

Zastosowanie impedancji bioelektrycznej,
kąta fazowego oraz analizy wektora
impedancji bioelektrycznej
w ocenie stanu odżywienia populacji
zdrowych osób dorosłych i dzieci

Paweł Więch

Zastosowanie impedancji bioelektrycznej,
kąta fazowego oraz analizy wektora
impedancji bioelektrycznej
w ocenie stanu odżywienia populacji
zdrowych osób dorosłych i dzieci



WYDAWNICTWO
UNIwersytetu Rzeszowskiego
Rzeszów 2019

Recenzował
prof. dr hab. n. med. Stanisław Klęk

Opracowanie redakcyjne i korekta
Janina Dubiel

Opracowanie techniczne i łamanie
Agnieszka Szczepańska-Pączek

Korekta techniczna
Ewa Kuc

Projekt okładki
Julia Sońska-Lampart

© Copyright by
Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego
Rzeszów 2019

ISBN 978-83-7996-636-3

1584

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU RZESZOWSKIEGO
35-959 Rzeszów, ul. prof. S. Pigonia 6, tel. 17 872 13 69, tel./fax 17 872 14 26
e-mail: wydaw@ur.edu.pl; <http://wydawnictwo.ur.edu.pl>
wydanie I; format B5; ark. wyd. 8,70; ark. druk. 8,875; zlec. red. 141/2018

Druk i opracowanie: Drukarnia Uniwersytetu Rzeszowskiego

Spis treści

Od autora	7
Wstęp	9
Rozdział 1	
Stan odżywienia osób dorosłych i dzieci na świecie i w Polsce	11
Rozdział 2	
Wielopoziomowy model składu ciała	19
Rozdział 3	
Wybrane metody analizy składu ciała	22
3.1. Masa tłuszczu pochodząca z gęstości ciała	22
3.1.1. Hydrometryczna	22
3.1.2. Pletyzmografia powietrzna	23
3.1.3. Trójwymiarowe skanowanie ciała	23
3.2. Techniki dylucji wodnej	24
3.2.1. Całkowita woda ustroju, woda wewnątrzkomórkowa i pozakomórkowa	24
3.3. Obliczanie składu ciała i analiza aktywacji neutronów	25
3.3.1. Analiza aktywacji neutronów <i>in vivo</i>	25
3.3.2. Pomiar całkowitego potasu w organizmie	25
3.4. Absorpcjometria promieniowania X o dwóch energiach	26
3.5. Techniki obrazowania: tomografia komputerowa i rezonans magnetyczny	26
3.5.1. Tomografia komputerowa oraz ilościowa tomografia komputerowa	26
3.5.2. Rezonans magnetyczny i spektroskopia rezonansu magnetycznego	27
3.5.3. Pozytonowa tomografia emisyjna	28
3.6. Impedancja bioelektryczna	29
3.7. Antropometria	29
Rozdział 4	
Wykorzystanie impedancji bioelektrycznej, kąta fazowego oraz analizy wektora impedancji bioelektrycznej w ocenie stanu odżywienia	31
Rozdział 5	
Metodologiczne podstawy pracy	36
5.1. Cel badań	36
5.2. Problemy badawcze	36
5.3. Hipotezy badawcze	36
5.4. Charakterystyka badanej grupy	37

5.5. Metody i narzędzia badawcze	38
5.6. Charakterystyka osób dorosłych	39
5.7. Charakterystyka badanych dzieci	45
5.8. Metody statystyczne	53
Rozdział 6	
Wyniki badań własnych	54
6.1. Analiza wybranych komponentów składu ciała zdrowych osób dorosłych	54
6.2. Analiza kąta fazowego oraz wektora impedancji bioelektrycznej u zdrowych osób dorosłych	62
6.3. Analiza wybranych komponentów składu ciała dzieci zdrowych	76
6.4. Analiza kąta fazowego oraz analizy wektora impedancji bioelektrycznej u zdrowych dzieci	85
Rozdział 7	
Dyskusja	105
7.1. Stan odżywienia i składu ciała zdrowych osób dorosłych	105
7.2. Wartości kąta fazowego oraz wektora impedancji bioelektrycznej zdrowych osób dorosłych	108
7.3. Stan odżywienia i składu ciała zdrowych dzieci	109
7.4. Wartości kąta fazowego oraz wektora impedancji bioelektrycznej zdrowych dzieci	111
Wnioski	113
Piśmiennictwo	114
Aneksy	131
Spis tabel	134
Spis rycin	136
Summary	139

Od autora

Pomimo licznych światowych opracowań dotyczących oceny składu ciała ludzkiego tematyka ta wydaje się być nadal niewyczerpana. W Polsce istnieją pojedyncze badania poddające analizie skład ciała w odniesieniu do wybranych grup społecznych. Jednakże w dalszym ciągu brakuje badań przekrojowych na dużej zbiorowości osób dorosłych i dzieci.

Przedstawiona czytelnikom praca ukazuje szerszy kontekst możliwości analitycznych składu ciała na dużej populacji ludzkiej. Dodatkowo, według mojej wiedzy, jest pierwszą w Polsce pracą zbiorczą oceniającą stan odżywienia tak dużej populacji, przy jednoczesnym zastosowaniu nowatorskich metod oceny, takich jak: impedancja bioelektryczna, kąt fazowy oraz analiza wektora impedancji bioelektrycznej. Wyrażam nadzieję, że prezentowane opracowanie będzie dobrze służyło osobom i organizacjom zajmującym się tematyką żywienia i stanu odżywienia.

Pragnę podziękować wszystkim osobom, które udzieliły mi wsparcia i pomocy w trakcie przygotowywania niniejszej pracy. Przy tej okazji chcę również z imienia i nazwiska podziękować najbliższym współpracownikom za wieloletnią współpracę, bez których prezentowane wyniki nie ujrzałyby światła dziennego: dr hab. n. o zdr. prof. UR Monice Binkowskiej-Bury, mgr Izabeli Sałacińskiej oraz drowi n. o zdr. Dariuszowi Bazalińskiemu.

Serdecznie dziękuję mojej żonie Asi i dzieciom: Michalince i Alusiowi za cierpliwość, wyrozumiałość i wiarę w możliwości. Dziękuję także rodzicom: Aleksandrze i Edwardowi, bratu Mariuszowi oraz przede wszystkim Bogu.

Wstęp

Aktualne badania na temat stanu odżywienia populacji zdrowych osób dorosłych i dzieci wskazują na jednoczesowy wzrost wskaźnika niedożywienia z równoczesnym wzrostem przeżywania. Z danych szacunkowych jednoznacznie wynika, że do roku 2035 udział procentowy otyłości wśród Polaków wzrośnie do 33%, co po przeliczeniu daje wartość ponad 9 mln [Berghöfer i wsp. 2008]. Z drugiej strony istnieją dane mówiące o tym, że globalnie więcej dzieci cierpi z powodu umiarkowanego bądź ciężkiego niedożywienia niż otyłości. Przy utrzymaniu dotychczasowego trendu wzrostowego otyłości u dzieci szacuje się, że do roku 2022 powyższe proporcje ulegną odwróceniu [NCD 2017].

W ciągu ostatnich kilkunastu lat możliwości diagnostyczne analizy składu ciała ludzkiego uległy znacznemu rozwojowi. Postęp technologiczny zwiększył możliwości zastosowania nowych oraz aktualnie istniejących metod oceny. W obliczu cyklicznego wzrostu globalnego trendu zaburzeń stanu odżywienia poszukiwanie względnie najlepszej metody oceny tego stanu wydaje się być sprawą nadrzędną.

Dynamika zmian składu ciała w różnych okresach życia przebiega w odmienny sposób. Dostrzegalne są różnice wybranych wskaźników oraz komponentów populacji osób zdrowych [Toomey i wsp. 2015; Małecka-Massalska i wsp. 2013]. U dziecka początkowo widoczny jest intensywny wzrost tzw. „suchej masy” zakończony w wieku 20–25 lat u mężczyzn i 16–19 lat u kobiet. U osób dorosłych występuje przyrost tkanki tłuszczowej u obu płci, znacznie intensywniejszy u kobiet. Gromadzenie tłuszczu przebiega z różną intensywnością, zależną od typu żywienia czy też podejmowanej aktywności fizycznej. Pojawia się także stopniowy regres masy tkanek aktywnych metabolicznie. W wieku geriatrycznym jest on maskowany przyrostem tkanki tłuszczowej oraz przerastaniem masy mięśniowej tkanką łączną [Janiszewska 2013; Wolański 2005].

Różnorodne czynniki osobnicze mogą mieć istotny wpływ na zmiany komponentów składu ciała ludzkiego organizmu. Styl życia, wiek, płeć, poziom aktywności fizycznej, budowa ciała, przynależność etniczna, rodzaj aparatury analitycznej może wpływać na poziom otłuszczenia [Toomey i wsp. 2015; Socha i wsp. 2010; Dehghan i wsp. 2008; Nichols i wsp. 2006; Kyle i wsp. 2004]. Z powyższego punktu widzenia badania prowadzone w przekroju różnych grup wiekowych wydają się być bardzo interesujące.

Wyniki badań zawarte w tej pracy mają na celu poszerzenie wiedzy z zakresu nowych metod oceny stanu odżywienia zdrowej populacji osób dorosłych i dzieci. Pozwalają także na interpretację aktualnego stanu odżywienia w niniejszych grupach. Rozpoczynając prezentowane w pracy badania, sugerowano się oczekiwaniem, że ich wyniki wzbogacą istniejącą wiedzę w tym zakresie, jak również będą wykorzystane w aspekcie monitoringu wybranych zachowań zdrowotnych mających duży wpływ na obecny stan odżywienia.

W teoretycznej części pracy przedstawiono aktualny stan odżywienia osób dorosłych i dzieci na świecie i w Polsce, omówiono poszczególne poziomy modelu składu ciała z uwzględnieniem wybranych metod oceny, a także przybliżono możliwości zastosowania impedancji bioelektrycznej, kąta fazowego oraz analizy wektora impedancji bioelektrycznej w ocenie stanu odżywienia. W części wynikowej skupiono się w głównej mierze na przedstawieniu wnikliwych analiz, pozwalających ocenić stan odżywienia badanej grupy przy użyciu impedancji bioelektrycznej, kąta fazowego oraz analizy wektora impedancji bioelektrycznej. Część metodologiczna, dyskusyjna i wnioskowa stanowią ważne dopełnienie całości pracy.

Stan odżywienia osób dorosłych i dzieci na świecie i w Polsce

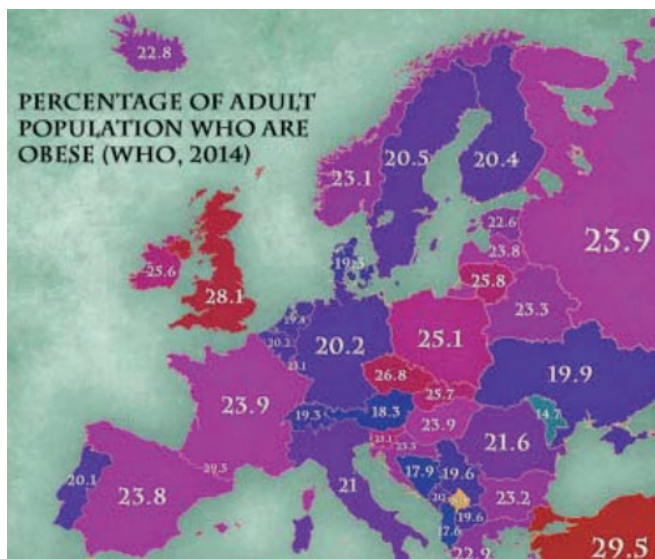
Stan odżywienia definicyjnie traktowany jest jako stan zdrowia, będący wynikiem zwyczajowego spożycia, wchłaniania i wykorzystywania składników pokarmowych oraz oddziaływania na te procesy czynników patologicznych [Chabrom 2008; Charzewska 2010]. Jest zespołem somatycznych i biochemicznych cech ustroju, związanych z podażą, trawieniem, wchłanianiem, metabolizowaniem i wykorzystywaniem składników odżywczych, ocenianych w ujęciu podmiotowym i przedmiotowym, antropometrycznym, laboratoryjnym oraz statystycznym [Krawczyński 2008]. Jest stanem wieloczynnikowym, bezpośrednio związanym z ilością i rodzajem spożywanej żywności, zmiennymi demograficznymi (wiekiem, płcią), współistniejącymi jednostkami chorobowymi, farmakoterapią, używkami oraz stanem socjoekonomicznym [Dinsa i wsp. 2012; Knai i wsp. 2012; Wronka i wsp. 2010; Due i wsp. 2009].

Właściwy sposób żywienia jest kluczowym determinantem utrzymania prawidłowego stanu odżywienia. Brak jego zbilansowania może znacząco przyczynić się do wystąpienia zarówno niedożywienia, jak i nadwagi i otyłości [Kolmaga i wsp. 2013]. Dlatego tak ważną kwestią jest przestrzeganie norm żywienia, definiujących ilość energii i składników odżywczych wystarczających do zaspokojenia potrzeb żywieniowych większości zdrowych osób danej populacji [Jarosz 2017]. Spożycie zgodne z rekomendowanymi wartościami oddziałuje profilaktycznie w zakresie występowania chorób z niedoboru energii i składników odżywczych, a także przeciwdziała szkodliwym skutkom ich nadmiernej podaży [Bułhak-Jachymczyk, Jarosz 2008; Jarosz, Rychlik 2012].

Na przestrzeni ostatnich lat pojawiły się liczne światowe doniesienia analizujące stan odżywienia osób dorosłych i dzieci zdrowych [Rippin i wsp. 2018; Yankanchi i wsp. 2018; Mitri i wsp. 2017; Amini i wsp. 2014] oraz hospitalizowanych [Lee 2018; Więch i wsp. 2018; Cruz i wsp. 2017; Leiva i wsp. 2017; Kruizenga i wsp. 2016; Tappenden i wsp. 2013; Barker i wsp. 2011]. Ich wyniki wskazują na występowanie licznych zaburzeń stanu odżywienia i są obiektywnym potwierdze-

niem omawianego problemu społecznego. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) w długofalowej strategii działania na lata 2015–2020 (European Food and Nutrition Action Plan 2015–2020) wskazała zaburzenia stanu odżywienia – w tym niedożywienie, niedobory mikroelementów, nadwaga i otyłość – oraz choroby niezakaźne wynikające z niezdrowej diety jako główne przyczyny obciążenia ekonomicznego poszczególnych społeczności europejskich państw. Nadmierna masa ciała (wskaźnik masy ciała [BMI] > 25 kg/m²), nadmierne spożycie węglowodanów, tłuszczów, cukru i soli przy jednoczesnym niskim spożyciu warzyw i owoców oraz produktów pełnoziarnistych – to główne przyczyny powyższego stanu rzeczy wyszczególnione w raporcie [WHO 2014].

W ostatnich kilku dekadach odnotowano cykliczny wzrost nadwagi i otyłości. Z danych Global Health Observatory (GHO) wynika, że średnio 57,4% dorosłych w wieku ≥ 20 lat (obojsza płci) ma nadwagę lub otyłość, która w skali całej populacji (bez względu na wiek) 20 wybranych krajów Europy Zachodniej jest przyczyną śmiertelności na poziomie 320 tys. mężczyzn i kobiet rocznie [WHO 2014]. W roku 2016 około 2. miliardów osób dorosłych w wieku 18 lat i starszych miało nadwagę, spośród nich ponad 650 milionów było otyłych. Częstość występowania otyłości w latach 1975–2016 uległa potrojeniu [WHO 2018]. Z danych szacunkowych za rok 2014 wynika, że otyłość w krajach europejskich wahała się między 18–19% a 28–30% (Rycina 1).



Rycina 1. Procentowy rozkład otyłości wśród europejskiej populacji dorosłych [Blundell i wsp. 2017]

Prognozy International Obesity Task Force (IOTF) oraz WHO zakładają, że ponad połowa mieszkańców Stanów Zjednoczonych, Wielkiej Brytanii i Australii do 2025 roku będzie otyła [Mazur 2011]. Niektórzy badacze podają bardziej radykalną wersję światowego trendu otyłości, prognozując, że do 2050 roku 9/10 osób dorosłych i 2/3 dzieci będzie miało nadwagę lub otyłość [Swanton 2008]. Koszt skutków otyłości w Europie szacuje się na 0,09–0,61% produktu krajowego brutto (PKB), co odpowiada 2–8% budżetów państw, przeznaczonych na ochronę zdrowia [Müller-Riemenschneider i wsp. 2008]. W Stanach Zjednoczonych przy otyłości przynajmniej jednego członka rodziny jego gospodarstwo domowe wydaje średnio dodatkowe 8% rocznego dochodu na koszty opieki zdrowotnej. W Chinach diagnoza cukrzycy dla członka rodziny niesie ze sobą 16,3% utratę dochodów całej rodziny [IFPRI 2016].

Problem nadwagi i otyłości w dużym stopniu dotyczy także dzieci i młodzieży, w szczególności krajów regionu Europy Południowej. W krajach rozwiniętych i rozwijających się otyłość sięgnęła poziomu epidemii. Około 70% otyłych nastolatków dorasta, stając się w konsekwencji otyłymi dorosłymi [Kar i wsp. 2014]. Dane WHO wskazują na występowanie nadwagi lub otyłości u ponad 40 milionów dzieci poniżej 5 roku życia [WHO 2018]. Program WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative (COSI), od ponad 10 lat analizujący trend nadwagi i otyłości wśród dzieci szkół podstawowych, wykazał, że średnio co trzecie badane dziecko w przedziale wiekowym 6–9 lat miało nadwagę (24–57% wśród chłopców vs. 21–50% wśród dziewcząt) lub otyłość (9–31% u chłopców vs. 6–21% u dziewcząt) [WHO 2014]. W innym badaniu Światowej Organizacji Zdrowia – Health Behaviour in School-aged Children study in the WHO European Region in 2009–2010 – częstość występowania nadwagi i otyłości wyniosła 11–33% dla dzieci w wieku 11 lat, 12–27% dla dzieci w wieku 13 lat i 10–23% dla osób w wieku 15 lat [WHO 2014]. Badanie wykazało również wyższą częstość występowania nadwagi związanej z niższym statusem społeczno-ekonomicznym w niektórych krajach. Wskaźniki zaburzonego składu ciała, w tym niewielkiej masy mięśniowej, również budzą pewien niepokój.

Badania naukowe wskazują, że wyższe wskaźniki otyłości wśród grup o niskim statusie społeczno-ekonomicznym mogą w części wynikać z większego narażenia na czynniki środowiska (w których występują bariery dostępu do zdrowej żywności) i niższej aktywności fizycznej [WHO 2014]. Aktualne badania naukowe potwierdzają znaczący wpływ zachowań związanych z wydatkowaniem energii (EBRBs – energy balance-related behaviours) na częstość występowania oraz profilaktykę dziecięcej otyłości. Należy tu wymienić między innymi: spożycie napojów słodzonych, oglądanie telewizji, używanie komputera/smartfonu, brak aktywności fizycznej bądź jej niewystarczająca ilość [Mayo Clinic 2018; Kar i wsp. 2014;

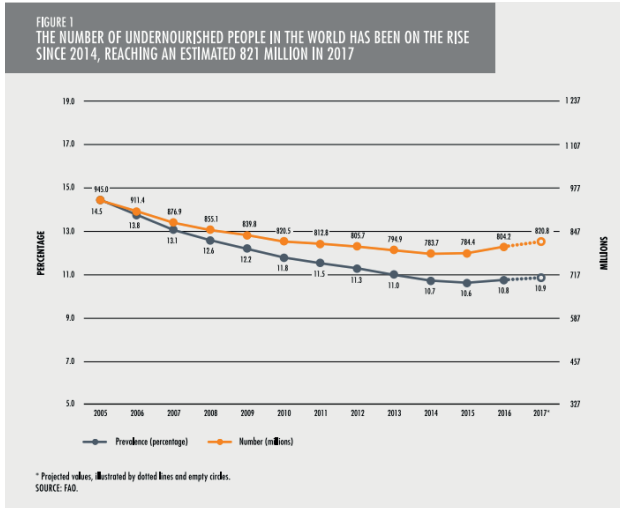
Fernández-Alvira i wsp. 2013; Jimenez-Pavon i wsp. 2010; Summerbell i wsp. 2009], zachowania (nawyki) związane z zaburzeniem jakości snu [Li i wsp. 2017; Fernández-Alvira i wsp. 2013; Brug i wsp. 2012; Hense i wsp. 2011; Must i wsp. 2009]. Czynniki genetyczne, programowanie metaboliczne czy też epigenetyka są przedmiotem obecnie trwających badań [Kar i wsp. 2014]. Badacze z różnych krajów wskazują na ogólny trend, mówiący o wprost proporcjonalnej zależności pomiędzy wartością BMI i wiekiem dzieci a występowaniem zaburzeń stanu odżywiania w dorosłości [Kar i wsp. 2014; Guo i wsp. 2002]. Ponadto występowanie nadwagi i otyłości jest znacznie wyższe u dzieci ze środowisk o niższym statusie społeczno-ekonomicznym [Lobstein i wsp. 2003; Brug i wsp. 2010; Te Velde i wsp. 2007].

Istotnym problemem cywilizacyjnym jest także niedożywienie. WHO uważa niedożywienie za najpoważniejsze zagrożenie zdrowia publicznego na świecie. Powyższy problem, dotyczący także dzieci, występuje przede wszystkim w najbiedniejszych krajach świata. Niedożywienie w krajach rozwijających się dotyka co 5 dziecko (do 5. roku życia). Tylko w Azji Południowej i Afryce Subsaharyjskiej niedożywienie występuje u odpowiednio 32% i 22% dzieci [UNICEF 2012].

Około 462 milionów osób dorosłych na świecie cierpi na niedożywienie. W 2017 roku u 151 milionów dzieci na całym świecie w wieku poniżej 5 lat odnotowano zahamowanie wzrostu, u 51 milionów wykazano niedożywienie [WHO 2014]. Niedożywienie jest głównym predykatorem umieralności dzieci – 6 milionów zgonów rocznie, w tym ponad 2 miliony zgonów spowodowanych niską urodzeniową masą ciała i wewnątrzmacicznym zahamowaniem wzrostu oraz około 1,5 miliona zgonów powiązanych z brakiem lub niewystarczającym karmieniem piersią [WHO 2006]. Szacuje się, że 45% zgonów dzieci poniżej 5 roku życia jest bezpośrednio związanych z niedożywieniem [Black i wsp. 2013].

Z raportu International Food Policy Research Institute (IFPRI) wynika, że około 2 miliardów ludności na świecie cierpi na niedożywienie związane z zaburzeniami mikroelementów, natomiast niedobór energetyczny może dotyczyć nawet 800 milionów populacji [IFPRI 2016]. Niedożywienie związane z chorobą (disease-related malnutrition) występuje u 20 milionów populacji europejskiej przy corocznym koszcie ponad 120 miliardów euro [Ljungqvist i wsp., 2010]. Dla porównania, coroczny koszt związany z niedożywieniem w krajach afrykańskich i azjatyckich szacuje się na 11% PKB [IFPRI 2016]. Dane pochodzące z raportu Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) wskazują na wzrost światowego niedożywienia w 3-letnim okresie (2014–2017) o 37 milionów, przy łącznej liczbie osób niedożywionych na poziomie 821 milionów (w 2017 roku) (Rycina 2).

Dokładny rozkład liczebności osób niedożywionych z podziałem na kontynenty, przedstawiono w tabeli 1.



Rycina 2. Procentowe i liczbowe zestawienie zjawiska niedożywienia na świecie [FAO 2017]

Tabela 1. Zestawienie ilościowe niedożywienia wśród populacji światowej z podziałem na kontynenty

	Number of undernourished (millions)					
	2005	2010	2012	2014	2016	2017 ¹
WORLD	945.0	820.5	805.7	783.7	804.2	820.8
AFRICA	196.0	200.2	205.2	212.5	241.3	256.5
Northern Africa	9.7	8.5	17.6	17.8	19.5	20.0
Sub-Saharan Africa	176.7	181.0	187.6	194.7	221.9	236.5
Eastern Africa	113.5	119.1	113.3	117.1	129.6	132.2
Middle Africa	36.2	36.5	36.4	36.1	40.8	42.7
Southern Africa	3.6	4.2	4.2	4.6	5.2	5.4
Western Africa	33.0	31.9	33.7	36.9	46.3	56.1
ASIA	686.4	569.9	552.2	523.1	514.5	515.1
Central Asia	6.5	4.6	4.0	4.0	4.2	4.4
Eastern Asia	219.1	178.4	160.4	142.6	139.5	139.6
South-eastern Asia	101.7	73.7	65.1	60.6	63.6	63.7
Southern Asia	339.8	293.1	299.6	289.4	278.1	277.2
Western Asia	19.4	20.1	23.1	26.5	29.1	30.2
Central Asia and Southern Asia	346.3	297.7	303.7	293.4	282.3	281.6
Eastern Asia and South-eastern Asia	320.7	252.1	225.5	203.2	203.1	203.3
Western Asia and Northern Africa	29.1	28.6	40.7	44.3	48.6	50.1
LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN	51.1	40.7	38.9	38.5	38.9	39.3
Caribbean	9.1	8.0	7.9	7.7	7.2	7.0
Latin America	42.1	32.6	31.0	30.8	31.7	32.3
Central America	12.4	11.6	11.9	11.6	11.0	11.0
South America	29.6	21.1	19.1	19.3	20.7	21.4
OCEANIA	1.8	1.9	2.0	2.3	2.6	2.8
NORTHERN AMERICA AND EUROPE²	< 26.4	< 27.0	< 27.2	< 27.3	< 27.5	< 27.6

Źródło: FAO 2017

Analiza stanu odżywienia osób dorosłych w Polsce jest stosunkowo trudna do przeprowadzenia z racji niewielkiej liczby jednoznacznych doniesień naukowych

oceniających ogólnopolskie dane demograficzne w połączeniu ze stanem odżywienia. Powyższa teza jest poparta analizą polskich i zagranicznych baz medycznych i repozytoriów (Polska Bibliografia Lekarska, Ceon Repozytorium, Medline, Since Direct, Web of Science, Scopus) po słowach kluczowych (w języku polskim dla baz krajowych oraz ich odpowiednikach w języku angielskim) takich jak: *stan odżywienia dorośli, nadwaga dorośli, otyłość dorośli, niedożywienie dorośli*. Większość materiałów dotyczyła wybranych grup społecznych ludności polskiej (niemowlęta, dzieci, młodzież, osoby starsze, sportowcy), natomiast nie znaleziono reprezentatywnych badań przekrojowych z ostatnich kilku lat jednoznacznie oceniających stan odżywienia populacji zdrowych dorosłych Polaków. Na stronie Polskiego Towarzystwa Żywności i Żywienia Pozajelitowego, Dojelitowego i Metabolizmu (POLSPEN) możemy przeczytać, że ponad 70% Polaków cierpi na zaburzenia stanu odżywienia, przy wzroście częstości występowania otyłości, dotyczącej ponad 60% Polaków i 50% Polek, natomiast ponad 30% jest niedożywionych przy przyjęciu do szpitala [POLSPEN].

W Narodowym Programie Zapobiegania Nadwadze i Otyłości na lata 2007-2011 (POL-HEALTH) [POL-HEALTH 2007] wskazano na badania Instytutu Żywności i Żywienia w Warszawie z 2000 roku, mówiące o 50% grupie osób dorosłych (19–59 lat) oraz 60% osób w wieku 40–59 lat, cierpiących na nadwagę bądź otyłość [POL-HEALTH 2007, Szponar i wsp. 2003]. Według cytowanych badań, zarówno odsetek otyłych kobiet, jak i mężczyzn w roku 2000 wzrósł w stosunku do 1991 roku. Wśród mężczyzn w wieku 50–59 lat stwierdzano dwukrotnie częstszą otyłość z kilkuletniej perspektywy czasu (25,3% vs 12,4%) [POL-HEALTH 2007, Szponar i wsp. 2003]. Pewne informacje można uzyskać, dokonując przeglądu wyników badań Wieloośrodkowego Ogólnopolskiego Badania Stanu Zdrowia Ludności z lat 2003–2005 (WOBASZ I) i 2013–2014 (WOBASZ II). Według nich w grupie wiekowej 20–74 lata zaobserwowano otyłość (kryterium odcięcia dla BMI ≥ 30) u prawie 22% w 2005 roku i 26% w 2014 roku. Nie zaobserwowano znaczących różnic w występowaniu otyłości u obu płci w podanych okresach badawczych, jak również istotnych różnic pomiędzy ogólnymi wynikami z podziałem i bez podziału na płeć [Drygas i wsp. 2015]. W publikacji Bieli i wsp. z 2005 roku, oceniającej częstość występowania prawidłowej masy ciała, nadwagi i otyłości w grupie zdrowych osób dorosłych (w ramach cytowanego projektu WOBASZ I), przedstawiono dokładną charakterystykę stanu odżywienia w każdym województwie według BMI. Przy braku różnic obu płci w otyłości procent osób z nadwagą był zróżnicowany (40,4% mężczyźni vs. 27,9% kobiety) [Biela 2005].

Cennym źródłem wiedzy są europejskie opracowania wieloośrodkowe, szacujące otyłość wśród Polaków na poziomie 25,1% [Blundell i wsp. 2017]. Na stro-

nie internetowej Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) można odnaleźć dane szacunkowe zarówno nadwagi i otyłości, jak i niedożywienia wśród dorosłych Polaków. Wynika z nich, że w roku 2014 zbyt dużą masę ciała miało 62% dorosłych mężczyzn i 46% kobiet. Proporcja BMI kwalifikowała co 6 mężczyznę i co 7 kobietę do kategorii osób otyłych. Niedowagę miało 4,2% kobiet oraz 1,2% mężczyzn [GUS 2015]. Od roku 2017 dysponujemy reprezentatywnymi normami żywienia dla populacji osób dorosłych zaproponowanymi przez ekspertów Instytutu Żywności i Żywienia pod redakcją Mirosława Jarosza [Jarosz 2017].

W odróżnieniu od badań osób dorosłych, opracowań naukowych dotyczących stanu odżywienia polskich dzieci jest wystarczająco dużo [Malczyk 2016; Suder i wsp. 2015; Chmiel-Perzyńska i wsp. 2013; Kolmaga i wsp. 2013; Bac i wsp. 2012; Chabrom i wsp. 2011; Gawlik i wsp. 2009; Klemarczyk 2007], aby dokonać wstępnej analizy potencjalnie występujących zaburzeń. Niestety, porównywanie pojedynczych wyników badań może sprawiać trudność z racji różnorodnych grup wiekowych, odmiennych kryteriów definiowania zaburzenia w odżywianiu oraz różnej liczebności badanych dzieci.

Częstość występowania nadwagi i otyłości wśród polskich dzieci można określić na poziomie średnim [Mazur 2011], i zmienia się w zależności od wieku. Opisywana zmiana jest dobrze widoczna w najmłodszych grupach wiekowych, natomiast wraz z dorastaniem dziecka tempo zmian ulega zmniejszeniu, w szczególności w przypadku otyłości [Jarosz i wsp. 2010]. Badania Instytutu Matki i Dziecka w Warszawie z lat 1994–1995 wskazały nadmierną masę ciała u 8,7% polskich dzieci (3,4% badanych dzieci było otyłych) [Oblacińska i wsp. 1997]. Dane regionalne pokazują pewne zróżnicowanie wskaźników stanu odżywienia. Badania z regionu Wielkopolski (2008/2009) uwidoczniły nadwagę i otyłość u 10,5% dzieci [Krzyżaniak 2009]. Duże badania populacyjne dzieci łódzkich wykazały u 15,7% nadmierną masę ciała [Ostrowska-Nawarycz, Nawarycz 2007]. Badania dzieci z Podkarpacia (1998–2008) uwidoczniły trend wzrostowy nadwagi u chłopców i dziewcząt (10,5–14,2% vs. 12,0–13,3%) przy jednoczesnym spadku otyłości (6,8–6,4% dziewczęta vs. 10,1–7,7% chłopcy) [Mazur 2009].

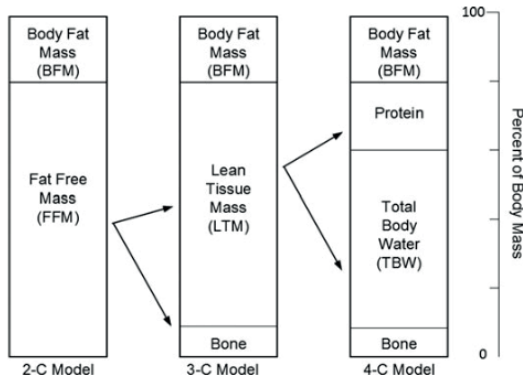
Pewnym przełomem w badaniach zaburzeń stanu odżywienia było opublikowanie wyników badań Instytutu „Pomnik-Centrum Zdrowia Dziecka” w Warszawie (projekt OLAF) i na ich podstawie opracowanie siatek centylowych wysokości i masy ciała, wskaźnika BMI [Kaługa i wsp. 2011; Kaługa i wsp. 2010], obwodów talii i bioder [Kaługa i wsp. 2008] oraz ciśnienia tętniczego krwi [Kaługa i wsp. 2010]. Ponadto zespół badawczy wykazał niedowagę (8,7% chłopców vs. 13,0% dziewcząt), nadwagę (14,4% chłopców vs. 11,1% dziewcząt) i otyłość (8% chłopców vs. 2,5% dziewcząt) wśród uczniów szkół podstawowych, gimnazjów i szkół

ponadgimnazjalnych [Kaługa i wsp. 2011]. Szacunkowe dane dotyczące niedożywienia dzieci w Polsce wahają się od 130 tysięcy do 1,5 miliona dzieci [Polska Fundacja Pomocy Dzieciom]. Polska Fundacja Pomocy Dzieciom podaje wyliczenia rządu 800 tysięcy wszystkich dzieci w naszym kraju [Polska Fundacja Pomocy Dzieciom]. Z raportu „Niedożywienie dzieci w Polsce – na drodze do skutecznego rozwiązania problemu” wynika, że w opinii dyrektorów szkół podstawowych 29% dzieci w wieku 7–15 lat wymaga dożywiania, natomiast blisko połowa matek dzieci w wieku 3–14 lat jest świadoma znaczenia problemu niedożywienia dzieci w ich najbliższej okolicy [Raport otwarcia 2007]. Z badania dzieci klas I–VI przeprowadzonego w roku 2011 przez Millward Brown na zamówienie Danone i Banków Żywności wynika, że 130 tysięcy dzieci (7–12 lat) w Polsce jest niedożywionych [Polska Fundacja Pomocy Dzieciom]. Według Polskiego Czerwonego Krzyża problem niedożywienia może dotyczyć nawet 650 tysięcy – 700 tysięcy wszystkich polskich dzieci [Polska Fundacja Pomocy Dzieciom].

Przytoczone analizy danych liczbowych odzwierciedlających stan odżywienia populacji zdrowych dorosłych i dzieci najprawdopodobniej zawierają pewien błąd szacunkowy, w związku z powyższym poziom nadwagi i otyłości lub niedożywienia może być jeszcze wyższy.

Wielopoziomowy model składu ciała

Założenia budowy wzorcowego modelu ludzkiego organizmu mają swoje umocowanie w pośmiertnej analizie chemicznej ciała ludzkiego. Wyniki pomiarów metodą pośrednią, oparte na matematycznych założeniach, posiadają pewne ograniczenia. Najprostszym i szeroko rozpowszechnionym modelem teoretycznym budowy organizmu jest model 2-poziomowy, dzielący masę ciała na tłuszczową masę ciała (fat mass: FM) i masę beztłuszczową (fat-free mass: FFM) [Siri 1956; Brozek i wsp. 1963; Westerterp i wsp. 2013]. Kolejną wersją podziału jest model 3-poziomowy, składający się z masy tłuszczowej oraz rozdzielający masę beztłuszczową na suchą masę beztłuszczową (lean tissue mass: LTM) i masę mineralną kośćca (bone mineral content: BMC) [Toomey i wsp. 2015]. Model 4-poziomowy rozgranicza tkankę tłuszczową, masę mineralną, całkowitą wodę organizmu oraz białko [Lohman i wsp. 2000; Wajchenberg 2000; Toombs i wsp. 2012; Toomey i wsp. 2015].



Rycina 3. Porównanie modelu dwu, trzy i czteropoziomowego składu ciała [Toomey i wsp. 2015]

Na podstawie aktualnej wiedzy naukowej podział składu ciała ludzkiego można przeprowadzić według pięciu poziomów: atomowego, molekularnego, komórkowego, tkankowego i całego ciała [Göksun i wsp. 2011; Wang i wsp. 1992]. W efekcie powyższego podziału można dokonać anlizy ponad 30 komponentów składu ciała. Podział może przebiegać według przykładu:

SUMA WSZYSTKICH ATOMÓW → SUMA WSZYSTKICH CZĄSTECZEK →
SUMA WSZYSTKICH KOMÓREK → SUMA WSZYSTKICH TKANEK →
SUMA WSZYSTKICH NARZĄDÓW → SUMA WSZYSTKICH SYSTEMÓW

[Matson i wsp. 2006]

Skład atomowy ciała ludzkiego opiera się w 98% na sześciu pierwiastkach: tlenie, węglu, wodorze, azocie, wapniu, fosforze [Wang i wsp. 1992]. Przykładowy ich rozkład procentowy (zależny od masy ciała) wygląda następująco: przy masie człowieka 70 kg, atomowo składa się z 61% tlenu, 23% węgla, 10% wodoru, 2,5% azotu i reszty atomowej (poniżej 2% : wapń, fosfor, siarka, potas, sód, chlor i magnez). Na tej podstawie można oszacować całkowitą wartość masy komórkowej, masę białka, masę tłuszczu i pierwiastków śladowych, używając następujących metod estymacji: analizy fluorescencji rentgenowskiej, analizy aktywacji neutronów (in vivo neutron activation analysis: IVNA), całkowitego poziomu potasu (total body potassium: TBK) i nitrogenu (total body nitrogen: TBN) [Matson i wsp. 2006].

Skład molekularny ciała ludzkiego zawiera 100 000 prostych i złożonych substancji chemicznych identyfikowanych u człowieka. Głównymi cząsteczkami są: woda, lipidy, białka, węglowodany, minerały. Woda stanowi szacunkowo 50% składu ciała kobiety i 60% mężczyzny z podziałem na zewnątrzkomórkową (26%) i wewnątrzkomórkową (34%) (dla obu płci). Rozpiętość masy tłuszczowej waha się od 10% (u sportowców) do 50% (u otyłych). Białko stanowi około 15%, natomiast minerały 5% [Wang i wsp. 2005]. W ramach powyższego poziomu składowego można zastosować model dwupoziomowego podziału składu ciała: masy tłuszczowej i masy beztłuszczowej, którą analizujemy jako sumę wody, białka i minerałów [Pietrobelli i wsp. 2001; Matson i wsp. 2006]. Metodami estymacji są: iloczyn fosforu i masy beztłuszczowej, iloraz całkowitego poziomu potasu i masy beztłuszczowej, absorpcjometria promieniowania rtg o dwóch energiach (dual energy X-ray absorptiometry: DEXA), technika dylucji oraz powietrzna pletyzmografia (air displacement plethysmography: ADP) [Matson i wsp. 2006].

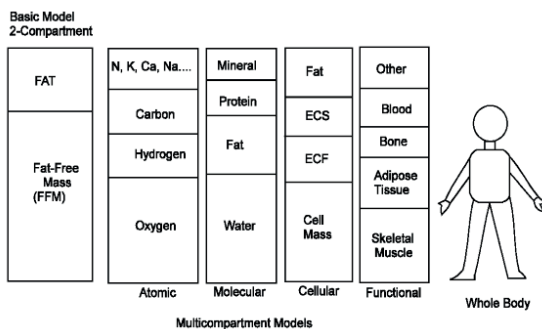
Skład komórkowy ciała ludzkiego zawiera komórki, płyn pozakomórkowy oraz pozakomórkowe substancje stałe. Ciało ludzkie można podzielić na cztery różne kategorie komórkowe: łączną, nabłonkową, nerwową i mięśniową [Wang i wsp. 2005]. Komórki tłuszczowe, osteoblasty, osteoklasty i komórki krwi tworzą tkankę łączną. Ponieważ potas jest najważniejszym kationem przedziału wewnątrzkomórkowego, jego zawartość może być użyta jako wskaźnik masy komórek ciała. Woda stanowi 94% płynu zewnątrzkomórkowego, dzieląc się na dwie części: płyn śródmiąższowy i osocze wewnątrznaczyniowe. 5% masy ciała ludzkiego stanowi

osocze, a 20% płyn śródmiąższowy [Wang i wsp. 1992]. Metodą estymacji jest analiza 3-metylohistydyny i kreatyniny [Matson i wsp. 2006].

Skład tkankowy ciała ludzkiego zakłada, że całe ciało zbudowane jest z systemów uformowanych przez organy, które tworzone są przez tkanki. Tkanka kostna, mięśniowa i tłuszczowa stanowią 75% masy ciała [Wang i wsp. 1992]. Tkanka tłuszczowa w tym modelu może być dzielona według jej dystrybucji (podskórna, trzewna, śródmiąższowa i żółty szpik) lub podziału na adipocyty, płyn zewnątrzkomórkowy, kolagenowego i elastycznego włókna, fibroblastów, naczyń krwionośnych i nerwów [Matson i wsp. 2006]. Tkanka mięśniowa jest tworzona przez mięśnie szkieletowe, mięśnie gładkie oraz mięsień sercowy. Tkanka nabłonkowa pokrywa wewnętrzną powierzchnię pustych narządów [Wang i wsp. 1992]. Kombinacja tkanek tworzy narządy. Główne narządy systemowo klasyfikujemy jako: mięśniowo-szkieletowe, skórne, nerwowe, krążeniowe, oddechowe, trawienne, moczowe, hormonalne i rozrodcze [Gallagher i wsp. 1998; Matson i wsp. 2006]. Metodami estymacji są: tomografia komputerowa (computed tomography: CT), obrazowanie rezonansu magnetycznego (magnetic resonance imaging: MRI) oraz spektroskopia rezonansu magnetycznego (magnetic resonance spectroscopy: MRS) [Matson i wsp. 2006].

Skład całego ciała ludzkiego jest najwyższym poziomem analizy z punktu widzenia opisanego powyżej pięciopozomowego modelu składu ciała. Dotyczy on zewnętrznych cech ludzkiego organizmu, takich jak: rozmiar, kształt czy masa. Pomiary wysokości, długości poszczególnych segmentów ciała, obwodu talii, grubości fałdów skórno-tłuszczowych, objętość ciała, jego gęstość, powierzchnia – to tylko niektóre z nieinwazyjnych analiz wchodzących w skład opisywanego modelu [Wang i wsp. 1992].

Poniżej przedstawiono obrazowo dwupoziomowy i wielopoziomowy model składu ciała.



Rycina 4. Dwupoziomowy vs. wielopoziomowy model składu ciała [Shah i wsp. 2009; Wang i wsp. 1998; Wang i wsp. 1992]

Wybrane metody analizy składu ciała

Istnieje wiele metod analizy składu ciała ludzkiego, jednakże w ich praktycznym wykorzystaniu i użyteczności klinicznej decydujące znaczenie ma ich bezpieczeństwo, koszt aparatury badawczej i samego pojedynczego badania oraz dokładność pomiarowa danego parametru. W niniejszym rozdziale przedstawiono chronologiczny podział wybranych metod składu ciała, ze szczególnym uwzględnieniem impedancji bioelektrycznej.

3.1. Masa tłuszczu pochodząca z gęstości ciała

3.1.1. Hydrodensytometria

Hydrodensytometria w swym założeniu bazuje na technice zanurzenia ciała w wodzie przy jednoczesnym pomiarze jego objętości. Koncepcja teoretyczna zakłada stałość składu chemicznego masy tłuszczowej i beztłuszczowej. Oparta jest na zasadzie Archimedesesa – wyporności wody. Ponieważ mięśnie i kości mają większą gęstość niż tłuszcz, części ciała bogate w mięśnie i kości są cięższe w wodzie. Na tej podstawie pomiaru masy ciała zanurzonej i wynurzonej z wody oszacowuje się jej gęstość, a następnie procent tkanki tłuszczowej [Matson i wsp. 2006; Göksun i wsp. 2011, Borgia i wsp. 2018]. Niestety niesie z sobą dość duże ryzyko błędu szacunkowego masy beztłuszczowej, w głównej mierze zawartości wody i gęstości kośćca. Dodatkowym obciążeniem jest potencjalna zawartość resztkowa gazów jelitowych i objętość zalegająca płuc, co może skutkować brakiem rzetelności uzyskanych wyników [Westerterp i wsp. 2013]. Badanie nie daje także odpowiedzi co do rozmieszczenia masy tłuszczowej i beztłuszczowej [Borgia i wsp. 2018]. Mimo że sama metoda jest uważana za jeden ze złotych standardów oceny składu ciała ludzkiego, ma znikome zastosowanie kliniczne, głównie z powodu niewygodnego użycia narzędzi pomiarowych [Göksun i wsp. 2011].

3.1.2. Pletyzmografia powietrzna

Obecnie jest dostępna metoda uzyskania parametrów densytometrycznych w powietrzu (ADP – air displacement plethysmography) [Fields i wsp. 2005], w tym również u dzieci [Claros i wsp. 2005]. Podobnie jak w przypadku ważenia hydrostatycznego, ADP mierzy całkowitą gęstość ciała, a więc całkowitą zawartość tkanki tłuszczowej i beztłuszczowej, ale nie ich rozmieszczenia. Umieszczając ciało w zamkniętej komorze i zmieniając objętość komory, objętość wypartego powietrza (objętość ciała) można określić na podstawie zmian ciśnienia powietrza [Borga i wsp. 2018; Lemos i wsp. 2017; Dempster i wsp. 1995]. Ponieważ ADP opiera się na tym samym dwuskładnikowym modelu jak ważenie hydrostatyczne, ma również wpływ na te same czynniki zakłócające, głównie zmiany zawartości minerałów kości i hydratacji. Ze względu na ograniczenia modelu dwuskładnikowego stosowanego w densytometrii i ADP zaleca się wykorzystanie czteroskładnikowego modelu (4C) [Baumgartner i wsp. 1991; Bergsma-Kadrijik i wsp. 1996]. Powtarzalność ADP dla tkanki tłuszczowej wynosi 1,7–4,5% [Fields i wsp. 2002]. ADP także ogranicza się do analizy składu ciała, nie dokonując analizy rozmieszczenia regionalnego tłuszczu i mięśni [Borga i wsp. 2018]. Ponadto ograniczeniem ADP jest założenie stałego (odgórnie narzuconego) nawodnienia dla masy beztłuszczowej – w sytuacji zmian odwodnienia bądź przewodnienia organizmu masa beztłuszczowa może być niedoszacowana bądź przeszacowana [Delisle-Houde i wsp. 2017; Kendall i wsp. 2017, Lemos i wsp. 2017; Wrottesley i wsp. 2016]. Istnieje dostępna wersja niemowlęca (PEA ADP) zwalidowana na populacji niemowląt w wieku do 6 miesięcy (lub 8 kg). Obecnie PEA POD jest jedyną dostępną na rynku technologią, która pozwala na dokładną ocenę składu ciała noworodków. ADP została zatwierdzona do stosowania u niemowląt od urodzenia do 8 kg (~ 6 miesięcy) oraz u dzieci w wieku powyżej 5 lat. Brakuje norm dla dzieci w wieku od 6 miesięcy do 5 lat [Lemos i wsp. 2017]

3.1.3. Trójwymiarowe skanowanie ciała

Trójwymiarowe skanowanie ciała i cyfrowa fotograficzna antropometria są nowymi metodami wykorzystywanymi w szacowaniu ilości tłuszczu w organizmie. Trójwymiarowe skanowanie całego ciała odbywa się laserem lub białym światłem rzucanym na ciało za pomocą odbicia uchwyconego przez kamery jako seria punktów (zwykle od 500 tys. do 1 mln) ze współrzędnymi X, Y, Z. Pomiar można następnie wyodrębnić ze skanów przy użyciu oprogramowania do ich ekstrakcji [Göksun i wsp. 2011]. Optyczny system pomiarowy 3D wytwa-

rza cyfrową kopię geometrii powierzchni ludzkiego ciała [Daanen i wsp. 1998]. W większości przypadków trójwymiarowe skanery ciała wychwytyują zewnętrzną powierzchnię ludzkiego ciała za pomocą technik optycznych, bez fizycznego kontaktu z ciałem pacjenta. Zaletą tej metody jest szybki czas wykonania, dobra tolerancja przez pacjentów i bezpieczeństwo [Wells i wsp. 2008; Matson i wsp. 2006; Yu i wsp. 2003]. Niestety w dalszym ciągu wymaga korekty resztkowej objętości płuc. W opinii wielu ekspertów niezbędne są zmiany w zakresie rutynowego stosowania tej metody z uwzględnieniem rzetelniejszych algorytmów wynikowych [Matson i wsp. 2006].

3.2. Techniki dylucji wodnej

3.2.1. Całkowita woda ustroju, woda wewnątrzkomórkowa i pozakomórkowa

Ocena całkowitej wody w organizmie (total body water: TBW) jest często stosowana w badaniach składu ciała. Posiadając wartości masy ciała (body mass: BM) i TBW, jesteśmy w stanie wyliczyć wartość masy beztłuszczowej ($TBW/0.73$) i masy tłuszczowej (BM-FFM) [Westerp i wsp. 2013]. Całkowita woda w organizmie może być podzielona na dwie części: wewnątrzkomórkową i pozakomórkową. W rzeczywistości, wewnątrzkomórkowej wody w organizmie nie można precyzyjnie zmierzyć. Jest wypadkową różnicy całkowitej wody ustroju i wody pozakomórkowej [Göksun i wsp. 2011; Matson i wsp. 2006]. Całkowita ilość i rozkład wody w organizmie jest wypadkową wielu fizjologicznych i patologicznych uwarunkowań. Do jej pomiaru można zastosować wodę deuterową, wodę trytowaną lub rozcieńczenia izotopów wody ($H_2^{18}O$) [Matson i wsp. 2006]. Wykonując pomiar całkowitej wody w organizmie, należy podać pacjentowi doustną bądź dożylną dawkę znakowanej wody, a następnie po okresie > 2 godzin pobrać próbkę płynu ustrojowego (ślina, krew, mocz) [Westerp i wsp. 2013; Al-Ati i wsp. 2015]. Czas uzyskania równowagi płynów ustrojowych mieści się w przedziale 2-6 godzin, zależnie od drogi podania i stabilności podanego izotopu [Chan i wsp. 2008; Schoeller i wsp. 2005; Davies i wsp. 2001]. Ostateczny wynik otrzymujemy podstawiając do wzoru uzyskane wyniki ($Cd \times Vd = C1 - C0$) (Cd = stężenie znacznika w dawce, Vd = objętość dawki, $C0$ = wyjściowe stężenie znacznika, $C1$ = stężenie znacznika po przyjęciu dawki) [Westerp i wsp. 2013; Matson i wsp. 2006; Edelman i wsp. 1952]. Wytyczne dotyczące standaryzacji wszystkich niezbędnych procedur zostały szczegółowo opisane w dokumencie opublikowanym przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej [IAEA 2009].

Analiza wzbogacania próbek biologicznych może być wykonana za pomocą spektrometrii masowej z izotopem (IRMS) lub spektroskopii w podczerwieni z transformatą Fouriera [IAEA 2009].

3.3. Obliczanie składu ciała i analiza aktywacji neutronów

3.3.1. Analiza aktywacji neutronów *in vivo*

Metoda analizy aktywacji neutronów zapewnia bezpośredni pomiar dla kilku składowych ludzkiego organizmu i polega na wywołaniu sztucznej promieniotwórczości oznaczanych składników za pomocą napromieniowania próbki strumieniem neutronów. Kiedy cząsteczka wchodzi do strefy neutronowej, atomy wnikaające w ludzkie ciało wykazują różnego typu reakcje jądrowe w oparciu o energię tych neutronów. W ten sposób, wykorzystując zjawisko ich aktywacji, można zmierzyć w ludzkim ciele między innymi: wodór, azot, węgiel, tlen, sód, wapń, chlor i fosfor [Lukaski 1987; Matson i wsp. 2006; Göksun i wsp. 2011]. Najszybsze neutrony są optymalnym odniesieniem penetracji tkanki. Jednakże wiele reakcji IVNA jest związanych z występowaniem termicznych reakcji neutronowych. Dlatego opracowano system termoizolacji neutronowej zapewniający szybką reakcję z tkanką. Skany w ramach badania są zazwyczaj wykonywane od ramion do kolan i wymagają około 0,5–1 godz. czasu. Precyzję i dokładność badania szacuje się na poziomie 5% [Matson i wsp. 2006; Göksun i wsp. 2011].

3.3.2. Pomiar całkowitego potasu w organizmie

Potas jest naturalnie występującym radioizotopem ludzkiego organizmu. Stanowi 0,0118% całego potasu organizmu przy okresie półtrwania wynoszącym $1,28 \times 10^9$ lat. Ponieważ potas jest elementem wewnątrzkomórkowym, jest on używany do oszacowania masy komórek ciała według następującej formuły: Masa ciała (gram) = $8,33 \times \text{TBK (mmol)}$ [Matson i wsp. 2006]. Dodatkowo można dokonać wyliczenia masy beztłuszczowej (FFM (kg) = $\text{TBK (mmol)} / 68,1$) [Matson i wsp. 2006]. Pomiar całkowitego potasu w organizmie jest metodą bardzo precyzyjną. Uzyskanie wartości masy beztłuszczowej jest możliwe we wszystkich grupach wiekowych obu płci. TBW jako jedna z technik izotopowych lepiej wykrywa fluktuację płynu zewnątrzkomórkowego, natomiast nie uwzględnia szybkich zmian w stężeniu potasu wewnątrzkomórkowego, charakterystycznego dla wielu jednostek chorobowych [Lukaski 1987; Tothill 1995; Bolanowski i wsp. 2005].

3.4. Absorpcjometria promieniowania X o dwóch energiach

Metoda absorpcjometrii promieniowania X o dwóch energiach (dual-energy X-ray absorptiometry: DXA) bazuje na zjawisku osłabienia wiązki promieniowania jonizującego, przenikającego przez tkanki organizmu (zakłada się ekspozycję rzędu 1-10% RTG klatki piersiowej) [Lee i wsp. 2008]. Tłumienie promieniowania rentgenowskiego zależy od grubości tkanki i współczynnika tłumienia tkanki, który jest zależny od energii promieniowania. Wykorzystując dwa różne poziomy energii, obrazy można podzielić na dwa składniki (przykładowo kości i tkanki miękkie). Za pomocą DXA mamy możliwość zbadania zarówno gęstości mineralnej kości, jak i poszczególnych komponentów ciała [Lukaski 2009]. Dodatkowo istnieje możliwość oceny poszczególnych regionów ciała, takich jak kończyny czy jama brzuszna. Opisywana metoda ma przewagę w odniesieniu do klasycznych metod oceny składu ciała (hydrodensytometrii, technik dylucyjnych czy też pomiarów antropometrycznych), ponieważ otrzymane wyniki odpowiadają chemicznemu składowi masy beztłuszczowej i są niezależne od zastosowanego modelu przedziałowego. Zaletą metody jest jej prostota i względne bezpieczeństwo (relatywnie niska dawka promieniowania) [Bolanowski i wsp. 2005]. Dodatkowo szybki czas trwania badania (5–15 minut) oraz możliwość szacunku całego lub regionalnego ciała wskazuje na jej wszechstronność zastosowania [Lukaski 2009]. Z powodzeniem może być wykorzystana w dużych badaniach epidemiologicznych, czego potwierdzeniem jest większość dostępnych siatek centylowych dla poszczególnych komponentów składu ciała, walidowanych na urządzeniach opartych na tej metodzie [Imboden i wsp. 2017; Coia i wsp. 2008; Chumlea i wsp. 2001]. DXA ma także ograniczenia. Zaliczyć należy do nich ekspozycję na promieniowanie, a co za tym idzie, bezwzględne przeciwwskazanie dla kobiet w ciąży i względne przeciwwskazanie dla małych dzieci [Lemos i wsp. 2018]. Dokładność DXA jest zadawalająca, ze współczynnikiem zmienności 1% dla gęstości mineralnej kości i 2-3% dla całkowitego tłuszczu [Matson i wsp. 2006]. Różnice pomiarowe mogą być wyższe u osób otyłych [Lee i wsp. 2008].

3.5. Techniki obrazowania: tomografia komputerowa i rezonans magnetyczny

3.5.1. Tomografia komputerowa oraz ilościowa tomografia komputerowa

Tomografia komputerowa (TK) jest metodą o dużej czułości i dokładności pomiarowej przy relatywnie krótkim czasie trwania. Badanie daje możliwość różnicowania podskórnej i trzewnej tkanki tłuszczowej, pozwala określić ilości tkanki

tłuszczowej nagromadzonej w okolicy wybranych narządów, a także ocenić aktywność metaboliczną w zależności od lokalizacji [Serafin 2016]. TK daje trójwymiarowy obraz wysokiej rozdzielczości całego ciała bądź wybranych jego części. Różnicuje tkanki i narządy, a na ich podstawie dokonuje się charakterystyki tłumienia promieniowania rentgenowskiego. Powyższe tłumienie jest związane z gęstością tkanki i składem chemicznym ciała ludzkiego [Matson i wsp. 2006]. Różnice w tłumieniu promieni rentgenowskich między beztłuszczową tkanką miękką a tkanką tłuszczową można wykorzystać do rozdzielenia tych tkanek bądź analizować ich wspólną korelację [Borga i wsp. 2018; Matson i wsp. 2006]. W przeciwieństwie do wcześniej opisanych technik, TK może dokładnie określić tłuszcz w tkance mięśni szkieletowych [Goodpaster i wsp. 2000] i wątrobie [Kramer i wsp. 2017]. Będąc trójwymiarową techniką obrazowania, daje możliwość bezpośredniego pomiaru objętości narządów wraz z nagromadzeniem tkanki tłuszczowej [Borga i wsp. 2018]. Duży koszt badania, ograniczona dostępność oraz narażenie na promieniowanie rentgenowskie mocno ograniczają wykorzystanie tej metody w codziennej praktyce klinicznej [Serafin 2016]. Ciekawym wariantem badania tomograficznego jest ilościowa tomografia komputerowa. Pozwala ona zmierzyć rzeczywistą wartość wolumetrycznej mineralnej gęstości kośćca, rozróżniając jego mikrostrukturę, a także ocenić mikroarchitekturę kostną wraz z jej mechaniką [Lee i wsp. 2008].

3.5.2. Rezonans magnetyczny i spektroskopia rezonansu magnetycznego

Rezonans magnetyczny (MRI) wykorzystuje różne właściwości magnetyczne jąder niektórych pierwiastków chemicznych (zwykle wodoru w wodzie i tłuszczu) w komórkach, aby wytworzyć obrazy tkanki miękkiej ludzkiego organizmu [Borga i wsp. 2018]. MRI wymaga zamkniętego pola magnetycznego i stosunkowo dłuższego czasu pomiaru niż badanie tomograficzne. Pomimo sporych różnic w obrazowaniu tkanek, ocena uzyskanego obrazu podskórnej i trzewnej tkanki tłuszczowej jest bardzo podobna. W analizowanym wykorzystaniu badań obrazowych do oceny składu ciała MRI może mieć swoje zastosowanie do pomiaru objętości podskórnej, śródbrzuszej, trzewnej i wewnątrzmięśniowej tkanki tłuszczowej. Badanie można w bezpieczny sposób przeprowadzić na pacjentach w najniższej grupie wiekowej (dzieci, młodzież) z racji braku ekspozycji na promieniowanie rentgenowskie [Matson i wsp. 2006]. Ograniczeniem badania w wersji konwencjonalnej jest jego brak przydatności w ocenie zawartości lipidów i wody w mięśniach szkieletowych [Lee i wsp. 2008]. Do oceny podanych struktur można wykorzystać wariant MRI – obrazowania przesunięcia chemicznego [Matson i wsp. 2006]. Wiele metod opartych na MRI do kwantyfikacji tkanki tłuszczowej i mięśniowej zostało opracowanych

i wdrożonych do klinicznego użytku [Ugarte i wsp. 2017; Hu i wsp. 2016; Orgiu i wsp. 2016; Yang i wsp. 2016; Karlsson i wsp. 2015; Andrews i wsp. 2015; Lareau-Trudel i wsp. 2015].

Spektroskopia rezonansu magnetycznego (MRS) jest nieinwazyjną metodą obrazowania, która z powodzeniem może pozwolić na ocenę zawartości i rozmieszczenia tkanki tłuszczowej i beztłuszczowej [Matson i wsp. 2006; Goodpaster i wsp. 2002]. Pozwala także na analizę frakcji lipidowej w mięśniach szkieletowych [Lee i wsp. 2008].

3.5.3. Pozytonowa tomografia emisyjna

Pozytonowa tomografia emisyjna (PET) w porównaniu do innych opisanych technik wyróżnia się jakością uzyskiwanych obrazów scyntygraficznych (znacznie lepszą niż z zastosowaniem klasycznych metod radioizotopowych) dzięki korekcji zjawiska pochłaniania i rozproszenia; możliwością znakowania radioizotopowego szeregu związków chemicznych, biorących bezpośredni udział w określonych przemianach metabolicznych (obecna rozdzielczość uzyskiwanych obrazów sięga kilku milimetrów) [Królicki i wsp. 2011]. W PET znacznik (zazwyczaj 18F-fluorodeoksyglukoza) jest wprowadzany do organizmu i gromadzony w klastrach o wysokim metabolizmie glukozy, które można wizualizować w skanie (samodzielnie lub częściej w połączeniu z tomografią komputerową). Skany PET są wykorzystywane do identyfikacji wysoko aktywnych metabolicznie obszarów w ciele. Od niedawna powyższa technologia (PET / TK 18F-fluorodeoksyglukozy) stała się złotym standardem w zakresie wykrywania brązowych tkanek tłuszczowych (BAT) u ludzi. Chociaż szacuje się, że częstość występowania BAT u ludzi jest bardzo niska (2–7%), wykazano odwrotną zależność pomiędzy BAT i BMI u dzieci i dorosłych [Franssens i wsp. 2017; Sun i wsp., 2017; Franz i wsp., 2015; Robinson i wsp., 2014], jednocześnie rekomendując BAT jako czynnik profilaktyki otyłości [Kiefer 2017; Franssens i wsp., 2017; Bartelt i wsp., 2014; Robinson i wsp., 2014]. Ponadto, istnieją doniesienia z wykorzystaniem PET do rozmieszczenia brązowej tkanki tłuszczowej w przestrzeni nadobojczykowej, przykręgosłupowej, śródpiersiowej i szyjnej, oraz wykrycia spadku stymulowanego insuliną wychwyty glukozy w mięśniach szkieletowych i tkance tłuszczowej u osób z otyłością brzuszną [Lee i wsp. 2008]. Największą wadą stosowania PET-KT do wykrywania BAT jest znaczna dozymetria promieniowania związana ze skanowaniem TK w połączeniu z wysokim kosztem badania [Lemos i wsp. 2018].

3.6. Impedancja bioelektryczna

Impedancja bioelektryczna (BIA) jest mierzona za pomocą urządzenia wytwarzającego prąd płynący przez ciało badanego pacjenta. Koncepcja badania opiera się na analizie dwóch parametrów oporności: oporu elektrycznego – rezystancji (R) i oporu pojemnościowego – reaktancji (X_c). Rezystancja w większym stopniu uzależniona jest od stężenia elektrolitów, reaktancja od różnic potencjałów na błonach komórkowych. Oporność tkanki jest wartością zmienną, uzależnioną od zastosowanej częstotliwości prądu [Drożdż i wsp. 2007]. Szerszy opis metody oraz jej kliniczne zastosowanie przedstawiono w rozdziale 4.

3.7. Antropometria

Współcześnie istnieje szeroki dostęp do różnorodnych wskaźników antropometrycznych pozwalających na oszacowanie stanu odżywienia ludzkiego organizmu, a pośrednio także składu ciała. Prostota, niski koszt oraz łatwy dostęp w dalszym ciągu przemawia za ich wykorzystywaniem w codziennej praktyce klinicznej. Wszelakie indeksy nadal są stosowane jako narzędzia zastępcze do oceny otyłości i rozmieszczenia tkanki tłuszczowej [Göksun i wsp. 2011].

Wskaźnik masy ciał (BMI), zwany także wskaźnikiem Queteleta, jest najpopularniejszym indeksem oceny stanu odżywienia dorosłych i dzieci. Odnosi się on do ilorazu masy i wysokości ciała według wzoru: $BMI = \text{masa ciała [kg]} / \text{wysokość ciała [m}^2\text{]}$. U osób dorosłych kryteria odcięcia są następujące: < 18,5 (niedowaga), 18,5–24,9 (norma), 25,0–29,9 (nadwaga), 30,0–34,9 (otyłość I°), 35,0–39,9 (otyłość II°), $\geq 40,0$ (otyłość III° – olbrzymia) [Cederholm i wsp. 2017; Cederholm i wsp. 2015; WHO 2005]. Istnieje wiele badań oceniających niedożywienie [Ng i wsp. 2018; Yazdani i wsp. 2016; Campillo i wsp. 2004; Campillo i wsp. 2006] bądź nadwagę i otyłość [Ng i wsp. 2018; Lee i wsp. 2018; Alsamari i wsp. 2017; Gavriilidou i wsp. 2015] w populacji osób dorosłych i dzieci. Wskazują one również dodatnią korelację pomiędzy wskaźnikiem BMI a wzrostem tkanki tłuszczowej [Więch i wsp. 2017; Stupnicki i wsp. 2016; Ranasinghe 2013; Pyrzak i wsp. 2013, Lu i wsp. 2012]. W populacji dziecięcej wynik BMI przenosi się na siatki centylowe reprezentatywne dla danej populacji w zależności od płci i wieku dziecka. Rekomendowany punkt odcięcia dla BMI na siatkach centylowych to 25 i 30 kg/m^2 w odniesieniu do osób dorosłych [Cole i wsp. 2000]. Zalecane jest stosowanie międzynarodowych siatek centylowych [WHO 2007; De Onis i wsp. 2007; De Onis i wsp. 2006; Cole i wsp. 2000] bądź regionalnych walidowanych dla danego kraju [Kaługa i wsp.

2010; Kaługa i wsp. 2011; Nawarycz i wsp. 2007; Jodkowska i wsp. 2007; Palczewska i wsp. 1999].

Istnieją także inne wskaźniki do oceny zaburzeń stanu odżywienia, do których możemy zaliczyć między innymi: WMC [Książyk 1995], wskaźnik Cole'a [Daniels i wsp. 2000], WHR [WHO 2008; Pouliot i wsp. 1994], WHtR [Nambiar i wsp. 2010; McCarthy i wsp. 2006], wskaźniki „masa do wzrostu” i „wzrost do wieku” [Hartman i wsp. 2012; Chaud i wsp. 2003], obwód ramienia [WHO 2007]. W Polsce opublikowano ogólnokrajowe i regionalne normy (siatki centylowe dzieci łódzkich) dla obwodu talii i bioder [Kaługa i wsp. 2008; Nawarycz i wsp. 2007].

Do metod pogłębionej oceny antropometrycznej należy zaliczyć pomiar fałdów skórnych nad mięśniem trójgłowym ramienia, dwugłowym ramienia, pod łopatką i nad grzebieniem biodrowym [Westerterp i wsp. 2008; Dogan i wsp. 2005; Goulet 1998]. Oparty jest na założeniu, że grubość tkanki podskórnej jest proporcjonalna do zawartości tłuszczu w organizmie. Zaletą tej metody jest łatwość wykonania pomiarów, możliwość ich wykonania u pacjentów przewlekle chorych unieruchomionych w łóżku oraz brak kosztów związanych z pomiarem. Do oceny uzyskanych wyników zaleca się stosowanie siatek centylowych fałdów skórno-tłuszczowych [WHO 2007; Chrzanowska i wsp. 2002].

W ostatnich latach pojawiają się badania analizujące użyteczność wybranych wskaźników skorelowanych do poszczególnych komponentów składu ciała: indeks masy tłuszczowej (FMI – fat mass index) [Więch i wsp. 2018; Strugnell i wsp. 2014; Demerath i wsp. 2013; Wells i wsp. 2012; Coin i wsp. 2008], indeks masy beztłuszczowej (FFMI – fat free mass index) [Więch i wsp. 2018; Strugnell i wsp. 2014; Hull i wsp. 2011; Coin i wsp. 2008], indeks masy komórkowej (BCMI – body cell mass index) [Więch i wsp. 2018; Rymarz i wsp. 2012; Tailluri i wsp. 2003] oraz kąt fazowy (PA – phase angle) [Sardinha 2018; Rodríguez-Rodríguez i wsp. 2016; Koury i wsp. 2014; Norman i wsp. 2012; Bosa-Westphal i wsp. 2006]. Nowym wskaźnikiem bazującym na parametrach oporności tkanki i wysokości ciała jest analiza wektora impedancji bioelektrycznej (BIVA – Bioelectrical Impedance Vector Analysis) [Lukaski i wsp. 2017; Carrasco-Marginet i wsp. 2017; Forni i wsp. 2015; Buffa i wsp. 2014; Lukaski i wsp. 2012]. Opisany wskaźnik szerzej przedstawiono w rozdziale 4.

Wykorzystanie impedancji bioelektrycznej, kąta fazowego oraz analizy wektora impedancji bioelektrycznej w ocenie stanu odżywienia

Stosunkowo nową metodą pogłębionej oceny stanu odżywienia jest analiza składu ciała za pomocą impedancji bioelektrycznej BIA. Jej ewaluacja pozwoliła na wykorzystanie dodatkowych wskaźników oceny, bazujących na parametrach rezystancji i reaktancji. Aktualnie trwają badania naukowe nad skutecznością BIA, PA i BIVA w wykrywaniu zaburzeń w stanie odżywienia zarówno w populacji zdrowych osób dorosłych, jak i dzieci, a także w poszczególnych jednostkach chorobowych.

We wcześniejszym rozdziale przedstawiono definicję BIA opartą na parametrach oporności tkanki. W teoretycznych założeniach metody przyjęto, że ciało człowieka jest wypadkową 5 cylindrów: 2 kończyn górnych, 2 kończyn dolnych, tułowia (głowa nie bierze udziału w analizie z racji dłuższej drogi przepływu prądu w odniesieniu do pozostałych segmentów). Każdy cylinder posiada procentowy udział w ogólnej oporności ciała [Lewitt i wsp. 2007]. W praktycznym zastosowaniu wykorzystuje się BIA pojedynczej częstotliwości (SF-BIA – najczęściej 50 kHz) [Gonzalez i wsp. 2013; Lukaski 2009], wielu częstotliwości (MF-BIA – powyżej 4) [Gonzalez i wsp. 2013, Lukaski 2009; Ward 2012], segmentowe (segmental - BIA) oraz spektroskopię bioelektrycznej impedancji (BIS) [Kyle 2004]. Innym powszechnie używanym kryterium podziału jest miejsce podłączenia przepływu prądu: dwuelektrodowe (konfiguracja stopa-stopa, ręka-ręka), czteroelektrodowe (ręka-stopa).

BIA przez wielu specjalistów uważana jest za prostą w użyciu i bezpieczną metodę oceny stanu odżywienia i składu ciała [Rodríguez-Rodríguez i wsp. 2016; Norman i wsp. 2012; Cardinal i wsp. 2010]. Jej dokładność pomiarowa jest wypadkową wielu czynników, takich jak: rzetelność pomiarów antropometrycznych przed pomiarem BIA, pora dnia badania, temperatura pacjenta i otoczenia, czas od ostatniego posiłku, przyjęta pozycja pomiarowa pacjenta [Moreno i wsp. 2011; Drożdż 2007]. Głównymi przeciwwskazaniami do badania są zmiany skórne w okolicy podpinanych elektrod pomiarowych [Kyle i wsp. part II 2004] ewentualnie wszcze-

piony rozrusznik serca bądź kardiowerter [Pinto i wsp. 2017]. Niektórzy producenci urządzeń zwracają uwagę na inne przeciwwskazania do badania, takie jak: ciąża, epilepsja, widoczne obrzęki w okolicy przyklejania elektrod pomiarowych, ciężka niewydolność krążenia, niewydolność nerek.

Znaczącą rolę w wyliczeniu poszczególnych komponentów składu ciała stanowią równania matematyczne dla danego składnika walidowane na jednorodnej populacji. Istnieje szereg równań walidowanych na populacjach osób dorosłych [Lu i wsp. 2016; Huang i wsp. 2015; Heymsfield 1990] i dzieci [Liu i wsp. 2011; Huang i wsp. 2004; Horlick i wsp. 2002; Bray i wsp. 2001]. Istnieją siatki centylowe dla poszczególnych komponentów składu ciała [Larsson i wsp. 2015; Siervo i wsp. 2015; Franssen i wsp. 2014; Coin i wsp. 2008]. Dokonując analizy metodologii badań polskich autorów w omawianej dziedzinie, nie znaleziono żadnego walidowanego wzoru reprezentatywnego dla populacji dzieci w Polsce. Brak także polskich siatek centylowych składu ciała reprezentatywnych dla dzieci bądź dorosłych.

Aktualne badania potwierdzają przydatność powyższej metody w ocenie stanu odżywienia, zarówno przeżywienia [Verney i wsp. 2016; Pereira da Silva i wsp. 2016; Heydar i wsp. 2011], jak i niedożywienia [Lukaski i wsp. 2017; Varan i wsp. 2016; Kyle i wsp. 2012]. Niestety w Polsce BIA nadal jest stosowana wyłącznie w wybranych podmiotach leczniczych czy gabinetach dietetycznych. Powodów jest kilka i związane są ze stosunkowo wysokim kosztem samego urządzenia (od kilku do kilkudziesięciu tysięcy złotych), niewystarczającą wiedzą na temat technik diagnozowania zaburzeń stanu odżywienia, wreszcie pewnymi ograniczeniami samego urządzenia. Z doświadczeń własnych na różnym sprzęcie pomiarowym BIA wynika, że o ile powszechna wersja urządzenia stopa-stopa jest idealna do badań epidemiologicznych na dużej populacji pacjentów (prostota techniki pomiarowej zbliżonej do ważenia, brak generowania dodatkowych kosztów związanych z pomiarem), o tyle do badań u pacjentów leżących jest bezużyteczna. Dobrym kompromisem jest metoda tetrapolarna w układzie przeciwstronnym (tzw. ręka-noga) z wykorzystaniem zacisków krokodylowych podpinanych do jednorazowych elektrod przyklejanych na kończynie dolnej i górnej (jednostronnie). Taki sposób pomiaru rezystancji i reaktancji daje możliwość dokładnej oceny komponentów składu ciała u osób ciężko chorych, unieruchomionych w łóżku.

Impedancja bioelektryczna, oprócz zastosowania w badaniach populacyjnych osób zdrowych [Chen i wsp. 2016; Lu i wsp. 2016; Sun i wsp. 2005], pełni ważną rolę w ocenie stanu odżywienia osób chorych [Player i wsp. 2018; Rimsevicius i wsp. 2016; Lee i wsp. 2015]. Wykorzystywana jest do analiz wybranych komponentów składu ciała, między innymi u pacjentów: z marskością wątroby [Cichoż-Lach i wsp. 2017], dializowanych [Davies i wsp. 2014], z niewydolnością serca

[Lindholm i wsp. 2018], z nowotworem [Kohli i wsp. 2018], chorobą Leśniowskiego-Crohna [Więch i wsp. 2018], cukrzycą [Dittmar i wsp. 2015] i wielu innych [Yang i wsp. 2017; Yoo i wsp. 2016; Bell i wsp. 2013; Warren i wsp. 2007].

Kolejnym, cennym wskaźnikiem oceny stanu odżywienia jest kąt fazowy (PA). Obliczany jest ze wzoru $PA = \arctan (Xc / R) \times (180 / \pi)$, gdzie \arctan – arc tangent, Xc – reaktancja, R – rezystancja, $\pi = 3,14$ [Norman i wsp. 2012]. Jego znaczenie biologiczne nie jest całkowicie poznane, niemniej można je interpretować jako wskaźnik wrażliwości błony komórkowej i dystrybucji wody pomiędzy przedziałami wewnątrzkomórkowymi i zewnątrzkomórkowymi [Kyle i wsp. 2012]. Kąt fazowy istotnie koreluje ze stanem funkcjonalnym. Jest proporcjonalny do masy komórkowej ciała, co skutkuje wrażliwością na wielkość potencjału błon komórkowych zmiennych w zależności od współistniejącego schorzenia [Gonzalez i wsp. 2013; De Oliveira i wsp. 2012]. Pełni funkcję markera prognostycznego w różnych stanach chorobowych [Norman i wsp. 2012] oraz wskaźnika monitoringu skuteczności interwencji żywieniowej [Norman i wsp. 2006; Norman i wsp. 2007]. Jest także wiarygodnym wskaźnikiem ryzyka bądź oceny istniejącego niedożywienia [Rimsevicius i wsp. 2016] w wielu jednostkach chorobowych, takich jak: niewydolność serca [Colin-Ramirez i wsp. 2012], cukrzyca [Jun i wsp. 2018], przewlekła niewydolność nerek [Beberashvili i wsp. 2014], marskość wątroby [Cichoż-Lach i wsp. 2017] i wielu innych [Hiu i wsp. 2017; Maddocks i wsp. 2015; Kovarik i wsp. 2014]. Europejskie Towarzystwo Żywienia Pozajelitowego, Dojelitowego i Metabolizmu (ESPEN) zdecydowanie zaleca stosowanie PA jako wiarygodnego prognostycznego wskaźnika żywieniowego [Cederholm i wsp. 2017].

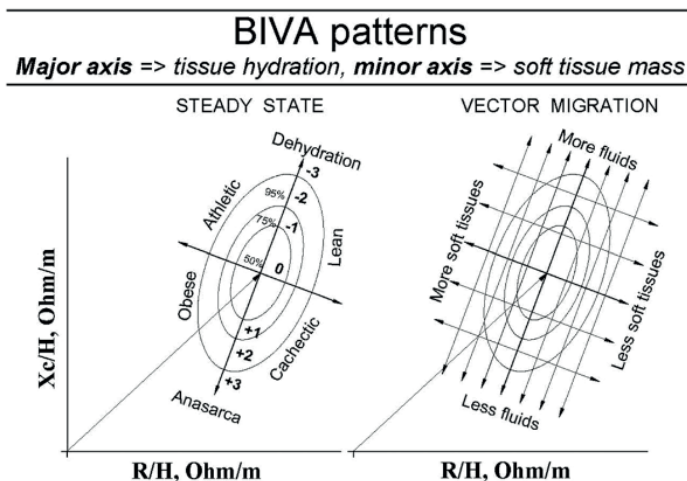
W badaniach poddających analizie korelację kąta fazowego z innymi narzędziami bądź markerami oceny potencjalnego niedożywienia wykazano istotną zależność PA ze skalą SGA (Subjective Global Assessment) [Player i wsp. 2018; Oliveira i wsp. 2010], NRS-2002 (Nutritional Risk Score – 2002) [Kyle i wsp. 2012] oraz poziomem albumin [Norman i wsp. 2012; Kyle i wsp. 2012; Oliveira i wsp. 2010].

U zdrowych osób PA zawiera się w przedziale od 5 do 7 stopni [Bosy-Westphal i wsp. 2006]. Niskie wartości PA sugerują obumieranie komórek bądź naruszenie ich integralności, natomiast wysokie wartości wskazują na wyższą stabilność błon komórkowych [Nagano i wsp. 2000].

Wartości normatywne i punkty odjęcia PA dla zdrowej populacji dzieci i dorosłych zaprezentowano w kilku dużych badaniach przekrojowych [Bosy-Westphal i wsp. 2006; Barbosa-Silva i wsp. 2005; Sun i wsp. 2003; Horlick i wsp. 2002]. Najnowsze siatki centylowe PA dla dzieci i młodzieży zaprezentował Wells i wsp. [Wells i wsp. 2018]. Dotychczas nie wypracowano siatek centylowych bądź innych norm odniesienia dla kąta fazowego w Polsce.

Ostatnim wskaźnikiem oceny stanu odżywienia i składu ciała, prezentowanym w niniejszym rozdziale, jest analiza wektora impedancji bioelektrycznej (BIVA) opisana po raz pierwszy przez Piccoli i wsp., w 1994 roku [Piccoli i wsp. 1994]. Metoda wzorowana na elektrokardiogramie pozwoliła w odmienny sposób interpretować wyniki parametrów rezystancji (R) i reaktancji (XC) znormalizowanych do wysokości ciała (R/H; XC/H) [Piccoli 2010]. BIVA przez wielu badaczy uważana jest za wskaźnik stanu odżywienia [Norman i wsp. 2012]. Dodatkowo pozwala określić stan nawodnienia oraz ewentualne zaburzenia w całkowitej wodzie ustroju, występujące w różnych jednostkach chorobowych.

Analizie poddawana jest długość i kąt nachylenia wektora, przedział (centyl), w jakim znajduje się pojedynczy wynik (elipsy tolerancji: 50%, 75% i 95% będące przedziałami percentylowymi), oraz kształt elipsy dla badanej populacji [Piccoli 2014]. Oś „y” reprezentuje stan nawodnienia (odwodnienia, przewodnienia), natomiast oś „x” skład masy ciała (masa komórkowa, mięśniowa, masa beztłuszczowa) [Piccoli i wsp. 1994]. Kąt pomiędzy linią wyprowadzoną z punktu łączenia obu osi i pojedynczego wektora oraz osią „x” nazywany jest kątem fazowym (opisanym powyżej) [Piccoli i wsp. 1994]. Celem możliwości wnioskowania statystycznego przyjęto 95% przedział ufności dla średniej wartości wektora wyrysowanego dla danej populacji.



Rycina 5. Analiza wektora impedancji bioelektrycznej (BIVA) [Ronco i wsp. 2012]

BIVA daje możliwość porównywania pojedynczych wektorów oraz elips tolerancji dla badanych grup o odmiennej charakterystyce (różnych dla wieku, płci,

grupy etnicznej, jednostek chorobowych) [Lukaski 2009; Ward i wsp. 2000]. Podział elips na kwadranty oraz migrację pojedynczych wektorów przedstawia rycina 5.

BIVA znalazła powszechne uznanie w środowisku specjalistów na całym świecie. Dostępna jest znaczna liczba badań oceniających stan odżywienia i nawodnienia w różnych jednostkach chorobowych [Fassini i wsp. 2017; Bonaccorsi i wsp. 2016; Piccoli i wsp. 2014; Camina Martin i wsp. 2014]. Istnieją także siatki centylowe walidowane na reprezentatywnych populacjach różnych grup wiekowych [Wells i wsp. 2018; Redondo-Del-Rio i wsp. 2017; Buffa i wsp. 2013]. Badań z wykorzystaniem BIVA w Polsce nie stwierdzono.

Metodologiczne podstawy pracy

5.1. Cel badań

Ocena stanu odżywienia populacji zdrowych osób dorosłych i dzieci przy użyciu impedancji bioelektrycznej, kąta fazowego oraz analizy wektora impedancji bioelektrycznej.

5.2. Problemy badawcze

1. Jakie czynniki warunkują stan wybranych komponentów składu ciała w populacji zdrowych osób dorosłych?
2. Jaka jest wartość kąta fazowego oraz wektora impedancji bioelektrycznej w populacji zdrowych osób dorosłych?
3. Jakie czynniki warunkują stan wybranych komponentów składu ciała w populacji zdrowych dzieci?
4. Jaka jest wartość kąta fazowego oraz wektora impedancji bioelektrycznej w populacji zdrowych dzieci?

5.3. Hipotezy badawcze

1. Zakłada się, że zmienne takie jak wiek i płeć istotnie różnicują wartości wybranych komponentów składu ciała zdrowych osób dorosłych.
2. Oczekuje się, że wartość kąta fazowego dla populacji zdrowych osób dorosłych mieści się w granicach normy.
3. Zakłada się, że zmienne takie jak wiek i płeć istotnie różnicują wartości wybranych komponentów składu ciała zdrowych dzieci.
4. Oczekuje się, że wartość kąta fazowego dla populacji zdrowych dzieci mieści się w granicach normy.

5.4. Charakterystyka badanej grupy

Badania przeprowadzono w okresie od czerwca 2013 roku do kwietnia 2018 roku, poprzedzając je miesięcznym badaniem pilotażowym. Było to przekrojowe badanie obserwacyjne. Badana populacja liczyła 1535 zdrowych osób dorosłych w wieku 19–83 lat, oraz 607 dzieci w wieku 4–18 lat, zamieszkałych w miejskim i wiejskim obszarze województwa podkarpackiego. Dla potrzeb statystyki opisowej w części wynikowej dokonano następującego podziału: dzieci (155 dzieci w wieku 4–9 lat) oraz młodzież (452 młodzież w wieku 10–18 lat) zgodnie z kryterium odciążenia WHO [WHO 2011]. Projekt badania został pozytywnie zaopiniowany przez Komisję Bioetyczną przy Uniwersytecie Rzeszowskim (Uchwała Nr: 5/02/2012 oraz 11/10/2016). Badania prowadzono zgodnie z wytycznymi zawartymi w Deklaracji Helsińskiej.

Przyjęto następujące kryteria włączenia do badania:

- Dorośli: wiek > 18 lat, dobrowolna zgoda osoby badanej na udział w badaniu, brak ostrej bądź przewlekłej jednostki chorobowej potencjalnie mogącej rzutować na wyniki badania, brak przeciwwskazań zdrowotnych wyszczególnionych przez producenta urządzenia do BIA (rozrusznik serca, ciąża, epilepsja, widoczne obrzęki w okolicy przyklejania elektrod pomiarowych, ciężka niewydolność krążenia, niewydolność nerek).
- Dzieci: wiek 4–17 lat, dobrowolna zgoda dziecka i rodzica/opiekuna prawnego na udział w badaniu, brak ostrej bądź przewlekłej jednostki chorobowej potencjalnie mogącej rzutować na wyniki badania, brak przeciwwskazań zdrowotnych wyszczególnionych przez producenta urządzenia do BIA (rozrusznik serca, ciąża, epilepsja, widoczne obrzęki w okolicy przyklejania elektrod pomiarowych, ciężka niewydolność krążenia, niewydolność nerek).

Niespełnienie kryterium włączenia stanowiło podstawę wykluczenia z badań.

Dobór próby był celowy. Dla ujednoczenia i możliwości porównania uzyskanych wyników badań ze sobą, a także z wartościami referencyjnymi, dokonano podziału badanej grupy ze względu na wiek i płeć.

Badaną grupę rekrutowano w ramach organizowanych na danym terenie akcji społecznych związanych z promowaniem zdrowego stylu życia i profilaktyką chorób cywilizacyjnych. Dodatkowa rekrutacja odbywała się w ramach szkoleń osób dorosłych z pierwszej pomocy przedmedycznej, a także w ramach spotkań z rodzicami i dyrekcją wybranych przedszkoli, szkół podstawowych, gimnazjalnych i średnich województwa podkarpackiego. Udział w badaniu był dobrowolny i anonimowy. Osobom biorącym udział w badaniu (oraz rodzicom/opiekunom prawnym w przypadku

dzieci i młodzieży) przedstawiono jego cel i problematykę. Pisemna zgoda osób biorących udział w badaniu była podstawą kwalifikacji do dalszej jego części. Badania prowadzono w Przyrodniczo-Medycznym Centrum Badań Innowacyjnych Uniwersytetu Rzeszowskiego, a także w wybranych jednostkach terenowych (Przychodnie NZOZ, szkoły i przedszkola – gabinety higienistki szkolnej).

5.5. Metody i narzędzia badawcze

W pracy zastosowano metodę obserwacyjną i analizę piśmiennictwa. Narzędziami badawczymi były: waga osobowa ze wzrostomierzem teleskopowym, siatki centylowe wysokości, masy i wskaźnika masy ciała dzieci i młodzieży, analizator impedancji BIA-101, oprogramowanie komputerowe Bodygram1_31 firmy AKERN, oprogramowanie BIVA, autorski kwestionariusz naukowo-badawczy.

Badane osoby poddano ilościowej analizie porównawczej wybranych wskaźników antropometrycznych (masa ciała, wysokość, wskaźnik masy ciała BMI) i wybranych komponentów składu ciała (masy tłuszczowej i beztłuszczowej, masy komórkowej, całkowitej wody ustroju). Pomiar masy i wysokości ciała przeprowadzono przy użyciu wagi osobowej ze wzrostomierzem teleskopowym (SECA 799). Następnie wyliczono wskaźnik masy ciała. Uzyskane wyniki odniesiono do norm dla populacji osób dorosłych [WHO, BMI] lub do siatek centylowych wysokości, masy i wskaźnika masy ciała dzieci i młodzieży w Polsce [OLAF].

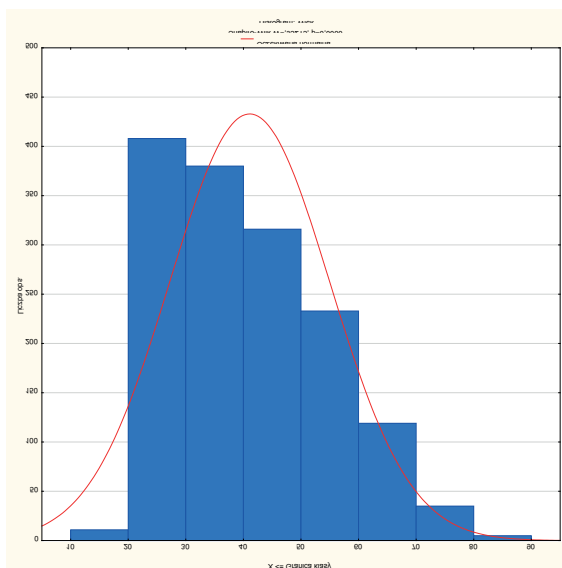
Pomiar składu ciała wykonano za pomocą analizatora impedancji BIA-101 (Akern SRL, Pontassieve, Florence, Italy). Pomiaru dokonano systemem tetrapolarnym w układzie przeciwstronnym (amplituda prądu pomiarowego 800 uA, sinusoidalna, 50kHz), w godzinach dopołudniowych (7.00–12.00), w pozycji leżącej na plecach, z odwiedzeniem kończyn górnych (30°) oraz dolnych (45°), na czczo, po 5-minutowym odpoczynku. Dla zapewnienia wysokiej rzetelności uzyskanych wyników, wykonano dwa cykle pomiarowe (jeden po drugim). Jednorazowe elektrody (Biatrodes, Pontassieve, FI, Italy; impedancja pojedynczej elektrody: 25–30 Ω; zgodność z dyrektywą 93/42 / EEC oraz ISO 10993-1:2003) umieszczono na powierzchni grzbietowej kończyny górnej prawej (nad szczeliną stawu nadgarstkowego) oraz dolnej prawej (stawu skokowego). Wyniki pomiarów przeniesiono do specjalistycznego oprogramowania (Bodygram1_31 firmy AKERN) celem wyliczenia parametrów: całkowitej wody ustroju (TBW), masy tłuszczowej (FM), masy beztłuszczowej (FFM), masy komórkowej (BCM) oraz kąta fazowego (PA). Równania użyte w oprogramowaniu do oceny poszczególnych komponentów składu ciała są zastrzeżone przez producenta i stanowią własność firmy. Celem obliczenia

wartości wektorów BIVA oraz wyrysowania elips ufności dokonano analizy rozkładu wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w różnych grupach wiekowych dla obu płci oraz łącznie. Wartości R/H oraz XC/H odniesiono do wartości referencyjnych dla wieku, będących integralną częścią oprogramowania BIVA [Piccoli i wsp. 2002]. Wartości wektorów naniesiono na elipsy ufności (50%, 75% i 95%).

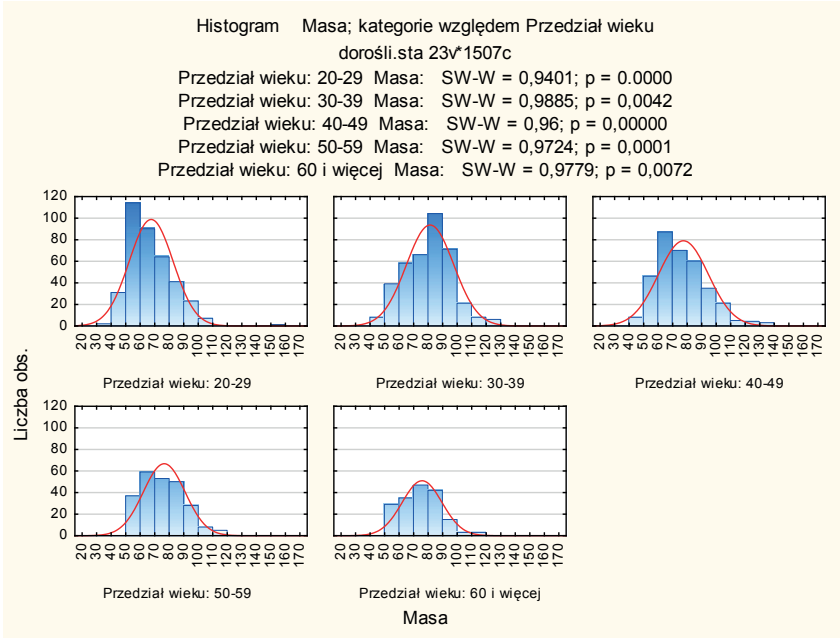
Pomiary zostały przeprowadzone przez osobę z wykształceniem medycznym, posiadającą doświadczenie w posługiwaniu się aparaturą pomiarową. Wszystkie uzyskane wyniki naniesiono na autorski kwestionariusz naukowo-badawczy. W celu wykrycia statystycznie istotnych różnic pomiędzy grupami uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej.

5.6. Charakterystyka osób dorosłych

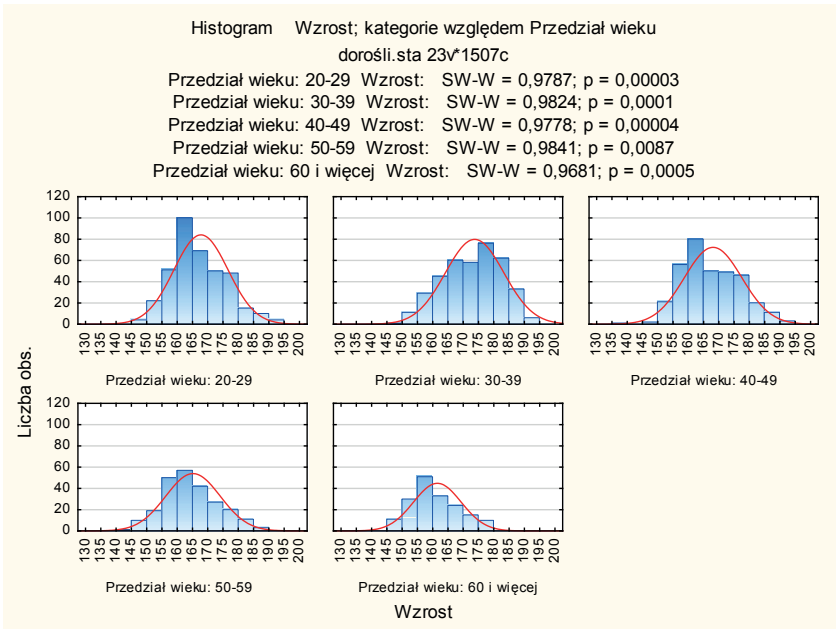
Analizując rozkład zmiennych ilościowych (test Shapiro-Wilka) w badanej grupie osób dorosłych (N=1507), nie stwierdzono jego normalności. Żadna ze zmiennych nie miała rozkładu normalnego, biorąc pod uwagę wszystkich badanych łącznie, a także z podziałem na grupy wiekowe. Wyniki tej analizy przedstawiono w histogramach (Rycina 6–11).



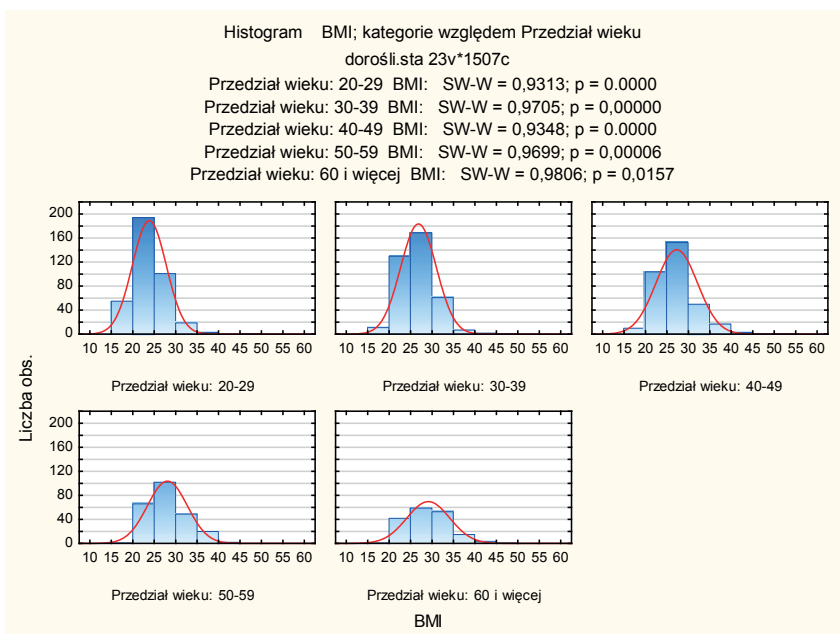
Rycina 6. Rozkład wieku osób dorosłych



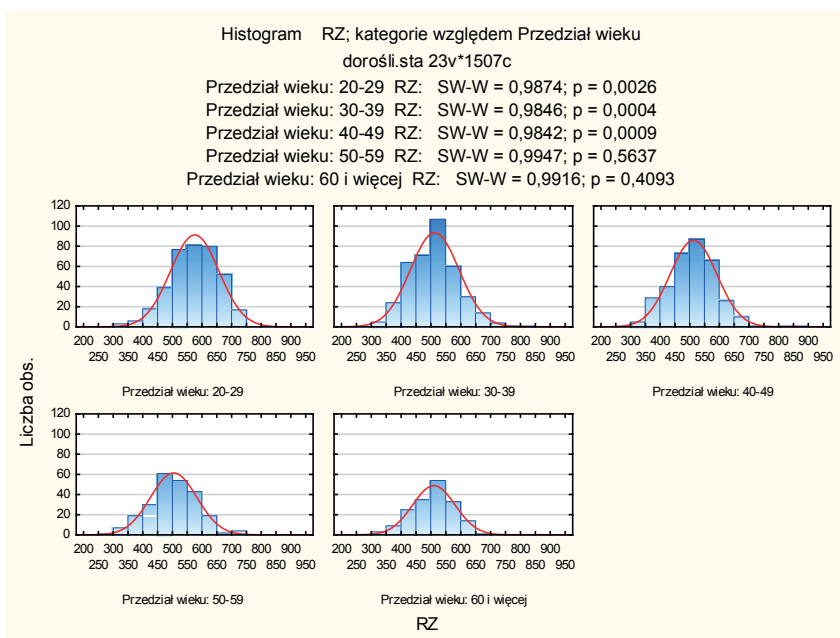
Rycina 7. Rozkład masy ciała osób dorosłych w poszczególnych przedziałach wiekowych



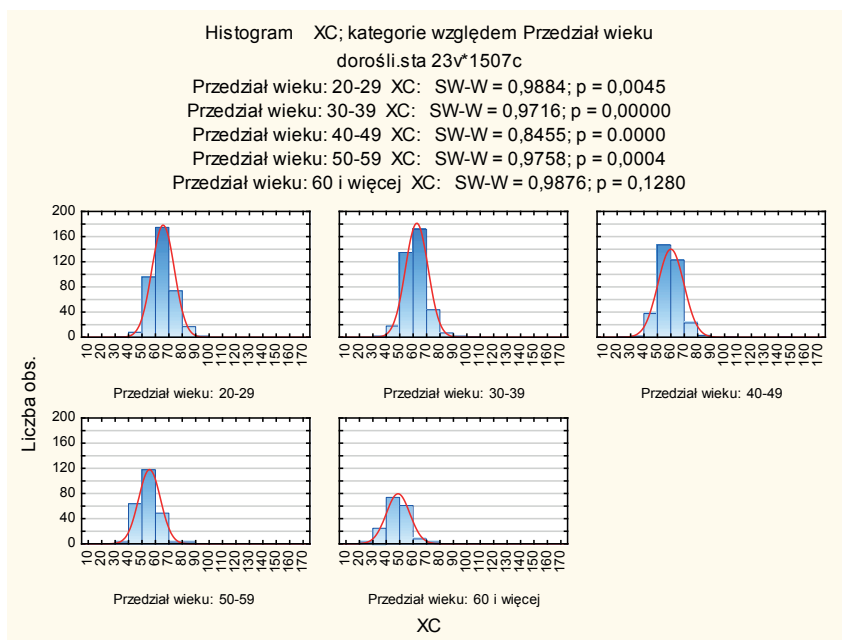
Rycina 8. Rozkład wysokości ciała osób dorosłych w poszczególnych przedziałach wiekowych



Rycina 9. Rozkład wskaźnika masy ciała osób dorosłych w poszczególnych przedziałach wiekowych



Rycina 10. Rozkład rezystancji osób dorosłych w poszczególnych przedziałach wiekowych



Rycina 11. Rozkład reakcji osób dorosłych w poszczególnych przedziałach wiekowych

Tabela 2. Struktura wiekowa badanej grupy z uwzględnieniem płci

Wiek	Mężczyźni		Kobiety		Razem	
	n	%	n	%	n	%
20-29 lat	96	16,4	277	30,1	373	24,8
30-39 lat	245	41,7	136	14,8	381	25,3
40-49 lat	123	21,0	216	23,5	339	22,5
50-59 lat	74	12,6	166	18,0	240	15,9
60 lat i więcej	49	8,3	125	13,6	174	11,5
Razem	587	100,0	920	100,0	1507	100,0

Źródło: opracowanie własne

Badane osoby dorosłe sklasyfikowano w pięciu przedziałach wiekowych co 10 lat. Tak przeprowadzony podział dał możliwość odnoszenia uzyskanych wyników do wartości referencyjnych dla danej grupy wiekowej. Pozwoliło to także na ujednoczenie ich interpretacji i możliwość porównania z wynikami badań innych autorów.

W przedziale wieku 20–29 lat było 373 badanych (24,8%), w przedziale 30–39 lat 381 badanych (25,3%), w przedziale 40–49 lat 339 badanych (22,5%), w przedziale 50–59 lat 240 badanych (15,9%) oraz w przedziale 60 lat i więcej 174 bada-

nych (11,5%). W badanej populacji było 587 mężczyzn (39,0%) oraz 920 kobiet (61,0%) (Tabela 2).

Tabela 3. Struktura antropometryczna i składu ciała badanej grupy z uwzględnieniem płci

Zmienne	Mężczyźni n=587		Kobiety n=920		Razem n=1507		p
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	
Masa [kg]	86,9	13,1	68,0	13,8	75,3	16,3	<0,001***
Wiek [L]	39,9	12,1	41,8	14,9	41,1	13,9	0,067
Wysokość [cm]	177,2	6,8	162,2	6,3	168,0	9,8	<0,001***
RZ [Ohm]	466,5	64,9	561,9	72,9	524,7	83,9	<0,001***
XC [Ohm]	58,8	10,2	60,5	10,0	59,8	10,1	0,002**
BMI [kg/m ²]	27,7	3,8	25,9	5,1	26,6	4,8	<0,001***
FM [kg]	21,1	8,7	22,2	10,3	21,8	9,7	0,530
FM [%]	23,6	7,0	31,1	8,3	28,2	8,6	<0,001***
FFM [kg]	65,6	8,7	45,8	5,7	53,5	11,9	<0,001***
FFM [%]	76,2	7,2	68,9	8,3	71,7	8,6	<0,001***
BCM [kg]	38,8	6,5	25,0	4,0	30,3	8,5	<0,001***
BCM [%]	58,8	4,6	54,2	3,8	56,0	4,7	<0,001***
TBW [Lt]	48,4	6,3	33,9	4,2	39,5	8,7	<0,001***
TBW [%]	56,2	5,2	51,0	5,8	53,0	6,1	<0,001***

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; p – poziom istotności statystycznej różnic w zależności od płci /test U Manna-Whitney'a; *p<0,05 **p<0,01 ***p<0,001 istotność statystyczna

Źródło: opracowanie własne.

Średnia wieku badanych wyniosła 41,1 roku \pm 13,9 roku. Wiek nie różnicował istotnie statystycznie badanych kobiet i mężczyzn (p=0,067). Istotnie różniła się natomiast ich masa ciała, wysokość i BMI. Mężczyźni mieli średnio większą masę ciała, byli wyżsi, a także mieli wyższy wskaźnik BMI (p<0,001).

W zakresie parametrów opisujących skład ciała badanych kobiet i mężczyzn nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic w dwóch grupach wartości wskaźnika FM [kg]. Istotnie wyższe w przypadku mężczyzn były wartości dla parametrów: PA, FFM [kg], FFM [%], BCM [kg], BCM [%], TBW [L], TBW [%], natomiast u kobiet dla parametrów: RZ, XC oraz FM [%].

W badanej grupie było 20 osób (1,3%) z niedowagą, 593 osoby (39,3%) mające prawidłową masę ciała, 585 osób (38,8%) z nadwagą oraz 309 osób (20,5%) otyłych. W grupie osób z nadwagą i otyłością więcej było mężczyzn. Prawidłową masę ciała miało więcej kobiet, niedowagę zaś odnotowywano wyłącznie w grupie kobiet.

Tabela 4. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem BMI) badanej grupy z uwzględnieniem płci

Kategoria BMI	Mężczyźni		Kobiety		Razem	
	n	%	n	%	n	%
Niedowaga	0	0,0	20	2,2	20	1,3
Prawidłowa	144	24,5	449	48,8	593	39,3
Nadwaga	308	52,5	277	30,1	585	38,8
Otyłość	135	23,0	174	18,9	309	20,5
Razem	587	100,0	920	100,0	1507	100,0

Źródło: opracowanie własne

Tabela 5. Struktura płci badanej grupy z uwzględnieniem przedziału wiekowego

Płeć	20-29 lat		30-39 lat		40-49 lat		50-59 lat		60 lat i więcej		Razem	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Mężczyźni	96	25,7	245	64,3	123	36,3	74	30,8	49	28,2	587	39,0
Kobiety	277	74,3	136	35,7	216	63,7	166	69,2	125	71,8	920	61,0
Razem	373	100,0	381	100,0	339	100,0	240	100,0	174	100,0	1507	100,0

Źródło: opracowanie własne

Tabela 6. Struktura antropometryczna i składu ciała badanej grupy z uwzględnieniem przedziału wiekowego

Zmienne	20-29 lat n=373		30-39 lat n=381		40-49 lat n=339		50-59 lat n=240		60 lat i więcej n=174		Razem n=1507	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Masa [kg]	67,3	15,1	81,0	16,2	77,1	17,1	76,2	14,3	75,5	13,6	75,3	16,3
Wiek [L]	24,9	2,1	34,3	2,9	44,0	2,9	54,2	2,6	66,9	5,8	41,1	13,9
Wysokość [cm]	167,6	8,9	173,5	9,5	167,9	9,3	165,0	8,9	161,3	7,7	168,0	9,8
RZ [Ohm]	573,5	81,5	510,9	81,5	510,8	78,8	502,8	77,9	508,1	71,1	524,7	83,9
XC [Ohm]	65,4	8,3	62,4	8,4	59,7	9,7	55,4	8,1	48,6	8,7	59,8	10,1
BMI [kg/m ²]	23,8	3,9	26,7	4,1	27,2	4,8	28,0	4,6	29,0	5,0	26,6	4,8
FM [kg]	18,0	8,1	21,7	9,2	22,2	10,3	22,6	9,6	27,8	9,3	21,8	9,7
FM [%]	26,0	7,0	26,2	7,5	28,1	8,5	29,0	9,3	36,3	8,3	28,2	8,6
FFM [kg]	49,3	10,6	59,2	12,0	54,8	11,9	53,6	11,1	47,7	9,1	53,5	11,9
FFM [%]	74,0	7,0	73,7	7,5	71,8	8,5	70,7	9,5	63,7	8,3	71,7	8,6
BCM [kg]	28,0	7,4	34,8	8,5	31,4	8,3	29,9	7,7	24,3	5,6	30,3	8,5
BCM [%]	56,1	3,7	58,2	4,2	56,7	4,4	55,0	4,6	50,7	4,3	56,0	4,7
TBW [Lt]	36,1	7,8	43,2	8,9	40,2	8,8	39,3	8,2	37,8	7,2	39,5	8,7
TBW [%]	54,1	5,4	53,9	5,5	52,7	6,4	52,0	6,9	50,6	6,3	53,0	6,1

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe

Źródło: opracowanie własne

W badanej grupie wyższy odsetek stanowiły kobiety (61,0%) z istotną przewagą w grupie osób 20–29-letnich, 40–49-letnich, 50–59-letnich oraz 60-letnich lub starszych. W grupie osób w wieku 30–39-lat przewagę stanowili mężczyźni.

W tabeli 6 przedstawiono najważniejsze parametry charakteryzujące budowę i skład ciała badanych osób, uwzględniając przedział wieku, w jakim się znajdowali. Najniższą masę ciała odnotowano w przedziale wiekowym 20–29 lat. Pacjenci z tej grupy odznaczali się najwyższą zarówno czynną, jak i bierną opornością tkanki. Im wyższy przedział wiekowy badanych osób, tym wyższe BMI i większa procentowa ilość masy tłuszczowej, przy jednocześnie niższej procentowej ilości masy beztłuszczowej oraz jej frakcji – całkowitej wody w organizmie.

Tabela 7. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem BMI) badanej grupy z uwzględnieniem przedziałów wiekowych

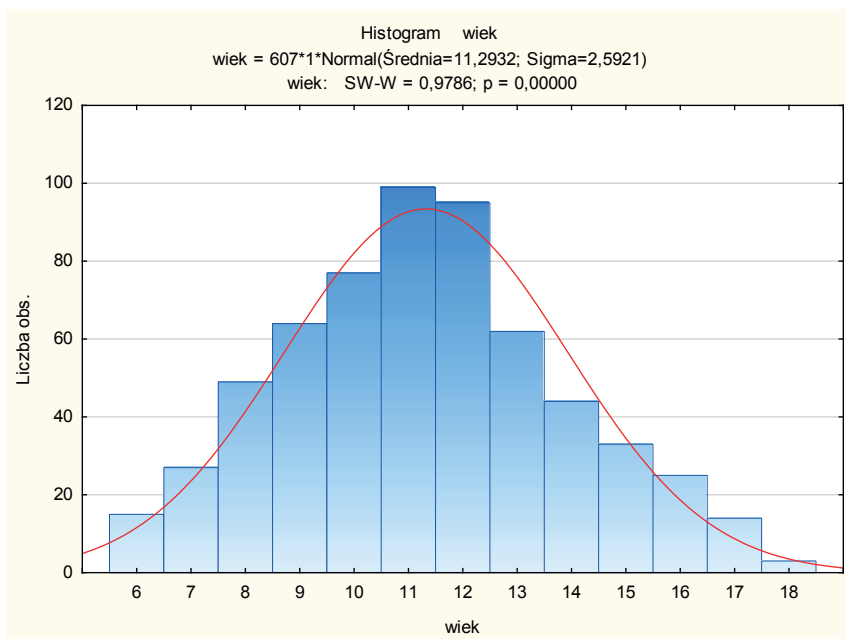
Kategoria BMI	20-29 lat		30-39 lat		40-49 lat		50-59 lat		60 lat i więcej		Razem	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Niedowaga	14	3,8	3	0,8	3	0,9	0	0,0	0	0,0	20	1,3
Prawidłowa	235	63,0	138	36,2	110	32,4	67	27,9	43	24,7	593	39,3
Nadwaga	101	27,1	169	44,4	154	45,4	102	42,5	59	33,9	585	38,8
Otyłość	23	6,2	71	18,6	72	21,2	71	29,6	72	41,4	309	20,5
Razem	373	100,0	381	100,0	339	100,0	240	100,0	174	100,0	1507	100,0

Źródło: opracowanie własne

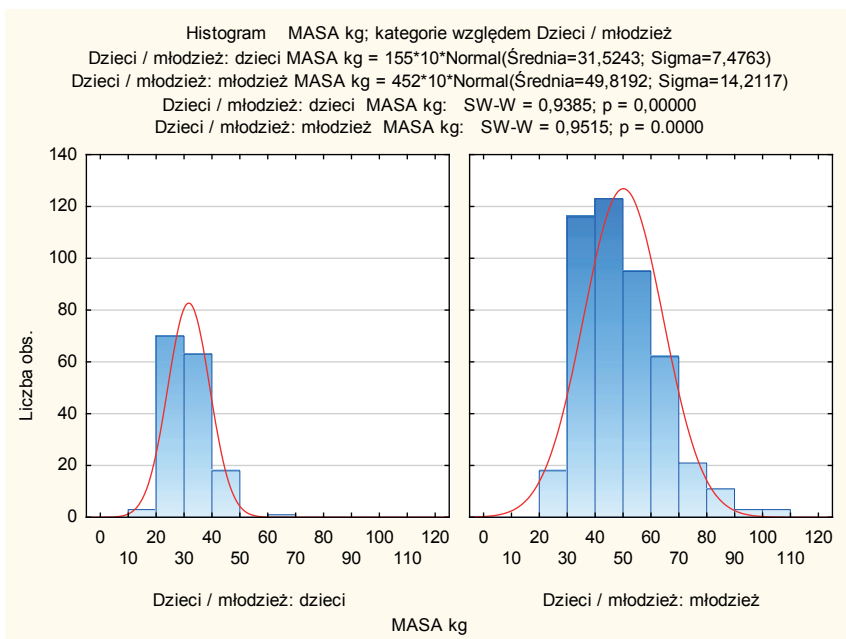
W tabeli 7 zestawiono dane dotyczące procentowego i liczbowego stanu odżywienia badanych osób dorosłych z uwzględnieniem przedziałów wiekowych. Zauważono, że osoby z niedowagą występowały najczęściej w przedziale wiekowym 20–29 lat. W powyższym przedziale odnotowano najwyższy odsetek osób z prawidłową masą ciała. Dodatkowo, im wyższy przedział wiekowy, tym większe zaburzenie stanu odżywienia (szczególnie widoczne przy wartościach odjęcia BMI dla otyłości).

5.7. Charakterystyka badanych dzieci

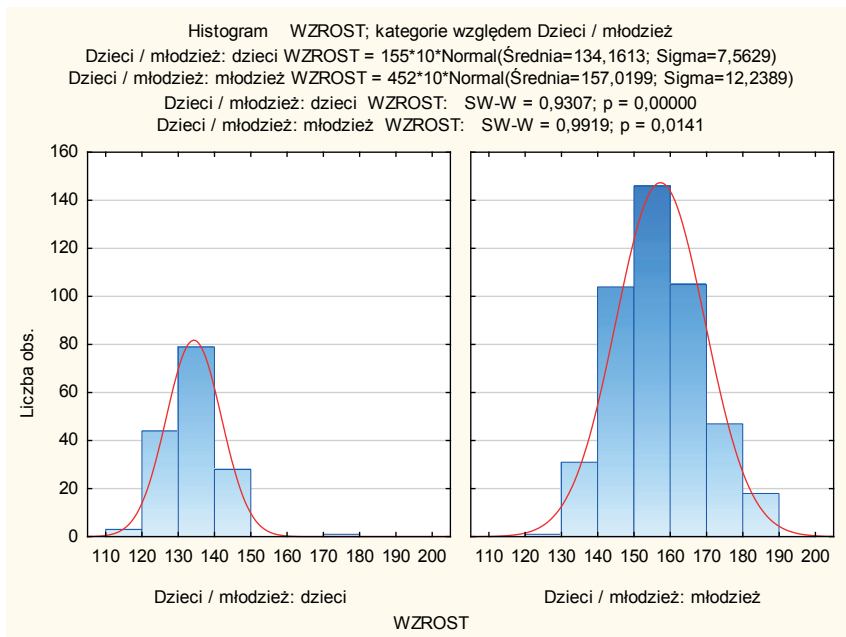
Analizując rozkład zmiennych ilościowych (test Shapiro-Wilka) w badanej grupie dzieci (N=607), nie stwierdzono jego normalności. Żadna z badanych zmiennych nie miała rozkładu normalnego, analizując wszystkich badanych łącznie (Ryc. 12–14, 16), natomiast analiza z podziałem na dzieci (N=155) i młodzież (N=452) wykazała normalność rozkładu dla zmiennej rezystancja (Rycina 15).



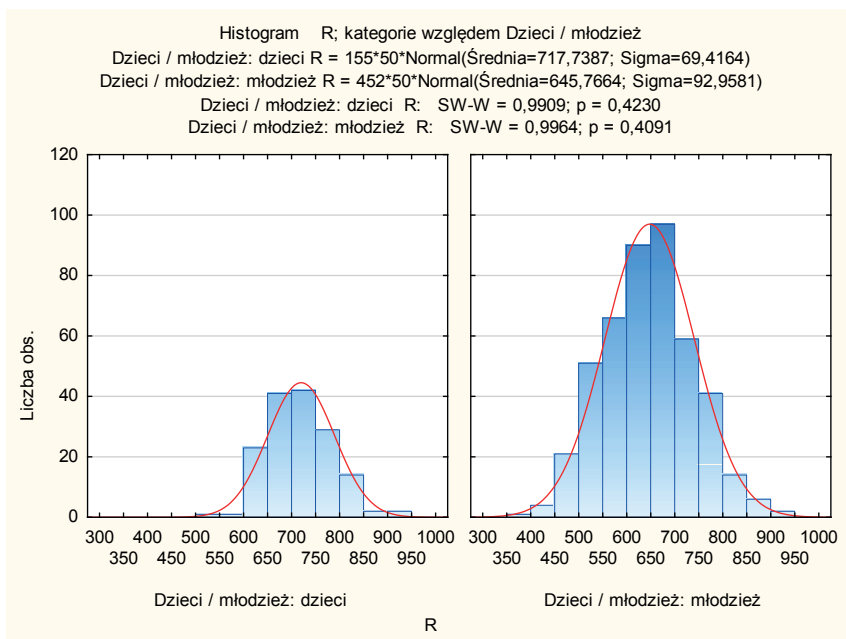
Rycina 12. Rozkład wieku badanych dzieci



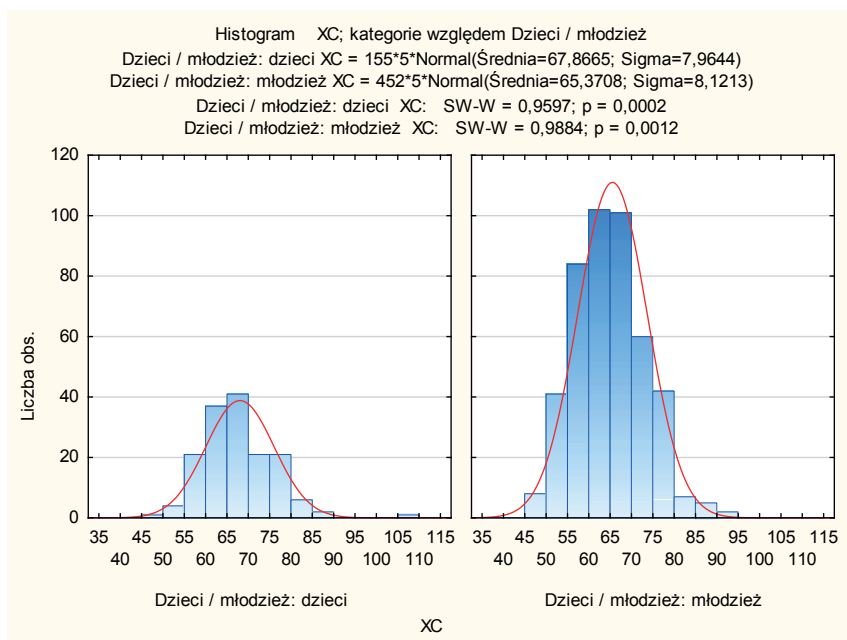
Rycina 13. Rozkład masy ciała badanych dzieci



Rycina 14. Rozkład wysokości ciała badanych dzieci



Rycina 15. Rozkład rezystancji ciała badanych dzieci



Rycina 16. Rozkład reakcji ciała badanych dzieci

Tabela 8. Struktura wiekowa badanej grupy dzieci z uwzględnieniem płci

Wiek	Chłopcy		Dziewczęta		Razem	
	n	%	n	%	n	%
4-6 lat	8	2,5	7	2,5	15	2,5
7-9 lat	73	22,5	67	23,8	140	23,1
10-12 lat	139	42,8	132	46,8	271	44,7
13-15 lat	76	23,4	63	22,3	139	22,9
16-18 lat	29	8,9	13	4,6	42	6,9
Razem	325	100,0	282	100,0	607	100,0

Źródło: opracowanie własne

Tabela 9. Struktura płci badanych dzieci z uwzględnieniem przedziałów wiekowych

Płeć	4-6 lat		7-9 lat		10-12 lat		13-15 lat		16-18 lat		Razem	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Chłopcy	8	53,3	73	52,1	139	51,3	76	54,7	29	69,0	325	53,5
Dziewczęta	7	46,7	67	47,9	132	48,7	63	45,3	13	31,0	282	46,5
Razem	15	100,0	140	100,0	271	100,0	139	100,0	42	100,0	607	100,0

Źródło: opracowanie własne

W badaniu udział wzięło 607 dzieci, w tym 155 dzieci (25,5%) w wieku 4–9 lat oraz 452 dzieci (młodzież) (74,5%) w wieku 10–18 lat. Najliczniejszą grupę stanowili chłopcy i dziewczęta w wieku 10–12 lat bez względu na płeć.

Wśród ogółu badanych było łącznie 325 chłopców (53,5%) oraz 282 dziewczynki (46,5%). W każdym przedziale wieku nieznacznie więcej było chłopców.

Tabela 10. Płeć badanych z uwzględnieniem kategorii wiekowej

Płeć	Dzieci 4-9 lat		Młodzież 10-18 lat		Razem	
	n	%	n	%	n	%
Chłopcy	81	52,3	244	54,0	325	53,5
Dziewczęta	74	47,7	208	46,0	282	46,5
Razem	155	100,0	452	100,0	607	100,0

Źródło: opracowanie własne.

W wyniku zawężenia poszczególnych grup wiekowych do dwóch kategorii: dziecko (4–9 lat) i młodzież (10–18 lat) uzyskano podobną procentowo liczbę osób w grupie, również przy podziale na płeć.

Tabela 11. Struktura antropometryczna badanej grupy dzieci z uwzględnieniem przedziałów wiekowych

Zmienne	4-6 lat		7-9 lat		10-12 lat		13-15 lat		16-18 lat		Razem	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Chłopcy												
n	8		73		139		76		29		325	
Masa ciała [kg]	24,4	2,9	33,2	7,9	44,1	11,1	58,7	13,2	70,3	10,6	46,9	16,0
Wysokość [cm]	125,4	4,0	135,9	8,0	151,2	9,7	168,0	8,1	176,6	8,9	153,3	16,3
BMI [kg/m ²]	15,6	1,3	17,8	2,8	19,1	3,3	20,7	3,7	22,5	2,5	19,4	3,5
Dziewczęta												
n	7		67		132		63		13		282	
Masa ciała [kg]	23,4	4,5	31,4	6,6	42,9	10,2	55,6	13,8	55,8	7,5	43,1	13,7
Wysokość [cm]	124,1	3,2	134,4	6,2	149,5	8,3	161,6	6,9	166,3	7,1	148,7	13,0
BMI [kg/m ²]	15,2	2,4	17,3	2,9	19,1	3,4	21,2	4,5	20,2	2,3	19,1	3,8
Razem												
n	15		140		271		139		42		607	
Masa ciała [kg]	23,9	3,6	32,3	7,3	43,5	10,7	57,3	13,5	65,8	11,8	45,1	15,1
Wysokość [cm]	124,8	3,6	135,2	7,2	150,4	9,0	165,1	8,2	173,4	9,6	151,2	15,0
BMI [kg/m ²]	15,4	1,8	17,6	2,8	19,1	3,3	20,9	4,1	21,8	2,7	19,3	3,6

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD-odchylenie standardowe

Źródło: opracowanie własne

W tabeli 11 przedstawiono średnie wartości podstawowych parametrów antropometrycznych dzieci w różnych grupach wiekowych. Zarówno u dziewcząt, jak i chłopców średnie wartości parametrów antropometrycznych ulegały wzrostowi. Tendencję wzrostową wraz z wiekiem obserwowano także w przypadku BMI, jednakże w grupie najstarszych dziewcząt średnie wartości BMI były niższe niż w grupie 13–15 lat.

Tabela 12. Struktura antropometryczna badanej grupy dzieci i młodzieży z uwzględnieniem przedziałów wiekowych

Zmienne	Dzieci 4-9 lat		Młodzież 10-18 lat		Razem 4-18 lat		p
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	
Chłopcy							
n	81		244		325		
Masa ciała [kg]	32,3	8,0	51,8	15,1	46,9	16,0	<0,001***
Wysokość [cm]	134,8	8,3	159,4	13,4	153,3	16,3	<0,001***
BMI [kg/m ²]	17,6	2,8	20,0	3,5	19,4	3,5	<0,001***
Dziewczeta							
n	74		208		282		
Masa ciała [kg]	30,7	6,8	47,5	12,8	43,1	13,7	<0,001***
Wysokość [cm]	133,4	6,7	154,2	10,0	148,7	13,0	<0,001***
BMI [kg/m ²]	17,1	2,9	19,8	3,8	19,1	3,8	<0,001***
Razem							
n	155		452		607		
Masa ciała [kg]	31,5	7,5	49,8	14,2	45,1	15,1	<0,001***
Wysokość [cm]	134,2	7,6	157,0	12,2	151,2	15,0	<0,001***
BMI [kg/m ²]	17,4	2,8	19,9	3,7	19,3	3,6	<0,001***

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; p – poziom istotności statystycznej różnic w zależności od płci (test U Manna-Whitney'a); *p<0,05 **p<0,01 ***p<0,001 istotność statystyczna

Źródło: opracowanie własne

Uwzględniając podział badanych na dzieci i młodzież, zgodnie z oczekiwaniami zaobserwowano fizjologiczną istotną statystycznie różnicę wszystkich analizowanych parametrów antropometrycznych.

W grupie dzieci (4–9 lat) nie wykazano istotnych statystycznie różnic w wartościach podstawowych parametrów antropometrycznych i wskaźniku BMI pomiędzy obiema płciami. Istotne statystycznie różnice zaobserwowano w grupie młodzieży dla masy ciała i wysokości (chłopcy mieli większą masę ciała i byli wy-

żsi). Tę samą różnicę zaobserwowano u wszystkich chłopców i dziewcząt bez podziału na wiek.

Tabela 13. Struktura antropometryczna badanej grupy dzieci i młodzieży z uwzględnieniem ich płci

Zmienne	Chłopcy		Dziewczęta		Razem		p
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	
Dzieci 4-9 lat							
n	81		74		155		
Masa ciała [kg]	32,3	8,0	30,7	6,8	31,5	7,5	0,206
Wysokość [cm]	134,8	8,3	133,4	6,7	134,2	7,6	0,282
BMI [kg/m ²]	17,6	2,8	17,1	2,9	17,4	2,8	0,152
Młodzież 10-18 lat							
n	244		208		452		
Masa ciała [kg]	51,8	15,1	47,5	12,8	49,8	14,2	0,003**
Wysokość [cm]	159,4	13,4	154,2	10,0	157,0	12,2	<0,001***
BMI [kg/m ²]	20,0	3,5	19,8	3,8	19,9	3,7	0,278
Razem							
n	325		282		607		
Masa ciała [kg]	46,9	16,0	43,1	13,7	45,1	15,1	0,007**
Wysokość [cm]	153,3	16,3	148,7	13,0	151,2	15,0	0,001***
BMI [kg/m ²]	19,4	3,5	19,1	3,8	19,3	3,6	0,121

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; p – poziom istotności statystycznej różnic w zależności od płci (test U Manna-Whitney'a); *p<0,05 **p* <0,01 ***p<0,001 istotność statystyczna

Źródło: opracowanie własne

Tabela 14. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem BMI) badanej grupy dzieci w różnych przedziałach wiekowych

Kategoria BMI	4-6 lat		7-9 lat		10-12 lat		13-15 lat		16-18 lat		Razem	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Niedowaga	2	13,3	9	6,4	16	5,9	6	4,3	3	7,1	36	5,9
Norma	12	80,0	97	69,3	198	73,1	103	74,1	30	71,4	440	72,5
Nadwaga	1	6,7	30	21,4	51	18,8	23	16,5	9	21,4	114	18,8
Otyłość	0	0,0	4	2,9	6	2,2	7	5,0	0	0,0	17	2,8
Razem	15	100,0	140	100,0	271	100,0	139	100,0	42	100,0	607	100,0

Zaszeregowanie do poszczególnych kategorii na podstawie punktu odjęcia na polskich siatkach centylowych [OLAF] dla 25 i 30 kg/m² w odniesieniu do osób dorosłych [Cole i wsp. 2000].

Źródło: opracowanie własne

W poszczególnych przedziałach wiekowych większość stanowiły dzieci z prawidłowym BMI. Wśród ogółu badanych dzieci trzy czwarte miało prawidłową masę ciała. U pozostałych dzieci wystąpiło zaburzenie stanu odżywienia wyrażone przez niskie bądź wysokie wartości wskaźnika BMI.

Tabela 15. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem BMI) badanej grupy dzieci i młodzieży

Kategoria BMI	Dzieci 4-9 lat		Młodzież 10-18 lat		Razem	
	n	%	n	%	n	%
Niedowaga	11	7,1	25	5,5	36	5,9
Norma	109	70,3	331	73,2	440	72,5
Nadwaga	31	20,0	83	18,4	114	18,8
Otyłość	4	2,6	13	2,9	17	2,8
Razem	155	100,0	452	100,0	607	100,0

Zaszeregowanie do poszczególnych kategorii na podstawie punktu odcięcia na polskich siatkach centylowych [OLAF] dla 25 i 30 kg/m² w odniesieniu do osób dorosłych [Cole i wsp. 2000].

Źródło: opracowanie własne

W obu grupach wiekowych ponad 70% stanowią badani z prawidłową masą ciała. Pozostały odsetek stanowią dzieci i młodzież z zaburzeniami stanu odżywienia wyrażonymi wskaźnikiem BMI.

Tabela 16. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem BMI Z-score) badanej grupy dzieci w różnych przedziałach wiekowych

Zmienne	4-6 lat		7-9 lat		10-12 lat		13-15 lat		16-18 lat		Razem	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
n	15		140		271		139		42		607	
BMI Z-score	-1,06	0,50	-0,46	0,78	-0,05	0,91	0,46	1,13	0,69	0,73	0,00	1,00

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe

Źródło: opracowanie własne

Tabela 17. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem BMI Z-score) badanej grupy dzieci i młodzieży

Zmienne	Dzieci 4-9 lat		Młodzież 10-18 lat		Razem		p
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	
n	155		452		607		
BMI Z-score	-0,52	0,78	0,18	1,01	0,00	1,00	<0,001

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; p – poziom istotności statystycznej różnic w zależności od płci (test U Manna-Whitney'a); *p<0,05 **p<0,01 ***p<0,001 istotność statystyczna

Źródło: opracowanie własne

Analizując średnie wartości BMI Z-score dla badanych dzieci, najbliższe wartości względem średniego wyniku ogólnego odnotowano w grupie 10–12-latków. Najwyższe wartości względem średniej były u najstarszych osób.

Wyniki BMI bliższe średniej dla ogółu odnotowano w grupie młodzieży.

5.8. Metody statystyczne

Analizę statystyczną zebranego materiału przeprowadzono w pakiecie Statistica 13.1. firmy StatSoft. Do analizy zmiennych posłużono się zarówno testami parametrycznymi, jak i testami nieparametrycznymi. Wybór tego typu testów uwarunkowany był niespełnieniem podstawowych założeń testów parametrycznych, tj. zgodności rozkładów badanych zmiennych z rozkładem normalnym, które zweryfikowano testem Shapiro-Wilka. Do oceny różnic w przeciętnym poziomie cechy liczbowej w dwóch populacjach u osob dorosłych posłużono się testem U Manna-Whitney'a, natomiast do oceny różnic w przeciętnym poziomie cechy liczbowej w dwóch populacjach u dzieci posłużono się testem t-Studenta dla zmiennych niezależnych lub alternatywnie nieparametrycznym testem U Manna-Whitney'a. Korelację dwóch zmiennych o rozkładzie normalnym określono za pomocą współczynnika korelacji liniowej Pearsona, a dla zmiennych niespełniających kryterium normalności rozkładu obliczono współczynnik korelacji rang Spearmana. Za poziom istotności statystycznej przyjęto $p < 0,05$.

Rozdział 6

Wyniki badań własnych

6.1. Analiza wybranych komponentów składu ciała zdrowych osób dorosłych

W tej części pracy przedstawiono zestawienia poszczególnych komponentów składu ciała oraz podjęto próbę odniesienia uzyskanych wyników do obowiązujących norm. Należy zwrócić uwagę na fakt, że w Polsce dotychczas nie opublikowano ujednoliconych reprezentatywnych norm składu ciała dla płci w różnych

Tabela 18. Wybrane komponenty składu ciała z uwzględnieniem wieku i płci

Zmienne	20-29 lat n=373		30-39 lat n=381		40-49 lat n=339		50-59 lat n=240		60 lat i więcej n=174		Razem n=1507	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Mężczyźni												
n	96		245		123		74		49		587	
FM [kg]	19,4	8,0	22,2	9,0	20,9	8,6	17,8	7,6	24,1	8,7	21,1	8,7
FM [%]	22,7	6,7	24,3	6,6	23,1	6,8	20,3	7,1	28,5	6,7	23,6	7,0
FFM [kg]	63,9	8,7	66,3	8,0	67,6	8,5	66,7	9,3	58,7	7,5	65,6	8,7
FFM [%]	77,4	6,7	75,7	6,6	76,5	7,1	78,7	8,9	71,5	6,7	76,2	7,2
BCM [kg]	38,4	5,9	39,8	5,8	40,1	6,4	38,9	6,8	30,6	5,3	38,8	6,5
BCM [%]	59,6	3,4	59,8	3,6	59,3	4,5	57,8	5,4	52,0	4,8	58,8	4,6
TBW [L]	47,0	5,7	48,4	6,3	49,7	6,2	49,0	6,8	46,5	6,2	48,4	6,3
TBW [%]	56,6	4,9	55,4	4,8	56,3	5,0	58,1	6,7	56,6	4,8	56,2	5,2
Kobiety												
n	277		136		216		166		125		920	
FM [kg]	17,5	8,1	21,0	9,5	22,9	11,2	24,7	9,7	29,2	9,2	22,2	10,3
FM [%]	27,2	6,7	29,7	7,7	30,9	8,0	32,8	7,4	39,4	6,7	31,1	8,3
FFM [kg]	44,2	5,0	46,3	5,6	47,5	6,0	47,7	5,3	43,3	5,2	45,8	5,7
FFM [%]	72,8	6,7	70,1	7,7	69,1	8,0	67,2	7,4	60,6	6,7	68,9	8,3
BCM [kg]	24,4	3,4	25,7	3,8	26,5	4,3	25,8	3,5	21,8	3,3	25,0	4,0
BCM [%]	54,9	2,9	55,5	3,7	55,2	3,5	53,7	3,5	50,2	4,0	54,2	3,8
TBW [L]	32,3	3,9	34,0	4,1	34,9	4,3	35,0	4,0	34,4	3,9	33,9	4,2
TBW [%]	53,2	5,3	51,3	5,6	50,7	6,2	49,3	5,1	48,2	5,2	51,0	5,8

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe

Źródło: opracowanie własne

przedziałach wiekowych, które byłyby walidowane na populacji Polaków. Istnieją tylko pojedyncze próby opracowania takich norm, jednakże są na niskich liczebnie populacjach bądź dotyczą wyrywkowych dziecięcych grup wiekowych. Z tego powodu przedstawione tabelarycznie bądź graficznie wyniki odnoszono do różnych norm – oddzielnie dla każdego komponentu składu ciała – aczkolwiek podjęto trud używania norm walidowanych na rasie kaukaskiej. Stosowano się także do norm będących integralną częścią oprogramowania (Bodygram1_31 firmy AKERN) walidowanych w głównej mierze na rasie kaukaskiej.

W tabeli 18 poglądowo przedstawiono strukturę poszczególnych komponentów składu ciała z podziałem na grupę wiekową i płeć. Zarówno masa tłuszczowa, jak i beztłuszczowa kształtowała się w poszczególnych latach różnie, bez wyraźnego trendu zmian. Jedyna zaobserwowana prawidłowość to procentowy spadek masy beztłuszczowej oraz wody w organizmie wraz z wiekiem u kobiet. Dodatkowo u płci żeńskiej można zauważyć niższe wartości FM do 39 roku życia (wg przyjętych przedziałów) vs. mężczyźni, natomiast po 40 roku życia kobiety notują o wiele wyższy przyrost tkanki tłuszczowej.

Tabela 19. Masa tłuszczowa z uwzględnieniem wieku i płci badanych

Masa tłuszczowa	20-29 lat		30-39 lat		40-49 lat		50-59 lat		60 lat i więcej		Razem	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Mężczyźni												
n	96		245		123		74		49		587	
Poniżej normy	12	12,5	39	15,9	25	20,3	28	37,8	4	8,2	108	18,4
W normie	12	12,5	28	11,4	15	12,2	19	25,7	6	12,2	80	13,6
Powyżej normy	72	75,0	178	72,7	83	67,5	27	36,5	39	79,6	399	68,0
Kobiety												
n	277		136		216		166		125		920	
Poniżej normy	10	3,6	20	14,7	26	12,0	38	22,9	8	6,4	102	11,1
W normie	32	11,6	18	13,2	34	15,7	22	13,3	3	2,4	109	11,8
Powyżej normy	235	84,8	98	72,1	156	72,2	106	63,9	114	91,2	709	77,1
Razem												
n	373		381		339		240		174		1507	
Poniżej normy	22	5,9	59	15,5	51	15,0	66	27,5	12	6,9	210	13,9
W normie	44	11,8	46	12,1	49	14,5	41	17,1	9	5,2	189	12,5
Powyżej normy	307	82,3	276	72,4	239	70,5	133	55,4	153	87,9	1108	73,5

Zaszeregowanie do poszczególnych kategorii na podstawie norm będących integralną częścią oprogramowania (Bodygram1_31 firmy AKERN).

Źródło: opracowanie własne

Wyniki pomiaru masy tłuszczowej w przypadku mężczyzn wskazywały w większości na wartości powyżej normy. Zdecydowanie widoczne było to w grupach wiekowych 20–29 lat, 30–39 lat, 40–49 lat oraz 60 lat i więcej. W przedziale wieku 50–59 lat

rozkład osób z wynikami poniżej normy, w normie i powyżej normy był na zbliżonym poziomie. Badane kobiety w każdym z przedziałów wiekowych uzyskiwały wyniki masy tłuszczowej powyżej normy (od 63,9% w przedziale wieku 50–59 lat do 91,2% w przedziale wieku 60 lat i więcej). Spośród ogółu badanych osób wyniki mieszczące się w normie uzyskało 13,6% mężczyzn oraz 11,8% kobiet, łącznie 12,5% badanych.

Tabela 20. Masa beztłuszczowa z uwzględnieniem wieku i płci badanych

Masa beztłuszczowa	20-29 lat		30-39 lat		40-49 lat		50-59 lat		60 lat i więcej		Razem	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Mężczyźni												
n	96		245		123		74		49		587	
Poniżej normy	64	66,7	160	65,3	73	59,3	16	21,6	34	69,4	347	59,1
W normie	20	20,8	28	11,4	14	11,4	31	41,9	11	22,4	104	17,7
Powyżej normy	12	12,5	57	23,3	36	29,3	27	36,5	4	8,2	136	23,2
Kobiety												
n	277		136		216		166		125		920	
Poniżej normy	214	77,3	109	80,1	174	80,6	106	63,9	114	91,2	717	77,9
W normie	35	12,6	8	5,9	16	7,4	38	22,9	6	4,8	103	11,2
Powyżej normy	28	10,1	19	14,0	26	12,0	22	13,3	5	4,0	100	10,9
Razem												
n	383		381		339		240		174		1507	
Poniżej normy	278	74,5	269	70,6	247	72,9	122	50,8	148	85,1	1064	70,6
W normie	55	14,7	36	9,4	30	8,8	69	28,8	17	9,8	207	13,7
Powyżej normy	40	10,7	76	19,9	62	18,3	49	20,4	9	5,2	236	15,7

Zaszeregowanie do poszczególnych kategorii na podstawie norm będących integralną częścią oprogramowania (Bodygram1_31 firmy AKERN)

Źródło: opracowanie własne

Wyniki pomiaru masy beztłuszczowej w przypadku mężczyzn wskazywały w większości na wartości poniżej zakładanej normy. Jedynie w przedziale wiekowym 50–59 lat odnotowano najwyższy odsetek osób z wynikami mieszczącymi się w normie (41,9%). Masa beztłuszczowa u kobiet w każdym z przyjętych przedziałów wiekowych znajdowała się w większości powyżej normy (od 63,9% w przedziale wieku 50–59 lat do 91,2% w przedziale wieku 60 lat i więcej). Spośród ogółu badanych osób wyniki mieszczące się w normie uzyskało 17,7% mężczyzn oraz 11,2% kobiet, łącznie 13,7% badanych.

Tabela 21 przedstawia wartość masy komórkowej (BCM) odniesionej do przyjętych norm dla wieku i płci, w przedziałach 10-letnich. Większość badanych osób miała wartość masy komórkowej w przyjętych granicach normy, 99,7% ogółu badanych, 99,5% mężczyzn oraz 99,9% kobiet.

Tabela 21. Masa komórkowa z uwzględnieniem wieku i płci badanych

Masa komórkowa	20-29 lat		30-39 lat		40-49 lat		50-59 lat		60 lat i więcej		Razem	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Mężczyźni												
n	96		245		123		74		49		587	
Poniżej normy	0	0,0	0	0,0	1	0,8	1	1,4	1	2,0	3	0,5
W normie	96	100,0	245	100,0	122	99,2	73	98,6	48	98,0	584	99,5
Powyżej normy	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Kobiety												
n	277		136		216		166		125		920	
Poniżej normy	1	0,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,1
W normie	276	99,6	136	100,0	216	100,0	166	100,0	125	100,0	919	99,9
Powyżej normy	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Razem												
n	383		381		339		240		174		1507	
Poniżej normy	1	0,3	0	0,0	1	0,3	1	0,4	1	0,6	4	0,3
W normie	372	99,7	381	100,0	338	99,7	239	99,6	173	99,4	1503	99,7
Powyżej normy	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0

Zaszeregowanie do poszczególnych kategorii na podstawie norm będących integralną częścią oprogramowania (Bodygram1_31 firmy AKERN)

Źródło: opracowanie własne

Tabela 22. Całkowita woda stroju z uwzględnieniem wieku i płci badanych

Całkowita woda stroju	20-29 lat		30-39 lat		40-49 lat		50-59 lat		60 lat i więcej		Razem	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Mężczyźni												
n		96		245		123		74		49		587
Poniżej normy	7	7,3	29	11,8	10	8,1	6	8,1	7	14,3	59	10,1
W normie	77	80,2	141	57,6	70	56,9	22	29,7	19	38,8	329	56,0
Powyżej normy	12	12,5	75	30,6	43	35,0	46	62,2	23	46,9	199	33,9
Kobiety												
n		277		136		216		166		125		920
Poniżej normy	11	4,0	18	13,2	16	7,4	2	1,2	0	0,0	47	5,1
W normie	227	81,9	74	54,4	115	53,2	90	54,2	77	61,6	583	63,4
Powyżej normy	39	14,1	44	32,4	85	39,4	74	44,6	48	38,4	290	31,5
Razem												
n		383		381		339		240		174		1507
Poniżej normy	18	4,8	47	12,3	26	7,7	8	3,3	7	4,0	106	7,0
W normie	304	81,5	215	56,4	185	54,6	112	46,7	96	55,2	912	60,5
Powyżej normy	51	13,7	119	31,2	128	37,8	120	50,0	71	40,8	489	32,4

Zaszeregowanie do poszczególnych kategorii na podstawie siatek centylowych dla rasy białej wg Chumlea i wsp. [2001]

Źródło: opracowanie własne

Wyniki pomiaru całkowitej wody ustroju (TBW) w większości mieściły się w granicach normy lub powyżej normy. W przypadku mężczyzn normę wartości TBW osiągnęło 56,0% badanych osób, najwięcej osób w wieku 20–29 lat (80,2%), najmniej zaś w wieku 50–59 lat (29,7%). W przypadku kobiet normę wartości TBW osiągnęło 63,4% badanych, najwięcej osób w wieku 20–29 lat (81,9%), najmniej zaś w wieku 40–49 lat (53,2%). W przypadku ogółu badanych wyniki mieszczące się w granicach normy uzyskało 60,5% badanych, poniżej normy 7,0%, natomiast powyżej normy 32,4% badanych.

W tabelach 23–25 oceniono zależności pomiędzy wartościami składu ciała a wiekiem badanych. Istotność statystyczną liczono dla danej grupy wiekowej w odniesieniu do poprzedniej, niższej grupy wiekowej.

Tabela 23. Komponenty składu ciała z uwzględnieniem wieku w grupie mężczyzn

Zmienne	20-29 lat		30-39 lat		40-49 lat		50-59 lat		60 lat i więcej		Razem	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Mężczyźni												
n	96		245		123		74		49		587	
FM [kg]	19,4	8,0	22,2**	9,0	20,9	8,6	17,8*	7,6	24,1***	8,7	21,1	8,7
FM [%]	22,7	6,7	24,3*	6,6	23,1	6,8	20,3**	7,1	28,5***	6,7	23,6	7,0
FFM [kg]	63,9	8,7	66,3**	8,0	67,6	8,5	66,7	9,3	58,7***	7,5	65,6	8,7
FFM [%]	77,4	6,7	75,7*	6,6	76,5	7,1	78,7**	8,9	71,5***	6,7	76,2	7,2
BCM [kg]	38,4	5,9	39,8**	5,8	40,1	6,4	38,9	6,8	30,6***	5,3	38,8	6,5
BCM [%]	59,6	3,4	59,8	3,6	59,3	4,5	57,8*	5,4	52,0***	4,8	58,8	4,6
TBW [L]	47,0	5,7	48,4**	6,3	49,7	6,2	49,0	6,8	46,5*	6,2	48,4	6,3
TBW [%]	56,6	4,9	55,4*	4,8	56,3	5,0	58,1*	6,7	56,6	4,8	56,2	5,2

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe, * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ istotność statystyczna różnic względem poprzedniej grupy (test U Manna-Whitney'a).

Źródło: opracowanie własne

Wyniki uzyskane przez badanych mężczyzn z grupy wiekowej 30–39 lat istotnie statystycznie różniły się względem badanych z grupy wiekowej 20–29 lat w przypadku wszystkich analizowanych parametrów. Parametry FM [kg], FM [%], FFM [kg], FFM [%], BCM [kg], TBW [L] wśród mężczyzn w wieku 30–39 lat były wyższe od tych samych parametrów w grupie wiekowej 20–29 lat (jedynie procentowa zawartość wody w organizmie była na niższym poziomie). Nie wykazano istotnej różnicy pomiędzy wynikami uzyskanymi w grupie wiekowej 40–49 lat względem grupy 30–39 lat. W grupie wiekowej 50–59 lat stwierdzono istotne statystycznie różnice w odniesieniu do grupy wiekowej 40–49 lat dla komponentów: FM [kg], FM [%], FFM [%], BCM [%] oraz TBW [%]. Wartości FM [kg], FM [%] i BCM [%] były

niższe w grupie 50–59-latków, parametry FFM [%] oraz TBW [%] wśród 50–59-latków były wyższe niż wśród 40–49-latków. Osoby w wieku 60 lat i powyżej uzyskały istotnie różne wartości wszystkich badanych parametrów (z wyjątkiem TBW [%]) w odniesieniu do osób w wieku 50–59 lat. Uzyskali oni wyższe wartości parametrów FM [kg] i FM [%], natomiast wartości pozostałych parametrów były niższe.

Tabela 24. Komponenty składu ciała z uwzględnieniem wieku w grupie kobiet

Zmienne	20-29 lat		30-39 lat		40-49 lat		50-59 lat		60 lat i więcej		Razem	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Kobiety												
n	277		136		216		166		125		920	
FM [kg]	17,5	8,1	21,0***	9,5	22,9	11,2	24,7*	9,7	29,2***	9,2	22,2	10,3
FM [%]	27,2	6,7	29,7***	7,7	30,9	8,0	32,8**	7,4	39,4***	6,7	31,1	8,3
FFM [kg]	44,2	5,0	46,3***	5,6	47,5*	6,0	47,7	5,3	43,3***	5,2	45,8	5,7
FFM [%]	72,8	6,7	70,1***	7,7	69,1	8,0	67,2**	7,4	60,6***	6,7	68,9	8,3
BCM [kg]	24,4	3,4	25,7**	3,8	26,5	4,3	25,8	3,5	21,8***	3,3	25,0	4,0
BCM [%]	54,9	2,9	55,5	3,7	55,2	3,5	53,7***	3,5	50,2***	4,0	54,2	3,8
TBW [L]	32,3	3,9	34,0***	4,1	34,9*	4,3	35,0	4,0	34,4	3,9	33,9	4,2
TBW [%]	53,2	5,3	51,3***	5,6	50,7	6,2	49,3**	5,1	48,2	5,2	51,0	5,8

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe, * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ istotność statystyczna różnic względem poprzedniej grupy (test U Manna-Whitney'a).

Źródło: opracowanie własne

Wyniki uzyskane przez badane kobiety z grupy wiekowej 30–39 lat istotnie statystycznie różniły się względem badanych z grupy wiekowej 20–29 lat w przypadku większości parametrów (FM [kg], FM [%], FFM [kg], FFM [%], BCM [kg], TBW [L], TBW [%]). Parametry FM [kg], FM [%], FFM [kg], BCM [kg], TBW [L] wśród kobiet w wieku 30–39 lat były wyższe niż wśród kobiet w wieku 20–29 lat, natomiast parametry FFM [%] oraz TBW [%] były niższe. Kobiety w wieku 40–49 lat miały istotnie wyższe wartości parametrów FFM [kg] oraz TBW [L] w odniesieniu do kobiet w wieku 30–39 lat. W grupie wiekowej 50–59 lat stwierdzono istotne statystycznie różnice w odniesieniu do grupy wiekowej 40–49 lat dla parametrów: FM [kg], FM [%], FFM [%], BCM [%] oraz TBW [%]. Wartości parametrów FM [kg] oraz FM [%] były wyższe w grupie 50–59 lat, a parametry FFM [%], BCM [%] oraz TBW [%] wśród 50–59 lat były niższe niż wśród kobiet w wieku 40–49 lat. Osoby w wieku 60 lat i powyżej uzyskały istotnie różne wartości wszystkich badanych komponentów składu ciała (poza TBW [kg] i TBW [%]) w odniesieniu do kobiet w wieku 50–59 lat. Osoby starsze uzyskały wyższe wartości parametrów FM [kg] i FM [%], a wartości pozostałych parametrów były na niższym poziomie.

Tabela 25. Komponenty składu ciała z uwzględnieniem wieku wśród ogółu badanych

Zmienne	20-29 lat		30-39 lat		40-49 lat		50-59 lat		60 lat i więcej		Razem	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Razem [n]	373		381		339		240		174		1507	
FM [kg]	18,0	8,1	21,7***	9,2	22,2	10,3	22,6	9,6	27,8***	9,3	21,8	9,7
FM [%]	26,0	7,0	26,2	7,5	28,1**	8,5	29,0	9,3	36,3***	8,3	28,2	8,6
FFM [kg]	49,3	10,6	59,2***	12,0	54,8***	11,9	53,6	11,1	47,7***	9,1	53,5	11,9
FFM [%]	74,0	7,0	73,7	7,5	71,8**	8,5	70,7	9,5	63,7***	8,3	71,7	8,6
BCM [kg]	28,0	7,4	34,8***	8,5	31,4***	8,3	29,9*	7,7	24,3***	5,6	30,3	8,5
BCM [%]	56,1	3,7	58,2***	4,2	56,7***	4,4	55,0***	4,6	50,7***	4,3	56,0	4,7
TBW [L]	36,1	7,8	43,2***	8,9	40,2***	8,8	39,3	8,2	37,8	7,2	39,5	8,7
TBW [%]	54,1	5,4	53,9	5,5	52,7**	6,4	52,0	6,9	50,6*	6,3	53,0	6,1

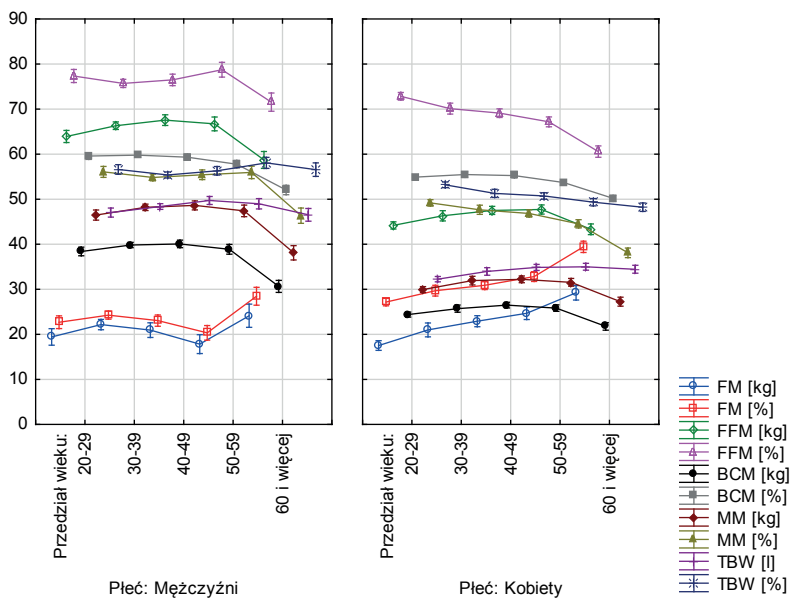
\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe, * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ istotność statystyczna różnic względem poprzedniej grupy (test U Manna-Whitney'a).

Źródło: opracowanie własne

Wyniki uzyskane przez wszystkich badanych z grupy wiekowej 30–39 lat istotnie statystycznie różniły się względem badanych z grupy wiekowej 20–29 lat w przypadku większości analizowanych parametrów (FM [kg], FFM [kg], BCM [kg], BCM [%], TBW [L]). Wśród ogółu badanych w wieku 30–39 lat wszystkie wskazane parametry były wyższe aniżeli wśród ogółu badanych w wieku 20–29 lat. Zaobserwowano istotne statystycznie różnice pomiędzy grupą wiekową 40–49 a 30–39 dla większości komponentów składu ciała. Jedynie procent masy tłuszczowej był wyższy w grupie wiekowej 40–49 lat w odniesieniu do grupy wiekowej 30–39 lat. Pozostałe komponenty masy beztłuszczowej były na wyższym poziomie w niższej grupie wiekowej. W grupie wiekowej 50–59 lat stwierdzono istotne statystycznie różnice w odniesieniu do grupy wiekowej 40–49 lat dla parametrów: BCM [kg] i BCM [%]. Wartości tych parametrów były wyższe w grupie 50–59-latków w odniesieniu do grupy 40–49-latków. Osoby w najstarszej grupie wiekowej uzyskały istotnie różne wartości wszystkich badanych parametrów (z wyjątkiem TBW [L]) w odniesieniu do osób w wieku 50–59 lat. Uzyskali oni wyższe wartości parametrów FM [kg] i FM [%], wartości zaś pozostałych parametrów były niższe.

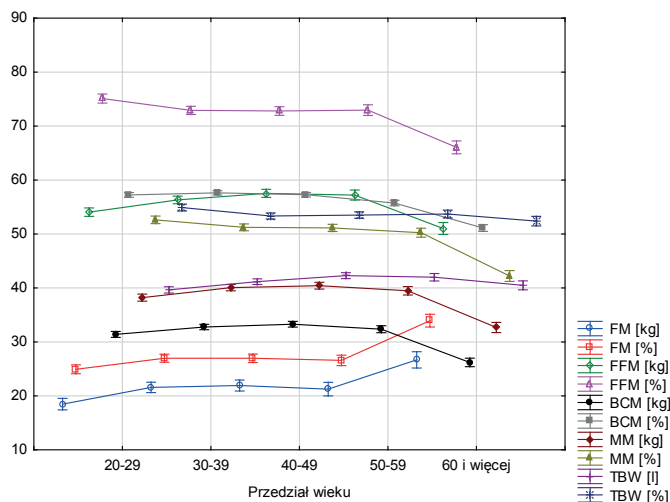
Na rycinach 17 i 18 (z wyodrębnieniem płci badanych oraz łącznie) przedstawiono wyniki poszczególnych komponentów składu ciała. Ryciny pokazują wartości średnie oraz 95,0% przedział ufności dla średnich (ramka oraz wąsy).

Rycina 17 obrazuje łączny rozkład wybranych komponentów składu ciała w zależności od grupy wiekowej. Porównując wyniki w zależności od płci badanych, mężczyźni mają średnio wyższe analizowane parametry z wyjątkiem tkanki tłuszczowej, procentowo i ilościowo wyższej u kobiet.



* FM – masa tłuszczowa; FFM – masa beztłuszczowa; BCM – masa komórkowa; MM – masa mięśniowa; TBW – całkowita woda ustroju

Rycina 17. Ilościowy i procentowy rozkład poszczególnych komponentów składu ciała dla różnych przedziałów wiekowych w zależności od płci



* FM – masa tłuszczowa; FFM – masa beztłuszczowa; BCM – masa komórkowa; MM – masa mięśniowa; TBW – całkowita woda ustroju

Rycina 18. Łączny ilościowy i procentowy rozkład poszczególnych komponentów składu ciała dla różnych przedziałów wiekowych

Rycina 18 przedstawia ilościowy i procentowy rozkład wybranych komponentów składu ciała w różnych grupach wiekowych. W całej badanej grupie obserwuje się trend stabilnych i równych wartości wszystkich parametrów składu ciała do 50-60 roku życia. W wieku geriatrycznym następuje spadek wszystkich parametrów beztłuszczowych przy jednoczesnym wzroście masy tłuszczowej.

6.2. Analiza kąta fazowego oraz wektora impedancji bioelektrycznej u zdrowych osób dorosłych

Tabela 26. Wartość kąta fazowego z uwzględnieniem wieku i płci

PA	20-29 lat n=373		30-39 lat n=381		40-49 lat n=339		50-59 lat n=240		60 lat i więcej n=174		Razem n=1507	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
n	96		245		123		74		49		587	
Mężczyźni	7,4	0,8	7,4	0,9	7,3	1,0	7,0	0,9	5,7	0,9	7,17	1,01
n	277		136		216		166		125		920	
Kobiety	6,3	0,7	6,4	0,8	6,3	0,8	6,0	0,7	5,4	0,7	6,15	0,80
n	373		381		339		240		174		1507	
Razem	6,6	0,8	7,0	1,0	6,7	1,0	6,3	0,9	5,5	0,8	6,55	1,02

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe

Źródło: opracowanie własne

Tabela 27. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem kąta fazowego) badanej grupy w odniesieniu do płci i różnych przedziałów wiekowych

PA	20-29 lat		30-39 lat		40-49 lat		50-59 lat		60 lat i więcej		Razem	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Mężczyźni (n)		96		245		123		74		49		587
Poniżej normy	2	2,1	9	3,7	3	2,4	2	2,7	9	18,4	25	4,3
W normie	94	97,9	236	96,3	120	97,6	72	97,3	40	81,6	562	95,7
Kobiety (n)		277		136		216		166		125		920
Poniżej normy	2	0,7	3	2,2	5	2,3	4	2,4	11	8,8	25	2,7
W normie	275	99,3	133	97,8	211	97,6	162	97,6	114	91,2	895	97,3
Razem (n)		383		381		339		240		174		1507
Poniżej normy	4	1,1	12	3,1	8	2,4	6	2,5	20	11,5	50	3,3
W normie	369	98,9	369	96,9	331	97,6	234	97,5	154	88,5	1457	96,7

Zaszeregowanie do poszczególnych kategorii na podstawie siatek centylowych wg Bosy-Westphal i wsp. [2006]. Wartości poniżej normy określono przy założeniu wartości PA poniżej 5 centyla dla zastosowanych siatek centylowych.

Źródło: opracowanie własne

W 28 tabela przedstawiono wartości średnie i odchylenia standardowego dla parametru kąta fazowego (PA) w poszczególnych przedziałach wiekowych oraz łącznie, uwzględniając płeć badanych osób. Wartości kąta fazowego były wyższe wśród osób młodszych oraz niższe wśród osób starszych. Należy zauważyć, że różnica w wartości kąta fazowego pomiędzy obiema płciami do 60 roku życia była na poziomie 1.0-1.1 (wyższy PA u mężczyzn). Różnica ta uległa zmniejszeniu do 0.3 u osób starszych.

Większość badanych (łącznie oraz z podziałem na płeć) miała wartość kąta fazowego w normie. Odsetek niskiego kąta fazowego dla całej badanej populacji wyniósł 3,3%. Nie uwidoczniło większych różnic w wartości kąta fazowego dla różnych przedziałów wiekowych pomiędzy obiema płciami. Jednakże zaobserwowano znacznie więcej wyników kąta fazowego poniżej normy u osób w wieku geriatrycznym (nawet pomimo mniejszej proporcjonalnie liczebności grupy 60 plus).

Tabela 28. Zestawienie różnic kąta fazowego dla płci i wieku

PA	20-29 lat n=373		30-39 lat n=381		40-49 lat n=339		50-59 lat n=240		60 lat i więcej n=174		Razem n=1507	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
n	96		245		123		74		49		587	
Mężczyźni	7,4	0,8	7,4	0,9	7,3	1,0	7,0*	0,9	5,7***	0,9	7,17	1,01
n	277		136		216		166		125		920	
Kobiety	6,3	0,7	6,4	0,8	6,3	0,8	6,0***	0,7	5,4***	0,7	6,15	0,80
n	373		381		339		240		174		1507	
Razem	6,6	0,8	7,0***	1,0	6,7***	1,0	6,3***	0,9	5,5***	0,8	6,55	1,02

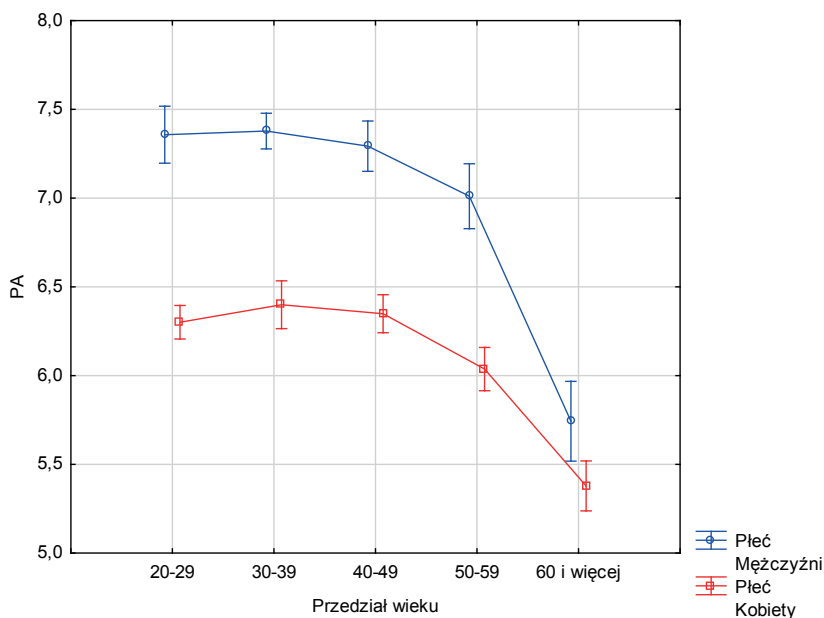
\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe, * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ istotność statystyczna różnic względem poprzedniej grupy (test U Manna-Whitney'a).

Źródło: opracowanie własne

Wśród ogółu badanych osób w wieku 30–39 lat zaobserwowano istotną statystycznie różnicę wartości kąta fazowego względem osób w wieku 20–29 lat. Istotna statystyczna różnica wystąpiła także pomiędzy wartościami kąta fazowego osób w wieku 40–49 lat względem wieku 30–39 lat, w wieku 50-59 lat względem 40–49 lat oraz w wieku 60 lat i więcej względem 50–59 lat. Osoby w wieku 30–39 lat uzyskały wartość kąta fazowego wyższą niż osoby w wieku 20–29 lat, natomiast w kolejnych grupach wiekowych obserwowano jego niższe wartości poprzedniej, młodszej grupy wiekowej.

Analizując wyniki ze względu na płeć, niższe wartości odnotowywano osobno wśród kobiet i wśród mężczyzn w wieku 50–59 lat względem 40–49 lat, oraz osobno wśród kobiet i mężczyzn w wieku 60 lat i powyżej, względem osób w wieku 50–59 lat.

Na rycinie 19 przedstawiono wyniki kąta fazowego w różnych przedziałach wiekowych dla obu płci. Pokazano wartości średnie oraz 95,0% przedział ufności dla średnich (ramka oraz wąsy).



Rycina 19. Wartość kąta fazowego w różnych przedziałach wiekowych, oddzielnie dla obu płci

Rycina 19 przedstawia rozkład wartości kąta fazowego dla kobiet i mężczyzn w różnych przedziałach wiekowych. Zestawione wartości po wstępnej stabilizacji ulegają obniżeniu w przedziale wiekowym 50-60 lat i są znacznie niższe w wieku geriatrycznym dla obu płci. Mężczyźni mają wyższy kąt fazowy w każdym przedziale wiekowym.

W tabeli 29 pokazano wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości (R/H) oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości (XC/H) z uwzględnieniem przedziału wiekowego i płci.

Wartości parametru R/H w kolejnych przedziałach wiekowych (od 20-29 lat do 50-59 lat) stopniowo malały, natomiast w przedziale wieku 60 lat i więcej uległy stabilizacji. Powyższy trend obserwowano u obu płci oddzielnie i łącznie.

Wartości parametru XC/H w kolejnych przedziałach wiekowych stopniowo ulegały obniżeniu. Zależność taką obserwowano wśród ogółu badanych, a także osobno u kobiet i mężczyzn.

Tabela 29. Wartości współrzędnych wektora impedancji bioelektrycznej (BIVA) (R/H, XC/R) z uwzględnieniem wieku i płci

Zmienne		20-29 lat n=373		30-39 lat n=381		40-49 lat n=339		50-59 lat n=240		60 lat i więcej n=174		Razem n=1507	
		\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
R/H Ohm/m	n	96		245		123		74		49		587	
	Mężczyźni	486,9	66,0	476,7	62,0	453,3***	58,0	441,8	73,5	446,2	57,2	466,5	64,9
	n	277		136		216		166		125		920	
	Kobiety	603,5	62,8	572,6***	75,9	543,5***	69,8	530,0*	63,2	532,4	60,7	561,9	72,9
	n	373		381		339		240		174		1507	
	Razem	573,5	81,5	510,9***	81,5	510,8	78,8	502,8	77,9	508,1	71,1	524,8	83,9

XC/H Ohm/m	n	96		245		123		74		49		587	
	Mężczyźni	62,6	8,3	61,6	7,9	58,5***	11,4	54,1***	8,0	44,7***	8,7	58,8	10,2
	n	277		136		216		166		125		920	
	Kobiety	66,4	8,1	63,9**	9,1	60,4***	8,5	55,9***	8,1	50,1***	8,3	60,5	10,0
	n	373		381		339		240		174		1507	
	Razem	65,4	8,3	62,4***	8,4	59,7***	9,7	55,4***	8,1	48,6***	8,7	59,8	10,1

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe, * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ istotność statystyczna różnic względem poprzedniej grupy (test U Manna-Whitney'a).

Źródło: opracowanie własne

Wśród ogółu badanych osób (a także w przypadku kobiet i mężczyzn osobno) obserwowano istotnie statystycznie niższą wartość analizowanego parametru w kolejnych przedziałach wiekowych.

W tabeli 30 ukazano korelacje zachodzące pomiędzy wartościami parametrów składu ciała badanych osób a wartościami rezystancji znormalizowanej do wysokości (R/H) oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości (XC/H) z uwzględnieniem przedziału wiekowego. Wartości korelacji R dodatnie lub ujemne świadczyły o jej kierunku. Wszystkie współistniejące korelacje dla ogółu badanych łącznie były na poziomie istotności statystycznej.

W przypadku korelacji parametru R/H z parametrami FM [kg], FFM [kg], FFM [%], BCM [kg], BCM [%], TBW [kg], TBW [%] zależności były ujemne, z parametrem FM [%] były dodatnie. Wzrost wartości parametru R/H powodował spadek wartości prawie wszystkich komponentów składu ciała oraz wzrost wartości parametru FM [%].

W przypadku korelacji parametru XC/R z parametrami FM [kg], FM [%], FFM [kg], BCM [kg] oraz TBW [kg] zależności były ujemne, natomiast z parametrami FFM [%], BCM [%] oraz TBW [%] były dodatnie. Wzrost wartości parametru XC/R powodował spadek wartości parametrów składu ciała taki jak: FM [kg],

FM [%], FFM [kg], BCM [kg] oraz TBW [kg] oraz wzrost wartości parametrów: FFM [%], BCM [%] oraz TBW [%].

Tabela 30. Wartości współrzędnych wektora impedancji bioelektrycznej (BIVA) (R/H, XC/R) a jego korelacja z komponentami składu ciała w poszczególnych przedziałach wiekowych

Zmienne	20-29 lat n=373		30-39 lat n=381		40-49 lat n=339		50-59 lat n=240		60 lat i więcej n=174		Razem n=1507	
	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p
n	373		381		339		240		174		1507	
R/H												
FM [kg]	-0,22	<0,001	-0,06	0,261	-0,15	0,006	-0,08	0,240	-0,19	0,014	-0,20	<0,001
FM [%]	0,17	0,001	0,39	<0,001	0,25	<0,001	0,29	<0,001	0,22	0,004	0,20	<0,001
FFM [kg]	-0,85	<0,001	-0,83	<0,001	-0,84	<0,001	-0,82	<0,001	-0,87	<0,001	-0,81	<0,001
FFM [%]	-0,17	0,001	-0,39	<0,001	-0,22	<0,001	-0,26	<0,001	-0,22	0,004	-0,18	<0,001
BCM [kg]	-0,85	<0,001	-0,85	<0,001	-0,83	<0,001	-0,81	<0,001	-0,81	<0,001	-0,77	<0,001
BCM [%]	-0,50	<0,001	-0,62	<0,001	-0,55	<0,001	-0,49	<0,001	-0,21	0,005	-0,44	<0,001
TBW [L]	-0,85	<0,001	-0,81	<0,001	-0,85	<0,001	-0,85	<0,001	-0,88	<0,001	-0,84	<0,001
TBW [%]	-0,18	0,001	-0,38	<0,001	-0,25	<0,001	-0,27	<0,001	-0,24	0,002	-0,22	<0,001
XC/H												
FM [kg]	-0,18	<0,001	-0,15	0,003	-0,18	0,001	-0,19	0,004	-0,17	0,026	-0,30	<0,001
FM [%]	0,03	0,544	0,10	0,053	0,00	0,993	0,02	0,773	0,08	0,291	-0,14	<0,001
FFM [kg]	-0,49	<0,001	-0,44	<0,001	-0,42	<0,001	-0,41	<0,001	-0,53	<0,001	-0,30	<0,001
FFM [%]	-0,03	0,507	-0,09	0,094	0,02	0,678	-0,02	0,739	-0,08	0,291	0,15	<0,001
BCM [kg]	-0,31	<0,001	-0,28	<0,001	-0,24	<0,001	-0,21	0,001	-0,19	0,014	-0,10	<0,001
BCM [%]	0,22	<0,001	0,22	<0,001	0,30	<0,001	0,32	<0,001	0,60	<0,001	0,40	<0,001
TBW [L]	-0,49	<0,001	-0,43	<0,001	-0,44	<0,001	-0,42	<0,001	-0,56	<0,001	-0,36	<0,001
TBW [%]	-0,04	0,490	-0,09	0,089	-0,00	0,932	-0,01	0,860	-0,10	0,185	0,07	0,004

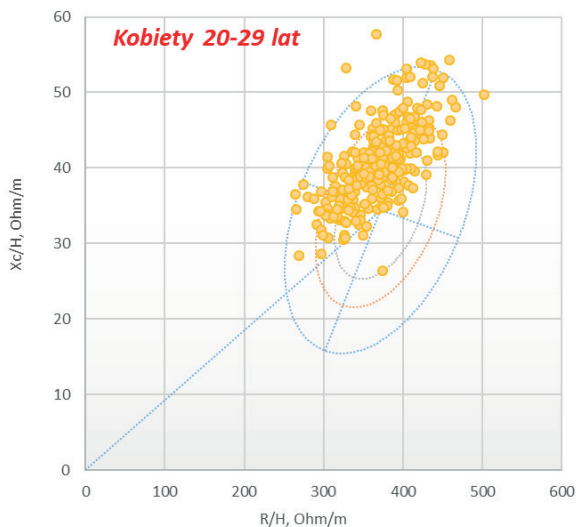
\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; R – wynik testu korelacji rang Spearmana; p – poziom istotności różnic

Źródło: opracowanie własne

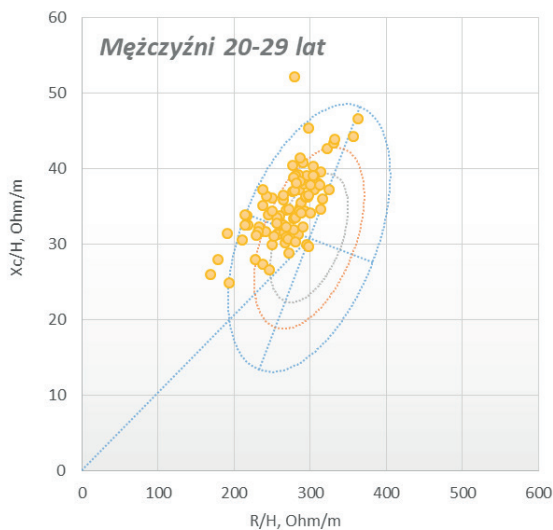
Poniżej przedstawiono rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w różnych grupach wiekowych dla obu płci oraz łącznie.

Rycina 20 prezentuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie wiekowej 20–29 lat kobiet. Wśród badanej populacji przeważał „atletyczny” typ budowy – przewaga procentowej (61,4%) wartości wektorów BIVA w lewym górnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy mięśniowej i komórkowej. Znaczna część badanych osób prezentowała także „szcuple” typ budowy – przewaga procentowej (19,8%) wartości wektorów BIVA w prawym górnym kwadrancie świadczącym o procen-

towo wyższym udziale masy beztłuszczowej. Dodatkowo 3,6% kobiet wykazywało górne przesunięcie wektora BIVA powyżej 95% przedziału elipsy wzdłuż osi „y”, co świadczy o odwodnieniu.

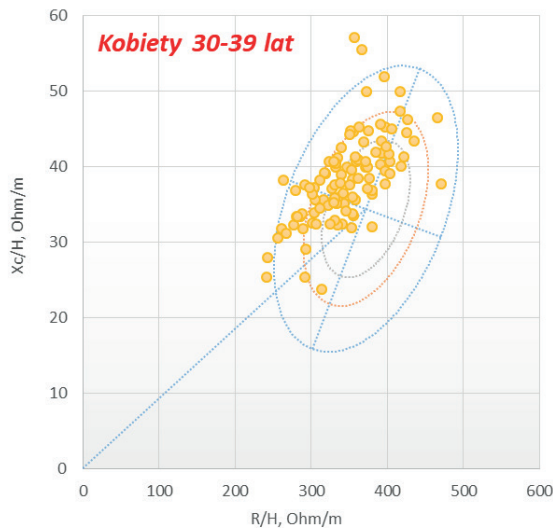


Rycina 20. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji kobiet w wieku 20–29 lat



Rycina 21. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji mężczyzn w wieku 20–29 lat

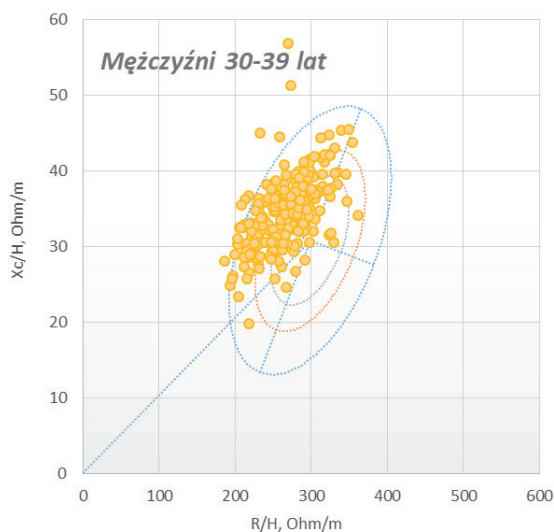
Rycina 21 prezentuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości $[R/H]$ oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości $[XC/H]$) w grupie wiekowej 20–29 lat mężczyzn. Wśród badanej populacji przeważał „atletyczny” typ budowy – przewaga procentowej (65,3%) wartości wektorów BIVA w lewym górnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy mięśniowej i komórkowej. Znaczna część badanych osób prezentowała także „otyły” typ budowy – przewaga procentowej (30,5%) wartości wektorów BIVA w lewym dolnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy tłuszczowej. Dodatkowo 3,6% mężczyzn wykazywało dolne przesunięcie wektora BIVA powyżej 95% przedziału elipsy wzdłuż osi „y”, co świadczy o przewodnieniu.



Rycina 22. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji kobiet w wieku 30–39 lat

Rycina 22 pokazuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości $[R/H]$ oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości $[XC/H]$) w grupie wiekowej 30–39 lat kobiet. Wśród badanej populacji przeważał „atletyczny” typ budowy – przewaga procentowej (52,8%) wartości wektorów BIVA w lewym górnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy mięśniowej i komórkowej. Znaczna część badanych osób prezentowała także „otyły” typ budowy – przewaga procentowej (34,0%) wartości wektorów BIVA w lewym dolnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy tłuszczowej. Dodatkowo 2,0% kobiet wy-

kazywało górne, a 3,0% dolne przesunięcie wektora BIVA powyżej 95% przedziału elipsy wzdłuż osi „y”, co świadczy odpowiednio o odwodnieniu lub przewodnieniu.

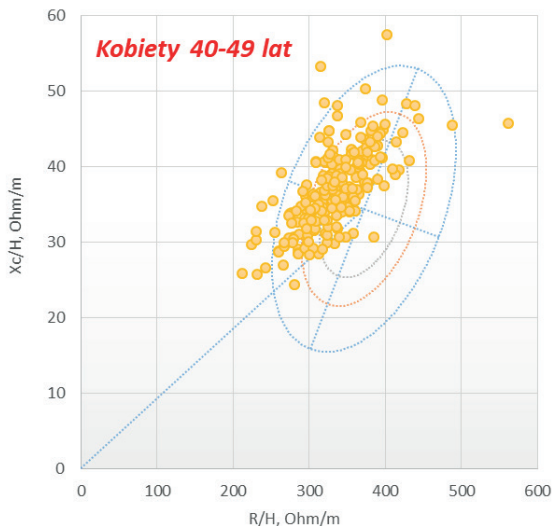


Rycina 23. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji mężczyzn w wieku 30–39 lat

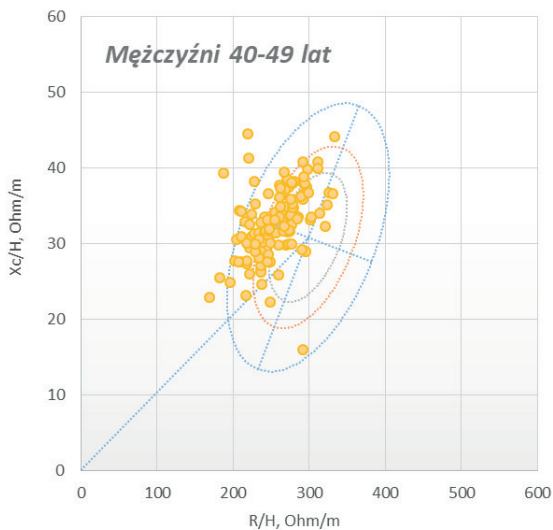
Rycina 23 prezentuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie wiekowej 30–39 lat mężczyzn. Wśród badanej populacji przeważał „atletyczny” typ budowy – przewaga procentowej (56,0%) wartości wektorów BIVA w lewym górnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy mięśniowej i komórkowej. Znaczna część badanych osób prezentowała także „otyły” typ budowy – przewaga procentowej (38,0%) wartości wektorów BIVA w lewym dolnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy tłuszczowej. Dodatkowo 3,2% mężczyzn wykazywało górne przesunięcie wektora BIVA powyżej 95% przedziału elipsy wzdłuż osi „y”, co świadczy o odwodnieniu.

Rycina 24 przedstawia rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie wiekowej 40–49 lat kobiet. Wśród badanej populacji przeważał „otyły” typ budowy – przewaga procentowej (47,3%) wartości wektorów BIVA w lewym dolnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy tłuszczowej. Znaczna część badanych osób prezentowała także „atletyczny” typ budowy – przewaga procentowej (46,2%)

wartości wektorów BIVA w lewym górnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy mięśniowej i komórkowej. Dodatkowo 4,0% kobiet wykazywało dolne, a 2,5% górne przesunięcie wektora BIVA powyżej 95% przedziału elipsy wzdłuż osi „y”, co świadczy odpowiednio o przewodnieniu lub odwodnieniu.

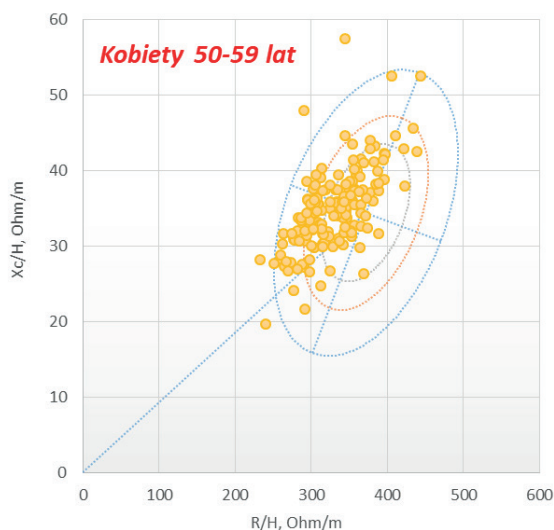


Rycina 24. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji kobiet w wieku 40–49 lat



Rycina 25. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji mężczyzn w wieku 40–49 lat

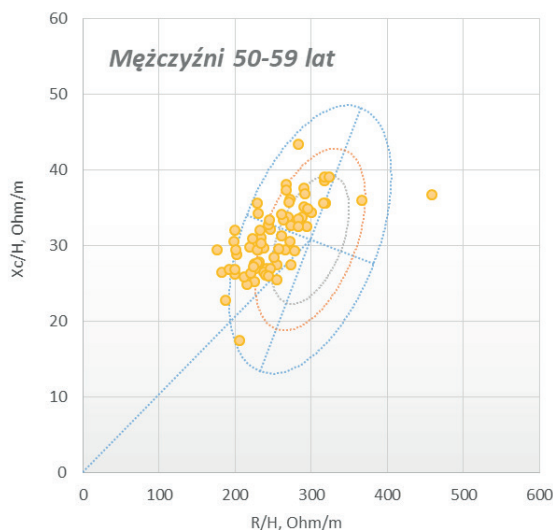
Rycina 25 pokazuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości $[R/H]$ oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości $[XC/H]$) w grupie wiekowej 40–49 lat mężczyzn. Wśród badanej populacji przeważał „otyły” typ budowy – przewaga procentowej (54,5%) wartości wektorów BIVA w lewym dolnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy tłuszczowej. Znaczna część badanych osób prezentowała także „atletyczny” typ budowy – przewaga procentowej (40,5%) wartości wektorów BIVA w lewym górnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy mięśniowej i komórkowej. Dodatkowo 2,8% mężczyzn wykazywało górne, a 1,4% dolne przesunięcie wektora BIVA powyżej 95% przedziału elipsy wzdłuż osi „y”, co świadczy odpowiednio o odwodnieniu lub przewodnieniu.



Rycina 26. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji kobiet w wieku 50–59 lat

Rycina 26 przedstawia rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości $[R/H]$ oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości $[XC/H]$) w grupie wiekowej 50–59 lat kobiet. Wśród badanej populacji przeważał „otyły” typ budowy – przewaga procentowej (55,3%) wartości wektorów BIVA w lewym dolnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy tłuszczowej. Znaczna część badanych osób prezentowała także „atletyczny” typ budowy – przewaga procentowej (34,6%) wartości wektorów BIVA w lewym górnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy mięśniowej i komórkowej. Dodatkowo 1,9% kobiet wykazywało dolne, a 1,2%

górne przesunięcie wektora BIVA powyżej 95% przedziału elipsy wzdłuż osi „y”, co świadczy odpowiednio o przewodnieniu lub odwodnieniu.

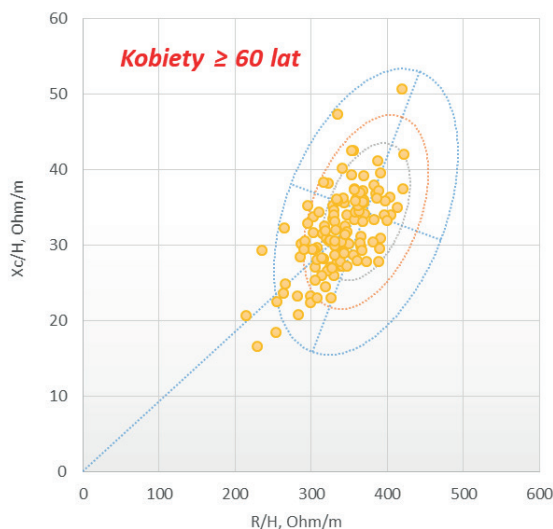


Rycina 27. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji mężczyzn w wieku 50–59 lat

Rycina 27 prezentuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie wiekowej 50–59 lat mężczyzn. Wśród badanej populacji przeważał „otyły” typ budowy – przewaga procentowej (60,3%) wartości wektorów BIVA w lewym dolnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy tłuszczowej. Znaczna część badanych osób prezentowała także „atletyczny” typ budowy – przewaga procentowej (45,6%) wartości wektorów BIVA w lewym górnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy mięśniowej i komórkowej. Dodatkowo 8,2% mężczyzn wykazywało dolne, a 1,4% górne przesunięcie wektora BIVA powyżej 95% przedziału elipsy wzdłuż osi „y”, co świadczy odpowiednio o przewodnieniu lub odwodnieniu.

Rycina 28 obrazuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie wiekowej ≥ 60 lat kobiet. Wśród badanej populacji przeważał „otyły” typ budowy – przewaga procentowej (55,6%) wartości wektorów BIVA w lewym dolnym kwadrancie świadczącym o procentowo

wyższym udziale masy tłuszczowej. Znaczna część badanych osób prezentowała także „atletyczny” typ budowy – przewaga procentowej (22,6%) wartości wektorów BIVA w lewym górnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy mięśniowej i komórkowej. Dodatkowo 3,5% kobiet wykazywało dolne przesunięcie wektora BIVA powyżej 95% przedziału elipsy wzdłuż osi „y”, co świadczy o przewodnieniu.



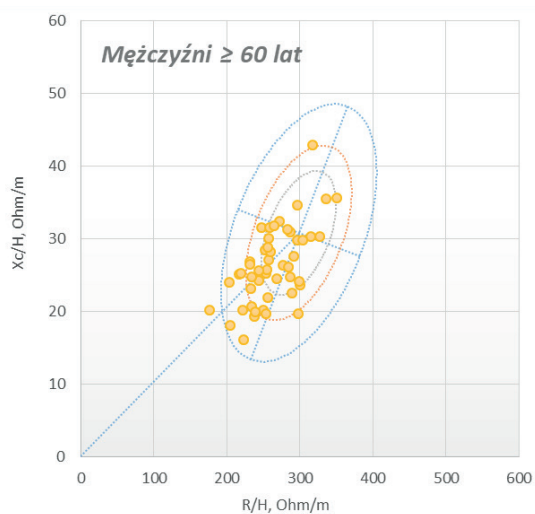
Rycina 28. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji kobiet w wieku ≥ 60 lat

Co ciekawe, w tej grupie wiekowej znaczny odsetek wyników mieścił się w prawym dolnym i prawym górnym kwadrancie (12,2% vs. 9,6%), co może świadczyć o niedożywieniu bądź przewadze szczupłej masy ciała.

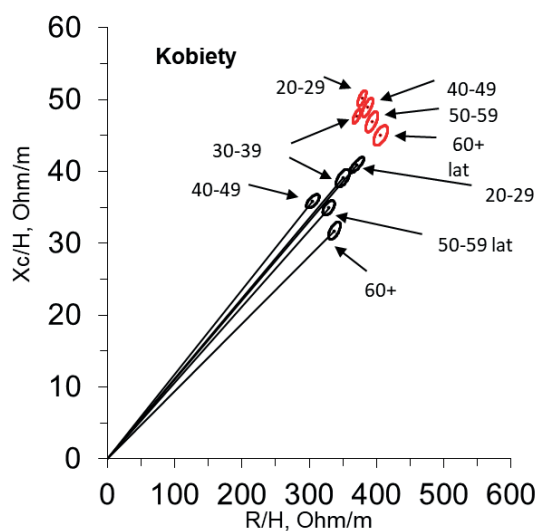
Rycina 29 prezentuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie wiekowej ≥ 60 lat mężczyzn.

Wśród badanej populacji przeważał „otyły” typ budowy – przewaga procentowej (68,7%) wartości wektorów BIVA w lewym dolnym kwadrancie świadczącym o procentowo wyższym udziale masy tłuszczowej. Pozostałe wyniki w stosunkowo równy sposób rozkładały się na pozostałe kwadranty (16,7% – niedożywienie, 8,3% – szczupła masa, 6,2% – umięśnienie).

Dodatkowo 1,0% mężczyzn wykazywał dolne przesunięcie wektora BIVA powyżej 95% przedziału elipsy wzdłuż osi „y”, co świadczy o przewodnieniu.



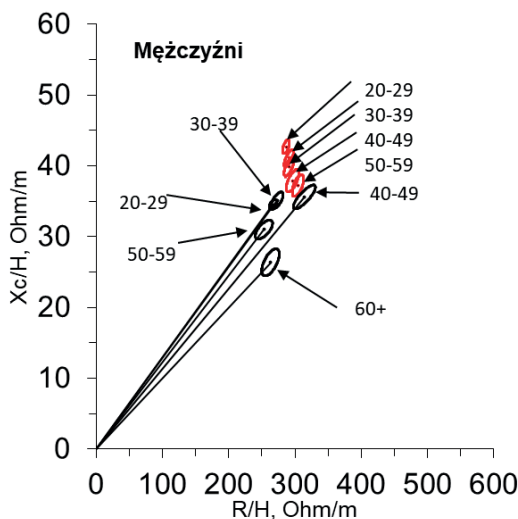
Rycina 29. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji mężczyzn w wieku ≥ 60 lat



Rycina 30. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla całej populacji kobiet w poszczególnych przedziałach wiekowych. Elipsy ufności dla grupy badanej zaznaczono w kolorze czarnym, dla grupy referencyjnej w kolorze czerwonym

Rycina 30 prezentuje średni rozkład elips wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w poszczególnych grupach

wiekowych kobiet – oddzielnie dla grupy badanej i referencyjnej. Widoczna jest znaczna różnica w rozkładzie poszczególnych elips tolerancji dla badanych grup wiekowych, jak również w odniesieniu do wartości referencyjnych będących częścią oprogramowania BIVA. Różnica względem wartości referencyjnych dotyczy niższych wartości wektorów rezystancji i reaktancji dla badanej grupy kobiet. Co ciekawe, kobiety w najmłodszym przedziale wiekowym mają wyższe wartości R/H i XC/H (najdalej wysunięta elipsa BIVA wzdłuż osi „Y” i „X”) od wartości dla grupy najstarszych kobiet (elipsa przesunięta w dół dla obu osi).



Rycina 31. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla całej populacji mężczyzn w poszczególnych przedziałach wiekowych. Elipsy ufności dla grupy badanej zaznaczono w kolorze czarnym, dla grupy referencyjnej w kolorze czerwonym

Rycina 31 przedstawia średni rozkład elips wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w poszczególnych grupach wiekowych mężczyzn – oddzielnie dla grupy badanej i referencyjnej.

Widoczna jest różnica w rozkładzie poszczególnych elips tolerancji dla badanych grup wiekowych, jak również w odniesieniu do wartości referencyjnych będących częścią oprogramowania BIVA, jednakże mniej znaczna w odniesieniu do kobiet. Różnica względem wartości referencyjnych dotyczy niższych wartości wektorów rezystancji i reaktancji dla badanej grupy mężczyzn. Co ciekawe, elipsy mężczyzn w znacznym stopniu pokrywają się w wieku 20–29 lat oraz 30–39 lat. Wartości R/H i XC/H dla najstarszej grupy mężczyzn – podobnie jak u kobiet – są usytuowane najniżej w odniesieniu do pozostałych elips grupy badanej jak i elips referencyjnych.

6.3. Analiza wybranych komponentów składu ciała dzieci zdrowych

W tabelach 31–38 przedstawiono wszystkie parametry charakteryzujące skład ciała badanych z uwzględnieniem podziału na wiek i płeć.

Tabela 31. Skład ciała badanych dzieci z uwzględnieniem wieku i płci

Zmienne	4-6 lat		7-9 lat		10-12 lat		13-15 lat		16-18 lat		Razem	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Chłopcy [n]	8		73		139		76		29		325	
R [Ohm]	716,1	41,4	696,4	73,0	658,6	71,9	562,2	70,4	509,6	35,9	632,7	92,6
XC [Ohm]	66,8	10,2	65,6	7,0	64,6	7,9	59,3	5,7	61,3	5,6	63,3	7,5
FM [kg]	5,2	1,9	9,9	4,6	10,2	5,7	11,3	7,0	12,2	5,2	10,4	5,8
FM [%]	20,8	6,3	28,7	8,3	21,9	7,3	18,4	7,7	16,9	5,2	22,1	8,4
FFM [kg]	19,2	1,6	23,3	4,7	33,9	6,7	47,3	8,8	58,1	7,0	36,5	12,9
FFM [%]	79,2	6,3	71,3	8,3	78,1	7,3	81,6	7,7	83,1	5,2	77,9	8,4
BCM [kg]	9,6	1,0	11,8	2,6	17,5	3,6	25,7	5,6	33,6	4,4	19,4	7,8
BCM [%]	49,9	3,6	50,5	2,8	51,6	2,6	54,0	2,6	57,7	2,9	52,4	3,4
TBW [L]	14,9	1,3	18,1	3,8	28,7	4,2	37,1	5,5	42,5	5,1	29,2	9,1
TBW [%]	61,4	5,1	55,6	6,4	66,9	8,2	64,4	6,7	60,8	3,8	63,1	8,3
Dziewczeta [n]	7		67		132		63		13		282	
R [Ohm]	766,9	60,9	736,0	61,8	705,9	82,1	652,7	69,4	656,2	40,2	700,4	79,2
XC [Ohm]	70,0	7,3	70,3	8,1	69,0	7,4	67,3	8,1	72,5	7,2	69,1	7,8
FM [kg]	5,6	3,0	9,9	4,7	11,1	5,0	15,7	7,9	13,9	4,3	11,8	6,1
FM [%]	22,6	8,4	30,1	8,8	25,1	5,7	26,9	6,5	24,4	5,0	26,6	7,1
FFM [kg]	17,8	2,0	21,5	2,7	31,8	6,1	39,9	6,5	42,0	3,8	31,3	8,8
FFM [%]	77,4	8,4	69,9	8,9	74,9	5,7	73,1	6,5	75,6	5,0	73,4	7,1
BCM [kg]	8,8	1,2	11,0	1,9	16,5	3,7	21,2	3,7	23,1	2,3	16,3	5,1
BCM [%]	49,5	2,7	50,8	3,4	51,6	2,9	53,1	2,9	55,1	2,7	51,9	3,2
TBW [L]	13,7	1,6	16,7	2,1	25,2	3,3	29,6	3,4	30,7	2,8	24,1	5,9
TBW [%]	59,6	6,5	54,3	6,8	60,2	6,8	54,8	6,8	55,4	3,7	57,3	7,2
Razem [n]	15		140		271		139		42		607	
R [Ohm]	739,8	56,0	715,4	70,5	681,7	80,5	603,2	83,1	555,0	77,9	664,1	93,0
XC [Ohm]	68,3	8,8	67,8	7,9	66,7	8,0	62,9	7,9	64,8	8,0	66,0	8,1
FM [kg]	5,4	2,4	9,9	4,6	10,6	5,4	13,3	7,7	12,7	4,9	11,1	6,0
FM [%]	21,7	7,2	29,3	8,5	23,4	6,7	22,3	8,3	19,2	6,2	24,2	8,1
FFM [kg]	18,5	1,9	22,4	3,9	32,9	6,5	44,0	8,6	53,1	9,7	34,1	11,5
FFM [%]	78,3	7,2	70,6	8,6	76,6	6,7	77,7	8,3	80,8	6,2	75,8	8,1
BCM [kg]	9,2	1,1	11,4	2,3	17,0	3,7	23,7	5,3	30,3	6,2	18,0	6,8
BCM [%]	49,7	3,1	50,6	3,1	51,6	2,8	53,6	2,8	56,9	3,1	52,2	3,3
TBW [L]	14,3	1,5	17,5	3,2	27,0	4,2	33,7	6,0	38,9	7,1	26,8	8,2
TBW [%]	60,6	5,6	54,9	6,6	63,6	8,3	60,1	8,3	59,2	4,5	60,4	8,3

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe.

Źródło: opracowanie własne

W tabeli 31 poglądowo przedstawiono strukturę poszczególnych komponentów składu ciała z podziałem na grupę wiekową i płeć badanych dzieci oraz łącznie.

U chłopców widoczny był cykliczny przyrost masy tłuszczowej w kg z jednoczesnym spadkiem jego procentowego udziału w całej masie ciała. Tendencję wzrostową zaobserwowano także w przyroście z wiekiem pozostałych komponentów składu ciała w kg, z jednoczesnym ich zróżnicowanym rozkładem w stosunku procentowym.

U dziewcząt zidentyfikowano wzrost FM do 13–15 roku życia, a następnie jego lekki spadek. Również u dziewcząt obserwowano wzrost pozostałych komponentów składu ciała z wiekiem przy zróżnicowanym rozkładzie procentowym.

Wyniki łączne nie odbiegały znacząco od trendu zmian prezentowanych w podgrupach płci. Warto zauważyć tendencję spadku wartości rezystancji i reaktancji wraz z wiekiem (jedynie reaktancja po 15 roku życia nieznacznie ulega wzrostowi).

W tabeli 32 przedstawiono wszystkie parametry charakteryzujące skład ciała badanych z uwzględnieniem podziału na kategorię wiekową i płeć. Analizując wyniki, bez podziału na płeć, wartość wszystkich parametrów była istotnie statystycznie wyższa w grupie młodzieży. Co ciekawe, przyjęta kategoria wiekowa nie różnicowała wartości parametru FM [kg] wśród chłopców oraz XC wśród dziewcząt.

Tabela 32. Skład ciała badanych z uwzględnieniem szerszej kategorii wiekowej (dzieci, młodzież) i płci

Zmienne	Dzieci 4-9 lat		Młodzież 10-18 lat		Razem 4-18 lat		p
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	
1	2	3	4	5	6	7	8
Chłopcy [n]	81		244		325		
R [Ohm]	698,4	70,6	610,9	88,8	632,7	92,6	<0,001*
XC [Ohm]	65,7	7,3	62,6	7,4	63,3	7,5	0,001
FM [kg]	9,4	4,6	10,8	6,1	10,4	5,8	0,158
FM [%]	27,9	8,4	20,2	7,5	22,1	8,4	<0,001
FFM [kg]	22,9	4,6	41,0	11,5	36,5	12,9	<0,001
FFM [%]	72,1	8,4	79,8	7,5	77,9	8,4	<0,001
BCM [kg]	11,6	2,6	22,0	7,1	19,4	7,8	<0,001
BCM [%]	50,4	2,9	53,1	3,3	52,4	3,4	<0,001
TBW [L]	17,8	3,7	33,0	7,0	29,2	9,1	<0,001
TBW [%]	56,1	6,5	65,4	7,6	63,1	8,3	<0,001*
Dziewczęta [n]	74		208		282		
R [Ohm]	738,9	62,0	686,7	80,3	700,4	79,2	<0,001
XC [Ohm]	70,2	8,0	68,7	7,7	69,1	7,8	0,253
FM [kg]	9,5	4,8	12,7	6,3	11,8	6,1	<0,001
FM [%]	29,4	9,0	25,6	5,9	26,6	7,1	0,001
FFM [kg]	21,2	2,8	34,9	7,3	31,3	8,8	<0,001
FFM [%]	70,6	9,1	74,4	5,9	73,4	7,1	0,001
BCM [kg]	10,8	1,9	18,3	4,4	16,3	5,1	<0,001

1	2	3	4	5	6	7	8
BCM [%]	50,7	3,3	52,3	3,1	51,9	3,2	<0,001
TBW [L]	16,4	2,3	26,9	4,0	24,1	5,9	<0,001
TBW [%]	54,8	6,9	58,3	7,1	57,3	7,2	<0,001*
Razem [n]	155		452		607		
R [Ohm]	717,7	69,4	645,8	93,0	664,1	93,0	<0,001*
XC [Ohm]	67,9	8,0	65,4	8,1	66,0	8,1	0,001
FM [kg]	9,5	4,6	11,7	6,3	11,1	6,0	<0,001
FM [%]	28,6	8,7	22,7	7,3	24,2	8,1	<0,001*
FFM [kg]	22,1	3,9	38,2	10,2	34,1	11,5	<0,001
FFM [%]	71,4	8,7	77,3	7,3	75,8	8,1	<0,001*
BCM [kg]	11,2	2,3	20,3	6,3	18,0	6,8	<0,001
BCM [%]	50,5	3,1	52,7	3,2	52,2	3,3	<0,001
TBW [L]	17,2	3,2	30,2	6,6	26,8	8,2	<0,001
TBW [%]	55,5	6,7	62,1	8,2	60,4	8,3	<0,001*

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; p – poziom istotności różnic pomiędzy grupą dzieci i młodzieży (test U Manna-Whitney'a lub t-Studenta dla zmiennych niezależnych – gwiazdką oznaczono test t-Studenta).

Źródło: opracowanie własne

Tabela 33. Masa tłuszczowa z uwzględnieniem wieku i płci badanych dzieci

Masa tłuszczowa (FM)	4-6 lat		7-9 lat		10-12 lat		13-15 lat		16-18 lat		Razem	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Chłopcy [n]	8		73		139		76		29		325	
≤ 2 centyl	0	0,0	2	2,7	2	1,4	3	3,9	0	0,0	7	2,2
3-8 centyl	2	25,0	1	1,4	7	5,0	2	2,6	0	0,0	12	3,7
9-91 centyl	6	75,0	41	56,2	99	71,2	57	75,0	27	93,1	230	70,8
92-97 centyl	0	0,0	15	20,5	23	16,5	11	14,5	2	6,9	51	15,7
≥ 98 centyl	0	0,0	14	19,2	8	5,8	3	3,9	0	0,0	25	7,7
Dziewczęta [n]	7		67		132		63		13		282	
≤ 2 centyl	2	28,6	2	3,0	1	0,8	0	0,0	1	7,7	6	2,1
3-8 centyl	0	0,0	7	10,4	5	3,8	1	1,6	0	0,0	13	4,6
9-91 centyl	5	71,4	45	67,2	113	85,6	50	79,4	12	92,3	225	79,8
92-97 centyl	0	0,0	10	14,9	12	9,1	10	15,9	0	0,0	32	11,3
≥ 98 centyl	0	0,0	3	4,5	1	0,8	2	3,2	0	0,0	6	2,1
Razem [n]	15		140		271		139		42		607	
≤ 2 centyl	2	13,3	4	2,9	3	1,1	3	2,2	1	2,4	13	2,1
3-8 centyl	2	13,3	8	5,7	12	4,4	3	2,2	0	0,0	25	4,1
9-91 centyl	11	73,3	86	61,4	212	78,2	107	77,0	39	92,9	455	75,0
92-97 centyl	0	0,0	25	17,9	35	12,9	21	15,1	2	4,8	83	13,7
≥ 98 centyl	0	0,0	17	12,1	9	3,3	5	3,6	0	0,0	31	5,1

Centyle dla masy tłuszczowej wyliczono na podstawie siatek centylowych Wells i wsp. [2014].

Źródło: opracowanie własne

Większość badanych dzieci (70,8%) miała masę tłuszczową w szerokiej normie na poziomie 9–91 centyla. Prawie jedna czwarta dzieci prezentowała tkankę tłuszczową na poziomie powyżej 91 centyla z czego 7,7% powyżej 97 centyla. Niskie bądź skrajnie niskie wartości masy tłuszczowej miało 5,9% dzieci.

Wśród chłopców FM powyżej 91 centyla najczęściej występowała w wieku 7–9 lat (39,7%), natomiast najniższe wartości FM (poniżej 9 centyla) zaobserwowano wśród najmłodszych dzieci (25,0%).

Wśród dziewcząt FM powyżej 91 centyla najczęściej występowała w wieku 7–9 lat (19,4%) oraz 13–15 lat (19,1%), natomiast najniższe wartości FM (poniżej 9 centyla) zaobserwowano wśród najmłodszych dzieci (28,6% – wszystkie wyniki poniżej 3 centyla).

Tabela 34. Masa tłuszczowa z uwzględnieniem kategorii wiekowej i płci badanych

Masa tłuszczowa	Dzieci 4-9 lat		Młodzież 10-18 lat		Razem	
	n	%	n	%	n	%
Chłopcy						
n	81		244		325	
≤ 2 centyl	2	2,5	5	2,1	7	2,2
3-8 centyl	3	3,7	9	3,7	12	3,7
9-91 centyl	47	58,0	183	75,0	230	70,8
92-97 centyl	15	18,5	36	14,8	51	15,7
≥ 98 centyl	14	17,3	11	4,5	25	7,7
Dziewczęta						
n	74		208		282	
≤ 2 centyl	4	5,4	2	1,0	6	2,1
3-8 centyl	7	9,5	6	2,9	13	4,6
9-91 centyl	50	67,6	175	84,1	225	79,8
92-97 centyl	10	13,5	22	10,6	32	11,3
≥ 98 centyl	3	4,1	3	1,4	6	2,1
Razem						
n	155		452		607	
≤ 2 centyl	6	3,9	7	1,5	13	2,1
3-8 centyl	10	6,5	15	3,3	25	4,1
9-91 centyl	97	62,6	358	79,2	455	75,0
92-97 centyl	25	16,1	58	12,8	83	13,7
≥ 98 centyl	17	11,0	14	3,1	31	5,1

Centyle dla masy tłuszczowej wyliczono na podstawie siatek centylowych Wells i wsp. [2014].

Źródło: opracowanie własne

Zarówno wśród dzieci, jak i młodzieży płci męskiej najwięcej badanych mieściło się w przedziale 9–91 centyla (kolejno 58,0% oraz 75,0% badanych).

Wartości najwyższe powyżej 91 centyla częściej odnotowywano wśród dzieci (4–9 lat).

Także u dziewcząt w obu przedziałach wiekowych najwięcej badanych mieściło się w przedziale 9–91 centyla (kolejno 67,6% oraz 84,1% badanych).

Wśród ogółu badanych dzieci i młodzieży największy odsetek uzyskanych wyników mieścił się w zakresie dla prawidłowej masy tłuszczowej (kolejno 62,6% oraz 79,2%).

Tabela 35. Masa beztłuszczowa z uwzględnieniem wieku i płci badanych

Masa beztłuszczowa	4-6 lat		7-9 lat		10-12 lat		13-15 lat		16-18 lat		Razem	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Chłopcy												
n	8		73		139		76		29		325	
≤ 2 centyl	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
3-8 centyl	0	0,0	1	1,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,3
9-91 centyl	6	75,0	32	43,8	64	46,0	30	39,5	19	65,5	151	46,5
92-97 centyl	1	12,5	30	41,1	30	21,6	23	30,3	8	27,6	92	28,3
≥ 98 centyl	1	12,5	10	13,7	45	32,4	23	30,3	2	6,9	81	24,9
Dziewczeta												
n	7		67		132		63		13		282	
≤ 2 centyl	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
3-8 centyl	0	0,0	0	0,0	1	0,8	0	0,0	0	0,0	1	0,4
9-91 centyl	6	85,7	59	88,1	77	58,3	45	71,4	11	84,6	198	70,2
92-97 centyl	0	0,0	3	4,5	21	15,9	11	17,5	2	15,4	37	18,6
≥ 98 centyl	1	14,3	5	7,5	33	25,0	7	11,1	0	0,0	46	23,2
Razem												
n	15		140		271		139		42		607	
≤ 2 centyl	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
3-8 centyl	0	0,0	1	0,7	1	0,4	0	0,0	0	0,0	2	0,3
9-91 centyl	12	80,0	91	65,0	141	52,0	75	54,0	30	71,4	349	57,5
92-97 centyl	1	6,7	33	23,6	51	18,8	34	24,5	10	23,8	129	21,3
≥ 98 centyl	2	13,3	15	10,7	78	28,8	30	21,6	2	4,8	127	20,9

Centyle dla masy beztłuszczowej wyliczono na podstawie siatek centylowych Wells i wsp. [2014].

Źródło: opracowanie własne

Największy odsetek wyników wartości masy beztłuszczowej dla całej badanej grupy mieścił się w normie (57,5% dla przedziału 9–91 centyla). Odnotowano marginalny odsetek wyników niskich wartości masy beztłuszczowej. Pozostały odsetek dzieci mieścił się powyżej przyjętej normy.

Analizując wartości masy beztłuszczowej dla obu płci, uzyskano tożsamy rozkład odsetkowy, z przewagą prawidłowej masy beztłuszczowej u dziewczynek (70,2%).

Tabela 36. Masa beztłuszczowa z uwzględnieniem kategorii wiekowej i płci badanych

Masa beztłuszczowa	Dzieci 4-9 lat		Młodzież 10-18 lat		Razem	
	n	%	n	%	n	%
Chłopcy						
n	81		244		325	
≤ 2 centyl	0	0,0	0	0,0	0	0,0
3-8 centyl	1	1,2	0	0,0	1	0,3
9-91 centyl	38	46,9	113	46,3	151	46,5
92-97 centyl	31	38,3	61	25,0	92	28,3
≥ 98 centyl	11	13,6	70	28,7	81	24,9
Dziewczęta						
n	74		208		282	
≤ 2 centyl	0	0,0	0	0,0	0	0,0
3-8 centyl	0	0,0	1	0,5	1	0,4
9-91 centyl	65	87,8	133	63,9	198	70,2
92-97 centyl	3	4,1	34	16,3	37	13,1
≥ 98 centyl	6	8,1	40	19,2	46	16,3
Razem						
n	155		452		607	
≤ 2 centyl	0	0,0	0	0,0	0	0,0
3-8 centyl	1	0,6	1	0,2	2	0,3
9-91 centyl	103	66,5	246	54,4	349	57,5
92-97 centyl	34	21,9	95	21,0	129	21,3
≥ 98 centyl	17	11,0	110	24,3	127	20,9

Centyle dla masy beztłuszczowej wyliczono na podstawie siatek centylowych Wells i wsp. [2014].

Źródło: opracowanie własne

Analizując wyniki w szerszych kategoriach wiekowych, najczęściej odnotowywano wartości mieszczące się w granicach 9–91 centyla.

Wyniki chłopców w wieku dziecięcym częściej znajdowały się ponadto w obrębie 91–98 centyla, natomiast wyniki chłopców w wieku młodzieńczym w obrębie ≥ 98 centyla.

Wyniki dziewcząt w wieku dziecięcym w zdecydowanej większości skupione były wokół 9–91 centyla, a wyniki dziewcząt w wieku młodzieńczym były bardziej różnorodne, częściej mieściły się w zakresie powyżej 91 centyla.

Tabela 37. Skład ciała dzieci z uwzględnieniem wieku i płci

Zmienne	4-6 lat		7-9 lat		10-12 lat		13-15 lat		16-18 lat		Razem	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Chłopcy												
n	8		73		139		76		29		325	
FM [kg]	5,2	1,9	9,9**	4,6	10,2	5,7	11,3	7,0	12,2	5,2	10,4	5,8
FM [%]	20,8	6,3	28,7*	8,3	21,9***	7,3	18,4**	7,7	16,9	5,2	22,1	8,4
FFM [kg]	19,2	1,6	23,3**	4,7	33,9***	6,7	47,3***	8,8	58,1***	7,0	36,5	12,9
FFM [%]	79,2	6,3	71,3*	8,3	78,1***	7,3	81,6**	7,7	83,1	5,2	77,9	8,4
BCM [kg]	9,6	1,0	11,8**	2,6	17,5***	3,6	25,7***	5,6	33,6***	4,4	19,4	7,8
BCM [%]	49,9	3,6	50,5	2,8	51,6**	2,6	54,0***	2,6	57,7***	2,9	52,4	3,4
TBW [L]	14,9	1,3	18,1**	3,8	28,7***	4,2	37,1***	5,5	42,5***	5,1	29,2	9,1
TBW [%]	61,4	5,1	55,6*	6,4	66,9***	8,2	64,4*	6,7	60,8**	3,8	63,1	8,3
Dziewczęta												
n	7		67		132		63		13		282	
FM [kg]	5,6	3,0	9,9*	4,7	11,1	5,0	15,7***	7,9	13,9	4,3	11,8	6,1
FM [%]	22,6	8,4	30,1	8,8	25,1***	5,7	26,9	6,5	24,4	5,0	26,6	7,1
FFM [kg]	17,8	2,0	21,5**	2,7	31,8***	6,1	39,9***	6,5	42,0	3,8	31,3	8,8
FFM [%]	77,4	8,4	69,9	8,9	74,9***	5,7	73,1	6,5	75,6	5,0	73,4	7,1
BCM [kg]	8,8	1,2	11,0**	1,9	16,5***	3,7	21,2***	3,7	23,1*	2,3	16,3	5,1
BCM [%]	49,5	2,7	50,8	3,4	51,6*	2,9	53,1**	2,9	55,1	2,7	51,9	3,2
TBW [L]	13,7	1,6	16,7**	2,1	25,2***	3,3	29,6***	3,4	30,7	2,8	24,1	5,9
TBW [%]	59,6	6,5	54,3	6,8	60,2***	6,8	54,8***	6,8	55,4	3,7	57,3	7,2
Razem												
n	15		140		271		139		42		607	
FM [kg]	5,4	2,4	9,9***	4,6	10,6	5,4	13,3***	7,7	12,7	4,9	11,1	6,0
FM [%]	21,7	7,2	29,3**	8,5	23,4***	6,7	22,3	8,3	19,2*	6,2	24,2	8,1
FFM [kg]	18,5	1,9	22,4***	3,9	32,9***	6,5	44,0***	8,6	53,1***	9,7	34,1	11,5
FFM [%]	78,3	7,2	70,6**	8,6	76,6***	6,7	77,7	8,3	80,8*	6,2	75,8	8,1
BCM [kg]	9,2	1,1	11,4***	2,3	17,0***	3,7	23,7***	5,3	30,3***	6,2	18,0	6,8
BCM [%]	49,7	3,1	50,6	3,1	51,6***	2,8	53,6***	2,8	56,9***	3,1	52,2	3,3
TBW [L]	14,3	1,5	17,5***	3,2	27,0***	4,2	33,7***	6,0	38,9***	7,1	26,8	8,2
TBW [%]	60,6	5,6	54,9**	6,6	63,6***	8,3	60,1***	8,3	59,2	4,5	60,4	8,3

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ istotność statystyczna różnic względem poprzedniej grupy (test U Manna-Whitney'a).

Źródło: opracowanie własne

W tabeli 38 przedstawiono zestawienie komponentów składu ciała dla obu płci z uwzględnieniem istotności współistniejących różnic w różnych przedziałach wiekowych.

Wykazano obecność istotnych statystycznie różnic pomiędzy wynikami uzyskanymi przez badane dzieci w poszczególnych grupach wiekowych. Dzieci w każdej

kolejno analizowanej grupie wiekowej miały zazwyczaj istotnie statystycznie wyższe wartości tłuszczowej i beztłuszczowej masy ciała mierzonej w kilogramach (litrach dla TBW). Procentowy rozkład powyższych parametrów był zróżnicowany. Podobne zależności uzyskano dla grupy dziewcząt oraz dla całej badanej populacji.

Tabela 38. Skład ciała badanej grupy dzieci i młodzieży

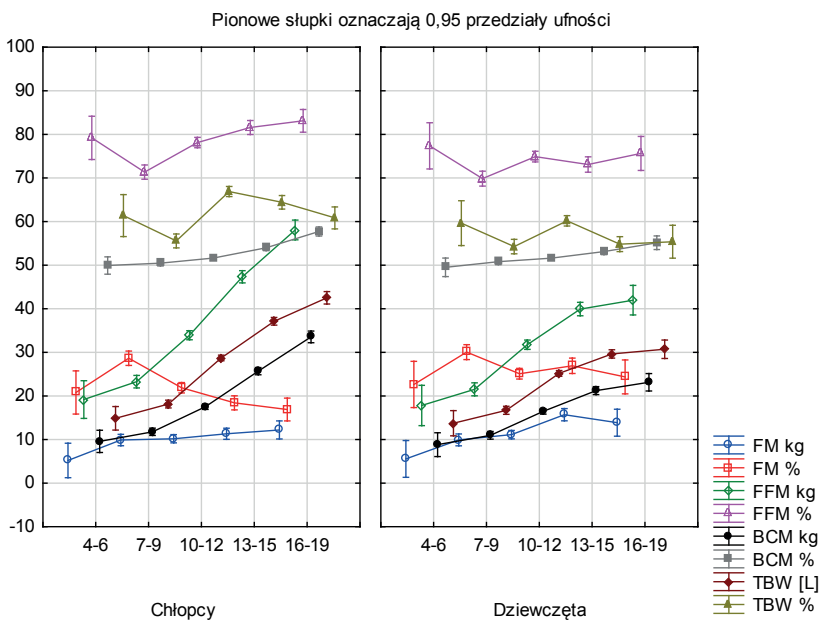
Zmienne	Dzieci 4-9 lat		Młodzież 10-18 lat		Razem 4-18 lat		p
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	
Chłopcy [n]	81		244		325		
FM [kg]	9,4	4,6	10,8	6,1	10,4	5,8	0,158
FM [%]	27,9	8,4	20,2***	7,5	22,1	8,4	<0,001
FFM [kg]	22,9	4,6	41,0***	11,5	36,5	12,9	<0,001
FFM [%]	72,1	8,4	79,8***	7,5	77,9	8,4	<0,001
BCM [kg]	11,6	2,6	22,0***	7,1	19,4	7,8	<0,001
BCM [%]	50,4	2,9	53,1***	3,3	52,4	3,4	<0,001
TBW [L]	17,8	3,7	33,0***	7,0	29,2	9,1	<0,001
TBW [%]	56,1	6,5	65,4***	7,6	63,1	8,3	<0,001
Dziewczęta [n]	74		208		282		
FM [kg]	9,5	4,8	12,7***	6,3	11,8	6,1	<0,001
FM [%]	29,4	9,0	25,6**	5,9	26,6	7,1	0,001
FFM [kg]	21,2	2,8	34,9***	7,3	31,3	8,8	<0,001
FFM [%]	70,6	9,1	74,4**	5,9	73,4	7,1	0,001
BCM [kg]	10,8	1,9	18,3***	4,4	16,3	5,1	<0,001
BCM [%]	50,7	3,3	52,3***	3,1	51,9	3,2	<0,001
TBW [L]	16,4	2,3	26,9***	4,0	24,1	5,9	<0,001
TBW [%]	54,8	6,9	58,3***	7,1	57,3	7,2	<0,001
Razem [n]	155		452		607		
FM [kg]	9,5	4,6	11,7***	6,3	11,1	6,0	<0,001
FM [%]	28,6	8,7	22,7***	7,3	24,2	8,1	<0,001
FFM [kg]	22,1	3,9	38,2***	10,2	34,1	11,5	<0,001
FFM [%]	71,4	8,7	77,3***	7,3	75,8	8,1	<0,001
BCM [kg]	11,2	2,3	20,3***	6,3	18,0	6,8	<0,001
BCM [%]	50,5	3,1	52,7***	3,2	52,2	3,3	<0,001
TBW [L]	17,2	3,2	30,2***	6,6	26,8	8,2	<0,001
TBW [%]	55,5	6,7	62,1***	8,2	60,4	8,3	<0,001

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ istotność statystyczna różnic pomiędzy grupą dzieci i młodzieży (test U Manna-Whitney'a lub t-Studenta dla zmiennych niezależnych – pogrubioną czcionką test t-Studenta).

Źródło: opracowanie własne

W grupie młodzieży względem dzieci wartości wszystkich komponentów składu ciała w większości różniły się istotnie statystycznie ($p \leq 0,001$) poza warto-

ścią zmiennej FM [kg] w grupie chłopców ($p=0.158$). Wszystkie parametry składu ciała badanych, poza FM [%] były wyższe w grupie młodzieży. Wartość FM [%] była na wyższym poziomie w grupie dzieci.



Rycina 32. Ilościowy i procentowy rozkład poszczególnych komponentów składu ciała dla różnych przedziałów wiekowych badanych dzieci, w zależności od płci

* FM – masa tłuszczowa; FFM – masa beztłuszczowa; BCM – masa komórkowa; TBW – całkowita woda ustroju; uzyskane wyniki przedstawiono w postaci wykresów ramkowych. Punkt środkowy oznaczał średnią, „wąsy” – 95,0% przedział ufności dla średniej.

Rycina 32 prezentuje łączny rozkład wybranych komponentów składu ciała w zależności od grupy wiekowej i płci badanych dzieci. Porównując przedstawione wyniki w zależności od płci badanych, chłopcy mają średnio wyższe wartości poszczególnych komponentów składu ciała, z wyjątkiem tkanki tłuszczowej, procentowo i ilościowo wyższej u dziewcząt.

Rycina 33 przedstawia łączny rozkład wybranych komponentów składu ciała dla szerszych przedziałów wiekowych (dzieci i młodzież) w grupie chłopców i dziewcząt. Porównując wyniki w zależności od grupy wiekowej, chłopcy w wieku młodzieńczym mają średnio wyższe wartości poszczególnych komponentów składu ciała od rówieśników w wieku dziecięcym, z wyjątkiem tkanki tłuszczowej. Podobna tendencja występuje w grupie dziewcząt.

W tabeli 39 ukazano wyniki średnie i odchylenie standardowe dla kąta fazowego, uwzględniając wiek badanych i płeć. Średnia wartość PA wynosiła w grupie chłopców $5,8 \pm 0,7$, w grupie dziewcząt $5,7 \pm 0,6$ oraz w przypadku ogółu badanych $5,7 \pm 0,7$. Wraz z wiekiem wartość kąta fazowego wzrastała.

Tabela 40. Wartości kąta fazowego z uwzględnieniem szerszych kategorii wiekowych oraz płci badanych dzieci

Zmienne	Dzieci 4-9 lat		Młodzież 10-18 lat		Razem 4-18 lat	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Chłopcy						
n	81		244		325	
PA	5,4	0,5	5,9	0,7	5,8	0,7
Dziewczęta						
n	74		208		282	
PA	5,5	0,7	5,7	0,6	5,7	0,6
Razem						
n	155		452		607	
PA	5,4	0,6	5,8	0,6	5,7	0,7

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; PA – kąt fazowy

Źródło: opracowanie własne

Tabela 41. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem kąta fazowego) badanej grupy w odniesieniu do płci i różnych przedziałów wiekowych

Kąt fazowy (PA)	4-6 lat		7-9 lat		10-12 lat		13-15 lat		16-18 lat		Razem	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Chłopcy												
n	8		73		139		76		29		325	
Poniżej normy	0	0,0	2	2,7	5	3,6	0	0,0	0	0,0	7	2,2
W normie	8	100,0	71	97,3	134	96,4	76	100,0	29	100,0	318	97,9
Dziewczęta												
n	7		67		132		63		13		282	
Poniżej normy	0	0,0	0	0,0	3	2,3	0	0,0	0	0,0	3	1,1
W normie	7	100,0	67	100,0	129	97,7	63	100,0	13	100,0	279	98,9
Razem												
n	15		140		271		139		42		607	
Poniżej normy	0	0,0	2	1,4	8	3,0	0	0,0	0	0,0	10	1,6
W normie	15	100,0	138	98,5	263	97,0	139	100,0	42	100,0	597	98,4

Zaszeregowanie do poszczególnych kategorii na podstawie siatek centylowych wg Bosa-Westphal i wsp. [2006]. Wartości poniżej normy określono przy założeniu wartości PA poniżej 5 centyla dla zastosowanych siatek centylowych.

Źródło: opracowanie własne

W tabeli 40 ukazano wyniki średnie i odchylenie standardowe dla kąta fazowego, uwzględniając szersze kategorie wiekowe (dzieci i młodzież). Średnia wartość PA wynosiła w grupie dzieci $5,4 \pm 0,6$, w grupie młodzieży $5,8 \pm 0,6$ oraz w przypadku ogółu badanych $5,7 \pm 0,7$. Wraz z wiekiem wartość kąta fazowego wzrastała.

Badani w większości posiadali wynik kąta fazowego mieszczący się w normie (zarówno wynik ogólny, jak i przy podziale na płeć). Najwięcej dzieci z wartością PA poniżej normy odnotowano w grupie 10–12-latków dla obu płci.

Tabela 42. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem kąta fazowego) badanej grupy w odniesieniu do płci i różnych szerszych przedziałów wiekowych (dzieci, młodzież)

Kąt fazowy (PA)	Dzieci 4-9 lat		Młodzież 10-18 lat		Razem	
	n	%	n	%	n	%
Chłopcy						
n	81		244		325	
Poniżej normy	2	2,5	5	2,0	7	2,2
W normie	79	97,5	239	97,9	318	97,9
Dziewczęta						
n	74		208		282	
Poniżej normy	0	0,0	3	1,4	3	1,1
W normie	74	100,0	205	98,6	279	98,9
Razem						
n	155		452		607	
Poniżej normy	2	1,3	8	1,8	10	1,6
W normie	153	98,7	444	98,2	587	98,4

Zaszeregowanie do poszczególnych kategorii na podstawie siatek centylowych wg Bosy-Westphal i wsp. [2006]. Wartości poniżej normy określono przy założeniu wartości PA poniżej 5 centyla dla zastosowanych siatek centylowych.

Źródło: opracowanie własne

Wynik kąta fazowego w normie miało łącznie 98,4% badanych. Wyniki wartości kąta fazowego dla dzieci i młodzieży były na podobnym poziomie. Nie obserwowano także różnic w wartości PA ze względu na płeć.

Wyniki kąta fazowego różniły się istotnie statystycznie w grupie chłopców w kategorii wiekowej 10–12 lat względem kategorii wiekowej 7–9 lat, w kategorii wiekowej 13–15 lat względem kategorii wiekowej 10–12 lat oraz w kategorii wiekowej 16–18 lat względem kategorii wiekowej 13–15 lat. Wraz z wyższym przedziałem wieku wartość PA wzrastała.

W grupie dziewcząt istotne statystycznie różnice w wynikach kąta fazowego obserwowano w kategorii wiekowej 10–12 lat względem kategorii wiekowej 7–9 lat oraz w kategorii wiekowej 13–15 lat względem kategorii wiekowej 10–12 lat. Wraz z wyższym przedziałem wieku wartość PA wzrastała.

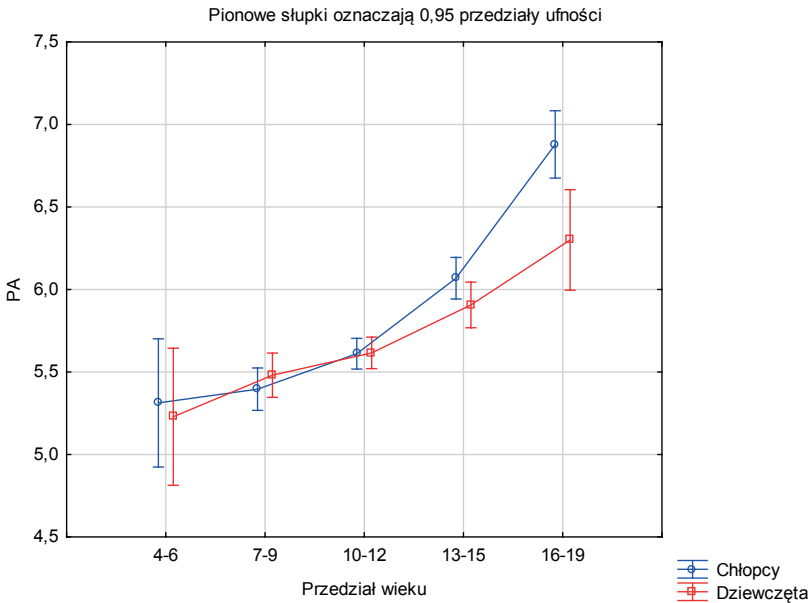
Tabela 43. Zestawienie różnic kąta fazowego dla płci i wieku badanych dzieci

Zmienne	4-6 lat		7-9 lat		10-12 lat		13-15 lat		16-18 lat		Razem	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Chłopcy												
n	8		73		139		76		29		325	
PA	5,3	0,6	5,4	0,5	5,6**	0,5	6,1***	0,5	6,9***	0,7	5,8	0,7
Dziewczęta												
n	7		67		132		63		13		282	
PA	5,2	0,5	5,5	0,7	5,6*	0,6	5,9**	0,6	6,3	0,6	5,7	0,6
Razem												
n	15		140		271		139		42		607	
PA	5,3	0,5	5,4	0,6	5,6***	0,5	6,0***	0,6	6,7***	0,7	5,7	0,7

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe ; * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ istotność statystyczna różnic względem poprzedniej grupy (test U Manna-Whitney'a).

Źródło: opracowanie własne

Wśród ogółu badanych istotne statystycznie różnice w wynikach kąta fazowego obserwowano w kategorii wiekowej 10–12 lat względem kategorii wiekowej 7–9 lat oraz w kategorii wiekowej 13–15 lat względem kategorii wiekowej 10–12 lat oraz w kategorii wiekowej 13–15 lat względem kategorii wiekowej 10–12 lat. Wraz z wyższym przedziałem wieku wartość PA wzrastała.



Rycina 34. Wartość kąta fazowego w różnych przedziałach wiekowych, oddzielnie dla obu płci

Rycina 34 przedstawia rozkład wartości kąta fazowego dla dziewcząt i chłopców w różnych przedziałach wiekowych. Zestawione wartości PA wzrastały wraz z wiekiem u obu płci.

Tabela 44. Zestawienie różnic kąta fazowego z uwzględnieniem szerszych przedziałów wiekowych (dzieci, młodzież)

Zmienne	Dzieci 4-9 lat		Młodzież 10-18 lat		Razem 4-18 lat		p
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	
Chłopcy							
n	81		244		325		
PA	5,4	0,5	5,9	0,7	5,8	0,7	<0,001***
Dziewczęta							
n	74		208		282		
PA	5,5	0,7	5,7	0,6	5,7	0,6	<0,001***
Razem							
n	155		452		607		
PA	5,4	0,6	5,8	0,6	5,7	0,7	<0,001***

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ istotność statystyczna względem poprzedniej grupy (test U Manna-Whitney'a).

Źródło: opracowanie własne

Wyniki kąta fazowego różniły się istotnie statystycznie, uwzględniając podział badanych na dzieci i młodzież ($p < 0,001$). Zarówno w przypadku dziewcząt, jak i chłopców, wyższe wartości kąta fazowego obserwowano w grupie młodzieży.

W tabeli 45 pokazano wartości rezystancji oraz wartości reaktancji z uwzględnieniem przedziału wiekowego i płci badanych dzieci.

Wartości parametru R w kolejnych przedziałach wiekowych stopniowo malały. Powyższy trend obserwowano wśród obu płci tak oddzielnie, jak i łącznie.

Wartości parametru XC w kolejnych przedziałach wiekowych stopniowo ulegały obniżeniu. Zależność taką obserwowano wśród ogółu badanych, a także osobno wśród dziewcząt i chłopców. Istotne statystycznie zależności dotyczyły starszych grup wiekowych.

W tabeli 46 ukazano korelacje zachodzące pomiędzy wartościami parametrów R/H oraz XC/R a wybranymi komponentami składu ciała.

Biorąc pod uwagę ogół badanych łącznie, prawie wszystkie korelacje były istotne statystycznie, poza procentową wartością TBW. Uwzględniając przedziały wiekowe, niewielka część korelacji okazała się statystycznie nieistotna. Wartości korelacji R dodatnie lub ujemne świadczyły natomiast o jej kierunku.

Tabela 45. Wyniki R oraz XC z uwzględnieniem wieku i płci

Zmienne	4-6 lat		7-9 lat		10-12 lat		13-15 lat		16-18 lat		Razem	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Chłopcy												
n	8		73		139		76		29		325	
R	716,1	41,4	696,4	73,0	658,6***	71,9	562,2***	70,4	509,6**	35,9	632,7	92,6
XC	66,8	10,2	65,6	7,0	64,6	7,9	59,3***	5,7	61,3	5,6	63,3	7,5
Dziewczęta												
n	7		67		132		63		13		282	
R	766,9	60,9	736,0	61,8	705,9*	82,1	652,7***	69,4	656,2	40,2	700,4	79,2
XC	70,0	7,3	70,3	8,1	69,0	7,4	67,3	8,1	72,5*	7,2	69,1	7,8
Razem												
n	15		140		271		139		42		607	
R	739,8	56,0	715,4	70,5	681,7***	80,5	603,2***	83,1	555,0**	77,9	664,1	93,0
XC	68,3	8,8	67,8	7,9	66,7	8,0	62,9***	7,9	64,8	8,0	66,0	8,1

\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ istotność statystyczna różnic względem poprzedniej grupy (test U Manna-Whitney'a).

Źródło: opracowanie własne

Tabela 46. Korelacje R/H oraz R/XC z FM, FFM, TBW, BCM z uwzględnieniem wieku

Zmienne	4-6 lat n=15		7-9 lat n=140		10-12 lat n=271		13-15 lat n=139		16-18 lat n=42		Razem n=607		
	R/r	p	R/r	p	R/r	p	R/r	p	R/r	p	R/r	p	
R/H	FM [kg]	-0,24	0,376	-0,30	<0,001	-0,20	0,001	0,06	0,492	0,12	0,448	-0,25	<0,001
	FM [%]	-0,05	0,863	-0,08	0,345	0,12	0,057	0,31	<0,001	0,50	0,001	0,25	<0,001
	FFM [kg]	0,83	<0,001	-0,79	<0,001	-0,76	<0,001	-0,86	<0,001	-0,81	<0,001	-0,79	<0,001
	FFM [%]	0,05	0,863	0,08	0,349	-0,12	0,057	-0,31	<0,001	-0,50	0,001	-0,26	<0,001
	BCM [kg]	-0,69	0,004	-0,77	<0,001	-0,79	<0,001	-0,88	<0,001	-0,85	<0,001	-0,80	<0,001
	BCM [%]	-0,00	1,000	-0,35	<0,001	-0,36	<0,001	-0,47	<0,001	-0,52	<0,001	-0,53	<0,001
	TBW [L]	-0,85	<0,001	-0,79	<0,001	-0,80	<0,001	-0,89	<0,001	-0,81	<0,001	-0,79	<0,001
	TBW [%]	-0,01	0,973	0,04	0,638	0,15	0,017	-0,20	0,016	-0,50	0,001	-0,02	0,713
XC/R	FM [kg]	0,26	0,355	-0,14	0,109	-0,18	0,003	0,02	0,778	-0,04	0,786	-0,13	0,001
	FM [%]	0,41	0,131	-0,01	0,900	0,05	0,385	0,24	0,005	0,32	0,037	0,17	<0,001
	FFM [kg]	-0,43	0,104	-0,41	<0,001	-0,59	<0,001	-0,69	<0,001	-0,69	<0,001	-0,47	<0,001
	FFM [%]	-0,41	0,131	0,01	0,928	-0,05	0,385	-0,24	0,005	-0,32	0,037	-0,17	<0,001
	BCM [kg]	0,06	0,831	-0,15	0,076	-0,46	<0,001	-0,58	<0,001	-0,55	<0,001	-0,39	<0,001
	BCM [%]	0,81	<0,001	0,53	<0,001	0,41	<0,001	0,20	0,016	0,26	0,101	0,21	<0,001
	TBW [L]	-0,48	0,069	-0,42	<0,001	-0,62	<0,001	-0,71	<0,001	-0,70	<0,001	-0,49	<0,001
	TBW [%]	-0,47	0,080	-0,02	0,783	0,12	0,034	-0,15	0,082	-0,32	0,038	-0,04	0,352

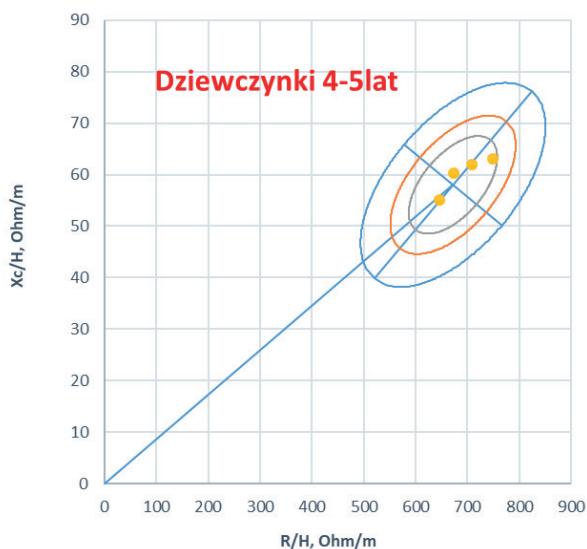
\bar{x} – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; R/r – wynik testu korelacji rang Spearmana/korelacji liniowej Pearsona (pogrubioną czcionką Pearsona); p – poziom istotności różnic

Źródło: opracowanie własne

W przypadku korelacji parametru R/H z parametrami FM [kg], FFM [kg], FFM [%], BCM [kg], BCM [%], TBW [L] zależności były ujemne, a z parametrem FM [%] zależność była dodatnia. Wzrost wartości parametru R/H powodował spadek wartości parametrów składu ciała, tj. FM [kg], FFM [kg], FFM [%], BCM [kg], BCM [%], TBW [L], oraz wzrost wartości parametru FM [%].

W przypadku korelacji parametru XC/R z parametrami FM [kg], FFM [kg], FFM [%], BCM [kg] oraz TBW [L] zależności były ujemne, zaś z parametrami FM [%] oraz BCM [%] zależności były dodatnie. Wzrost wartości parametru XC/R powodował spadek wartości parametrów składu ciała, tj. FM [kg], FFM [kg], FFM [%], BCM [kg], TBW [L], oraz wzrost wartości parametrów, a także FM [%] oraz BCM [%].

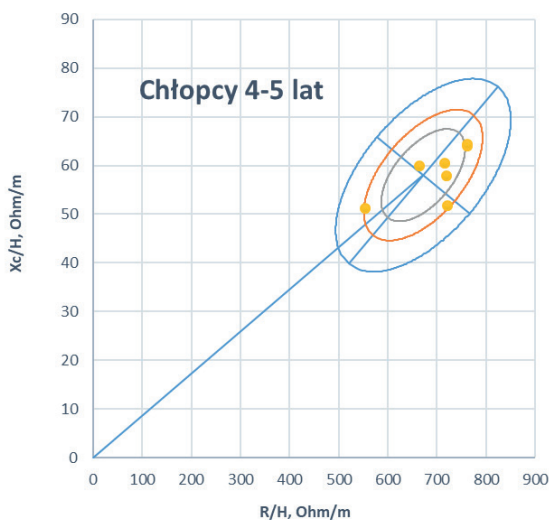
Na rycinach 35–52 przedstawiono rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w różnych grupach wiekowych dla całej populacji z podziałem na płeć. Zastosowano liczbowy opis uzyskanych danych (po podziale populacji dzieci na poszczególne grupy wiekowe, celem niezamazywania rzeczywistego obrazu BIVA, podjęto decyzję o prezentacji zestawień liczbowych zamiast procentowych przy niskiej liczbie grup).



Rycina 35. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 4–5 lat

Rycina 35 prezentuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie wiekowej dziewczynek 4–5 lat.

Z powodu niskiej liczebności grupy można jedynie stwierdzić, że wszystkie wartości wektorów BIVA mieściły się w 50% elipsie ufności przy braku przewodzącego któregoś z kwadrantów.



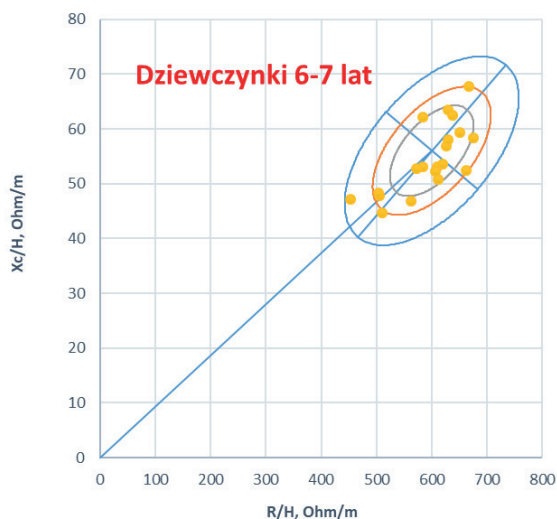
Rycina 36. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 4–5 lat

Rycina 36 ukazuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie wiekowej chłopców 4–5 lat.

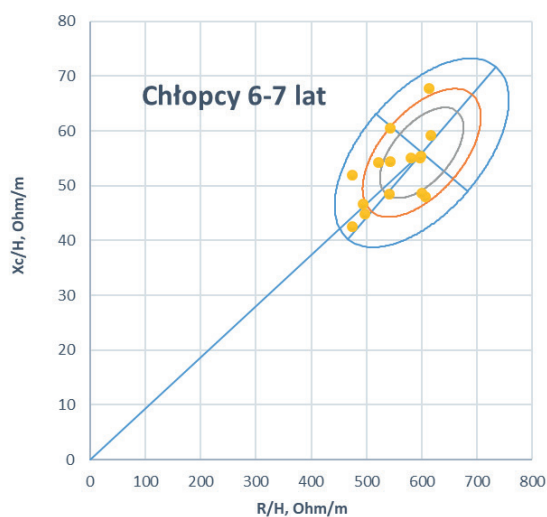
Podobnie jak i u dziewczynek, z racji niskiej liczebności grupy chłopców w analizowanym przedziale wiekowym, można jedynie stwierdzić, że wszystkie wartości wektorów BIVA mieściły się w 50% bądź 75% elipsie ufności przy nieznaczącej przewodzie prawego górnego kwadrantu dla szczupłej masy (masy beztłuszczowej).

Rycina 37 przedstawia rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie wiekowej dziewczynek 6–7 lat.

Z powodu niskiej liczebności grupy można jedynie stwierdzić, że prawie wszystkie wartości wektorów BIVA mieściły się w 50% bądź 75% elipsy ufności przy widocznej przewodzie prawej części elipsy, świadczącej o szczupłej masie bądź potencjalnym niedożywieniu.



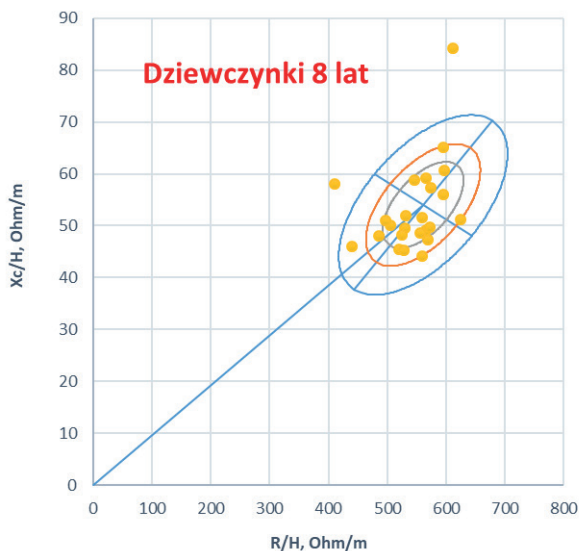
Rycina 37. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 6–7 lat



Rycina 38. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 6–7 lat

Rycina 38 prezentuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości $[R/H]$ oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości $[XC/H]$) w grupie wiekowej chłopców 6–7 lat.

Podobnie jak i u dziewczynek, z racji niskiej liczebności grupy chłopców w analizowanym przedziale wiekowym, można jedynie stwierdzić, że wszystkie wartości wektorów BIVA mieściły się między 50% a 95% eplipsy ufności przy przewadze wyników zlokalizowanych po lewej stronie elipsy, głównie dla otyłości.



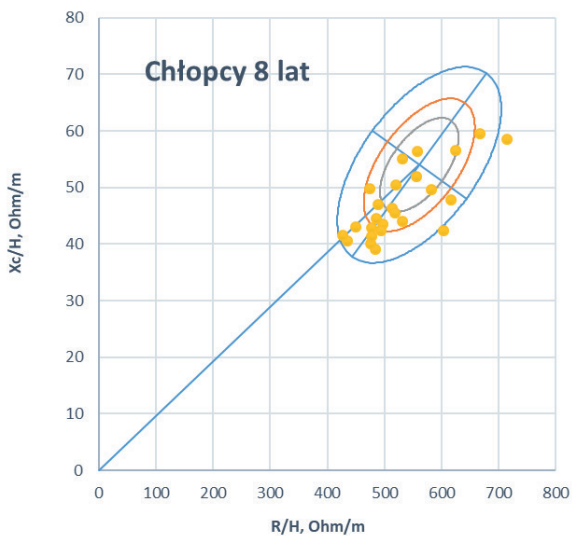
Rycina 39. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 8 lat

Rycina 39 przedstawia rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie dziewczynek w wieku 8 lat.

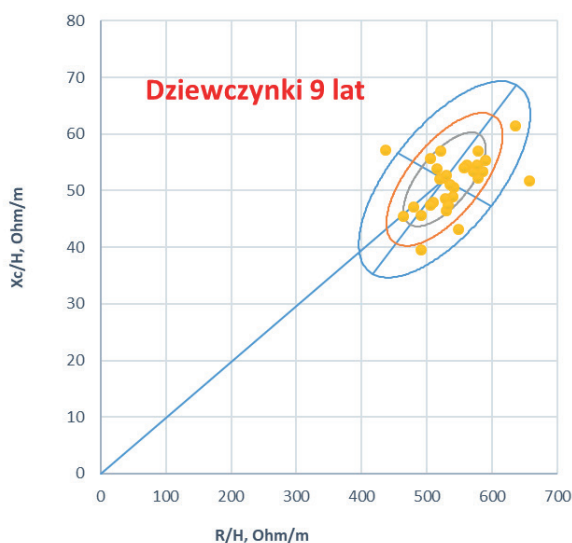
Wśród badanej populacji dziewczynek rozkład wektorów BIVA był mocno zróżnicowany przy braku jednoznacznej przewagi któregoś z kwadrantów. Dwoje dzieci prezentowało skrajnie odstające wyniki, mogące sugerować odwodnienie bądź przewodnienie.

Rycina 40 ukazuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie chłopców w wieku 8 lat.

Wśród badanej populacji chłopców istnieje widoczna przewaga wektorów BIVA zlokalizowanych w dolnych kwadrantach, jednakże mieszczących się w górnej granicy normy elipsy ufności.



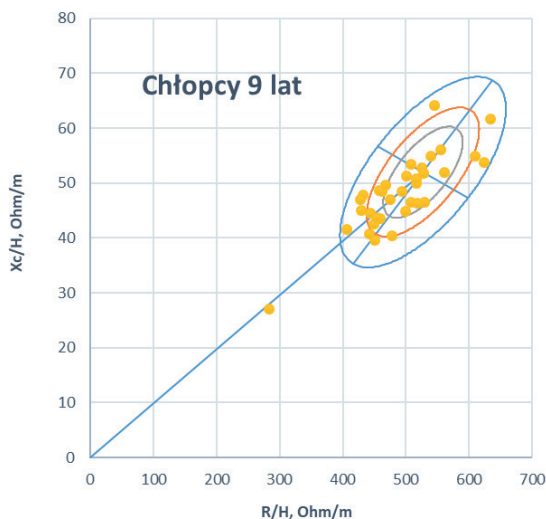
Rycina 40. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 8 lat



Rycina 41. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 9 lat

Rycina 41 uwidacznia rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie dziewczynek w wieku 9 lat.

Wśród badanej populacji dziewczynek rozkład wektorów BIVA był mocno zróżnicowany przy braku jednoznacznej przewagi któregoś z kwadrantów. Niemniej większość wyników oscylowała w 50% elipsy ufności. Pojedyncze wyniki mogą wskazywać na przewagę masy beztłuszczowej bądź niedożywienie.



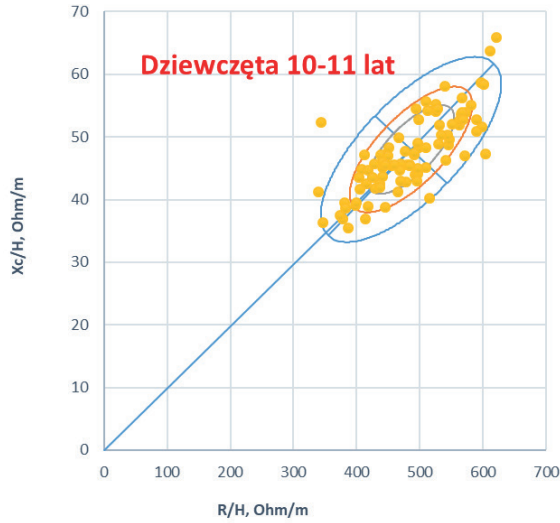
Rycina 42. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 9 lat

Rycina 42 prezentuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie chłopców w wieku 9 lat.

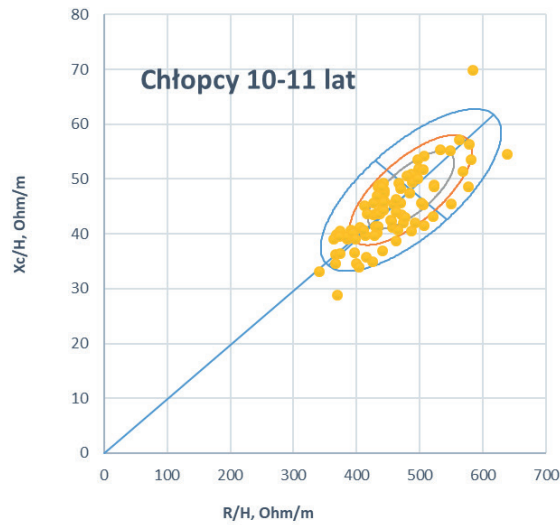
Wśród badanej populacji chłopców rozkład wektorów BIVA był mocno zróżnicowany z przewagą wartości zlokalizowanych w lewym dolnym kwadrancie. Jednak większość wyników oscylowała w 50–75% elipsy ufności. Pojedyncze wyniki mogą wskazywać na przewagę masy beztłuszczowej bądź niedożywienie.

Rycina 43 prezentuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie dziewczynek w wieku 10–11 lat.

Wśród badanej populacji dziewczynek rozkład wektorów BIVA był mocno zróżnicowany przy braku jednoznacznej przewagi któregoś z kwadrantów. Niemniej większość wyników oscylowała w 50–75% elipsy ufności. Pojedyncze wyniki mogą wskazywać na odwodnienie bądź przewodnienie (wyniki powyżej 95% elipsy ufności wzdłuż osi „y” do góry bądź w dół).



Rycina 43. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 10–11 lat



Rycina 44. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 10–11 lat

Rycina 44 ukazuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości $[R/H]$ oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości $[Xc/H]$) w grupie chłopców w wieku 10–11 lat.

Wśród badanej populacji chłopców rozkład wektorów BIVA był mocno zróżnicowany z przewagą wartości zlokalizowanych w lewym i prawym dolnym kwadrancie, świadczących o większej ilości tkanki tłuszczowej bądź niedożywieniu. Niemniej większość wyników oscylowała w 50–95% elipsy ufności. Pojedyncze wyniki mogą wskazywać na odwodnienie bądź przewodnienie (wyniki powyżej 95% elipsy ufności wzdłuż osi „y” do góry bądź w dół).



Rycina 45. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 12 lat

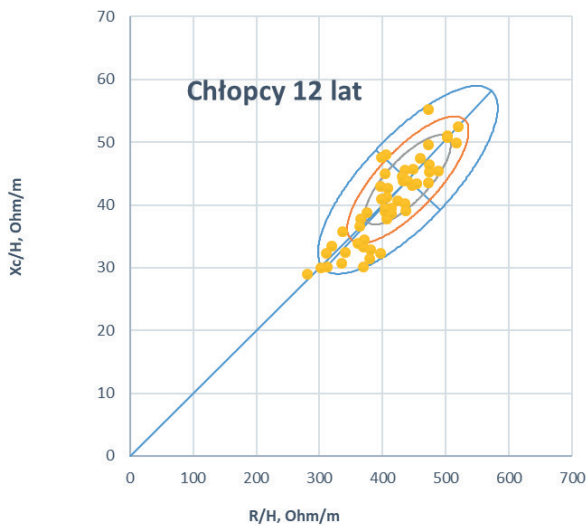
Rycina 45 przedstawia rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie dziewczynek w wieku 12 lat.

Wśród badanej populacji dziewcząt rozkład wektorów BIVA był mocno zróżnicowany przy braku jednoznacznej przewagi któregośkolwiek z kwadrantów. Jednak większość wyników oscylowała w 50–75% elipsy ufności. Pojedyncze wyniki mogą wskazywać na odwodnienie bądź przewodnienie (wyniki powyżej 95% elipsy ufności wzdłuż osi „y” do góry bądź w dół).

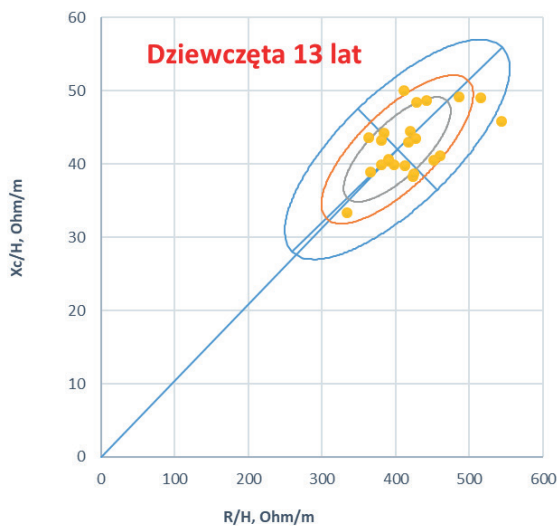
Rycina 46 prezentuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie chłopców w wieku 12 lat.

Wśród badanej populacji chłopców rozkład wektorów BIVA był mocno zróżnicowany z przewagą wartości zlokalizowanych w lewym i prawym dolnym kwadrancie, świadczących o większej ilości tkanki tłuszczowej bądź niedożywieniu.

Znaczna część wyników migrowała między 75% a 95% elipsy ufności w dół osi „y”, świadcząc o przewodnieniu.



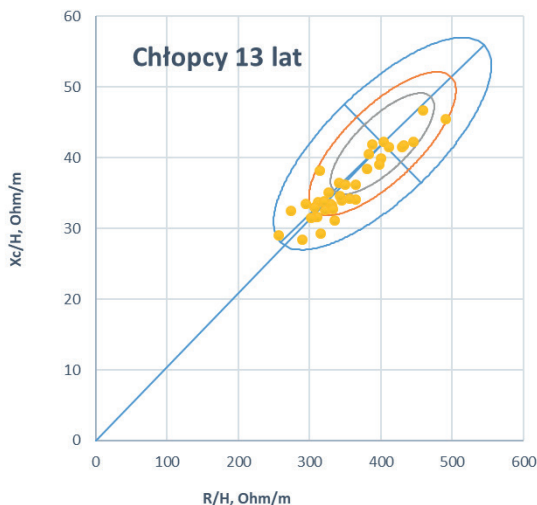
Rycina 46. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 12 lat



Rycina 47. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 13 lat

Rycina 47 ukazuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie dziewczynek w wieku 13 lat.

Wśród badanej populacji dziewcząt rozkład wektorów BIVA był mocno zróżnicowany przy braku jednoznacznej przewagi któregoś z kwadrantów. Jednak większość wyników oscylowała w 50–75% elipsy ufności.



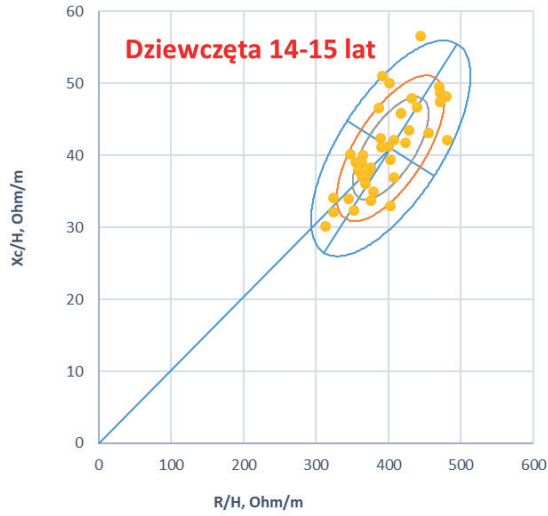
Rycina 48. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 13 lat

Rycina 48 pokazuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie wiekowej chłopców 13 lat.

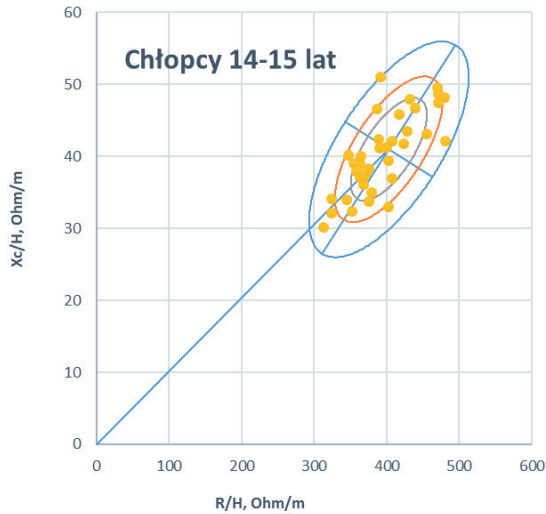
Wśród badanej populacji chłopców rozkład wektorów BIVA był mocno zróżnicowany z przewagą wartości zlokalizowanych w lewym i prawym dolnym kwadrancie, świadczących o większej ilości tkanki tłuszczowej bądź niedożywieniu. Niemniej większość wyników oscylowała w 50–95% elipsy ufności. Znaczna część wyników migrowała między 75% a 95% elipsy ufności w dół osi „y”, świadcząc o przewodnieniu.

Rycina 49 prezentuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie wiekowej dziewczynek 14–15 lat.

Wśród badanej populacji dziewcząt rozkład wektorów BIVA był mocno zróżnicowany z przewagą wartości zlokalizowanych w lewym dolnym i górnym kwadrancie, świadczących o większej ilości tkanki tłuszczowej bądź mięśniowej. Niemniej większość wyników oscylowała w 50–75% elipsy ufności.



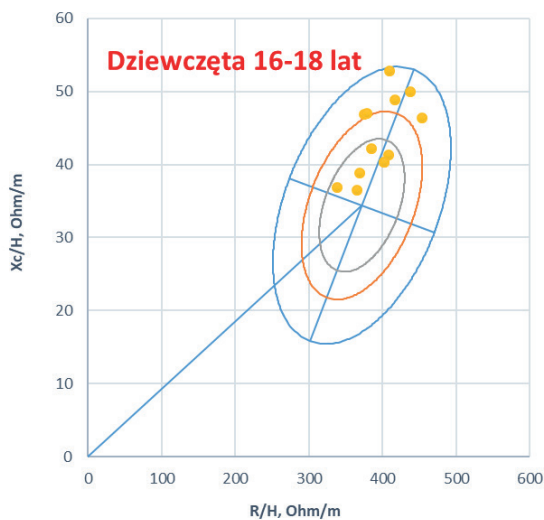
Rycina 49. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 14–15 lat



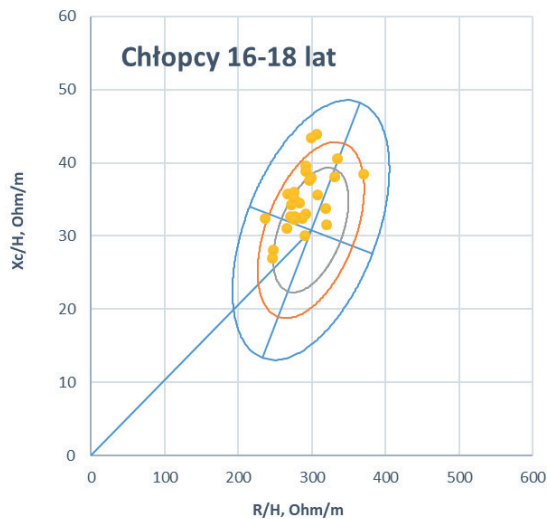
Rycina 50. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 14–15 lat

Rycina 50 przedstawia rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie chłopców w wieku 14–15 lat.

Wśród badanej populacji chłopców rozkład wektorów BIVA był mocno zróżnicowany przy braku jednoznacznej przewagi któregoś z kwadrantów. Jednakże większość wyników oscylowała w granicach 50–75% elipsy ufności.



Rycina 51. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 16–18 lat



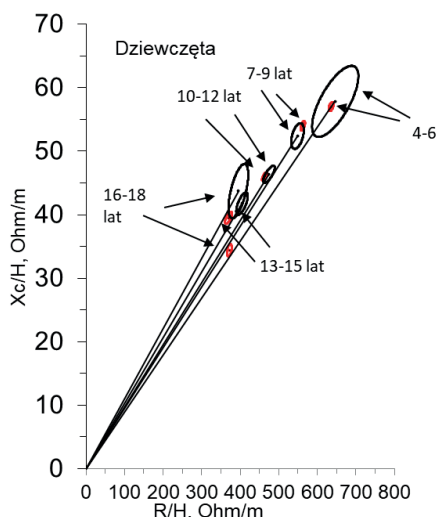
Rycina 52. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 16–18 lat

Rycina 51 pokazuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie wiekowej dziewczynek 16–18 lat.

Wśród badanej populacji dziewcząt rozkład wektorów BIVA był skoncentrowany w lewym górnym kwadrancie, świadczącym o większej ilości masy mięśniowej. Znaczna część wyników migrowała w kierunku 95% elipsy ufności w górę osi „y”, świadcząc o potencjalnym odwodnieniu.

Rycina 52 prezentuje rozkład wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości [R/H] oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości [XC/H]) w grupie wiekowej chłopców 16–18 lat.

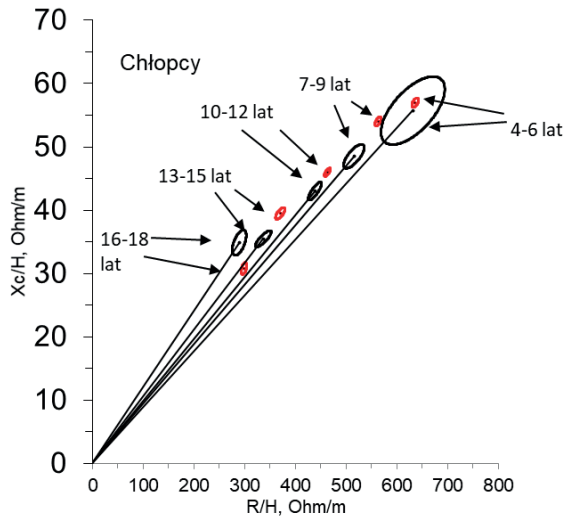
Wśród badanej populacji chłopców rozkład wektorów BIVA był skoncentrowany w lewym górnym kwadrancie, świadczącym o większej ilości masy mięśniowej. Niemniej większość wyników oscylowała w 50–75% elipsy ufności.



Rycina 53. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla całej populacji dziewcząt w poszczególnych przedziałach wiekowych. Elipsy ufności dla grupy badanej zaznaczono w kolorze czarnym, dla grupy referencyjnej w kolorze czerwonym

Wśród młodszych grup wiekowych dziewcząt (do 12 roku życia) rozkład poszczególnych elips tolerancji grupy badanej jest zbliżony do elips wartości referencyjnych, będących częścią oprogramowania BIVA. Zauważalna jest znaczna różnica w rozkładzie poszczególnych elips tolerancji dla starszych grup wiekowych (13–15 lat i 16–18 lat) w odniesieniu do wartości referencyjnych. Widoczna jest tenden-

cja spadku rezystancji i reaktancji znormalizowanej do wysokości wraz z wiekiem (stopniowa migracja elips w dół wzdłuż osi „y” i „x”).



Rycina 54. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla całej populacji chłopców w poszczególnych przedziałach wiekowych. Elipsy ufności dla grupy badanej zaznaczono w kolorze czarnym, dla grupy referencyjnej w kolorze czerwonym

Rycina 54 prezentuje średni rozkład elips wektorów impedancji bioelektrycznej (wartości rezystancji znormalizowanej do wysokości $[R/H]$ oraz wartości reaktancji znormalizowanej do wysokości $[XC/H]$) w poszczególnych grupach wiekowych chłopców – oddzielnie dla grupy badanej i referencyjnej. Widoczna jest znaczna różnica w rozkładzie poszczególnych elips tolerancji dla badanych grup wiekowych, jak również w odniesieniu do wartości referencyjnych będących częścią oprogramowania BIVA. Różnica względem wartości referencyjnych dotyczy niższych wartości wektorów rezystancji i reaktancji dla badanej grupy chłopców. Jedyne wśród najmłodszych chłopców położenie elipsy tolerancji grupy badanej jest zbliżone do elipsy wartości referencyjnej.

Co ciekawe, chłopcy w najmłodszym przedziale wiekowym mają wyższe wartości R/H i Xc/H (najdalej wysunięta elipsa BIVA wzdłuż osi „y” i „x”) od wartości dla grupy najstarszych chłopców (elipsa przesunięta w dół dla obu osi).

Dyskusja

Z racji obszernego zakresu podjętego zagadnienia dokonano wnikliwej analizy tej części wynikowej, która jednoznacznie dotyczy badania stanu odżywienia populacji zdrowych osób dorosłych i dzieci metodami impedancji bioelektrycznej, kąta fazowego oraz analizy wektora impedancji bioelektrycznej.

7.1. Stan odżywienia i składu ciała zdrowych osób dorosłych

Z charakterystyki podstawowych parametrów antropometrycznych i wybranych komponentów składu ciała wynika, że pomimo niższych wartości masy ciała i wskaźnika BMI u kobiet jednocześnie zaobserwowano istotnie wyższe wartości masy tłuszczowej (M: FM = 23,6% vs. K: FM = 31,1%; $p < 0.001$) przy niższych wartościach masy beztłuszczowej (M: FFM = 76,2% vs. K: FFM = 68,9%; $p < 0.001$). Dodatkowo pewną prawidłowością był procentowy spadek masy beztłuszczowej oraz całkowitej wody w organizmie wraz z wiekiem, a także przyrost masy tłuszczowej po 40 roku życia. U mężczyzn pomimo braku jednoznacznego trendu, zaobserwowano wyraźny wzrost FM po 60 roku życia przy jednoczesnym spadku FFM, BCM i TBW. Co ciekawe, porównując do siebie obie płcie, mężczyźni posiadają wyraźnie niższe parametry FM przy wyższych FFM, BCM i TBW w każdej grupie wiekowej, w odniesieniu do kobiet. Potwierdza to aktualną wiedzę z zakresu fizjologii człowieka, wskazującą na wyższą ilość masy tłuszczowej w organizmie kobiety a niższą u mężczyzn. Odwrotna proporcja ma miejsce w składzie masy beztłuszczowej – w tym całkowitej wodzie ustroju – większa masa beztłuszczowa u mężczyzn przy niższej masie beztłuszczowej u kobiet. Dodatkowo uzyskane wyniki własne w opisywanym zakresie wskazują jednoznacznie na celowość pomiarów składu masy ciała. Prosta antropometria (masa ciała, wysokość, wskaźnik BMI) wykazała odwrotny rozkład wynikowy (mężczyźni byli wyżsi, mieli większą masę ciała oraz wyższy wskaźnik BMI), a tym samym niski poziom informacji zwrotnej z zakresu aktualnie prezentowanego stanu odżywienia. W dużych badaniach epidemiologicznych oceniających skład masy ciała dorosłej populacji Włochów wykazano wzrost

kilogramowej i procentowej masy tłuszczowej wraz z wiekiem. Prezentowane badanie (tożsame do badań własnych) pokazuje wyższe wartości masy tłuszczowej kobiet vs. mężczyzn w każdej z badanych grup wiekowych. Dodatkowo uzyskano zbliżoną średnią procentową wartość FM u mężczyzn (22,1%) i kobiet (33,6%) [Coin i wsp. 2008]. Powyższe spostrzeżenia wykazano także w innych badaniach populacyjnych osób dorosłych [Imboden i wsp. 2017; Larsson i wsp. 2015], ze szczególnym uwzględnieniem procentowo wyższej średniej mediany FM u kobiet [Larsson i wsp. 2015; Geer i wsp. 2009; Flegal i wsp. 2009; Kelly i wsp. 2009; Kirchengast i wsp. 2008].

W badaniach własnych stwierdzono, że średnio co czwarty mężczyzna i co druga kobieta ma prawidłową masę ciała oszacowaną za pomocą wskaźnika BMI. Łącznie w badanej populacji wykazano nadwagę rzędu 38,8%, otyłość 20,5% i niedowagę 1,3%. Ponadto nadwagę i otyłość stwierdzono u 75,5% mężczyzn i 49,0% kobiet. Badania wykazały także marginalny odsetek (2,2%) niedowagi u kobiet przy jednoczesnym jej braku u mężczyzn. Nieco niższe wartości nadwagi i otyłości u mężczyzn i kobiet opublikowano w badaniach dorosłych Szwedów (56,1% vs. 37,9%), jednakże nadal to mężczyźni przeważali w zakresie zaburzenia stanu odżywienia [Larsson i wsp. 2015]. W dużych prospektywnych badaniach epidemiologicznych dotyczących wypracowania wartości referencyjnych dla BIA i BIVA zdrowej populacji dorosłych w wieku 45–69 lat ujawniono nadwagę na poziomie 46,3%, otyłość 17,9% oraz niedowagę 0,4% [Franssen i wsp. 2014], co jest wysoce zbieżne z wynikami badań własnych. Inni autorzy szacują wartości nadwagi i otyłości u mężczyzn i kobiet na poziomie odpowiednio: 24,4% vs. 16,1% (wiek badanych 20–21 lat) [Lantz i wsp. 2008], 52,0% vs. 30,0% (wiek badanych 23–58 lat) [Gummesson i wsp. 2007], 58,4% vs. 38,8% (wiek badanych 37–61 lat) [Larsson i wsp. 2004], 70,0% vs. 60,4% (wiek badanych 75 lat) [Tengval i wsp. 2009]. Jednoznacznie widoczny jest trend wzrostu zaburzeń stanu odżywienia za pomocą BMI wraz z wiekiem, dla obu płci.

Badania wykazały stopniowy spadek masy ciała i wysokości (od 40 roku życia) badanych osób dorosłych wraz z wiekiem. Jednocześnie w tych samych grupach wiekowych odnotowano proporcjonalny przyrost masy tłuszczowej z jednoczesnym wzrostem BMI i spadkiem masy beztłuszczowej. Proporcjonalna odwrotność przyrostu masy tłuszczowej i wzrostu BMI do spadku masy ciała z jednej strony świadczyć może o różnych proporcjach komponentów ciała ludzkiego, niebadanych za pomocą klasycznej wagi stojącej. Z drugiej strony potwierdza to wysoką korelację BMI do FM wraz z wiekiem. Uzyskany spadek masy ciała wraz z wiekiem przy wzroście tkanki tłuszczowej i BMI jest zgodny z oficjalną wiedzą na temat fizjologii starzenia się organizmu. Dodatkowym potwierdzeniem postawionej tezy jest uwidoczniiony w badaniach procentowy spadek całkowitej wody w or-

ganizmie, nawet do 50% u osób powyżej 60 roku życia. Istnieją także doniesienia o statystycznie istotnym wzroście masy beztłuszczowej w korelacji do wskaźnika BMI [Franssen i wsp. 2014]. Zawsze należy mieć na uwadze fakt, że wskaźnik BMI nie różnicuje masy tłuszczowej od beztłuszczowej [Redondo-Del-Rio i wsp. 2017; King i wsp. 2010]. Z drugiej strony wzrost procentowej wartości masy tłuszczowej pojedynczego wyniku może być skutkiem zaburzeń w masie beztłuszczowej i jej niedoszacowania w badaniu [Ellis i wsp. 2000].

Analiza wartości masy tłuszczowej w odniesieniu do przyjętych norm wykazała, że trzy czwarte badanych osób miało nadmiar masy tłuszczowej, z podobnym udziałem procentowym dla obu płci. Zestawiając ten wynik z wartościami odcięcia dla BMI, można zaobserwować wyraźne niedoszacowanie tego wskaźnika do realnej nadwyżki tłuszczu w organizmie. O ile procentowy wynik nadwagi i otyłości zrównał się z procentową nadwyżką FM u mężczyzn (średnio na poziomie 75,0%), o tyle u kobiet BMI tę wartość znacząco niedoszacowało. Powyższe zestawienia wyraźnie świadczą o pewnej ułomności wskaźnika BMI w kontekście braku rozgraniczenia proporcji składu ciała, a tym samym braku rzetelnej oceny aktualnie istniejącego stanu odżywienia. Wychodząc naprzeciw postawionej tezie, amerykańscy naukowcy dokonali modyfikacji norm referencyjnych dla masy tłuszczowej znormalizowanej do BMI. Prezentowane przez nich wyniki stanu odżywienia osób dorosłych w odniesieniu do wskaźnika FMI, wykazały odestek nadwagi i otyłości na poziomie 31,6% u mężczyzn i 26,8% u kobiet. Odnosząc te wyniki do klasycznych norm odcięcia dla BMI, u mężczyzn częstość występowania nadwagi była wyższa (40,6%), natomiast niższa w przypadku otyłości (26,3%). U kobiet częstość występowania powyższego zaburzenia (określona na podstawie BMI) była nieco niższa zarówno dla nadwagi (26,7%), jak i otyłości (25,0%). Wyniki te wskazują na fakt, że BMI może zawyżać otyłość u mężczyzn z większą wartością FFM i jednocześnie niedoszacowywać otyłości u osób z nadmiarem FM, a tym samym błędnie je klasyfikować [Imboden i wsp. 2017].

Wyniki własne wskazują także na ponad 70,0% zaniżenie masy beztłuszczowej dla całej populacji w odniesieniu do przyjętych wartości referencyjnych. Dodatkowo, po weryfikacji komponentów beztłuszczowej masy ciała – masy komórkowej i całkowitej wody ustroju – stwierdzono u prawie wszystkich badanych osób prawidłowe wartości BCM przy jednoczesnej 60,0% normie TBW. Powyższy wynik należy rozpatrywać jako konsekwencję wyższego udziału masy tłuszczowej przy relatywnie niższych wartościach masy beztłuszczowej. Odnosząc wyniki badań BMI i składu ciała do istniejących norm, zawsze należy dążyć do selekcji tych norm pod kątem reprezentatywności dla płci i wieku, a także grupy etnicznej. Wiele doniesień naukowych potwierdza różne wartości tłuszczu przy takim samym BMI dla

różnych etnicznie populacji [Nightingale i wsp. 2011; Hall i wsp. 2010; Deurenberg i wsp. 2002]. Najwyższa różnica w powyższym zakresie występuje pomiędzy Europejczykami a Azjatami [Wells 2014]. W badaniu Yajnik i wsp., opisano populację południowoazjatycką z fenotypem tzw. cienkiego tłuszczu [Yajnik i wsp. 2003]. Jego charakterystyka obejmuje stosunkowo mniejszą masę beztłuszczową i większą masę tłuszczu przy dowolnej wartości BMI [Nightingale i wsp. 2011; Haroun i wsp. 2010; Hall i wsp. 2010; Deurenberg i wsp. 2002].

7.2. Wartości kąta fazowego oraz wektora impedancji bioelektrycznej zdrowych osób dorosłych

Dotychczasowe badania związane z kątem fazowym opisywały jego cykliczne obniżanie wraz z wiekiem. Powodem było obniżenie reaktancji spowodowanej utratą masy mięśniowej, a tym samym wzrost oporności związanej ze zmniejszeniem udziału wody kosztem wzrostu tkanki tłuszczowej [Norman i wsp. 2012]. Badania własne ukazały identyczny spadek kąta fazowego wraz z wiekiem, dotyczący zarówno kobiet, jak i mężczyzn. Kobiety wykazywały niższe (6,15) wartości kąta fazowego w odniesieniu do mężczyzn (7,17) średnio o jeden stopień. Cała badana populacja prezentowała wartości kąta fazowego na poziomie 6,55. Odnosząc uzyskane wyniki do szerokiej normy 5,0–7,0, należałoby stwierdzić prawidłowy stan odżywienia odniesiony wyłącznie do tego parametru. Jednakże dla wnikliwej oceny badanej populacji trzeba zwrócić uwagę na wartości referencyjne PA dla wieku i płci. Po odniesieniu do normy, zaobserwowano 96,7% prawidłowe wartości PA dla całej populacji. Pomimo kilku procent PA poniżej normy wynik sugeruje stabilność błon komórkowych, a co za tym idzie, prawidłowy stan odżywienia. Co ciekawe, w najstarszej grupie wiekowej wartości potencjalnego niedożywienia oscylowały na poziomie 11,0%. Potwierdza to fakt, że u osób w wieku geriatrycznym stabilność błon komórkowych może być niższa, a w związku z tym istnieje relatywnie wyższe ryzyko niedożywienia. W badaniach Barbarosa-Silva i wsp., analizujących skład ciała i kąt fazowy prawie 2000 zdrowych Brazylijczyków w wieku 18–94 lata, wykazano istotnie statystycznie ($p < 0,001$) niższe wartości kąta fazowego u kobiet vs. mężczyzn w każdej z badanych grup wiekowych. Ponadto badacze uzyskali trend cyklicznego spadku kąta fazowego wraz z wiekiem dla obu płci [Barbosa-Silva i wsp. 2005], co potwierdzono w badaniu własnym.

Charakterystyka badanej grupy osób dorosłych pod kątem parametrów R i XC znormalizowanych do wysokości wykazała stopniowy spadek rezystancji i reaktancji z wiekiem, zarówno łącznie, jak i dla obu płci. Powyższa informacja jest o tyle istotna,

że badania własne dodatkowo wykazały statystycznie istotną zależność pomiędzy parametrami R/H i XC/H dla każdego komponentu składu ciała. Potwierdza to ustawiczny spadek oporności masy ciała (obu frakcji), a w związku z tym konieczność odnoszenia wyników poszczególnych komponentów składu ciała do norm walidowanych dla wieku. Analiza wektorów BIVA ujawniła przewagę budowy ciała typu atletycznego (więcej BCM) u kobiet i mężczyzn do 40 roku życia. Im wyższy wiek badanych osób, tym wyższa migracja wektorów w kierunku otyłego (więcej FM) typu budowy ciała. W zakresie nawodnienia, pomimo większości wyników mieszczących się w 50–75% centyla elipsy ufnosci, pojedyncze wartości wskazywały na potencjalne odwodnienie (w grupach wiekowych do 40 roku życia obu płci) bądź przewodnienie (powyżej 40 roku życia). Wyniki należy jednoznacznie interpretować jako konsekwencję starzenia się organizmu, nadbudowy masy tłuszczowej kosztem komórkowej i mięśniowej oraz różnej dystrybucji wody w organizmie wraz z wiekiem.

W badaniach własnych zauważono także znaczną różnicę w rozkładzie poszczególnych elips tolerancji dla badanych grup wiekowych, jak również w odniesieniu do wartości referencyjnych będących częścią oprogramowania BIVA. Różnica względem wartości referencyjnych dotyczy niższych wartości wektorów rezystancji i reaktancji dla badanej grupy. Powyższa obserwacja jest zgodna z wynikami badania Nescolarde i wsp., oceniających wartości BIVA u ponad 4000 Kubańczyków w różnych grupach wiekowych. W prezentowanych doniesieniach opisano obniżenie elips ufnosci dla populacji w wieku 13–59 lat przy stabilnym kącie fazowym oraz znaczny spadek elips BIVA i kąta fazowego po 60 roku życia [Nescolarde i wsp. 2013]. Trend spadku wektorów BIVA zaobserwowali także słowaccy naukowcy w dużym badaniu przekrojowym. Na uwagę zasługują wyższe wartości rezystancji i reaktancji w każdej z badanych grup wiekowych [Siváková i wsp. 2013]. Z racji znacznych różnic w wartościach referencyjnych poszczególnych badań BIVA wskazane byłoby opracowanie norm BIVA dla poszczególnych grup wiekowych i płci dla polskiej populacji.

7.3. Stan odżywienia i składu ciała zdrowych dzieci

Analizując charakterystykę podstawowych parametrów antropometrycznych u dzieci, zgodnie z przypuszczeniami, wraz z wiekiem następował fizjologiczny wzrost masy ciała, wysokości, jak i wskaźnika BMI. Odnosząc powyższe wyniki do płci i zawężenia wiekowego (dzieci, młodzież) w obu okresach rozwojowych odnotowano nieznacznie wyższe parametry antropometryczne u chłopców. Stosując wyniki BMI do siatek centylowych, wykazano nadmierną masę ciała

u 21,6% dzieci przy niedoborze masy ciała na poziomie 5,9%. Odsetek opisanych zaburzeń rozkładał się proporcjonalnie zarówno w poszczególnych grupach wiekowych, jak i w zawężeniu do okresu rozwojowego dzieci i młodzieży. Uzyskane wyniki wpisują się w zakres 10-letniego okresu obserwacji stanu odżywienia dzieci i młodzieży w Polsce, przedstawionego przez Ewę Malczyk w pracy przeglądowej, obejmującej analizę niedowagi, nadwagi i otyłości za lata 2005–2015. Autorka reasumuje analizowane wyniki łącznym szacunkiem niedowagi, nadwagi i otyłości na poziomie odpowiednio 3–20%, 12–15% i 5–11% [Malczyk 2016]. Badania światowe podają wartości umiarkowanego i ciężkiego niedożywienia na poziomie 8,4% dziewcząt i 12,4% chłopców [NCD 2017]. Wieloośrodkowe badania WHO (European Childhood Obesity Surveillance Initiative) wykazały nadwagę (u 24–57% chłopców vs. 21–50% wśród dziewcząt) oraz otyłość (9–31% u chłopców vs. 6–21% u dziewcząt) w grupie wiekowej 6–9 lat [WHO 2014]. W wyższych przedziałach wiekowych nadwaga i otyłość była na poziomie: 11–33% dla dzieci w wieku 11 lat, 12–27% w wieku 13 lat i 10–23% dla dzieci w wieku 15 lat [WHO 2014]. Globalnie, badania analizujące nadwagę i otyłość wśród europejskich dzieci szacują powyższe zaburzenie na poziomie 13,7–31,7% [Bibiloni i wsp. 2013].

W badaniach własnych wykazano cykliczny wzrost masy tłuszczowej do 13–15 roku życia, a następnie jego stabilizację. U chłopców widoczny był przyrost FM w kg z jednoczesnym spadkiem procentowego udziału w całej masie ciała. Wzrost dotyczył także pozostałych komponentów składu ciała w kg, z jednoczesnym ich zróżnicowanym rozkładem w stosunku procentowym. U dziewcząt trend FM był tożsamy z wynikami dla wszystkich dzieci. Pozostałe komponenty składu ciała wzrastały przy zróżnicowanym rozkładzie procentowym. Uzyskane wyniki dowodzą fizjologicznego przyrostu masy ciała wraz z wiekiem, a co za tym idzie, przyrostu poszczególnych komponentów składu ciała. Istotnym doniesieniem jest zróżnicowanie procentowe składowych masy ciała (na jego ogólną wartość) w różnym czasie wzrastania dziecięcego organizmu. Szczególnie widoczne jest to w odniesieniu do zawężenia grup wiekowych do dzieci i młodzieży. Pomimo proporcjonalnego wzrostu FM w kilogramach widać odwrotną zależność w procentowości opisywanego parametru. Stabilizacja FM w okresie młodzieńczym może wynikać ze zwiększonego zużycia tłuszczu w intensywnym okresie dorastania. Świadczy także o zmianie proporcji FM do FFM, BCM i TBW, co przemawia za sensownością wykonywania analizy BIA w przesiewowej ocenie stanu odżywienia. Prezentowane wyniki znalazły swoje potwierdzenie w badaniu Marques-Vidal i wsp., którzy, analizując FM u dzieci i młodzieży w wieku 10–18 lat, opisali spadek procentowych wartości tego parametru wraz z wiekiem i dla obu płci. Dodatkowo, w każdej z grup wiekowych dziewczynki prezentowały wyższe wartości FM od rówieśników płci męskiej [Marques-Vidal i wsp. 2008]. Interesujące

wyniki zaprezentował Plachta-Danielzik i wsp. w dużym badaniu epidemiologicznym oceniającym masę tłuszczową u niemieckich dzieci i młodzieży w wieku 3–16 lat. W badaniu wykazano procentowy spadek masy tłuszczowej chłopców wraz z wiekiem, natomiast u dziewcząt spadek był widoczny jedynie do 9 roku życia. W okresie młodzieńczym dziewczęta prezentowały cykliczny wzrost procentowy FM do najwyższych wartości w wieku 16 lat. Na nietypowy rozkład procentowy FM może mieć wpływ niska próbka dzieci w wieku 11–13 lat [Plachta-Danielzik i wsp. 2012].

Odnosząc wartości FM do norm referencyjnych dla wieku i płci, przekroczenie normy powyżej 91 centyla zauważono u 18,8% badanych dzieci. Chłopcy nieznacznie częściej przekraczali normy masy tłuszczowej od dziewczynek, nie odbiegając od ogólnych wartości dla całej populacji. Niska ilość tłuszczu dotyczyła 6,2% dzieci bez względu na płeć. Wartości masy beztłuszczowej dla obu płci rozkładały się symetrycznie z przewagą prawidłowej masy beztłuszczowej u dziewczynek (70,2%). Odnosząc uzyskane wyniki do wartości procentowych wskaźnika BMI, można je określić jako tożsame. Świadczy to o wysokiej korelacji BMI i FM w zakresie oceny stanu odżywienia, zarówno nadwagi i otyłości, jak i niedożywienia u dzieci. Warto zwrócić uwagę na wyższe zaburzenia stanu odżywienia w okresie dziecięcym niż młodzieńczym.

7.4. Wartości kąta fazowego oraz wektora impedancji bioelektrycznej zdrowych dzieci

W badaniach własnych uzyskano średnią wartość kąta fazowego na poziomie 5,7. Średnia wartość PA wynosiła w grupie chłopców $5,8 \pm 0,7$, w grupie dziewcząt $5,7 \pm 0,6$, natomiast wraz z wiekiem wartość kąta fazowego ulegała wzrostowi. Różnica w PA wśród dzieci i młodzieży była na poziomie 0,4 stopnia. Odnosząc uzyskane wyniki do siatek centylowych, wykazano marginalny odsetek potencjalnego niedożywienia w badanej grupie. Redondo-Del-Río i wsp. opublikowali wartości PA w poszczególnych grupach wiekowych, stwierdzając jego wzrost wraz z wiekiem o 1,8 stopnia u chłopców (5,2 dla 4-latków vs. 7,0 dla 18-latków) oraz 0,9 stopnia u dziewcząt (5,2 dla 4-latków vs. 6,1 dla 18-latek) [Redondo-Del-Río i wsp. 2017]. W swoich badaniach Wells i wsp. [2018] zaprezentowali siatki centylowe dla kąta fazowego dla dzieci i młodzieży. Potwierdzają one tendencję wzrostową kąta fazowego wraz z wiekiem u obu płci przy jednoczesnych wyższych wartościach u chłopców [Wells i wsp. 2018].

Analiza wektorów BIVA dla dziewczynek wykazała brak jednoznacznej przewagi któregokolwiek z kwadrantów odpowiadających za typ budowy ciała do

13 roku życia. Większość wyników oscylowała w 50–75% elipsy ufnosci. Pojedyncze wyniki mogą wskazywać na odwodnienie bądź przewodnienie (wyniki powyżej 95% elipsy ufnosci wzdłuż osi „y” do góry bądź w dół). Co ważne, od 14 roku życia wartości wektorów migrują w kierunku atletycznej budowy ciała (z przewagą masy komórkowej i mięśniowej). U chłopców do 14 roku życia wartości wektorów BIVA rozmieszczone były w dolnych kwadrantach elips ufnosci potencjalnie świadczących o otluszczeniu bądź niedożywieniu. W granicach 14–15 roku życia wektory ulegają normalizacji przy braku przewagi którejkolwiek z kwadrantów elips ufnosci. W najstarszej grupie wiekowej widoczna jest migracja wektorów w kierunku zwiększonej masy mięśniowej i komórkowej. Także u chłopców pojedyncze wyniki mogą wskazywać na odwodnienie bądź przewodnienie.

Dotychczasowa wiedza związana z BIVA u dzieci zakładała utratę tkanki uwodnionej, będącej składową masy beztłuszczowej w wyniku zmian chemicznych organizmu. Wiązało się to z przesunięciem wektorów BIVA w kierunku prawego górnego kwadrantu świadczącego o większej ilości tzw. „suchej masy” [Wells i wsp. 2010]. Tymczasem inne badania wykazały stopniowy spadek rezystancji i reaktancji z wiekiem dzieci [Redondo-Del-Río i wsp. 2017; Bosa-Westphal i wsp. 2005], potwierdzając dużą zmienność nawodnienia w okresie rozwojowym [Redondo-Del-Río i wsp. 2017; Piccoli 2014; Piccoli i wsp. 1998]. Badania własne potwierdziły postawioną powyżej tezę. Dodatkowo potwierdzono wysoką istotną statystycznie korelację wszystkich komponentów składu ciała w odniesieniu do R i XC. Również ten wynik nie odbiega od aktualnie dostępnej wiedzy w powyższym zakresie [Piccoli 2014]. Zestawienie elips ufnosci w poszczególnych grupach wiekowych dzieci wykazało symetryczne ich przesunięcie w dół osi „y” i lewo osi „x” tożsame ze spadkiem wartości rezystancji i reaktancji. Także te wyniki zostały potwierdzone w dostępnej literaturze [Redondo-Del-Río i wsp. 2017; Nescolarde i wsp. 2013; Piccoli i wsp. 2002]. W badaniach BIVA u hiszpańskich dzieci i młodzieży średni wektor impedancji wykazał przesunięcie we wszystkich grupach wiekowych z wyjątkiem dziewcząt w wieku 12–13 i 15–18 lat oraz chłopców w wieku 16–18 lat. Różnice w uśrednionej wartości BIVA występowały we wszystkich przedziałach wiekowych. Wśród nastolatków wzorzec przesunięcia wektora był zgodny z czasem normalnego wzrostu i rozwoju, odnosząc go do procesu dojrzewania [Redondo-Del-Río i wsp. 2017]. Obserwacje wektorów BIVA w najstarszych grupach wiekowych hiszpańskiej młodzieży są podobne do tych z badań własnych, a także innych autorów [Piccoli i wsp. 2002], co należy wiązać z charakterystyczną stabilizacją rezystancji i reaktancji odpowiadającą zakończeniu dojrzewania płciowego.

Wnioski

1. Wiek i płeć badanych osób dorosłych istotnie różnicowały wartości wybranych komponentów składu ciała. U kobiet procentowemu spadkowi masy beztłuszczowej i całkowitej wody w organizmie wraz z wiekiem towarzyszył jednoczesny przyrost masy tłuszczowej po 40 roku życia. U mężczyzn pomimo braku jednoznacznego trendu zaobserwowano wyraźny wzrost FM po 60 roku życia przy jednoczesnym spadku FFM, BCM i TBW.
2. Wartość kąta fazowego badanych osób dorosłych mieściła się w granicy normy. Niższe jego wartości prezentowały kobiety przy jednoczesnym spadku wraz z wiekiem dla obu płci. Im wyższy wiek badanych osób, tym większa migracja wektorów BIVA w kierunku otyłego typu budowy ciała.
3. Wiek i płeć badanych dzieci istotnie różnicowały wartości wybranych komponentów składu ciała. U dziewcząt wykazano cykliczny wzrost masy tłuszczowej do 13–15 roku życia, a następnie jego stabilizację. U chłopców widoczny był przyrost FM w kg z jednoczesnym spadkiem procentowego udziału w całej masie ciała. Wzrost dotyczył także pozostałych komponentów składu ciała w kg, z jednoczesnym ich zróżnicowanym procentowym rozkładem.
4. Wartość kąta fazowego badanych dzieci mieściła się w granicy normy. Niższe jego wartości prezentowały dziewczęta przy jednoczesnym wzroście wraz z wiekiem dla obu płci. Im wyższy wiek badanych osób, tym większa migracja wektorów BIVA w kierunku atletycznego typu budowy ciała.

Piśmiennictwo

1. Al-Ati T., Preston T., Al-Hooti S., Al-Hamad N., Al-Ghanim J., Al-Khulifi F., Al-Lahou B., Al-Othman A., Davidsson L., Total body water measurement using the 2H dilution technique for the assessment of body composition of Kuwaiti children. *Public Health Nutr.* 2015 Feb;18(2):259–263.
2. Alasmari H.D., Al-Shehri A.D., Aljuaid T.A., Alzaidi B.A., Alswat K.A., Relationship Between Body Mass Index and Obesity Awareness in School Students. *J Clin Med Res.* 2017 Jun; 9(6): 520–524.
3. Amini M., Dadkhah-Piraghaj M., Abtahi M., Abdollahi M., Houshiarrad A., Kimiaga M., Nutritional Assessment for Primary School Children in Tehran: An Evaluation of Dietary Pattern with Emphasis on Snacks and Meals Consumption. *Int J Prev Med.* 2014 May; 5(5): 611–616.
4. Andrews S., Hamarneh G., The generalized log-ratio transformation: learning shape and adjacency priors for simultaneous thigh muscle segmentation. *IEEE Trans Med Imaging* 2015;34:1773–1787.
5. Ayvaz G., Çimen A.R., Methods for Body Composition Analysis in Adults. *The Open Obesity Journal*, 2011, 3: 62–69.
6. Bac A., Woźniacka R., Matusik S., Golec J., Golec E., Prevalence of overweight and obesity in children aged 6–13 years – alarming increase in obesity in Cracow, Poland. *Eur. J. Pediatr.* 2012; 171: 245–251.
7. Barbosa-Silva M.C.G., Barros A.J.D., Wang J., Heymsfield S.B., Pierson R.N., Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2005; 82: 49–52.
8. Barker L.A., Gout B.S., Crowe T.C., Hospital Malnutrition: Prevalence, Identification and Impact on Patients and the Healthcare System. *Int J Environ Res Public Health.* 2011 Feb; 8(2): 514–527.
9. Bartelt A., Heeren J., Adipose tissue browning and metabolic health. *Nat Rev Endocrinol.* 2014;10:24–36.
10. Baumgartner R.N., Heymsfield S.B., Lichtman S. et al., Body composition in elderly people: effect of criterion estimates on predictive equations. *Am J Clin Nutr* 1991;53:1345–53.
11. Beberashvili I., Azar A., