

## Analiza porównawcza niektórych metod oznaczania zawartości tkanki tłuszczowej

Tadeusz Nawarycz, Jerzy Jankowski, Jan Baszczyński\*,  
Lidia Nawarycz-Ostrowska\*, Zdzisław Kajdos

### Abstract

COMPARATIVE ANALYSIS OF SOME METHODS OF MEASURING THE TOTAL BODY FAT. The objective of this study was the comparison of three different methods: skin fold thickness, near infrared spectrophotometry and bioelectrical impedance for estimation of the total body fat. The measurements were made on the sample of 48 young men, 18–20 years old. The results turned out to be independent of the method which was used for estimation of the total body fat.

Tadeusz Nawarycz, Jerzy Jankowski, Jan Baszczyński, Lidia Nawarycz-Ostrowska, Zdzisław Kajdos, 1996; *Anthropological Review*, vol. 59, Poznań 1996, pp. 101–106, figs 5, tables 3. ISBN 83-86969-05-9, ISSN 0033-2003

### Wprowadzenie

Obniżenie aktywności ruchowej w życiu współczesnego człowieka (hipokineza, praca monotypowa) prowadzi w efekcie do niekorzystnych zmian proporcji podstawowych komponentów ciała, które manifestują się głównie wzrostem globalnej masy tkanki tłuszczowej BF (*body fat*). Długoterminowe badania prowadzone przez wiele ośrodków wykazały jednoznacznie, że otyłość istotnie zwiększa ryzyko głównie chorób układu krążenia i prowadzi do skrócenia czasu życia [GAWEŃKI 1986, TATOŃ 1985, ZAHORSKA 1986]. Nadwyżka lub niedobór BF towarzyszą wielu przewlekłym chorobom związanym głównie z zaburzeniami

przemiany materii, cukrzycą czy też patologią hormonalną [TATOŃ 1985]. Dokładna ocena BF znalazła szerokie praktyczne wykorzystanie w antropologii sportowej [BRODIE 1988, PIECHACZEK 1975, SZOPA 1996] oraz w badaniach populacyjnych dzieci i młodzieży [CASADY 1993, GOŁĘBIEWSKA 1986].

Aktualnie wykorzystuje się różne metody oceny stopnia otluszczenia. Tradycyjne metody oparte są na uproszczonych wskaźnikach wagowo-wzrostowych, bądź też polegają na bezpośrednich pomiarach grubości fałdów skórno-tłuszczowych w ustalonych miejscach ciała [CHARZEWSKA 1981, KATCH 1984, PIECHACZEK 1975]. Metody precyzyjne, takie jak tomografia komputerowa, absorpcjometria 2-fotonowa całego ciała czy też inne, ze względu na duże koszty, nie są stosowane w badaniach o charakterze epidemiologicznym [KOZŁOWSKI 1984, ŁUKASKI 1987, JEBB 1993].

Zakład Biofizyki WAM  
Pl. Hallera 1, 90-647 Łódź

\* I Klinika Chorób Dzieci Katedry Pediatrii WAM,  
Al. Marszałka Piłsudskiego 71, 90-329 Łódź

W praktyce przy ocenie BF najczęściej stosuje się antropometryczne pomiary fałdów skórno-tłuszczowych (przy użyciu cyrkla-faldomierza). Metoda ta (tzw. kaliperowa) opiera się na założeniu, że podskórny tłuszcz stanowi ok. 50% globalnej masy tkanki tłuszczowej, stąd grubość fałdów skórno-tłuszczowych jest istotnie związana z całkowitą masą tłuszczu [KEYS 1953, MOHR 1978, PAŘIZKOVA 1977]. Krytyczna ocena metody kaliperowej, podkreślana przez niektórych autorów, polega na błędach wynikających z indywidualnego rozkładu podskórnej tkanki tłuszczowej, konieczności stosowania złożonych wzorów przeliczeniowych, jak również braku standardu metodycznego [HIMES 1979, LOHMAN 1981]. Pomimo wymienionych wad, metoda kaliperowa zaliczana jest przez wielu badaczy do najcenniejszych metod antropologicznych w ocenie BF [KEYS 1953, PIECHACZEK 1975]. Wynika to z faktu, że w wielu badaniach szacuje się nie całkowitą zawartość BF lecz analizuje się tylko zmiany grubości wybranych fałdów skórno-tłuszczowych.

