

RAFAŁ BARAN^{1,2}, WERONIKA MAREK¹, JOANNA BARAN^{1,3}, TERESA POP¹

¹ Instytut Nauk o Zdrowiu, Kolegium Nauk Medycznych, Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów, Polska

² SOLUTION. Analizy Statystyczne, Rzeszów, Polska

³ Przyrodniczo-Medyczne Centrum Badań Innowacyjnych, Uniwersytet Rzeszowski, Polska

11. Równowaga młodych dorosłych w zależności od składu masy ciała

Balance in young adults depending on body weight composition

Streszczenie

Wprowadzenie: Równowaga jest bardzo ważnym czynnikiem w życiu człowieka. Dzięki niej posiada on pionową postawę ciała oraz możliwość lokomocji. Stabilność posturalną nabywamy z wiekiem i możemy ją kształtować przez całe życie. By móc ocenić równowagę, wykorzystuje się wiele specjalistycznych urządzeń, testów czy prób. Jednak najbardziej miarodajne ze wszystkich wyżej wymienionych są urządzenia, które we współpracy z komputerem dają najdokładniejsze wyniki. Celem pracy było wykazanie wpływu składu masy ciała na równowagę u młodych dorosłych. Pod uwagę wzięto również wpływ płci, wieku, wzrostu oraz masy ciała na symetrię obciążeń kończyn dolnych oraz na samą równowagę. **Materiał i metody:** Badaniem objęto 97 studentów w wieku 19–23 lat. W grupie badanej znalazło się 79 kobiet i 18 mężczyzn. Oceny równowagi dokonano za pomocą platformy dynamograficznej Zebris FDM-S. Do pomiaru składu masy ciała użyto analizatora Tanita MC 980 MA. **Wyniki:** W badaniach istotne zależności zaszły pomiędzy wzrostem, wagą a parametrami równowagi oraz symetrią obciążeń kończyn dolnych. Wzrost wartości danych czynników przekładał się na lepszą równowagę. Zarówno u kobiet, jak i mężczyzn największy wpływ na stabilność posturalną miała masa ciała, a także wzrost. U mężczyzn wyższych, z większą masą ciała zauważono tendencje do obciążania tyłostopia. U kobiet cechujących się wyższą zawartością tkanki tłuszczowej odnotowano lepsze parametry równowagi niż u kobiet posiadających większe wartości pozostałych komponentów składowych masy ciała. **Wnioski:** Równowaga u młodych dorosłych zależy od masy ciała oraz wzrostu. Wiek, a także płeć nie mają istotnego znaczenia co do równowagi. Badani posiadający większą masę ciała cechują się lepszą równowagą. Osoby, u których w organizmie jest więcej tkanki tłuszczowej, bardziej obciążają tyłostopie, natomiast te, cechujące się większą masą tkanki beztłuszczowej, mięśniowej, kostnej oraz większą zawartością wody w organizmie, większy ciężar ciała opierają na przodostopie.

Słowa kluczowe: równowaga, młodzi dorośli, skład masy ciała, symetria obciążeń kończyn dolnych

Abstract

Introduction: Balance is a very important factor in a person's life. Thanks to it, it has a vertical posture and the possibility of locomotion. We acquire postural stability with age and we can shape it throughout our lives. To be able to evaluate the balance, many specialized devices or tests are used. However, the most authoritative of all the above are devices that, in cooperation with a computer, give the most accurate results. The aim of the study was to show the influence of body composition on the balance in young adults. The influence of sex, age, height and body weight on the symmetry of lower limb loads and the balance itself was also taken into account. **Material and methods:** The study covered 97 students aged 19–23. In the study group there were 79 women and 18 men. The balance was assessed using the Zebris FDM-S dynamographic platform. The Tanita MC 980 MA analyzer was used to measure body composition. **Results:** In the studies, significant relationships occurred between height, weight and balance parameters as well as symmetry of lower limb loads. The increase in the value of given factors translated into a better balance. Both in women and men, body mass and height had the greatest influence on postural stability. In taller men with a higher body mass, tendencies to load the hindfoot were noticed. In women characterized by a higher content of adipose tissue, better balance parameters were noted than in women with higher values of other components of body mass. **Conclusions:** The balance in young adults depends on body weight and height. Age and gender are not important in terms of balance. People with a greater body mass are characterized by a better balance. People who have more body fat in the body weigh more on the footpaste, while those with a greater mass of lean, muscular, bone tissue and higher water content in the body weigh more weight on the forefoot.

Keywords: balance, young adults, weight composition, symmetry of lower limb loads

Wprowadzenie

Równowaga ciała jest cechą mającą nieodłączny związek z motorycznością człowieka. W piśmiennictwie określa się ją jako zdolność organizmu do utrzymania pionowej postawy ciała bez pomocy drugiej osoby, zapobiegając niekontrolowanym upadkom [1]. Prawidłową kontrolę równowagi zapewnia precyzyjna koordynacja nerwowo-mięśniowa wszystkich segmentów ciała. Postawa ciała człowieka oraz jej stabilność zmieniają się m.in. podczas dojrzewania czy wzrostu osobniczego [2].

Proces utrzymania równowagi polega na naprzemiennym gubieniu i odzyskiwaniu równowagi. Podstawowym celem zmysłu równowagi jest utrzymanie środka ciężkości ciała człowieka w równowadze zarówno w spoczynku, jak i w ruchu [3]. Zachowanie równowagi oraz odczucie prawidłowej orientacji u człowieka zależą od wspólnej pracy kilku zmysłów. Są to między innymi: narząd przedsionkowy, narząd wzroku, zmysłu czucia głębokiego, dotyku, a także narząd słuchu [1, 4].

Prawidłowe współdziałanie ze sobą układu przedsionkowego, wzrokowego i proprioceptywnego warunkuje zachowanie stabilnej, pionowej postawy ciała. Informacje o przemieszczeniu środka ciężkości ciała (*Center of Gravity*, COG) są analizowane w ośrodkowym układzie nerwowym, dochodzi tam do aktywacji ośrodków układu ruchu, co prowadzi do ograniczenia kołysania się ciała. Narząd wzroku ma za zadanie ocenienie ustawienia oczu i głowy w stosunku do przedmiotów, które go otaczają. Receptory czucia głębokiego rejestrują stopień napięcia mięśni, które kontrolują ruchomość stawów oraz to, w jakim stopniu stopa naciska na podłoże, informując o tym, jak poszczególne części ciała są ustawione w stosunku do siebie i do podłoża. Układ przedsionkowy przesyła informacje o przyspieszeniach kątowych i liniowych, które odbiera głowa na skutek działania sił zewnętrznych, między innymi siły grawitacji, a co za tym idzie o kierunku ruchu głowy [5, 6].

