

Agnieszka Major-Goluch<sup>1</sup>, Tomasz Miazgowski<sup>1</sup>, Barbara Krzyżanowska-Świniarska<sup>1</sup>,  
Krzysztof Safranow<sup>2</sup>, Anna Hajduk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klinika Hipertensjologii i Chorób Wewnętrznych Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie

<sup>2</sup>Katedra Biochemii i Chemii Medycznej Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie

# Porównanie pomiarów masy tłuszczu u młodych zdrowych kobiet z prawidłową masą ciała za pomocą impedancji bioelektrycznej i densytometrii

Comparison of fat mass measurements in young, healthy, normal-weight women by bioelectric impedance analysis and dual-energy X-ray absorptiometry

Praca częściowo finansowana z grantu międzyuczelnianego KBN Nr 0740/PO5/2005/29

## STRESZCZENIE

**WSTĘP.** Impedancja bioelektryczna (BIA) to szybka, nieinwazyjna i powtarzalna metoda badania składu ciała. Celem pracy była ocena przydatności BIA do wyznaczania masy tłuszczu u młodych zdrowych kobiet z prawidłową masą ciała w odniesieniu do referencyjnej metody absorpcyjometrii podwójnej energii promieni RTG (DXA).

**MATERIAŁ I METODY.** Badaniami objęto 145 kobiet w wieku 22–40 lat (średnio 31,5 ± 5 lat) z prawidłowym wskaźnikiem masy ciała (21,8 ± ± 1,7 kg/m<sup>2</sup>). Procentową zawartość tłuszczu oraz masę tłuszczu i tkanek beztłuszczowych mierzono analizatorem składu ciała Tanita BC 420 SMA (BIA) oraz densytometrem LUNAR Prodigy (DXA).

**WYNIKI.** Średnia procentowa zawartość tłuszczu wynosiła 32,05 ± ± 5,2% zmierzona metodą DXA oraz 26,05 ± ± 5,1% (BIA;  $p < 0,02$ ). Badaniem DXA zidentyfikowano 91 kobiet (63%) z procentową zawartością tłuszczu powyżej 30%, natomiast w BIA 57 kobiet

(39,4%;  $p < 0,01$ ). Obie metody składu ciała były powiązane ze sobą w zakresie pomiarów procentowej zawartości tłuszczu ( $r = 0,63$ ;  $p < 0,001$ ) i jego masy ( $r = 0,84$ ;  $p < 0,001$ ). Impedancję bioelektryczną w porównaniu z DXA cechowała dobra swoistość (96%), ale niska czułość (35%) w identyfikowaniu kobiet z procentową zawartością tłuszczu powyżej 30%.

**WNIOSKI.** Uzyskane wyniki wskazują, że u młodych, zdrowych kobiet z prawidłową masą ciała procentowa zawartość tłuszczu mierzona metodą BIA jest istotnie mniejsza niż w pomiarze DXA. W tej grupie osób BIA cechuje się dobrą swoistością, ale małą czułością w identyfikowaniu przypadków z odsetkiem zawartości tłuszczu poniżej 30%.

**Słowa kluczowe:** impedancja bioelektryczna, masa tłuszczu, densytometria

Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii 2010, tom 6, nr 4, 189–195

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Bioelectric impedance analysis (BIA) provides a fast, non-invasive, and repetitive method of body composition assessment. The aim of study was to assess the BIA utility for the fat mass estimation in young, healthy, normal-weight women in com-

Adres do korespondencji: dr hab. n. med. Tomasz Miazgowski  
Klinika Hipertensjologii i Chorób Wewnętrznych,  
Pomorski Uniwersytet Medyczny  
ul. Unii Lubelskiej 1, 71-252 Szczecin  
tel.: 91 425 35 50, faks: 91 425 35 52  
e-mail: miazgowski@interia.pl  
Copyright © 2010 Via Medica  
Nadesłano: 07.02.2011 Przyjęto do druku: 09.02.2011

