Tannir H, El Ghoch M. Association Between Reduced Daily Steps and Sarcopenic Obesity in Treatment-Seeking Adults With Obesity. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020; 11: 22.
 33. Rasaei N, Kashavarz SA, Yekaninejad MS, Mirzaei K. The association between sarcopenic obesity (SO) and major dietary patterns in overweight and obese adult

- women. *Diabetes & Metabolic Syndrome*. 2019 Jul-Aug; 13(4): 2519-24.
34. Magiera A, Kaczmarczyk K, Wiszomirska I, Olszewska E. Physical capacity in elderly women. *Adv Rehab*. 2012; 26(2): 29-36.
35. Hamer M, O'Donovan G. Sarcopenic obesity, weight loss, and mortality: the English Longitudinal Study of Ageing. *Am J Clin Nutr*. 2017 Jul; 106(1): 125-9.
36. El Ghoch M, Calugi S, Dalle Grave R. Sarcopenic obesity: definition, health consequences and clinical management. *Open Nutr J*. 2018; 12: 70-3.
37. Studenski SA, Peters KW, Alley DE, Cawthon PM, McLean RR, Harris TB, et al. The FNIH sarcopenia project: Rationale, study description, conference recommendations, and final estimates. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2014; 69: 547-58.

10.5. Streszczenie konferencyjne pt.: Assessing fall risk in older women

Assessing Fall Risk in Older Women*

P. BOBOWIK¹, I. WISZOMIRSKA²

Key words: fall risk, elderly, seniors

1. Introduction

One-third of older people experience a fall each year [1]. Falls are a consequence of many factors: reduced muscle strength, degenerative changes in the vestibular and visual systems, deterioration of motor control, and environmental factors [2,3].

Although fall risk assessment should take place in a dynamic environment [4], it is important to identify which static balance-related indices may be predictors of falls in the elderly.

2. Material and methods

The study involved fifty-six women aged 71.77 ± 7.43 (SD). Balance was assessed with the use of a Biodex Balance System SD (BBS) platform. A Postural Stability Test (PST) was performed using the stability platform with eyes open (EO) and eyes closed (EC). On this basis, the following static stability coefficients were determined: an overall stability index (OSI), an anterior-posterior stability index (APSI) and a medial-lateral stability index (MLSI). A Fall Risk Test (FRT) was also performed with eyes open at various levels of platform instability from 12-6, on the basis of which a dynamic stability factor, i.e. a fall risk index (FRI) 12-6, was determined.

A regression analysis was performed in order to determine which static stability-related independent variables make it possible to predict FR (FRI 12-6) in older women. A transformation of indices with a distribution different from the normal was performed, finding the logarithm of the measurement data. A significance level of $p < 0.05$ was adopted.

3. Results and discussion

A model was built based on the following static stability parameters with eyes open and closed: OSI EO, APSI EO, MLSI EO, OSI EC, APSI EC and MLSI EC. The obtained results allow FR to be predicted with an accuracy of just 39% on the basis of the medial-lateral stability index (MLSI) with eyes open. The regression results are shown in Table 1.

Table 1. The results of the regression analysis for static stability factors in fall risk.

parameter	R ² = 0.3894; F(6,48)= 5.1010					
	OSI EO	APSI EO	MLSI EO	OSI EC	APSI EC	MLSI EC
	[·]	[·]	[·]	[·]	[·]	[·]
b	0.0916	-0.1121	0.5282	-0.7587	0.5804	0.1500
p	0.794	0.664	0.002*	0.163	0.117	0.458

Legend 1.

b – regression coefficient; p – probability value; OSI- overall stability index; APSI- anterior-posterior stability index; MLSI- medial-lateral stability index; EO-eyes open; EC- eyes closed;

By means of backward stepwise regression analysis using the above model, a variable that significantly influences FR in seniors was distinguished, namely MLSI EO. The above analysis shows that this indicator may predict the risk of falls in older women in 35% of cases. The results of the above analysis can be found in Table 2.