Równowaga statyczna to stan, kiedy to punkt podparcia ciała jest stały i dzieli się na równowagę: stałą – ciało, tracąc równowagę, odzyskuje ją po chwili i wraca do pozycji wyjściowej; obojętną – występuje ona wtedy, gdy ciało po utracie równowagi znów ją odzyskuje, ale już w innym punkcie podparcia; chwiejną – ma ona miejsce wtedy, gdy ciało zmienia swoje miejsce położenie dzięki zmianie rzutu środka ciężkości. Ciało przemieszcza się dzięki wychyleniom [7].

Równowaga dynamiczna jest to zdolność organizmu do utrzymania równowagi w sytuacji, kiedy punkt podparcia zmienia się. W równowadze dynamicznej wyróżnia się określone typy ruchów [1].

Zaburzenia równowagi ciała są jednym z czynników, które mają negatywny wpływ na codzienną aktywność, w tym również na obniżenie jakości życia człowieka [8]. Przyczynami u osób dorosłych mogą być: choroby i urazy mózdzku [9], udar mózgu [10, 11], nadużywanie alkoholu [12], nowotwory OUN [13].

Podstawą podczas badania równowagi jest pomiar ruchów człowieka, który stoi swobodnie lub jest poddawany zakłóceniom. Badania, które wykonujemy w stanie swobodnym, nazywamy statycznymi, natomiast te, którym będą towarzyszyć zakłócenia lub ruch, dynamicznymi [14]. Do badania równowagi stosuje się skale i testy (np. test *Timed Up and Go*, skalę *Berga*, *DGI*, *Timed Balance Test*) [15–18]. Znacznie bardziej obiektywnym badaniem jest ocena równowagi z wykorzystaniem specjalistycznej aparatury, takiej jak platformy dynamograficzne. Pozwalają one na przeprowadzenie zarówno badań statycznych, jak i dynamicznych. Platforma łączy się z komputerem wyposażonym w specjalne oprogramowanie. Daje to możliwość analizy dwuwymiarowego i trójwymiarowego rozkładu sił podłoża, które występuje podczas chodu oraz w statyce. Możliwa jest również analiza wychwiał środka ciężkości ciała w warunkach statycznych i dynamicznych [19–21].

Dzięki analizie składu masy ciała możemy wyróżnić poszczególne komponenty w ciele człowieka, takie jak: tkanka tłuszczowa oraz tkanka beztłuszczowa, w której skład wchodzi tkanka mięśniowa, zawartość wody, oraz zawartość minerałów kostnych [22]. Tkanka tłuszczowa w ciele człowieka zależna jest od płci i wieku badanych. W przypadku młodych dorosłych powinna wynosić 21–33 proc. u kobiet i 8–20 proc. u mężczyzn. Występuje w dwóch postaciach: jako tkanka tłuszczowa żółta lub brunatna [23, 24]. Głównym zadaniem tkanki tłuszczowej żółtej – zwanej również tkanką tłuszczową białą – jest gromadzenie energii w kroplach tłuszczu [25]. Tkanka tłuszczowa brunatna umożliwia produkcję ciepła i odpowiada za utrzymanie stałej temperatury u noworodków i małych dzieci. Spekuluje się, że u dorosłych może ona nie tylko odpowiadać za produkcję ciepła, ale także pomagać w utrzymaniu odpowiedniej masy ciała oraz w przeciwdziałaniu insulinooporności [26].

Beztłuszczowa masa ciała obejmuje większość ważnych tkanek i komórek organizmu. Stanowi ona około 75 proc. całej masy ciała. Możemy wyróżnić w niej organy wewnętrzne, tkankę mięśniową, tkankę kostną, tkankę łączną oraz wodę [27]. Tkanka mięśniowa jest jedną podstawowych tkanek w ciele człowieka. Złożona jest z włókien mięśniowych, a te zbudowane są z miocytów, czyli zespołów komórek mięśniowych. Posiadają one zdolność do kurczenia się. W ciele człowieka możemy wyróżnić trzy rodzaje tkanki mięśniowej: tkanka mięśniowa poprzecznie prążkowana szkieletowa, poprzecznie prążkowana serca oraz tkanka mięśniowa gładka [4]. Tkanka kostna zbudowana jest z komórek osteocytów, osteoblastów, osteoklastów oraz substancji zewnątrzkomórkowej, czyli włókien kolagenu i innych białek, oraz mineralnej. Wyróżniamy dwa rodzaje tkanki kostnej: tkanka kostna zbita oraz tkanka kostna gąbczasta. W ocenie składu masy ciała nie ocenia się zawartości tkanki kostnej, a jedynie zawartość tzw. minerałów kostnych [28]. Celem komórek tkanki łącznej jest wytworzenie substancji międzykomórkowej, która wypełnia przestrzenie pomiędzy nimi. Zadaniem tkanki łącznej jest spajanie różnych tkanek ze sobą, zapewnianie podpory narzodom oraz ochranianie wrażliwych części organizmu. Tkankę łączną można podzielić na trzy podstawowe rodzaje: embrionalną, łączną właściwą oraz wyspecjalizowaną [29].

Woda w organizmie człowieka wynosi około 60 proc. masy ciała. Wraz z wiekiem ilość wody w organizmie zmniejsza się, zaczynając od okresu noworodkowego, gdzie wynosi ona 75 proc, natomiast w późnym wieku wynosi ona już tylko 50 proc. Dzieli się ona w organizmie na wodę wewnątrzkomórkową, która stanowi 2/3 całkowitej wody ustrojowej, oraz pozakomórkową. Woda w organizmie jest jednym z elementów budowy wszystkich komórek i tkanek. Jest ona potrzebna do procesów, jakie zachodzą w ciele człowieka m.in. do trawienia, transportu składni-

ków odżywczych i produktów przemiany materii oraz wielu innych procesów, w tym termoregulacji organizmu [30].

Najpopularniejszym wskaźnikiem określającym, czy nasza masa ciała jest w normie, jest wskaźnik BMI. Został opracowany w XIX w. przez belgijskiego statystykę i socjologa. Dzieli on masę ciała osoby, w kilogramach, przez kwadrat wzrostu w metrach [31]. Podwyższona wartość BMI może wiązać się z ryzykiem wystąpienia takich chorób, jak: cukrzyca, miażdżyca, choroby sercowo-naczyniowe, wysokie ciśnienie krwi. Trzeba jednak pamiętać, że BMI jest bardzo prostym wskaźnikiem do obliczenia, lecz nie uwzględnia on indywidualnej budowy ciała, co czyni go dość niedokładnym [32].

Istnieje wiele metod oceny składu masy ciała i są one wciąż doskonałe. Najczęściej stosowanymi są: analiza impedancji bioelektrycznej (BIA) [33–34], absorpcjometria promieniowania X o dwóch energiach (DXA) [35], rezonans magnetyczny [36].

Wszystkie te techniki pozwalają nam na ocenę zawartości tkanki tłuszczowej, masy beztłuszczowej, całkowitej wody w organizmie, zawartości mineralnej kości czy wody pozakomórkowej [23].

Celem pracy była ocena wpływu składu masy ciała na równowagę młodych dorosłych. Dodatkowo sprawdzono, czy takie czynniki, jak wiek, płeć, masa i wysokość ciała wpływają na równowagę i symetrię obciążenia kończyn dolnych.

Materiał i metoda

Materiał

Badaniem objęto 97 studentów Uniwersytetu Rzeszowskiego z kierunku fizjoterapia. Po uzyskaniu pisemnej zgody badanych przystąpiono do realizacji projektu. W grupie badanej znalazło się 79 kobiet i 18 mężczyzn. Średnia wieku uczestników wynosiła 21 lat.

Kryteria włączenia do badań

- zgoda na udział w badaniu,
- studiowanie na kierunku fizjoterapia,
- wiek zawierający się w przedziale od 18 do 26 lat.

Kryteria wyłączenia z badań

- wszczepiony rozrusznik serca,
- metalowe implanty,

- padaczka,
- niepełnosprawność lub urazy w obrębie kończyn uniemożliwiające wykonanie badania,
- ciąża.

Metoda

Uczestnicy badania zostali poinformowani o celach i przebiegu badania, jak również o kryteriach, które wykluczają z udziału w nim. Po uzyskaniu zgody przystąpiono do kolejnych etapów badania. U każdej osoby:

- wykonano analizę składu masy ciała,
- oceniono równowagę ciała,
- przeprowadzono wywiad dotyczący stylu życia, na podstawie autorskiej ankiety.

Kwestionariusz ankiety

Pierwszą częścią badania było wypełnienie przez jego uczestników kwestionariuszy ankiet. W początkowej części ankiety zawierały pytania dotyczące podstawowych danych socjodemograficznych, takich jak: płeć, wiek, stan cywilny, miejsce zamieszkania, sytuacja zawodowa, rodzaj wykonywanej pracy, kierunek oraz charakter studiów. Część główna dotyczyła takich zagadnień, jak: ilość zajęć ruchowych na studiach, aktywności podejmowanej poza studiami, diety, używek, subiektywnej oceny wpływu studiów na styl życia, stresu oraz ilości snu na dobę.

Ocena równowagi

Równowaga studentów została zbadana za pomocą platformy dynamograficznej Zebris FDM-S. Platforma ta ocenia m.in.:

- COP HD – wychylenia na boki rzutu środka nacisku stóp na platformę w mm,
- COP TTL – długość drogi, jaką pokonuje rzut środka nacisku stóp na platformę w mm,
- COP VD – wychylenia w przód-tył rzutu środka nacisku stóp na platformę w mm,
- przodostopie prawa – nacisk w % na przodostopie stopy prawej,
- tyłostopie prawa – nacisk w % na tyłostopie stopy prawej,
- całostopie prawa – całkowity nacisk w % na stopę prawą,
- przodostopie lewa – nacisk w % na przodostopie stopy lewej,
- tyłostopie lewa – nacisk w % na tyłostopie stopy lewej,
- całostopie lewa – całkowity nacisk w % na stopę lewą.

Podczas badania uczestnik stawał bosymi stopami na platformie, kończyny górne ułożone były wzdłuż tułowia. Po uzupełnieniu w oprogramowaniu urządzenia danych, takich jak płeć, data urodzenia, wysokość ciała badanego, po około 15 sekundach otrzymywano wynik z danymi.

Ocena składu masy ciała

Skład masy ciała studentów został zbadany metodą bioimpedancji elektrycznej. Do badania został wykorzystany analizator składu masy ciała Tanita MC 980 MA. Pomiar masy ciała wykonywany był z dokładnością do 100 g, a pomiar zawartości tkanki tłuszczowej z dokładnością do 0,1 proc. Do analizy wzięto pod uwagę parametry procentowej zawartości tkanki tłuszczowej (FATP), beztłuszczowej (FFP), mięśniowej (PMP), kostnej (BONEP) oraz wody (TBW).

Podczas badania uczestnik stawał bosymi stopami na analizatorze, kończyny górne ułożone były wzdłuż tułowia, lekko odsunięte od tułowia. Po uzupełnieniu w oprogramowaniu urządzenia danych, takich jak wiek, płeć, wysokość ciała badanego, otrzymywano wynik w formie raportu z danymi.

Analiza statystyczna

Zebrane dane z ankiet, analizatora składu masy ciała oraz platformy do oceny równowagi zostały wprowadzone do programu Excel. W celu udzielenia odpowiedzi na postawione pytania badawcze i przetestowania postawionych hipotez przeprowadzono analizy statystyczne przy użyciu pakietu Statistica w wersji 12. Za jego pomocą wykonano analizę podstawowych statystyk opisowych oraz szereg analiz korelacji z wykorzystaniem współczynnika r Pearsona, a także test t Studenta oraz analizy wariancji (Anova). Za poziom istotności uznano klasyczny próg $p < 0,05$.

Wyniki

Charakterystyka grupy badanej

W tabeli 1 przedstawiono szczegółowe wyniki charakterystyki badanych. Mężczyźni byli średnio o blisko 14 kg ciężsi i o 11 cm wyżsi od kobiet.

Tabela 1. Średnia wieku, masy i wysokości ciała z podziałem na płeć badanych

Zmienna	Cała grupa				Kobiety				Mężczyźni			
	N	X	Min.	Max.	N	X	Min.	Max.	N	X	Min.	Max.
Wiek [lata]	97	21	19	23	79	21,1	19	23	18	20,5	19	22
Masa ciała [kg]	97	64,2	40,8	103,8	79	61,6	40,8	103,4	18	75,7	55,9	95,6
Wysokość ciała [cm]	97	168,5	153	191	79	166,4	153	180	18	177,4	164	191

Wyliczono także średnie wartości składowych masy ciała. Większe wartości wykazano u mężczyzn w przypadku większości składowych: PMP (77,9 vs. 71,0), BONEP (4,1 vs. 3,8), FFP (82,0 vs. 74,8) i TBW (59,6 vs. 54,0). U kobiet większe wartości wystąpiły jedynie w przypadku FATP (25,2 vs. 18,4). Wszystkie zmienne były istotne statystycznie ($p < 0,05$) (tab. 2).

Tabela 2. Średnie wartości składowych masy ciała z podziałem na płeć badanych

Zmienna	Kobiety	Mężczyźni	p
FATP [%]	25,2	18,0	<0,001
PMP [%]	71,0	77,9	<0,001
BONEP [%]	3,8	4,1	0,001
FFP [%]	74,8	82,0	<0,001
TBW [%]	54,0	59,6	<0,001

Następnie określono średnie wartości parametrów równowagi ciała oraz różnice między kobietami i mężczyznami. Kobiety miały dłuższą ścieżkę środka ciężkości, a mężczyźni większe wychylenia środka ciężkości w kierunku przednio-tylnym oraz na boki. Różnice te nie były jednak istotne statystycznie. Ważne okazało się natomiast obciążenie tyłostopia kończyny dolnej prawej, które było większe u kobiet (tab. 3).

Tabela 3. Średnie wartości obciążenia poszczególnych segmentów stóp dla kobiet i mężczyzn

Zmienna	Kobiety	Mężczyźni	p
COP TTL [mm]	708,4	633,9	0,121
COP HD [mm]	3,4	4,7	0,177
COP VD [mm]	5	7,5	0,056
PRZODOSTOPIE PRAWA [%]	39,3	44,9	0,055
TYŁOSTOPIE PRAWA [%]	60,9	55,1	0,050
CAŁOSTOPIE PRAWA [%]	51,0	52,2	0,311
PRZODOSTOPIE LEWA [%]	39,4	39,7	0,921
TYŁOSTOPIE LEWA [%]	60,4	60,3	0,961
CAŁOSTOPIE LEWA [%]	49,2	48,3	0,498

Następnie obliczono wskaźnik symetryczności obciążania kończyn dolnych na podstawie danych uzyskanych z platformy Zebris, czyli obciążenia całkowitego prawej oraz lewej strony w procentach. Jest to iloraz wartości większej do mniejszej. Prawidłowa wartość wskaźnika symetryczności mieści się w granicach od 1,00 do 1,15. Średnia wartość wskaźnika symetryczności u mężczyzn mieściła się w granicach normy, natomiast w przypadku kobiet przekroczyła wartość 1,15 (tab. 4). Większość badanych osób posiadała prawidłowy wskaźnik symetryczności (tab. 5).

Tabela 4. Średnie wartości wskaźnika symetryczności z podziałem na płeć badanych

Zmienna	Kobiety	Mężczyźni	p
Wskaźnik symetryczności	1,2	1,1	0,325

Tabela 5. Podział badanej grupy ze względu na prawidłowość wskaźnika symetryczności

Kategoria	Liczba	Procent
Prawidłowy	51	52,6
Nieprawidłowy	46	47,4

Zależność parametrów równowagi od wysokości, masy ciała, wieku i płci badanych

Analiza dowiodła, że osoby wyższe i cięższe miały krótszą ścieżkę przemieszczania się środka ciężkości, co jest wynikiem dobrym. Dotyczyło to zarówno kobiet, jak i mężczyzn. Dodatkowo w grupie mężczyzn stwierdzono, iż wielkość wychyleń w kierunku na boki zwiększała się wraz ze wzrostem badanego (tab. 6).

Tabela 6. Występowanie zależności między parametrami równowagi a wiekiem, masą ciała i wysokością ciała u kobiet i mężczyzn

Zmienna	Wiek [lat]	Wysokość ciała [cm]	Masa ciała [kg]
Kobiety			
COP TTL [mm]	-0,1	-0,3	-0,7
	p=0,428	p=0,011	p=0,001
COP HD [mm]	0,1	0,1	0,1
	p=0,219	p=0,590	p=0,291
COP VD [mm]	-0,0	0,1	0,0
	p=0,724	p=0,322	p=0,693

Mężczyźni			
COP TTL [mm]	0,3	-0,6	-0,6
	p=0,185	p=0,009	p=0,011
COP HD [mm]	-0,1	0,5	0,4
	p=0,651	p=0,033	p=0,115
COP VD [mm]	-0,4	0,4	0,4
	p=0,102	p=0,107	p=0,114

Zależność parametrów równowagi od składu masy ciała

Następnie sprawdzono zależność pomiędzy składem masy ciała a parametrami równowagi u kobiet. Istotnie statystycznie okazały się FATP, PMP, BONEP, FFP oraz TBWP w stosunku do COP TTL. Z wyników możemy wywnioskować, że kobiety z większą masą tkanki tłuszczowej miały lepszą równowagę od kobiet z większą masą tkanki kostnej, mięśniowej oraz beztłuszczowej (tab. 7). W grupie mężczyzn nie wykazano istotnych statystycznie różnic (tab. 7).

Tabela 7. Występowanie zależności pomiędzy parametrami równowagi a składem masy ciała u kobiet

Zmienna	FATP [%]	PMP [%]	BONEP [%]	FFP [%]	TBWP [%]
Kobiety					
COP TTL [mm]	-0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	p=0,000	p=0,000	p=0,000	p=0,000	p=0,000
COP HD [mm]	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
	p=0,403	p=0,406	p=0,346	p=0,403	p=0,425
COP VD [mm]	-0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	p=0,754	p=0,746	p=0,826	p=0,750	p=0,663
Mężczyźni					
COP TTL [mm]	-0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
	p=0,270	p=0,270	p=0,285	p=0,269	p=0,130
COP HD [mm]	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3
	p=0,463	p=0,466	p=0,467	p=0,465	p=0,271
COP VD [mm]	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
	p=0,420	p=0,422	p=0,446	p=0,423	p=0,318

Zależność rozkładu sił nacisku na podłoże od wysokości, masy ciała, wieku i płci badanych

Zarówno u osób płci żeńskiej, jak i u osób płci męskiej wykazano po jednej zależności, u kobiet wystąpiła ona pomiędzy wskaźnikiem symetryczności a wiekiem badanych, natomiast u mężczyzn istotna statystycznie okazała się wysokość ciała. Oznacza to, że u kobiet wraz z wiekiem siła nacisku na podłoże zwiększa się, natomiast u mężczyzn rośnie ona wraz z wysokością ciała (tab. 8).