parison with a reference method, dual X-ray absorptiometry (DXA). MATERIAL AND METHODS. The study was performed on 145 women aged 22–40 years (mean  $31.5 \pm 5$  years) and normal body mass index ( $21.8 \pm 1.7$  kg/m<sup>2</sup>). Percentage of fat mass as well as fat mass and lean mass were measured by the Tanita BC 420 SMA analyzer (BIA) and LUNAR Prodigy densitometer (DXA). RESULTS. Mean percentage of fat mass was  $32.05 \pm 5.2\%$  by DXA and  $26.05 \pm 5.1\%$  by BIA ( $p < 0.02$ ). Ninety-one (63%) and 57 (39.4%) women with percentage of fat mass  $>30\%$  were identified by DXA and BIA, respectively ( $p < 0.01$ ). Both methods of body composition assessment were correlated with regard to percentage of fat mass ( $r = 0.63$ ;  $p < 0.001$ ) and fat mass ( $r = 0.84$ ;  $p < 0.001$ ). BIA compared to DXA showed an excellent specificity (96%) but low sensitivity (35%) in identifying women with percentage of fat mass  $> 30\%$ .

CONCLUSIONS. The present results demonstrate that in young, healthy, normal-weight women percentage of fat mass measured by BIA is significantly lower than by DXA. In this group, BIA has an excellent sensitivity but poor specificity in identifying cases with percentage of fat mass  $> 30\%$ .

**Key words:** bioelectric impedance analysis, fat mass, densitometry  
Endocrinology, Obesity and Metabolic Disorders 2010, vol. 6, No 4, 189–195

## Wstęp

W ostatnim dziesięcioleciu systematycznie wzrasta zainteresowanie szybkimi i powtarzalnymi metodami oznaczania tłuszczu całkowitego i jego rozmieszczenia. Wyniki tych pomiarów wykorzystuje się szeroko w badaniach nad zaburzeniami odżywiania [1–4], do prognozowania ryzyka chorób sercowo-naczyniowych i metabolicznych [5] czy w medycynie sportowej [6]. Pomiaru składu ciała można dokonać różnorodnymi technikami, jak ważenie hydrostatyczne, tomografia komputerowa, pletyzmografia powietrzna, rezonans magnetyczny, absorpcjometria podwójnej energii promieni RTG (DXA, *dual-energy X-ray absorptiometry*) i analiza impedancji bioelektrycznej (BIA, *bioelectric impedance analysis*). W praktyce klinicznej większość z tych metod jest mało dostępna, głównie z uwagi na długotrwały i skomplikowany sposób pomiaru, wysokie koszty badania lub znaczne napromieniowanie.

Impedancja bioelektryczna to szybka, nieinwazyjna, tania i powtarzalna metoda badania składu ciała. Można ją stosować zarówno u osób zdrowych, także u dzieci, jak i osób z przewlekłymi schorzeniami metabolicznymi. Badanie metodą BIA polega na pomiarze impedancji, czyli oporu elektrycznego, na który składa się rezystancja i reaktancja tkanek miękkich, przez które jest przepuszczany prąd elektryczny o niskim natężeniu [7]. Pomiarów impedancji dokonuje się przy użyciu wielu systemów różniących się liczbą elektrod

i zakresem używanych częstotliwości prądu. W wielu wcześniejszych badaniach BIA porównywano z metodami referencyjnymi, najczęściej z DXA. Jednak wyniki tych badań, przeprowadzonych głównie w populacjach ludzi z nadwagą lub otyłych, nie dały jednoznacznych wyników [1, 2, 8–10] i sugerują, że do analizy składu ciała obu metod nie można stosować wymiennie.

W niniejszej pracy postanowiono ocenić przydatność BIA do wyznaczania masy tłuszczu całkowitego u młodych, zdrowych kobiet z prawidłową masą ciała w odniesieniu do referencyjnej metody DXA.

## Materiał i metody

Badania przeprowadzono w grupie zdrowych kobiet w wieku 20–40 lat, losowo wybranych z lokalnych list wyborczych. Do badań zapraszano kobiety bez wcześniejszych zaburzeń gospodarki węglowodanowej, nadciśnienia tętniczego, chorób nowotworowych, zaburzeń miesiączkowania oraz nieprzyjmujących długotrwale żadnych leków ani suplementów diety. Łącznie przebadano 234 kobiety. Do dalszych badań włączono 145 kobiet z prawidłowym wskaźnikiem masy ciała (BMI, *body mass index*), to jest mieszczącym się w zakresie  $18,5$ – $24,9$  kg/m<sup>2</sup>. Udział w badaniu był w pełni dobrowolny. Wszystkie badane kobiety wyraziły pisemną zgodę na udział w badaniu, którego protokół uzyskał zgodę Komisji Bioetycznej Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie.

Pomiary wzrostu przeprowadzono, używając stadiometru z dokładnością do 0,5 cm. W pozycji stojącej, przy użyciu taśmy krawieckiej, wykonano pomiary obwodu talii w połowie odległości między łukami żebrowymi a górnym brzegiem talerza większego kości biodrowej oraz pomiary obwodu bioder na wysokości krętarzy większych (z dokładnością 0,5 cm). Z obu pomiarów wyliczono wskaźnik talia–biodra (WHR, *waist-to-hip ratio*) według wzoru:  $WHR = \text{obwód w talii [cm]} / \text{obwód bioder [cm]}$ .

Pomiary masy ciała wykonywano metodą impedancji bioelektrycznej analizatorem składu ciała Tanita BC 420SMA (Tanita Corporation, Japonia). Jest to system dwuelektrodowy wykorzystujący prąd o częstotliwości 50 kHz. Za pomocą BIA mierzono masę ciała, tkanki tłuszczowej i tkanek beztłuszczowych. Badania wykonywano według standardowego protokołu zgodnie z zaleceniami producenta: na czczo, w lekkiej bieliźnie, bez obuwia i skarpetek, z czystymi i osuszonymi stopami. Ponieważ na wynik badania może wpływać stan nawodnienia, przed pomiarem zalecano badanym unikanie forsownych ćwiczeń fizycznych i spożywania większej ilości płynów.

Badania densytometryczne wykonano bezpośrednio po pomiarach BIA aparatem GE Lunar Prodigy Advance enCORE, wersja oprogramowania 8,8 (Lunar Radiation Corporation, Madison, WI, Stany Zjednoczone), z wykorzystaniem automatycznego trybu warunków pomiaru. W pomiarze całego ciała oceniano masę tkanki tłuszczowej i masę tkanek beztłuszczowych. Absorpcjometria analizuje skład ciała w modelu dwuobszarowym — mierzona jest masa beztłuszczowa i zawartość minerału kostnego (BMC, *bone mineral content*), natomiast tkanka tłuszczowa jest w tym modelu obliczana jako różnica masy ciała i tkanek beztłuszczowych. Wartość procentowa tłuszczu całkowitego jest obliczana przez oprogramowanie ze wzoru: procentowa zawartość tłuszczu całkowitego = masa tłuszczu/masa tłuszczu + masa beztłuszczowa + BMC.

Badania wykonywano w pozycji leżącej i w lekkim ubraniu, tak by w polu pomiarowym nie znajdowały się przedmioty metalowe, jak biżuteria, zamki błyskawiczne, guziki i tak dalej. Do odpowiedniego pozycjonowania używano taśm wiążących stopy, zgodnie z zaleceniami producenta.

Krótkoterminową precyzję (powtarzalność) pomiarów oceniano za pomocą powtarzanych badań u ludzi z repozycją po każdym pomiarze. Precyzja krótkoterminowa wynosiła w pomiarze całego ciała i tłuszczu całkowitego odpowiednio 0,3% oraz 1,9%.

### Statystyczne metody obliczeń

Wyniki przedstawiono w postaci średnich arytmetycznych  $\pm$  odchylenie standardowe (SD, *standard deviation*). Normalność rozkładu badano testem Shapiro-Wilka. W zależności od rozkładu wyniki pomiarów parametrów składu ciała porównywano testem *t*-Studenta lub testami nieparametrycznymi. Do oceny siły zależności między zmiennymi ilościowymi obliczano współczynnik korelacji rang Spearmana. Dodatkowo zgodność wyników uzyskanych metodą BIA i DXA porównywano w tercylach zawartości tłuszczu. Przyjmując metodę DXA jako referencyjną przy użyciu tablic dwudzielczych, obliczono czułość i swoistość pomiarów procentowej zawartości tłuszczu metodą BIA według wzorów: czułość (%) =  $PD / (PD + FU) \times 100\%$  oraz swoistość (%) =  $PU / (PU + FD) \times 100\%$ , gdzie PD oznacza wyniki prawdziwie dodatnie, PU — prawdziwie ujemne, FU — fałszywie ujemne i FD — fałszywie dodatnie. Obliczenia wykonano za pomocą programu Statistica 8PL (StatSoft, Polska).

### Wyniki

Charakterystykę kliniczną oraz wyniki pomiarów parametrów składu ciała metodą DXA i BIA przedsta-

wiono w tabeli 1. Wszystkie badane kobiety miały BMI mieszczący się w zakresie 18,5–24,9 kg/m<sup>2</sup>. Jednak w badanej grupie aż 68 kobiet (47%) miało WHR  $\geq$  0,8 i 38 kobiet (26%) obwód talii > 80 cm, a więc powyżej wartości charakterystycznych dla otyłości brzusznej.

Pośród parametrów składu ciała średnia procentowa zawartość tłuszczu mierzona metodą DXA wynosiła > 30%, przekraczając nieznacznie górną granicę normy dla kobiet [11]. Badaniem DXA zidentyfikowano 91 kobiet (63%) z procentową zawartością tłuszczu > 30%, natomiast w BIA tylko 57 kobiet (39,4%;  $p < 0,01$ ). W porównaniu z DXA w badaniu BIA średnia procentowa zawartość tłuszczu była istotnie niższa (o 18,6%), podobnie jak masa tłuszczu całkowitego (o 14,5%). Natomiast masa beztłuszczowa w BIA była większa o 13,2% większa niż w pomiarze DXA.

Obie metody badania składu ciała wykazywały bardzo dobrą współzależność w zakresie pomiarów procentowej zawartości tłuszczu (ryc. 1) i masy tłuszczu całkowitego (ryc. 2), chociaż powiązanie w zakresie masy tłuszczu było wyraźnie lepsze. W tabeli 2 przedstawiono wyniki zgodności pomiarów metodą DXA i BIA w tercylach procentowej zawartości tłuszczu wyznaczonych dla obu metod. Uwagę zwraca lepsza zgodność obu metod w tercylach górnym i dolnym procentowej zawartości tłuszczu (ok. 60%), natomiast w zakresie wartości średnich obserwowano zgodność jedynie w 1/3 pomiarów. Jednak gdy oceniano czułość i swoistość wyników pomiarów BIA względem referencyjnej metody DXA okazało się, że w badanej grupie kobiet za pomocą BIA mierzono procentową zawartość tłuszczu w górnym tercylu z czułością 58,7% i swoistością 79,3%. Natomiast w identyfikowaniu osób z odsetkiem tłuszczu > 30% czułość pomiarów BIA wynosiła zaledwie 35,2% przy swoistości 96%.

Przy użyciu obu metod pomiaru obserwowano istotne, dodatnie korelacje między procentową zawartością tłuszczu oraz obwodem talii i WHR. Poza tym stwierdzono słabą, dodatnią korelację pomiędzy procentową zawartością tłuszczu i rozkurczowym ciśnieniem tętniczym, ale tylko w badaniu metodą DXA (tab. 3).

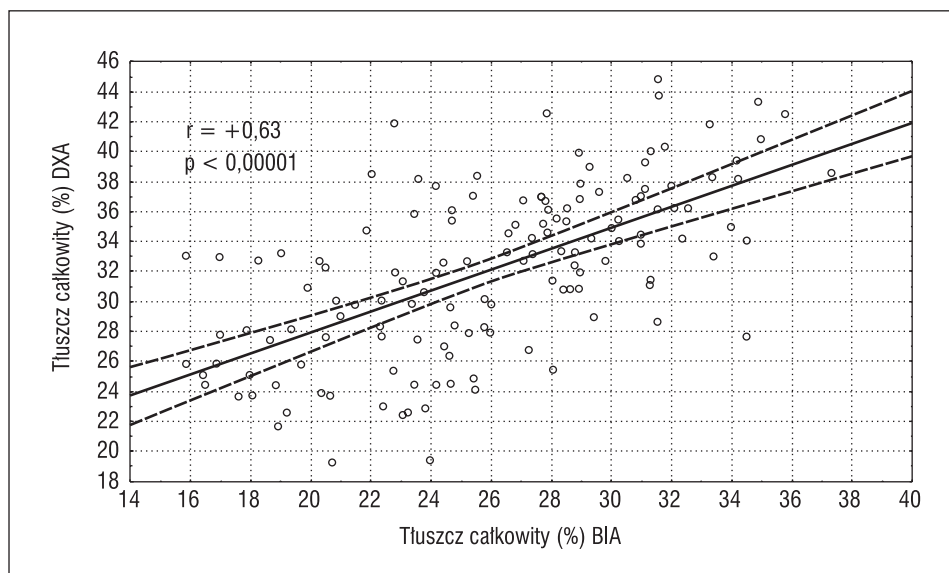
### Dyskusja

Impedancję bioelektryczną powszechnie uważa się za nieinwazyjną, bezpieczną i powtarzalną metodę monitorowania zmian składu ciała w trakcie realizacji programów dietetycznych i leczniczych. We wcześniejszych badaniach sprawdzano trafność BIA względem DXA między innymi u osób otyłych poddanych leczeniu redukującemu masę ciała [1, 2, 9, 10], u chorych z nowotworami złośliwymi [12] i czynnikami ryzyka chorób metabolicz-

Tabela 1. Charakterystyka badanej grupy

	Średnia	Zakres
Wiek (lata)	31,47 ± 4,9	22–40
Skurczowe ciśnienie tętnicze [mm Hg]	116,73 ± 12,9	80–140
Rozkurczowe ciśnienie tętnicze [mm Hg]	76,58 ± 9,3	60–100
Wzrost [cm]	165,32 ± 6,1	151–185
Masa ciała [kg]	59,77 ± 6,8	43,4–82,2
Wskaźnik masy ciała [kg/m <sup>2</sup> ]	21,83 ± 1,7	18,52–24,92
Obwód talii [cm]	75,15 ± 6,5	59,5–90
Obwód bioder [cm]	95,26 ± 6,2	81–112
Wskaźnik talia–biodra	0,79 ± 0,1	0,62–0,94
<b>DXA</b>		
Tłuszcz całkowity (%)	32,05 ± 5,7*	19,1–44,9
Masa tłuszczu całkowitego [kg]	18,51 ± 0,1*	9,87–28,8
Masa beztłuszczowa [kg]	38,72 ± 4,2*	29,07–52,4
<b>BIA</b>		
Tłuszcz całkowity (%)	26,05 ± 5,1	15,9–37,3
Masa tłuszczu całkowitego [kg]	15,82 ± 4,5	7,2–27,4
Masa beztłuszczowa [kg]	43,85 ± 3,2	33,6–54,8
Zawartość wody w organizmie [kg]	32,10 ± 2,3	24,6–40,2