¹Patrycja Bobowik, Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw, Faculty of Rehabilitation, patrycja.bobowik@awf.edu.pl

²Ida Wiszomirska, Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw, Faculty of Rehabilitation, ida.wiszomirska@awf.edu.pl

Table 2. Results of backward stepwise regression analysis as regards fall risk

parameter	b	R2	p
MLSI EO [-]	0.484011	0.3458	0.000002*

Legend 2.

b- regression coefficient; p- probability value; MLSI- medial-lateral stability index; EO-eyes open;

4. Conclusions

Fall risk assessment should be conducted in dynamic conditions. The results of the above analysis suggest that medial-lateral swaying with eyes open is also a strong fall risk predictor in older women.

References

- [1] GRANT A, MACKENZIE L, CLEMSON L., *How do general practitioners engage with allied health practitioners to prevent falls in older people? An exploratory qualitative study.* Australasian Journal on Ageing. 34, 149–154.
- [2] GOUVEIA É.R, GOUVEIA B.R, IHLE A, KLIEGEL M, MARQUES A, FREITAS D.L., *Balance and mobility relationships in older adults: a representative population-based cross-sectional study in Madeira, Portugal.* Archives of Gerontology and Geriatrics. 2019;80:65–69.
- [3] BOBOWIK P, WISZOMIRSKA I, LEŚ A, KACZMARCZYK K., *Selected tools for assessing the risk of falls in older women.* Biomed Research International. 2020; 2020:2065201.
- [4] BOBOWIK P, WISZOMIRSKA., *Diagnostic dependence of muscle strength measurements and the risk of falls in the elderly.* International Journal of Rehabilitation Research. 2020 Dec;43(4):330-336.

*This work was made possible due to support from the Ministry of Science and Higher Education in the years 2020-2022. It was carried out by Research Group no. 3 at the Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw "Motor system diagnostics in selected dysfunctions as a basis for planning the rehabilitation process".

11. Zgoda Senackiej Komisji Etyki Badań Naukowych Akademii Wychowania Fizycznego w Warszawie

Senacka Komisja Etyki Badań Naukowych
Akademii Wychowania Fizycznego
JÓZEFA PIŁSUDSKIEGO w Warszawie
00-968 Warszawa 45, skr. poczt. 55
ul. Marymoncka 34, tel/fax 022 628 11 11

SENACKA KOMISJA ETYKI BADAŃ NAUKOWYCH
AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
JÓZEFA PIŁSUDSKIEGO
Warszawa, ul Marymoncka 34

OPINIA O ZGODNOŚCI PROJEKTU BADANIA NAUKOWEGO Z ZASADAMI ETYCZNYMI

Tytuł badania (pełny i skrócony, jeśli dotyczy)

Sprawność, styl i jakość życia osób starszych w profilaktyce gerontologicznej

Kierownik badania

Imię i nazwisko: Ida Wiszomirska

Stopień/tytuł naukowy: dr

Stanowisko: Kierunek/stopień/rok studiów (dot. studenta/doktoranta):

Uczelnia/Wydział/Katedra/Zakład: AWF/WR/ Katedra Biologicznych Podstaw
Rehabilitacji/Zakład Anatomii i Kinezylogii

Po uważnym zapoznaniu się z przedłożoną dokumentacją projektu w/w badania naukowego, Komisja Etyki Badań Naukowych wydała:

- POZYTYWNA OPINIE** o zgodności tego projektu badania naukowego z zasadami etycznymi. Komisja stwierdziła, że projekt jest zgodny ze standardami etyki badań naukowych i może być realizowany.
- WARUNKOWO POZYTYWNA OPINIE** o zgodności tego projektu badania naukowego z zasadami etycznymi. Komisja stwierdziła, że projekt może być realizowany pod warunkiem, że we wskazanym niżej terminie Wnioskodawca wprowadzi do niego wskazane zmiany i przedłoży poprawiony projekt Komisji do ponownego zaopiniowania w trybie § 10 Regulaminu Komisji.
- NEGATYWNA OPINIE** o zgodności tego projektu badania naukowego z zasadami etycznymi. Komisja stwierdziła, że projekt nie spełnia podstawowych standardów etyki badań naukowych i nie może być realizowany.