Tabela 8. Występowanie zależności rozkładu sił nacisku na podłoże a wiekiem, masą ciała i wysokością ciała u kobiet i mężczyzn

Zmienna	Wiek [lata]	Wysokość ciała [cm]	Masa ciała [kg]
Wskaźnik symetryczności u kobiet	0,3	-0,1	-0,1
	$p=0,017$	$p=0,619$	$p=0,374$
Wskaźnik symetryczności u mężczyzn	-0,2	0,5	0,3
	$p=0,514$	$p=0,020$	$p=0,289$

W grupie mężczyzn występują istotne zależności pomiędzy wysokością ciała a parametrami: TYŁOSTOPIE PRAWA i CAŁKOWITE LEWA, a także masą ciała w stosunku do PRZODOSTOPIE PRAWA i TYŁOSTOPIE PRAWA. Oznacza to, że przeciążanie prawego tyłostopia charakteryzuje mężczyzn o wyższym wzroście i wyższej masie ciała (tab. 9).

Tabela 9. Występowanie zależności między parametrami symetrii obciążenia kończyn dolnych a wiekiem, masą ciała i wysokością ciała u kobiet i mężczyzn

Zmienna	Wiek [lata]	Wysokość ciała [cm]	Masa ciała [kg]
1	2	3	4
Kobiety			
PRZODOSTOPIE PRAWA [%]	0,0	0,0	-0,0
	$p=0,898$	$p=0,744$	$p=0,665$
TYŁOSTOPIE PRAWA [%]	-0,2	-0,0	0,0
	$p=0,156$	$p=0,750$	$p=0,673$
CAŁKOWITE PRAWA [%]	-0,0	-0,1	-0,2
	$p=0,878$	$p=0,653$	$p=0,154$
PRZODOSTOPIE LEWA [%]	-0,0	-0,0	-0,1
	$p=0,911$	$p=0,853$	$p=0,615$

1	2	3	4
TYŁOSTOPIE LEWA [%]	-0,2	0,0	0,0
	$p=0,119$	$p=0,812$	$p=0,679$
CAŁKOWITE LEWA [%]	0,3	-0,0	0,2
	$p=119$	$p=0,943$	$p=0,180$
Mężczyźni			
PRZODOSTOPIE PRAWA [%]	-0,1	-0,4	-0,5
	$p=0,605$	$p=0,138$	$p=0,033$
TYŁOSTOPIE PRAWA [%]	0,1	0,6	0,5
	$p=0,605$	$p=0,005$	$p=0,033$
CAŁKOWITE PRAWA [%]	-0,2	-0,0	0,4
	$p=0,475$	$p=0,904$	$p=0,073$
PRZODOSTOPIE LEWA [%]	-0,1	0,0	-0,2
	$p=0,689$	$p=0,904$	$p=0,335$
TYŁOSTOPIE LEWA [%]	0,1	0,0	0,2
	$p=0,689$	$p=0,904$	$p=0,335$
CAŁKOWITE LEWA [%]	0,2	-0,6	-0,3
	$p=0,321$	$p=0,015$	$p=0,157$

Zależność rozkładu sił nacisku na podłoże od składu masy ciała

Następnym z etapów było zbadanie występowania zależności pomiędzy wskaźnikiem równowagi a składem masy ciała. Nie wykazano korelacji między tymi czynnikami w przypadku mężczyzn oraz kobiet ($p > 0,05$) (tab. 10).

Tabela 10. Występowanie zależności między rozkładem sił nacisku na podłoże a składem masy ciała u kobiet i mężczyzn

Zmienna	FATP [%]	PMP [%]	BONEP [%]	FFP [%]	TBW [%]
Wskaźnik symetryczności u kobiet	0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1
	$p=0,282$	$p=0,289$	$p=0,197$	$p=0,283$	$p=0,276$
Wskaźnik symetryczności u mężczyzn	-0,0	0,0	-0,0	0,0	-0,1
	$p=0,888$	$p=0,874$	$p=0,909$	$p=0,886$	$p=0,690$

Mężczyźni z wyższą zawartością tkanki tłuszczowej w większym stopniu obciążali tyłostopie kończyny dolnej prawej, a w mniejszym przodostopie. W przypadku kobiet nie odnotowano żadnych istotnych zależności (tab. 11).

Tabela 11. Występowanie zależności między parametrami symetrii obciążenia kończyn dolnych a składem masy ciała u kobiet i mężczyzn

Zmienna	FATP [%]	PMP [%]	BONEP [%]	FFP [%]	TBWP [%]
Kobiety					
PRZODOSTOPIE PRAWA [%]	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	$p=0,832$	$p=0,823$	$p=0,910$	$p=0,827$	$p=0,832$
TYŁOSTOPIE PRAWA [%]	0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0
	$p=0,848$	$p=0,840$	$p=0,920$	$p=0,843$	$p=0,849$
CAŁKOWITE PRAWA [%]	-0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	$p=0,094$	$p=0,093$	$p=0,107$	$p=0,093$	$p=0,083$
PRZODOSTOPIE LEWA [%]	-0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	$p=0,919$	$p=0,914$	$p=0,879$	$p=0,913$	$p=0,887$
TYŁOSTOPIE LEWA [%]	0,0	-0,0	-0,0	-0,1	-0,0
	$p=0,944$	$p=0,937$	$p=0,912$	$p=0,936$	$p=0,917$
CAŁKOWITE LEWA [%]	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
	$p=0,072$	$p=0,071$	$p=0,085$	$p=0,071$	$p=0,064$
Mężczyźni					
PRZODOSTOPIE PRAWA [%]	-0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	$p=0,038$	$p=0,039$	$p=0,034$	$p=0,039$	$p=0,018$
TYŁOSTOPIE PRAWA [%]	0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
	$p=0,038$	$p=0,039$	$p=0,034$	$p=0,039$	$p=0,018$
CAŁKOWITE PRAWA [%]	0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2
	$p=0,665$	$p=0,695$	$p=0,366$	$p=0,675$	$p=0,319$
PRZODOSTOPIE LEWA [%]	-0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	$p=0,643$	$p=0,653$	$p=0,724$	$p=0,658$	$p=0,751$
TYŁOSTOPIE LEWA [%]	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
	$p=0,643$	$p=0,653$	$p=0,724$	$p=0,658$	$p=0,751$
CAŁKOWITE LEWA [%]	0,1	-0,1	0,1	-0,1	0,1
	$p=0,821$	$p=0,783$	$p=0,708$	$p=0,810$	$p=0,791$

Dyskusja

Celem pracy była ocena równowagi u młodych dorosłych w zależności od czynników, takich jak: skład masy ciała, wiek, płeć oraz wysokość ciała. Oceny tej dokonano w oparciu o przeprowadzone badania na platformie dynamograficznej oraz analizatorze wykorzystującym metodę bioimpedencji elektrycznej.

Przeprowadzone badania dostarczyły odpowiedzi na postawione pytania badawcze. W analizie statystycznej otrzymano korelacje zarówno dodatnie, jak i ujemne, co świadczy o różnorodnym wpływie wyżej wymienionych czynników na parametry równowagi.

Zdolność do utrzymania pionowej pozycji jest czynnością, którą każdy człowiek udoskonala i kształtuje przez całe swoje życie. Równowaga natomiast warunkuje nam mobilność. Człowiek przez większość swojego życia nieświadomie potrafi utrzymywać pionową pozycję ciała i wykonywać jednocześnie inne czynności motoryczne. Kontrola nad prawidłową postawą ciała może być zaburzona przez różne czynniki, związane jest to m.in. z procesami starzenia się.

Istnieje wiele metod oceny stabilnej pozycji ciała. Badacze najczęściej wykorzystują w tym celu testy funkcjonalne lub specjalne urządzenia do tego przeznaczone, które mają zastosowanie głównie w diagnostyce klinicznej. To samo tyczy się oceny składu masy ciała, wykorzystane są w tym celu różnego rodzaju wskaźniki bądź też analizatory.

Wiek jest ważnym czynnikiem w ocenie równowagi, jednak w badanej grupie młodych dorosłych nie miał on istotnego znaczenia zarówno w przypadku kobiet, jak i mężczyzn. Może to wynikać z faktu, iż różnica wieku pomiędzy badanymi była bardzo niewielka. W wynikach nie wykazano istotnych statystycznie różnic w przypadku obydwu płci.

Vieira i wsp. w swoich badaniach oceniali kontrolę postawy podczas cichych zadań w oparciu o trzy grupy wiekowe: młodych dorosłych, dorosłych w średnim wieku i osób starszych. Otrzymane przez nich wyniki również wykazały brak istotnego znaczenia procesu starzenia się na zmiany stabilności postawy, co jest zgodne i ma przełożenie w przedstawionych wynikach w niniejszej pracy. Rezultaty te nie były zgodne z wnioskami innych badaczy [37].

Hagemana i wsp. analizowali wpływ wieku i płci na ośrodki kontroli postawy. Osobami, które brały udział w badaniu, były kobiety i mężczyźni w dwóch przedziałach wiekowych 25–30 lat oraz 60–75 lat. Stwierdzono, że chociaż płeć nie była istotna dla żadnej miary wyniku, to wiek był znaczący we wszystkich pomiarach. Starsi dorośli wykazywali większe powierzchnie kołysania. Oznacza to, że wraz z wiekiem stabilność posturalna pogarsza się [38].

Kolejnym analizowanym zagadnieniem był wpływ płci na parametry równowagi. W dokładnych badaniach nie odnotowano istotnych statystycznie różnic, co świadczy o braku zależności pomiędzy płcią a równowagą, jednak kobiety miały nieco większą wartość COP TTL, co może świadczyć o gorszej równowadze niż u płci przeciwnej.

Ku i wsp. objęli badaniami 80 osób w wieku od 19 do 26 lat. Wykazali oni, że wśród kobiet występuje tendencja do większego kołysania postu-

ralnego w porównaniu do mężczyzn, co jest zgodne z badaniami w niniejszej pracy [39]. Kontrastuje to jednak z badaniami Mickle'a i wsp., które wykazały, że mężczyźni mieli większe kołysanie postawy niż kobiety. Rozbieżności w wynikach mogą być związane z płcią i zupełnie inną budową ciała, a co za tym idzie – innym rozmieszczeniem tkani tłuszczowej w organizmie [40].

Kolejno zastanawiano się, czy masa oraz wysokość ciała mają wpływ na równowagę badanych. Uzyskano odpowiedź, że w przypadku zarówno kobiet, jak i mężczyzn w obydwu zmiennych wystąpiły ujemnie korelacje, co oznacza, że lepszą stabilność posturalną posiadają osoby z większą masą ciała. Nie zawsze jednak stwierdzenia te posiadają poparcie w innych badaniach.

Kejonen i wsp. w swoim artykule pt. *The relationship between anthropometric factors and body-balancing movements in postural balance* stwierdzają, że cechy antropometryczne nie mają znaczącego wpływu na równowagę człowieka [41]. Podobnie Alonso i wsp. stwierdzają w swoich badaniach, że większa masa ciała wpływa na gorszą stabilność posturalną [42].

Następny problem dotyczył zależności pomiędzy symetrią obciążeń kończyn dolnych a płcią, wiekiem, masą i wysokością ciała. W przypadku kobiet w przeprowadzonych badaniach nie wykazano istotnych zależności co do wpływu płci, wieku, masy i wysokości ciała w stosunku do symetrii obciążeń kończyn dolnych. U mężczyzn natomiast stwierdzono, że osoby wyższe oraz z większą masą ciała zdecydowanie bardziej obciążają tyłostopie.

Wojtków i wsp. badali ocenę postawy oraz symetrię obciążeń stóp u zawodników uprawiających strzelectwo sportowe. Średnia wieku dla grupy badanej wynosiła 21,1 lat, a grupy kontrolnej 22,5 lat. Stwierdzili, że rozkład ciężaru jest równomierny pomiędzy przodostopiem oraz tyłostopiem obu stóp. Zaznacza to, że strzelcy nieco bardziej obciążają tyłostopie. Taki rozkład odpowiada za uzyskanie stabilnej pozycji ciała. Pozostała grupa natomiast w niewielkim stopniu obciążała przodostopie [43].

Kolejno zadano sobie pytanie, czy równowaga jest zależna od poszczególnych komponentów składowych masy ciała. W przypadku kobiet wszystkie zmienne, oprócz całkowitej zawartości wody w organizmie, okazały się istotne statystycznie. Wyniki wykazały, że kobiety posiadające większą zawartość tkanki tłuszczowej posiadają lepszą równowagę, niż te z większą masą tkanki kostnej, mięśniowej oraz beztłuszczowej. U kobiet tych stwierdzono, że wraz ze wzrostem tych zmiennych równowaga pogarszała się. W przypadku mężczyzn wykazano, że żadne z elementów składu masy ciała istotnie nie wpływało na stabilność posturalną. Wyniki te są dość kontrowersyjne i niewątpliwie skłaniają do dalszych badań, aby stwierdzić, czy jest to cecha populacji, czy przypadkowy wynik badanej grupy.

Greve i wsp. w swoim artykule na temat korelacji pomiędzy składem masy ciała a równowagą objęła badaniami 40 mężczyzn w wieku od 20 do 40 lat. Wykazała, że w przypadku tej płci istnieje dodatnia korelacja między BMI a zwiększoną niestabilnością postawy. Wynika z tego, że osoby z większą masą tkanki tłuszczowej posiadały gorszą stabilność posturalną [44].