Ostatnio obserwuje się wzrost zainteresowania oceną stopnia otluszczenia ciała przy użyciu spektrofotometrii w bliskiej podczerwieni BF<sub>nir</sub> (*near infrared reflectance*) [CONWAY 1984, KLIMIS 1992] oraz metod elektroimpedancyjnych BF<sub>fimp</sub> (*electroimpedance*) [KUSHNER 1988, LUKASKI 1988, MORINI 1991, SEGAL 1988].

Metoda spektroskopii w bliskiej podczerwieni wykorzystywana była początkowo do oceny zawilgocenia zbóż i ziarna, jak również zawartości tłuszczu oraz wody w próbkach surowego mięsa wieprzowego [LANZA 1983]. Conway, jako pierwszy zastosował pomiary spektrofotometryczne do oceny podstawowych

komponentów ciała, w tym również do oceny zawartości masy tkanki tłuszczowej BF<sub>nir</sub> [CONWAY 1984]. Istota metody polega na wykorzystaniu różnic związanych z własnościami absorpcyjnymi i transmitancyjnymi poszczególnych tkanek dla promieniowania podczerwonego.

Metoda elektroimpedancyjna oceny BF wykorzystuje zróżnicowanie biernych własności elektrycznych poszczególnych tkanek. Beztłuszczową masę tkankową w organizmie cechuje wyższa przewodność elektryczna w porównaniu z tkanką tłuszczową, ponieważ zawiera ona więcej wody oraz elektrolitów. Początkowo metodę tę wykorzystywano głównie do szacowania globalnej zawartości wody w organizmie [LUKASKI 1988, KUSHNER 1988, MORINI 1991]. Do wad tej metody należy zaliczyć występowanie stosunkowo dużej liczby wzorów przeliczeniowych oraz brak standardów metodycznych. Technika ta, ze względu na dobrą powtarzalność oraz zadawalającą dokładność, jest ostatnio przedmiotem dużego zainteresowania [LUKASKI 1987].

Celem tej pracy było przeprowadzenie analizy porównawczej trzech metod oznaczania procentowej zawartości masy tkanki tłuszczowej BF: tradycyjnej – opartej na pomiarach grubości fałdów skórno-tłuszczowych przy użyciu cyrkla antropometrycznego (BF<sub>clp</sub>), metody elektroimpedancyjnej (BF<sub>fimp</sub>) oraz metody spektrofotometrycznej (BF<sub>nir</sub>).

## Materiał i metody

U 48 zdrowych młodych mężczyzn w wieku 18–20 lat, dobranych losowo, wykonano pomiary masy oraz wysokości ciała według ogólnie przyjętych zasad. Stan odżywienia oceniano w oparciu o względną masę ciała BMI (*body mass*

*index*). Ponadto u wszystkich badanych określano procentową zawartość BF przy użyciu trzech metod:

1. Pomiary trzech fałdów skórno-tłuszczowych (ramienny, łopatkowy i brzuszny) przy użyciu cyrkla antropometrycznego. Procentową zawartość tkanki tłuszczowej BF<sub>fcp</sub> wyliczano z zależności [MOHR 1978]:

$$BF_{fcp} = -16,2 + 9,367 \log(R) + 13,462 \log(L) + 5,298 \log(B)$$

gdzie:  $R$ ,  $L$ ,  $B$  – grubość fałdów skórno-tłuszczowych [mm] odpowiednio: ramiennego ( $R$ ), łopatkowego ( $L$ ) oraz brzuszno ( $B$ ).

2. Pomiary spektrofotometryczne analizatorem Futrex-5000A (Futrex Inc., USA). Zgodnie z zaleceniami producenta [*Futrex-500a User's Manual* 1990]; przyrząd przed każdym cyklem pomiarowym był kalibrowany, a końcowy wynik procentowej zawartości tłuszczu stanowił średnią z dwóch pomiarów. Optyczną sondę przykładano nad mięśniem trójgłowym ramienia, posługując się fabrycznym lokalizatorem oraz osłoną chroniącą przed wpływem promieniowania zewnętrznego. Badania przeprowadzano na siedząco a wynik procentowej zawartości tłuszczu BF<sub>nir</sub> uzyskiwano w postaci wydruku.