Uzasadnienie opinii/Określenie warunków dla opinii warunkowo pozytywnej

Projekt zgodny z zasadami etyki badań naukowych.

Warszawa, 01.12.2017 r.
SKE 01-65/2017

Podpis przewodniczącego Senackiej Komisji
Etyki Badań Naukowych

PRZEWODNICZĄCA
Senackiej Komisji
Etyki Badań Naukowych
Prof. dr hab. Alicja Przytuśko-Fiszar

12. Oświadczenie autora publikacji

Załącznik nr 2 do zał. I do Uchwały 29/2020/2021
do Wytycznych Rady Nauk o Kulturze Fizycznej AWF Warszawa
dotyczących przygotowania rozprawy doktorskiej

Warszawa, 14.07.2021 r.

mgr Patrycja Bobowik
/tytuł zawodowy, imię i nazwisko/

Oświadczenie autora publikacji¹

Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

/Bobowik P, Wiszomirska I, Leś A, Kaczmarczyk K, 2020, Selected Tools for Assessing the Risk of Falls in Older Women, Biomed Research International. 12;2020:2065201. doi:10.1155/2020/2065201//

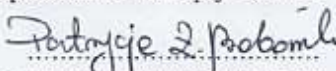
wchodzącej w skład mojej rozprawy doktorskiej polegał na ^{2,3}:
opracowaniu koncepcji badań, zebraniu materiału badawczego, gromadzeniu danych, pomocy w wykonaniu analiz statystycznych, napisaniu maszynopisu pracy i odpowiedzi na recenzje pracy, co określam jako 60% udziału w przygotowaniu wyżej wymienionej publikacji.

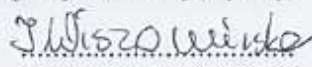
Ponadto udział współautora/-ki⁴:

/Ida Wiszomirska/ określam jako 20% w zakresie opracowaniu koncepcji badań, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu analiz statystycznych, analizie i interpretacji wyników, edycji pracy.

/Anna Leś/ określam jako 10% w zakresie gromadzeniu danych, analizie i interpretacji wyników.

/Katarzyna Kaczmarczyk/ określam jako 10% w zakresie opracowaniu koncepcji badań i gromadzeniu danych.


Podpis autora rozprawy doktorskiej (czytelny)


Podpis promotora (czytelny)

¹ Do oświadczenia dotyczącego oświadczenia wszystkich współautorów.

² W co najmniej trzech etapach monotematycznego cyklu doktorant musi być pierwszym autorem, z jego decydującym wkładem na każdym etapie powstawania i pisania prac (tworzenie koncepcji, przeprowadzenie badań, analiza wyników oraz pisanie artykułu).

³ W przypadku każdej z włączonych do cyklu prac wymaga się złożenia oświadczenia przez autora wskazujące na jego merytoryczny oraz procentowy wkład w powstanie pracy [np. twórca hipotezy badawczej, pomysłodawca badań, wykonanie specyficznych badań (np. przeprowadzenie konkretnych doświadczeń, opracowanie i zebranie danych, wykonanie zestawień statystycznych itp.), wykonanie analizy wyników, przygotowanie manuskryptu artykułu, i inne]. Określenie wkładu autora powinno być na tyle precyzyjne, aby umożliwić dokładną ocenę jego udziału i roli w powstaniu każdej z prac.

⁴ Dodać zapis udziału % i rodzaj wniesionego wkładu wszystkich współautorów na podstawie własnych oświadczeń współautorów.

Warszawa, 14.07.2021 r.