Ku i wsp. [41] natomiast w swoich badaniach udowodnili, że wydajność równowagi została zmniejszona poprzez zwiększoną wartość BMI, a osoby zakwalifikowane do grupy otyłej częściej wykazywały większe kołysanie postawy. Wskazuje to, że zmiany w związku BMI mogą zmienić zdolność człowieka do zachowania równowagi, co nie ma poparcia w badaniach prowadzonych w niniejszej pracy.

Ostatni z problemów dotyczył wpływu składu masy ciała na symetrię obciążeń kończyn dolnych. Wyniki wykazały, że w przypadku kobiet skład masy ciała nie ma przełożenia na symetrię obciążeń kończyn, ponieważ żadna ze zmiennych nie była istotna statystycznie. W przypadku mężczyzn wykazano więcej różnic istotnych statystycznie. Osoby posiadające więcej tkanki tłuszczowej mniej obciążają przodostopie prawe niż tyłostopie prawe, natomiast u mężczyzn cechujących się większą masą tkanki beztłuszczowej, mięśniowej, kostnej oraz większą zawartością wody w organizmie obserwujemy tendencję do większego obciążania przodostopia prawego.

Obecnie w dostępnych źródłach jest niewiele informacji, które potwierdzałyby bądź negowałyby otrzymane wyniki w niniejszej pracy. Niewielka ilość informacji świadczy o tym, że tematyka symetrii obciążeń kończyn dolnych w stosunku składu masy ciała nie jest rozpowszechniona w gronie badaczy. Źródłem skupiającym się na podobnym problemie były badania Cavanagh i wsp, którzy zajęli się dystrybucją nacisku pod stopami podczas stania boso. Wykazano, że ogólna masa ciała nie ma wpływu na symetrię obciążeń kończyn dolnych. Analiza rozkładu obciążenia wykazała, że pięta nosiła 60 proc, śródstopie 8 proc, a przednia część stopy 28 proc. obciążenia. Palce były w minimalnym stopniu zaangażowane w proces rozkładu nacisku [45].

W obecnej literaturze znajduje się bardzo mało pozycji, które poruszałyby podobny problem wśród młodych dorosłych. Oznacza to, że temat ten nie jest jeszcze popularny wśród badaczy lub badania na podobny temat są dopiero prowadzone. Wiek, w którym znajdują się młodzi dorośli, jest okresem, w którym większość nawyków co do postawy jest już ukształtowana, lecz badania te mogą pomóc zarówno w doskonaleniu, jak i korygowaniu równowagi oraz postawy ciała.

Zaprezentowane rezultaty badań przeprowadzonych przez autorów niniejszej pracy w większości pokrywały się z wynikami innych

badaczy, lecz występowały również sprzeczne wnioski co do niektórych założeń. Może być to wynik małej różnorodności grupy badanej pod względem płci oraz jej małej liczby. Innym powodem może być korzystanie z różnych sprzętów, testów czy metod badawczych, co w istotny sposób mogło wpłynąć na różniące się wyniki. W celu dokładniejszego zgłębienia tematu należałoby zwiększyć oraz w większym stopniu zróżnicować grupę badaną. Eksploracje takie mogą być bodźcem dla innych badaczy do zajęcia się tym problemem, by poszerzyć informacje na temat równowagi u młodych dorosłych w zależności od składu masy ciała.

Wnioski

1. Wiek, wzrost oraz płeć nie mają wpływu na równowagę, natomiast masa ciała ma znaczenie, jeżeli chodzi o stabilność posturalną. Osoby z większą masą ciała posiadają lepszą równowagę.
2. Symetria obciążeń kończyn dolnych zależy od wzrostu masy ciała i płci badanych. Wyżsi mężczyźni, posiadający większą masę ciała, charakteryzują się większym obciążeniem tyłostopia.
3. Skład masy ciała ma wpływ na równowagę. Kobiety posiadające większą ilość tkanki tłuszczowej posiadają lepszą równowagę.
4. Symetria obciążeń kończyn dolnych zależy od składu masy ciała. Mężczyźni posiadający więcej tkanki tłuszczowej bardziej obciążają tyłostopie, natomiast mężczyźni, cechujący się większą masą tkanki beztłuszczowej, mięśniowej, kostnej oraz większą zawartością wody w organizmie, większy ciężar ciała opierają na przodostopiu.

Piśmiennictwo

1. Kostiukow A, Rostkowska E, Samborski W. Badanie zdolności zachowania równowagi ciała. *Ann Acad Med Stetin*. 2009; 55(3): 102–109.
2. Paszko-Patej G, Terlikowski R, Kułak W, Sienkiewicz D, Okurowska-Zawada B. Czynniki wpływające na proces kształtowania równowagi dziecka oraz możliwości jej obiektywnej oceny. *Neurologia Dziecięca*. 2011; 20(41): 120–127.
3. Held-Ziółkowska M. Organizacja zmysłowa i biomechanika układu równowagi. *Mag Otolaryngol*. 2006; 5: 39–46.
4. Borodulin-Nadzieja L. Fizjologia człowieka. Podręcznik dla studentów licencjatów medycznych. Wrocław 2011: 25–26.
5. Michajlik A, Ramotowski W. Anatomia i fizjologia człowieka. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2009: 546–548.
6. Olejarsz P, Olchowik G. Rola dynamicznej posturografii komputerowej w diagnostyce zaburzeń równowagi. *Otorynolaryngologia*. 2011; 10(3): 103–110.

7. Wytrębowski A. Ocena utrzymania równowagi ciała przez dzieci w wieku 3–5 lat. *Zeszyty Naukowe WSKFiT*. 2016; 11: 35–42.
8. Wiszomirska I, Kaczmarczyk K, Zdrodowska K, Błażkiewicz M, Ilnicka L, Marciniak T. Ocena równowagi statycznej i dynamicznej kobiet młodszych, starszych i z dysfunkcją narządu wzroku. *Postępy Rehabilitacji*. 2013; (3): 33–39.
9. Kozubski W, Liberski PP. *Neurologia. Podręcznik dla studentów medycyny*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2006: 130–133.
10. Błaszczuk B, Czernecki R, Prędota-Panecka H. Profilaktyka pierwotna i wtórna udarów mózgu. *Studia Medyczne*. 2008; 9: 71–75.
11. Ahmad HA, Einas SA-E, Shahnawaz A, Bibhuti S. Reliability, validity, and responsiveness of three scales for measuring balance in patients with chronic stroke. *BMC Neurol*. 2018; 18(1): 141. doi.org/10.1186/s12883-018-1146-9.
12. U.S. Department of Health & Human Services National Institutes of Health National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism. Alcohol's Damaging Effects on the Brain. *Alcohol Alert*. 2004; 63.
13. Sobolewska-Dryjariska J, Woźniakowska-Gęsicka T, Wisniewska-Ligier M. Przypadek rdzeniaka mózdzku z niedowładem obwodowym nerwu twarzowego i regresją rozwoju psychoruchowego. *Przegląd Pediatryczny*. 2009; 3(39): 2017–2019.
14. Kuczyński M, Podbielska M, Bieć D i wsp. Podstawy oceny równowagi ciała: czyli co, w jaki sposób i dlaczego powinniśmy mierzyć? *Acta Bio-Optica et Informatica Medica. Inżynieria Biomedyczna*. 2012; 4(18): 243–249.
15. Szostek-Rogula S, Zamysłowska-Szmytke E. Przegląd skal i testów dla oceny czynnościowej pacjenta z zawrotami głowy i zaburzeniami równowagi. *Otarynolaryngologia*. 2015; 14(3): 141–149.
16. Lyders Johanse K, Derby Stistrup R, Skibdal Schjøtt C, et al. Absolute and Relative Reliability of the Timed 'Up & Go' Test and '30second Chair-Stand' Test in Hospitalised Patients with Stroke. *PLoS One*. 2016; 11(10).
17. Mesot Liljehult M, Buus, Liljehult J, et al. Walking ability in patients with glioblastoma: prognostic value of the Berg Balance Scale and the 10 meters walk test. *J Neurooncol*. 2017; 135: 335–342. doi: 10.1007/s11060-017-2579-5.
18. Shumway-Cook A, Taylor C, Noritake Matsuda P, et al. Whetten Expanding the Scoring System for the Dynamic Gait Index. *Physical Therapy*. 2013; 11(93).
19. Hantke A, Michnik R, Jurkojć J i wsp. Badanie stabilograficzne gimnastyczek sportowych. *Aktualne Problemy Biomechaniki*. 2012; 6.
20. Siekański K. Rozwiązanie konstrukcyjne platformy stabilometrycznej do ceni i re-edukacji propriocepcji oraz kontroli nerwowo-mięśniowej układu ruchu człowieka. *Aktualne Problemy Biomechaniki*. 2008; 2.
21. Jaszczur I, Koprowski P i wsp. Próba stworzenia kryteriów oceny funkcji chodu z wykorzystaniem platformy PDM-S. *Acta Bio-Optica et Informatica Medica. Inżynieria Biomedyczna*. 2013; 1(19).
22. Yeong S, Gallagher D. Assessment methods in human body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2008; 11(5): 566–572.
23. Skowrońska B, Fichna M, Fichna P. Rola tkanki tłuszczowej w układzie dokrewnym, Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii. 2005; 3(1): 21–29.
24. Histologia/Tkanka tłuszczowa. Brain-Wiki; https://brain.fuw.edu.pl/edu/index.php/Histologia/Tkanka_t%C5%82uszczowa.
25. Murawska-Ciałowicz E. Tkanka tłuszczowa – charakterystyka morfologiczna i biochemiczna różnych depozytów. *Postępy Hig Med Dośw*. 2017; 71: 466–484.
26. Wójcik B, Górski J. Brunatna tkanka tłuszczowa u dorosłego człowieka: występowanie i funkcja. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*. 2011; 1(7): 34–40.

27. Blundell J, Caudwell P, Gibbons C. Body composition and appetite: fat-free mass (but not fat mass or BMI) is positively associated with self-determined meal size and daily energy in take in humans. *British Journal of Nutrition*. 2012; 107: 445–449. doi: 10.1017/S0007114511003138.
28. Ignasiak Z. Anatomia układu ruchu. Wydawnictwo Urban & Partner 2016.
29. Zabel M, Histologia. Wydawnictwo Edra Urban & Partner, Wrocław 2012: 48–49.
30. Jarosz M, Szponar L, Rychlik E, Wierzejska R. Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja. Instytut Żywności i Żywienia 2012: 241–242.
31. Gorman C. What's better than BMI? *Scientific American*. 2013; 5(309).
32. WHO; <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-life-style/body-mass-index-bmi>.
33. Lewitt A, Mądro E, Krupienicz A. Podstawy teoretyczne i zastosowania analizy impedancji bioelektrycznej (BIA). *Endokrynologia, Otyłość, Zaburzenia Przemiany Materii*. 2007; 4(3): 79–84.
34. Dzygadlo B, Łepecka-Klusek C, Pilewski B. Wykorzystanie analizy impedancji bioelektrycznej w profilaktyce i leczeniu nadwagi i otyłości. *Probl Hig Epidemiol*. 2012; 93(2): 274–280.
35. Buckinx F, Reginster J-Y, Dardenne N. Concordance between muscle mass assessed by bioelectrical impedance analysis and by dual energy X-ray absorptiometry a cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2015; 16: 60. doi.org/10.1186/s12891-015-0510-9.
36. Bolanowski M, Zadrozna-Śliwka B, Zatońska K. Badanie składu ciała metody i możliwości zastosowania w zaburzeniach hormonalnych. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*. 2005; 1(1): 20–25.
37. Vieira T, Fernandes de Oliveira L, Nadal J. An overview of age-related changes in postural control during quiet standing tasks using classical and modern stabilometric descriptors. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2009; 19: 513–519.
38. Hageman P, Leibowitz M, Blanke D. Age and Gender Effects on Postural Control Measures. *Arch Phys Med Rehabil*. 1995; (76): 961–965.
39. Ku PX, Abu Osman NA, Yusof A, et al. Biomechanical evaluation of the relationship between postural control and body mass index. *Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, University of Malaya* 2012; 45 (9): 1638–1642.
40. Mickle KJ, Munro BJ, Steele JR. Gender and age affect balance performance in primary school-aged children. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2011; 14(3): 243–248.
41. Kejonen P, Kauranen K, Vanharanta H. The Relationship between anthropometric factors and body-balancing movements in postural balance. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003; (84): 17–22.
42. Alonso AC, Luna NMS, Mochizuki L, Barbieri F, Santos S, Greve JMD. The influence of anthropometric factors on postural balance: the relationship between body composition and posturographic measurements in young adults. *Clinics (Sao Paulo)*. 2012; 67(12): 1433–1441. doi: 10.6061/clinics/2012(12)14.
43. Wojtków M, Korcz K, Szotek S. Ocena postawy ciała i symetrii obciążeń stóp u zawodników uprawiających strzelectwo sportowe. *Aktualne Problemy Biomechaniki*. 2016; 10: 91–98.
44. Greve J, Alonso A, Bordini AK, Camanho GL. Correlation between body mass index and postural balance. *Clinics (Sao Paulo)*. 2007; 62 (6): 717–720.
45. Rodgers C, et al. Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing. *Foot Ankle*. 1987; 5(7): 262–278.