3. Pomiary elektroimpedancyjne przy użyciu zmodyfikowanego reografu R-50Pz (COTM Białystok). Aparat pracował w trybie tetrapolarnym prądowym z prądem aplikacyjnym 0,8 mA i częstotliwością 33 kHz. Elektrody pacjenta smarowano pastą elektroprzewodzącą „Gel” i umieszczano na wysokości prawego nadgarstka oraz kostki na prawym podudziu. Procentową zawartość tłuszczu BF<sub>fimp</sub> określano w oparciu o zależność opracowaną przez Deurenberga [MORINI 1991]:

$$BF_{fimp} = 3400 \cdot H^2/R + 15,34 \cdot H + 0,273 \cdot W - 0,127 \cdot A + 4,56 \cdot G - 12,44$$

gdzie:  $H$  – wysokość ciała [m],  $R$  – opór elektryczny ciała [ $\Omega$ ],  $W$  – masa ciała [kg],  $A$  – wiek [lat],  $G$  – stały współczynnik ( $G = 1$  dla mężczyzn,  $G = 0$  dla kobiet).

Liczbowe wartości współczynników w powyższych wzorach wynikają z zastosowanych przez poszczególnych autorów metod analiz regresyjnych oraz przyjętych jednostek mierzonych wielkości np. wysokość ciała  $H$  w metrach, masa ciała  $W$  w kilogramach itd.

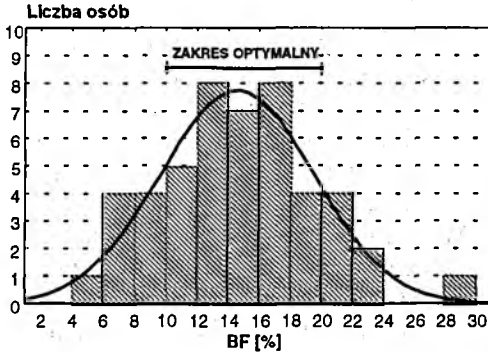
Wyniki procentowej zawartości tłuszczu BF oszacowane trzema metodami opracowano statystycznie. Wzajemną współzależność metod określano za pomocą współczynników korelacji Pearsona oraz równań regresji liniowej. Wartości średnie dla trzech metod oceny zawartości tłuszczu BF porównywano wykorzystując jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA.

## Wyniki badań i omówienie

Wartości średnie podstawowych parametrów antropometrycznych w badanej grupie przedstawiono w tabeli 1, natomiast na rys. 1 – rozkład procentowej zawartości BF. Zgodnie z kryteriami zaproponowanymi przez firmę Futrex [*Futrex-500a User's Manual* 1990], pod względem stopnia otłuszczenia badani osobnicy w większości (93% ogólnej liczby badanych) klasyfikują się do grupy osób o optymalnej zawartości całkowitej masy tkanki tłuszczowej (tzn. z przedziału 10–20 %). Przeprowadzone badania wykazały istotną współzależność wyników pomiarów BF dla trzech analizowanych metod i względnej masy ciała BMI (tabela 2).

Tabela 1. Wartości średnie podstawowych parametrów antropometrycznych w badanej grupie.

	Wiek	Masa ciała	Wysokość ciała	BMI
	[ lat ]	[ kg ]	[ cm ]	[ kg/m <sup>2</sup> ]
$X_{\text{sr}}$	19,2	76,9	179	23,7
SD	0,93	9,9	5,7	2,6



Rys. 1. Rozkład procentowej zawartości tkanki tłuszczowej BF [%] w badanej grupie.