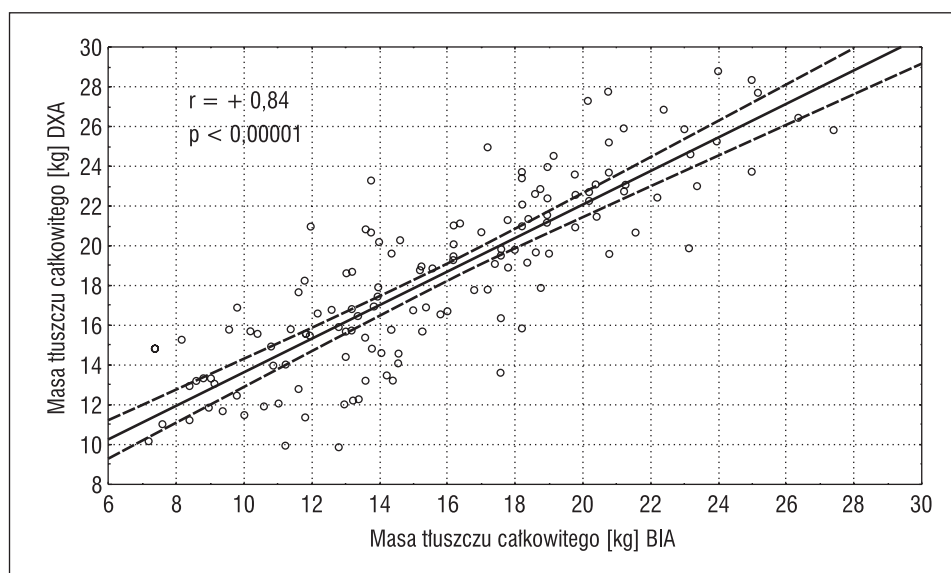
\*p < 0,02 między DXA i BIA



Rycina 1. Zależność między procentową zawartością tłuszczu mierzoną metodami DXA i BIA

nych [5]. W większości badań wykazano użyteczność BIA w oznaczaniu procentowej zawartości tłuszczu i jej dobrą korelację z pomiarami antropometrycznymi, jak BMI, WHR, grubość fałdu brzuszego czy obwód talii [3, 4, 9]. Jednak w wielu opracowaniach podkreśla się stosunkowo słabą zbieżność wyników pomiaru

masy tłuszczu metodą BIA w porównaniu z DXA [5, 10, 13]. Część z tych różnic może wynikać z ograniczeń metodologicznych BIA. W otyłości nadmiernie rozwinięta tkanka tłuszczowa zmienia wypadkowy opór elektryczny ciała, co może wymagać częstotliwości prądu znacznie wyższej niż 50 kHz, standardowo używanej



Rycina 2. Zależność między masą tłuszczu całkowitego mierzonego metodami DXA i BIA

Tabela 2. Zgodność pomiarów metodą DXA i BIA w tercylach procentowej zawartości tłuszczu

DXA	BIA	Tercyl pierwszy < 23,7%	Tercyl drugi 23,7–28,7%	Tercyl trzeci > 28,7%
Tercyl pierwszy < 29%		27 (61,4%)	14 (31,8%)	3 (6,8%)
Tercyl drugi 29–35%		15 (31,3%)	17 (35,4%)	16 (33,3%)
Tercyl trzeci > 35%		4 (8,7%)	15 (32,6%)	27 (58,7%)

Wyniki przedstawiono jako liczbę zgodnych pomiarów (%)

Tabela 3. Zależności między procentową zawartością tłuszczu, wynikami pomiarów antropometrycznych i ciśnieniem tętniczym

	DXA		BIA	
	R	p	R	p
Obwód talii [cm]	0,532	0,001	0,721	0,001
Wskaźnik talia–biodra	0,473	0,001	0,421	0,001
Wskaźnik masy ciała [kg/m <sup>2</sup> ]	0,609	0,001	0,289	0,005
Skurczowe ciśnienie tętnicze [mm Hg]	0,078	0,351	0,094	0,245
Rozkurczowe ciśnienie tętnicze [mm Hg]	0,179	0,031	0,081	0,322

R — współczynnik rang Spearmana

w większości aparatów typu SF-BIA (*single-frequency bioimpedance analysis*) [1, 7]. Poza tym u osób otyłych na wielkość odczytu w większym stopniu niż u szczupłych wpływa stan nawodnienia, ponieważ otyli częściej przyjmują leki moczopędne, częściej też występują u nich obrzęki [10].