.....mgr Patrycja Bobowik.....
/tytuł zawodowy, imię i nazwisko/

Oświadczenie autora publikacji¹

Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

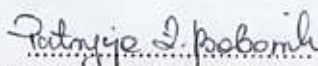
/Bobowik P, Wiszomirska I, 2020, Diagnostic dependence of muscle strength measurements and the risk of falls in the elderly. Int J Rehabil Res. 2020 Dec;43(4):330-336. 2020 Dec;43(4):330-336. doi:10.1097/MRR/

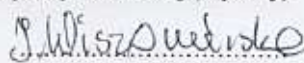
wchodzącej w skład mojej rozprawy doktorskiej polegał na ^{2,3}:

opracowaniu koncepcji badań, zebraniu materiału badawczego, gromadzeniu danych, pomocy w wykonaniu analiz statystycznych, napisaniu maszynopisu pracy i odpowiedzi na recenzje pracy, co określam jako 70% udziału w przygotowaniu wyżej wymienionej publikacji.

Ponadto udział współautora/-ki⁴:

/Ida Wiszomirska/ określam jako 30% w zakresie opracowaniu koncepcji badań, zebraniu materiału badawczego, gromadzeniu danych, wykonaniu analiz statystycznych, analizie i interpretacji wyników, edycji pracy.


Podpis autora rozprawy doktorskiej (czytelny)


Podpis promotora (czytelny)

¹ Do oświadczenia dołącza się oświadczenia wszystkich współautorów.

² W co najmniej trzech pracach monograficznego cyklu doktorant musi być pierwszym autorem, z jego decydującym wkładem na każdym etapie powstawania i pisania prac (tworzenie koncepcji, przeprowadzenie badań, analiza wyników oraz pisanie artykułu).

³ W przypadku każdej z włączonych do cyklu prac wymaga się złożenie oświadczenia przez autora wskazujące na jego merytoryczny oraz procentowy wkład w powstanie pracy (np. twórca hipotezy badawczej, pomysłodawca badań, wykonanie specyficznych badań (np. przeprowadzenie konkretnych doświadczeń, opracowanie i zebranie danych, wykonanie zestawień statystycznych itp.), wykonanie analizy wyników, przygotowanie manuskryptu artykułu i inne). Określenie wkładu autora powinno być na tyle precyzyjne, aby umożliwić dokładną ocenę jego udziału i roli w powstaniu każdej z prac.

⁴ Dodać zapis udziału % i rodzaj wniesionego wkładu wszystkich współautorów na podstawie wklasyfikowanych oświadczeń współautorów.

Warszawa, 14.07.2021 r.

.....mgr Patrycja Bobowik.....
/tytuł zawodowy, imię i nazwisko/

Oświadczenie autora publikacji¹

Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

**/Bobowik P, Wiszomirska I, 2021, The impact of obesity and age on the risk of falls in
older woman. Acta Bioeng Biomech, 23 (2), s. 123-130.
DOI: 10.37190/ABB-01804-2021-03./**

wchodzącej w skład mojej rozprawy doktorskiej polegał na ^{2,3}:
opracowaniu koncepcji badań, zebraniu materiału badawczego, gromadzeniu danych, pomocy
w wykonaniu analiz statystycznych, napisaniu maszynopisu pracy i odpowiedzi na recenzje
pracy, co określałam jako 70% udziału w przygotowaniu wyżej wymienionej publikacji.

Ponadto udział współautora/-ki⁴:
/Ida Wiszomirska/ określałam jako 30% w zakresie opracowaniu koncepcji badań, zebraniu
materiału badawczego, gromadzeniu danych, wykonaniu analiz statystycznych, analizie i
interpretacji wyników, edycji pracy.


Podpis autora rozprawy doktorskiej (czytelny)


Podpis promotora (czytelny)

¹ Do oświadczenia dołącza się oświadczenia wszystkich współautorów.

² W co najmniej trzech pracach monograficznego cyklu doktorant musi być pierwszym autorem, z jego decydującym wkładem na każdym etapie powstawania i pisania prac (tworzenie koncepcji, przeprowadzenie badań, analiza wyników oraz pisanie artykułu).

³ W przypadku książki z włączonych do cyklu prac wymaga się złożenie oświadczenia przez autora wskazujące na jego merytoryczny oraz procentowy wkład w powstanie pracy (np. treść hipotezy badawczej, pomysłodawca badań, wykonanie specyficznych badań (np. przeprowadzenie konkretnych doświadczeń, opracowanie i zebranie danych, wykonanie zestawień statystycznych itp.), wykonanie analizy wyników, przygotowanie manuskryptu artykułu, i inne). Określenie wkładu autora powinno być na tyle precyzyjne, aby umożliwić dokładną ocenę jego udziału i roli w powstaniu książki z prac.

⁴ Dodać zapis udziału % (rodzaj wniesionego wkładu wszystkich współautorów na podstawie własnych oświadczeń współautorów).

Warszawa, 14.07.2021 r.

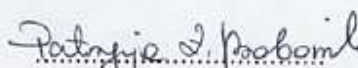
.....mgr Patrycja Bobowik.....
/tytuł zawodowy, imię i nazwisko/


Oświadczenie autora publikacji¹

Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

**/Bobowik P, 2020, Sarcopenic obesity in older people. Adv Rehab, 34(4), s. 25–35.
DOI: 10.5114/areh.2020.100297/**

wchodzącej w skład mojej rozprawy doktorskiej polegał na ^{2,3}:
opracowaniu koncepcji badań, zebraniu materiału badawczego, gromadzeniu danych, pomocy
w wykonaniu analiz statystycznych, napisaniu maszynopisu pracy i odpowiedzi na recenzje
pracy, co określam jako 100% udziału w przygotowaniu wyżej wymienionej publikacji.


Podpis autora rozprawy doktorskiej (czytelny)


Podpis promotora (czytelny)

¹ Do oświadczenia dołącza się oświadczenia wszystkich współautorów.

² W co najmniej trzech pracach monolematycznego cyklu doktorant musi być pierwszym autorem, z jego decydującym wkładem na każdym etapie powstawania i pisania prac: stworzenie koncepcji, przeprowadzenie badań, analiza wyników oraz pisanie artykułu.

³ W przypadku każdej z włączonych do cyklu prac wymaga się złożenie oświadczenia przez autora wskazujące na jego merytoryczny oraz procentowy wkład w powstanie pracy (np. twórca hipotezy badawczej, pomysłodawca badań, wykonanie specyficznych badań (np. przeprowadzenie konkretnych doświadczeń, opracowanie i zebranie danych, wykonanie testów statystycznych itp.), wykonanie analizy wyników, przygotowanie manuskryptu artykułu, i inne). Określenie wkładu autora powinno być na tyle precyzyjne, aby umożliwić dokładną ocenę jego udziału i roli w powstaniu każdej z prac.

Warszawa, 14.07.2021 r.

.....mgr Patrycja Bobowik.....
/tytuł zawodowy, imię i nazwisko/

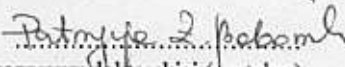
Oświadczenie autora publikacji¹

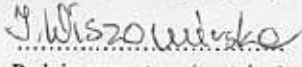
Oświadczam, iż mój udział w przygotowaniu publikacji:

**Bobowik P, Wiszomirska I, 2021, Assessing Fall Risk in Older Women.
BIOMECHANICS 2020. International Conference of the Polish Society of
Biomechanics. 09-10.09.2021, Warszawa.
Streszczenie konferencyjne z wystąpieniem ustnym/**

wchodzącej w skład mojej rozprawy doktorskiej polegał na^{2,3}:
przygotowaniu, przedstawieniu i zaprezentowaniu wyników, co określam jako 70% udziału w
przygotowaniu wyżej wymienionej publikacji.

Ponadto udział współautora/-ki⁴:
/Ilda Wiszomirska/ określam jako 30% przygotowania i edycji prezentacji.


Podpis autora rozprawy doktorskiej (czytelny)


Podpis promotora (czytelny)

¹ Do oświadczenia dołącza się oświadczenia wszystkich współautorów

² W co najmniej trzech pracach monotematycznego cyklu doktorant musi być pierwszym autorem, z jego decydującym wkładem na każdym etapie powstawania i pisania prac (teorzenie koncepcji, przeprowadzenie badań, analiza wyników oraz pisanie artykułu).

³ W przypadku każdej z włączonych do cyklu prac wymaga się złożenie oświadczenia przez autora wskazujące na jego merytoryczny oraz procentowy wkład w powstanie pracy (np. twórca hipotezy badawczej, pomysłodawca badań, wykonanie specyficznych badań (np. przeprowadzenie konkretnych doświadczeń, opracowanie i zebranie danych, wykonanie zestawień statystycznych itp.), wykonanie analizy wyników, przygotowanie manuskryptu artykułu, i inne). Określenie wkładu autora powinno być na tyle precyzyjne, aby umożliwić dokładną ocenę jego udziału i roli w powstaniu każdej z prac.

⁴ Dodać zapis udziału % i rodzaj wniesionego wkładu wszystkich współautorów na podstawie własnych oświadczeń współautorów.

13. Wykaz publikacji wraz z wniesionym wkładem współautorów

*Załącznik nr 6 do zał. I do Uchwały 29/2020/2021
do Wytocznych Rady Nauk o Kulturze Fizycznej AWF Warszawa
dotyczących przygotowania rozprawy doktorskiej*

Wykaz publikacji wraz z wniesionym wkładem współautorów

Tytuł pracy:

Selected Tools for Assessing the Risk of Falls in Older Women.

/Bobowik P, Wiszomirska I, Leś A, Kaczmarczyk K, 2020, Selected Tools for Assessing the Risk of Falls in Older Women, Biomed Research International. 12;2020:2065201. doi:10.1155/2020/2065201/

Nazwisko i imię współautora	Oświadczenie o wniesieniu wkładu
Bobowik Patrycja - doktorant	Koncepcja i projekt (15%) Gromadzenie danych (15%) Analiza i interpretacja (15%) Pisanie i edycja (15%)
Wiszomirska Ida - współautor	Koncepcja i projekt (5%) Gromadzenie danych (0%) Analiza i interpretacja (10%) Pisanie i edycja (5%)
Leś Anna- współautor	Koncepcja i projekt (0%) Gromadzenie danych (5%) Analiza i interpretacja (5%) Pisanie i edycja (0%)
Kaczmarczyk Katarzyna - współautor	Koncepcja i projekt (5%) Gromadzenie danych (5%) Analiza i interpretacja (0%) Pisanie i edycja (0%)

Tytuł pracy:

Diagnostic dependence of muscle strength measurements and the risk of falls in the elderly.

/Bobowik P, Wiszomirska I, 2020, Diagnostic dependence of muscle strength measurements and the risk of falls in the elderly. Int J Rehabil Res. 2020 Dec;43(4):330-336. 2020 Dec;43(4):330-336. doi:10.1097/MRR/

Nazwisko i imię współautora	Oświadczenie o wniesieniu wkładu
Bobowik Patrycja - doktorant	Koncepcja i projekt (15%) Gromadzenie danych (20%) Analiza i interpretacja (15%) Pisanie i edycja (20%)
Wiszomirska Ida - współautor	Koncepcja i projekt (10%) Gromadzenie danych (5%) Analiza i interpretacja (10%) Pisanie i edycja (5%)

Tytuł pracy:

The impact of obesity and age on the risk of falls in older woman

/Bobowik P, Wiszomirska I, 2021, The impact of obesity and age on the risk of falls in older woman, Acta of Biomechanics and Bioengineering, DOI: 10.37190/ ABB-01804-2021-03/