Współczynniki korelacji kształtowały się na podobnym – średnio wysokim – poziomie, przy czym najwyższa współzależność wystąpiła pomiędzy metodą spektrofotometryczną (BFnir) oraz elektroimpedancyjną (BFimp) ( $r = 0,72$ ;  $p < 0,01$ ). Zależności regresyjne pomiędzy wybranymi metodami przedstawiono na rys. 2 i 3. Przeprowadzona analiza wariancji dla trzech metod oceny procentowej zawartości tłuszczu BF (tab. 3 i 4) wykazała, że wartości średnie BF nie różnią się pomiędzy sobą w sposób istotny przy czym największą jej wartość (16,7%) obserwowano dla metody elektroimpedancyjnej (rys. 4).

Uzyskane wyniki własnych badań potwierdzają względną zgodność analizowanych metod w ocenie globalnej zawartości tkanki tłuszczowej w organizmie i są podobne ze spostrzeżeniami innych autorów [KLIMIS 1992, KUSHNER 1988, LUKASKI 1987, PIECHACZEK 1975]. Należy przy

Tabela 2. Tablica współczynników korelacji Pearsona  $r$  dla trzech metod oznaczania zawartości tłuszczu oraz wskaźnika masy ciała BMI w badanej grupie.

Metoda oceny BF	BMI	BFcIp	BFnir	BFimp
BMI	1	0,52	0,63	0,75
BFcIp	0,52	1	0,71	0,61
BFnir	0,63	0,71	1	0,72
BFimp	0,75	0,61	0,72	1

Tabela 3. Podstawowe parametry statystyczne procentowej zawartości tłuszczu szacowanej trzema metodami.

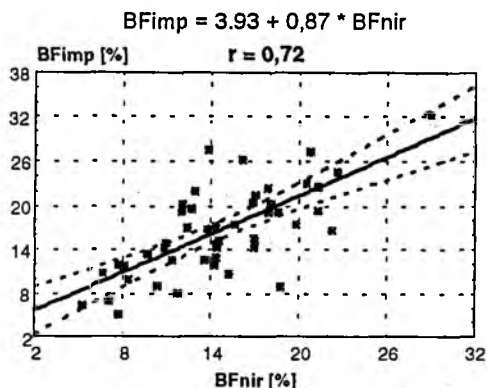
Metoda	$n$	$X_{\text{sr}}$	SD	Min-Max	$s^2$
		[ % ]	[ % ]	[ % ]	[ % ] <sup>2</sup>
BFnir	48	14,6	4,9	5,2–29,4	24,4
BFcIp	48	15,3	4,6	7,4–26,0	21,5
BFimp	48	16,7	6,0	5,1–32,1	36,1

Tabela 4. Tablica jednoczynnikowej analizy wariancji dla trzech metod oceny procentowej zawartości tłuszczu BF w badanej grupie młodzieży męskiej ( $n=48$ ).

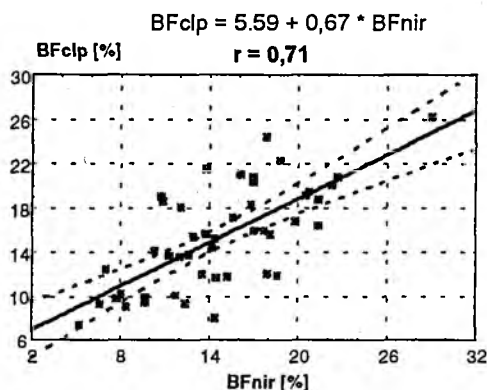
Źródło	Stopnie swobody	Suma kwadratów	Średni kwadrat	$F_0$	$F_{0,05}$
Pomiędzy metodami	2	105,3	52,7	1,93	3,06
Błąd	141	3855,7	27,3	–	–
Razem	143	3961,0	–	–	–

tym zaznaczyć, że przeprowadzone badania miały pewien wycinkowy i ograniczony charakter. Badana grupa składała się wyłącznie z chłopców i podobnym wieku, o optymalnej – dla większości przypadków – zawartości BF. Stąd też należy się spodziewać, że w grupach o większym zróżnicowaniu BF różnice pomiędzy metodami mogą być większe. Przy ilościowych porównaniach wyników badań komponentów ciała uzyskiwanych przez różnych autorów, informacja na temat techniki pomiarowej oraz zastosowanych równań predykcyjnych jest istotna.