W obecnych badaniach BIA zastosowano w wyselekcjonowanej, jednorodnej grupie młodych, zdrowych kobiet z prawidłową masą ciała. Uzyskane wyniki wskazują, że w porównaniu z DXA w badaniu BIA średnia procentowa zawartość tłuszczu, jak również masa tłuszczu całkowitego były istotnie niższe, chociaż obie me-

tody wykazywały dobrą współzależność w zakresie badanych zmiennych. Jednak BIA w porównaniu z DXA, przy dobrej swoistości pomiaru, cechowała się małą czułością w identyfikowaniu przypadków z najwyższym odsetkiem masy tkanki tłuszczowej (> 30% oraz w górnym tercylu), co może mieć ważne implikacje diagnostyczne. W ostatnim czasie bowiem w piśmiennictwie wyodrębnia się fenotypową otyłość u osób z prawidłową masą ciała (NWO, *normal-weight obesity*). Rozpoznaje się ją u kobiet z prawidłową masą ciała i odsetkiem tłuszczu > 30% w ocenie DXA [11] lub procentową zawartością tłuszczu w górnym tercylu [14–17]. W omawianym materiale badaniem DXA rozpoznawano NWO istotnie częściej niż za pomocą BIA. W piśmiennictwie podkreśla się, że identyfikacja osobników z NWO może mieć ważne znaczenie w aspekcie prognozowania ryzyka zaburzeń gospodarki węglowodanowej i chorób sercowo-naczyniowych, bowiem NWO częściej kojarzy się z nieprawidłowym profilem lipidowym oraz skłonnością do podwyższonych wartości glikemii i ciśnienia tętniczego [11, 15, 16]. Wyniki badań własnych sugerują, że BIA w porównaniu z DXA u młodych, zdrowych kobiet z prawidłową masą ciała zaniża procentową zawartość tłuszczu, przez co rozpoznanie NWO w tej grupie osób może zostać przeoczone.

Z kolei w nadwadze, a zwłaszcza w otyłości, BIA często przeszacowuje procentową zawartość tłuszczu, niezależnie od płci i wieku [8, 9], chociaż spotyka się też odmienne opinie [18]. W badaniu przesiewowym 591 zdrowych dorosłych Sun i wsp. [19] stwierdzili, że BIA w porównaniu z DXA zaniża procentową zawartość tłuszczu u osób z jej nadmiarem (> 30%) o 2,65%, natomiast przeszacowuje wyniki u bardzo szczupłych

(procentowa zawartość tłuszczu < 20%) o 3,65%. Te rozbieżności w piśmiennictwie oraz wyniki badań własnych wskazują, że obu metod nie można stosować wymiennie, przynajmniej w odniesieniu do pomiarów procentowej zawartości tłuszczu u osób z prawidłową masą ciała. Co więcej, ostatnio sugeruje się, że BIA nie jest wystarczająco dokładna w monitorowaniu indywidualnych zmian składu ciała w czasie, na przykład w trakcie trwania programów leczniczych mających na celu redukcję masy ciała, natomiast może być użytecznym narzędziem do oceny masy tłuszczu w porównawczych badaniach populacyjnych [1]. Trudności w klinicznym zastosowaniu DXA pogłębia fakt, że brakuje standaryzacji różnorodnych systemów pomiaru BIA oraz norm referencyjnych dla różnych grup etnicznych [1, 5].

W obecnym badaniu procentowa zawartość tłuszczu, niezależnie od metody pomiaru, wykazywała istotną współzależność z WHR, obwodem talii i BMI. Jednak tylko w DXA odsetek tłuszczu dodatnio korelował z rozkurczowym ciśnieniem tętniczym, co może wskazywać, że przy jej pomocy można łatwiej identyfikować przypadki ze skłonnością do rozkurczowego nadciśnienia tętniczego niż stosując metodę BIA.

## Wnioski

Podsumowując, uzyskane wyniki wskazują, że u młodych, zdrowych kobiet z prawidłową masą ciała procentowa zawartość tłuszczu mierzona metodą BIA jest istotnie niższa niż w pomiarze metodą DXA. W tej grupie osób BIA cechuje się dobrą swoistością, ale małą czułością w identyfikowaniu przypadków z odsetkiem tłuszczu > 30%.

## Piśmiennictwo

- Verdich C., Barbe P., Petersen M. i wsp.: Changes in body composition during weight loss in obese subjects in the NUGENOB study: comparison of bioelectrical impedance v. dual-energy X-ray absorptiometry. *Diabetes Metab.* 2011; <http://dx.doi.org/10.1016/j.diabet.2010.10.007>.
- Braulio V.B., Furtado V.C., Silveira M.G., Fonseca M.H., Oliveira J.E.: Comparison of body composition methods in overweight and obese Brazilian women. *Arq. Bras. Endocrinol. Metabol.* 2010; 54: 398–405.
- Cyganek K., Kutra B., Sieradzki J.: Porównanie pomiarów tkanki tłuszczowej u otyłych pacjentów z zastosowaniem metody bioimpedancji elektrycznej i densytometrycznej. *Diabetol. Prakt.* 2007; 8: 473–478.
- Savastano S., Belfiore A., Di Somma C. i wsp.: Validity of bioelectrical impedance analysis to estimate body composition changes after bariatric surgery in premenopausal morbidly obese women. *Obes. Surg.* 2010; 20: 332–339.
- Hemmingsson E., Uddén J., Neovius M.: No apparent progress in bioelectrical impedance accuracy: validation against metabolic risk and DXA. *Obesity (Silver Spring)* 2009; 17: 183–187.
- Silva A.M., Minderico C.S., Teixeira P.J., Pietrobello A., Sardinha L.B.: Body fat measurement in adolescent athletes: multicompartment molecular model comparison. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2006; 60: 955–964.
- Lewitt A., Mađro E., Krupienicz A.: Podstawy teoretyczne i zastosowania analizy impedancji bioelektrycznej (BIA). *Endokr. Otyl. Zab. Przem. Mat.* 2007; 4: 79–84.
- Shafer K.J., Siders W.A., Johnson L.K., Lukaski H.C.: Validity of segmental multiple-frequency bioelectrical impedance analysis to estimate body composition of adults across a range of body mass indexes. *Nutrition* 2009; 25: 25–32.
- Boneva-Asiova Z., Boyanov M.A.: Body composition analysis by leg-to-leg bioelectrical impedance and dual-energy X-ray absorptiometry in non-obese and obese individuals. *Diabetes Obes. Metab.* 2008; 10: 1012–1018.
- Völggi E., Tylavsky F.A., Lytykäinen A., Suominen H., Alén M., Cheng S.: Assessing body composition with DXA and bioimpedance: effects of obesity, physical activity, and age. *Obesity* 2008; 16: 700–705.
- De Lorenzo A., Martinoli R., Vaia F., Di Renzo L.: Normal weight obese (NWO) women: an evaluation of a candidate new syndrome. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2006; 16: 513–523.
- Trutschnigg B., Kilgour R.D., Reinglas J. i wsp.: Precision and reliability of

- strength (Jamar v. Biodex handgrip) and body composition (dual-energy X-ray absorptiometry v. bioimpedance analysis) measurements in advanced cancer patients. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2008; 33: 1232–1239.
13. Bolanowski M., Nilsson B.E.: Assessment of human body composition using dual-energy x-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis. *Med. Sci. Monit.* 2001; 7: 1029–1033.
  14. Marques-Vidal P., Chiolerio A., Paccaud F.: Large differences in the prevalence of normal weight obesity using various cut-offs for excess body fat. *E-SPEN* 2008; 3: e159–e163.
  15. Marques-Vidal P., Pécoud A., Hayoz D. i wsp.: Normal weight obesity: relationship with lipids, glycaemic status, liver enzymes and inflammation. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2010; 20: 669–675.
  16. Romero-Corral A., Somers V.K., Sierra-Johnson J. i wsp.: Normal weight obesity: a risk factor for cardiometabolic dysregulation and cardiovascular mortality. *Eur. Heart J.* 2010; 31: 737–746.
  17. Marques-Vidal P., Pécoud A., Hayoz D. i wsp.: Prevalence of normal weight obesity in Switzerland: effect of various definitions. *Eur. J. Nutr.* 2008; 47: 251–257.
  18. Lazzar S., Bedogni G., Agosti F., De Col A., Mornati D., Sartorio A.: Comparison of dual-energy X-ray absorptiometry, air displacement plethysmography and bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in severely obese Caucasian children and adolescents. *Br. J. Nutr.* 2008; 100: 918–924.
  19. Sun G., Frensz C.R., Martin G.R. i wsp.: Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. *Am. J. Clin. Nutr.* 2005; 81: 74–78.