Nazwisko i imię współautora	Oświadczenie o wniesieniu wkładu
Bobowik Patrycja - doktorant	Koncepcja i projekt (15%) Gromadzenie danych (20%) Analiza i interpretacja (15%) Pisanie i edycja (20%)
Wiszomirska Ida - współautor	Koncepcja i projekt (10%) Gromadzenie danych (5%) Analiza i interpretacja (10%) Pisanie i edycja (5%)

Tytuł pracy:

Sarcopenic obesity in older people

/Bobowik P, 2020, Sarcopenic obesity in older people. Adv Rehab, 34(4), s. 25–35.

DOI: 10.5114/areh.2020.100297/

Nazwisko i imię współautora	Oświadczenie o wniesieniu wkładu
Bobowik Patrycja - doktorant	Koncepcja i projekt (25%) Gromadzenie danych (25%) Analiza i interpretacja (25%) Pisanie i edycja (25%)

Tytuł pracy:

Assessing Fall Risk in Older Women

Bobowik P, Wiszomirska I, 2021, Assessing Fall Risk in Older Women.

BIOMECHANICS 2020. International Conference of the Polish Society of Biomechanics.

09-10.09.2021, Warszawa.

Streszczenie konferencyjne z wystąpieniem ustnym/

Nazwisko i imię współautora	Oświadczenie o wniesieniu wkładu
Bobowik Patrycja - doktorant	Koncepcja i projekt (20%) Gromadzenie danych (20%) Analiza i interpretacja (15%) Pisanie i edycja (15%)
Wiszomirska Ida - współautor	Koncepcja i projekt (10%) Gromadzenie danych (5%) Analiza i interpretacja (5%) Pisanie i edycja (10%)

14. Oświadczenia współautorów publikacji

Załącznik nr 3 do zał. I do Uchwały 29/2020/2021 do
Wytocznych Rady Nauk o Kulturze Fizycznej AWF Warszawa
dotyczących przygotowania rozprawy doktorskiej

Warszawa, 14.07.2021 r.

dr Anna Leś
/tytuł zawodowy, imię i nazwisko/

Oświadczenie współautora publikacji

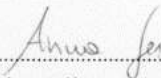
Jako współautor pracy pt.

**/Bobowik P, Wiszomirska I, Leś A, Kaczmarczyk K, 2020, Selected Tools for
Assessing the Risk of Falls in Older Women, Biomed Research International.
12;2020:2065201. DOI:10.1155/2020/2065201/**

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i
opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji to:
gromadzenie danych, analiza i interpretacja wyników.

Procentowy udział w jego powstanie określam na 10%.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje
indywidualny wkład mgr Patrycji Bobowik przy opracowywaniu koncepcji, wykonywaniu
części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników tej pracy.


.....
/podpis współautora (czytelny)/

Załącznik nr 3 do zał. 1 do Uchwały 29/2020/2021 do
Wytycznych Rady Nauk o Kulturze Fizycznej AWF Warszawa
dotyczących przygotowania rozprawy doktorskiej

Warszawa, 14.07.2021 r.

dr hab. Katarzyna Kaczmarczyk
/tytuł zawodowy, imię i nazwisko/

Oświadczenie współautora publikacji


Jako współautor pracy pt.

**/Bobowik P, Wiszomirska I, Leś A, Kaczmarczyk K, 2020, Selected Tools for
Assessing the Risk of Falls in Older Women, Biomed Research International,
12;2020:2065201. DOI:10.1155/2020/2065201/**

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i
opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji to:
opracowanie koncepcji badań i gromadzenie danych.

Procentowy udział w jego powstanie określam na 10%.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje
indywidualny wkład mgr Patrycji Bobowik przy opracowywaniu koncepcji, wykonywaniu
części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników tej pracy.


/podpis współautora (czytelny)/

Warszawa, 14.07.2021 r.

dr hab. Ida Wiszomirska
/tytuł zawodowy, imię i nazwisko/

Oświadczenie współautora publikacji

Jako współautor pracy pt.

/Bobowik P, Wiszomirska I, Leś A, Kaczmarczyk K, 2020, Selected Tools for Assessing the Risk of Falls in Older Women, Biomed Research International. 12;2020:2065201. DOI:10.1155/2020/2065201/

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji to:
opracowanie koncepcji badań, zbieranie materiału badawczego, wykonanie analiz statystycznych, analiza i interpretacja wyników oraz edycja pracy.

Procentowy udział w jego powstanie określam na 20%.

Jako współautor pracy pt.

/Bobowik P, Wiszomirska I, 2020, Diagnostic dependence of muscle strength measurements and the risk of falls in the elderly. Int J Rehabil Res. 2020 Dec;43(4):330-336. 2020 Dec;43(4):330-336. doi:10.1097/MRR/

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji to:
opracowanie koncepcji badań, zbieranie materiału badawczego, gromadzenie danych, wykonanie analiz statystycznych, analiza i interpretacja wyników oraz edycja pracy.

Procentowy udział w jego powstanie określam na 30%.

Jako współautor pracy pt.

**/Bobowik P, Wiszomirska I, 2021, The impact of obesity and age on the risk of falls in older woman. Acta Bioeng Biomech, 23 (2), s. 123-130.
DOI: 10.37190/ABB-01804-2021-03./**



oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji to:
opracowanie koncepcji badań, zbieranie materiału badawczego, gromadzenie danych, wykonanie analiz statystycznych, analiza i interpretacja wyników oraz edycja pracy.

Procentowy udział w jego powstanie określam na 30%.

Jako współautor pracy pt.

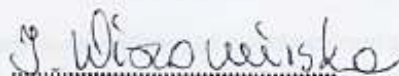
**/Bobowik P, Wiszomirska I, 2021, Assessing Fall Risk in Older Women.
BIOMECHANICS 2020. International Conference of the Polish Society of
Biomechanics. 09-10.09.2021, Warszawa.**

Streszczenie konferencyjne z wystąpieniem ustnym/

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji to:
przygotowanie i edycja wystąpienia.

Procentowy udział w jego powstanie określam na 30%.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. prac wykazuje indywidualny wkład mgr Patrycji Bobowik przy opracowywaniu koncepcji, wykonywaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników tej pracy.



/podpis współautora (czytelny)/

15. Dorobek naukowy

15.1. Wykaz innych publikacji naukowych

- Leś, A., Guskowska, M., Kozdroń, E., Piotrowska, J., Bobowik P. (2021). Predictors of quality of life in elderly women with diverse life activity. RASP-Research on Ageing and Social Policy. 9(2), s. 184-204. DOI: 10.447/rasp.2021.8078. MNiSW: 40 pkt
- Bobowik, P. (2019). Effectiveness of physiotherapy in carpal tunnel syndrome. Adv Rehab, 33(2), s. 47-58. DOI: 10.5114/areh.2019.85023. MNiSW: 20 pkt
- Bobowik, P., Dąbek, A. (2018). Physiotherapy in women with diastasis of the rectus abdominis muscles. Adv Rehab, 32(3), s. 11-17. DOI: 10.5114/areh.2018.80964. MNiSW: 20 pkt

15.2. Wykaz pozostałych doniesień zjazdowych

- 05.03.2021r.- Symposium- „Analiza ruchu- teoria i praktyka w zastosowaniach klinicznych". Tytuł: „Diagnostyka funkcjonalna stabilności posturalnej u senierek”.
- 24.04.2021r.- XIV Wiosna z Fizjoterapią- „Narząd ruchu- biomechanika, diagnostyka, leczenie”. Tytuł: „Wpływ operacji przodostopia u kobiet z paluchem koślawym na parametry czasowo- przestrzenne chodu- wyniki badań pilotażowych”.