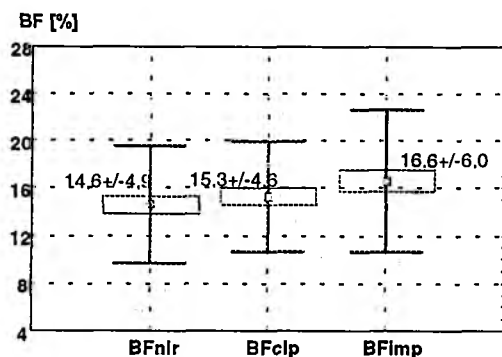
Zaprezentowane w pracy stosunkowo nowe, ciągle udoskonalane metody oceny BF (spektrofotometryczna i elektroimpe-



Rys. 2. Regresja liniowa dla dwóch metod oceny procentowej zawartości tkanki tłuszczowej: metody elektroimpedancyjnej Bfimp, oraz spektrofotometrycznej BFnir.



Rys. 3. Współzależność regresyjna dla metody spektrofotometrycznej BFnir oraz antropometrycznej, przy użyciu kalipera BFcpl, oceny procentowej zawartości tkanki tłuszczowej.



Rys. 4. Wartości średnie procentowej zawartości tkanki tłuszczowej BF w badanej grupie określone trzema metodami.

dancyjna) cechują się dużą praktyczną użytecznością oraz wykazują istotną zgodność z metodą antropometryczną przy użyciu kalipera. Należy sądzić, że będą one w większym stopniu upowszechniane w naszym kraju.

## Wnioski

W oparciu o statystyczną analizę wyników badań zawartości masy tkanki tłuszczowej szacowanej trzema niezależ-

nymi metodami można sformułować następujące wnioski.

1. Analizowane trzy metody oceny procentowej zawartości masy tkanki tłuszczowej: przy użyciu kalipera BFcpl, metoda spektrofotometryczna BFnir oraz elektroimpedancyjna BFimp, cechują się średniowysoką współzależnością uzyskiwanych pomiarów przy czym najwyższą wartość średnią BF obserwowano dla metody elektroimpedancyjnej.

2. Wartości BF oceniane metodą elektroimpedancyjną BFimp oraz metodą przy użyciu kalipera BFcpl wykazują istotną współzależność ze wskaźnikiem BMI. Potwierdza to użyteczność wskaźnika BMI do wstępnej oceny stopnia nadwagi lub otyłości.

3. Metoda spektrofotometrii w bliskiej podczerwieni wykorzystywana w aparaturze Futrex 5000A, ze względu na prostą obsługę, nieinwazyjność, krótki czas otrzymania wyniku oraz porównywalną z innymi metodami dokładność, wykazuje dużą praktyczną użyteczność.

## Piśmiennictwo

- BRODIE D.A., 1988, *Techniques of measurement of body composition*, Sports Med., 5, 11-40
- CHARZEWSKA J., K. FIGURSKA, H. WĄGROWSKA, 1981, *Charakterystyka wskaźników nadwagi i otyłości: zastosowanie wskaźników Queteleta i innych wybranych cech antropometrycznych w pomiarach międzypopulacyjnych*, Przegl. Lek., 2, 277
- CASSADY S.L., D.H. NIELSEN, K.F. JANZ, 1993, *Validity of near infrared body composition analysis in children and adolescents*, Med. Sci. Sports Exerc., 25, 1185-191
- CONWAY J.M., K.H. NORRIS, C.E. BODWELL, 1984, *A new approach for the estimation of body composition - Infrared interactance*, J. Clin. Nutrition, 40, 1123-1130
- EATON A.W., R.G. ISRAEL, K.F. O'BRIEN, 1993, *Comparison of four methods to assess body composition in women*, Eur. J. Clin. Nutr., 47, 353-360
- Futrex-500a User's Manual*, 1990, MD: Futrex Inc., Gaithersburg, 1-32
- GAWĘCKI J., 1986, *Żywność człowieka*, PWN, Warszawa
- GOŁĘBIEWSKA M., 1986, *Rozwój somatyczny wskaźniki stanu odżywienia dzieci łódzkich w wieku od 1 do 36 miesiąca życia*, Annales Academiae Medicae Lodzensis, XXVIII, Supl. 27
- HIMES J.H., A.F. ROCHE, R.M. SIERVOGEL, 1979, *Compressibility of skinfold and the measurement of subcutaneous fat*, Am. J. Clin. Nutr., 32, 1732-1740
- HODGDON J.A., P.I. FITZGERALD, 1987, *Validity of impedance predictions at various levels of fatness*, Hum. Biol., 59, 281-298
- JEBB S.A., M. ELIA, 1993, *Techniques for the measurements of body composition: a practical guide*, Int. J. Obesity, 17, 611-621
- JURIMAE T., R. JURISO, 1995, *Comparison of different methods used for measurement of body composition in university students*, Biology of Sport, 12, 57-64
- KATCH F.I., V.L. KATCH, 1984, *The body composition profile: techniques of measurement and applications*, Clinics in Sports Med., 3, 31-63
- KEYS A., J. BROZEK, 1953, *Body fat in adult man*, Physiol. Rev., 33, 245-325
- KLIMIS-TAVANTZIS D., M.S. OULARE, H. LEHNHARD, R.A. COOK, 1992, *Near infrared interactance: validity and use in estimating body composition in adolescents*, Nutr. Res., 12, 427-439
- KOZŁOWSKI S., K. NAZAR, 1984, *Wprowadzenie do fizjologii klinicznej*, PZWL, Warszawa
- KUSHNER F.R., A. HASS, 1988, *Estimation of lean body mass by bioelectrical impedance analysis compared to skinfold anthropometry*, Eur. J. Clin. Nutr., 42, 101-106
- LANZA E., 1983, *Determination of moisture, protein, fat and calories in raw pork and beef by near infrared spectroscopy*, J. Food Science., 48, 471-474
- LOHMAN T.G., 1981, *Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review*, Hum. Biol., 53, 181-225
- LUKASKI H.C., 1987, *Methods for the assessment of human body composition: traditional and new*, Am. J. Clin. Nutr., 46, 537-556
- LUKASKI H.C., W.W. BOLONCHUK, 1988, *Estimation of Body Fluid Volumes Using Tetrapolar Bioelectrical Impedance Measurements*, Avia. Space & Environ. Med., 59, 1163-9
- MORINI P., 1991, *Bioelectrical Impedance and Body Composition*, [w:] Dietsystem Scientific Monographs., 3, Milano
- MOHR M., 1978, *Methoden zur epidemiologischen Beurteilung des Ernährungsstatus des Erwachsenen*, Hygiene, 2, 111
- PAŘIZKOVA J., 1977, *Body fat and physical fitness*, Martinus Nijhoff, B.V. Medical Division, Hague
- PIECHACZEK H., 1975, *Oznaczanie całkowitego tłuszczu ciała metodami densytometryczną i antropometryczną*, Mat. i Prace Antrop., 89, 3-48
- SEGAL K.R., M. VAN LOAN, P.I. FITZGERALD, 1988, *Lean body mass estimation by electrical impedance analysis: a four - site cross - validation study*, Am. J. Clin. Nutr., 47, 7-14
- SZOPA J., E. MLECZKO, S. ŻAK, 1996, *Podstawy Antropomotoryki*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa - Kraków
- TATOŃ J., 1985, *Otyłość, patofizjologia, diagnostyka, leczenie*, PZWL, Warszawa
- ZAHORSKA-MARKIEWICZ B. i wsp., 1986, *Wpływ otyłości na stan zdrowia*, Zdr. Publ., 6, 238

## Summary

The purpose of this study was the comparison of three different methods for estimations of the percent of body fat. Forty eight young men, 18-20 years old, were tested for the percent of body fat as determined by each of three methods: skinfold fat measurement, near-infrared spectrophotometry and bioelectrical impedance. The results showed that a correlation coefficient of 0.72 existed between the percent of body fat as determined by spectrophotometry and the percent of body fat as determined by bioelectrical impedance, and that a correlation coefficient of 0.71 existed between the percent of body fat determined by skinfold fat measurement and the percent of body fat as determined by spectrophotometry. No significant intermethod differences were observed for estimation of the percent of body fat.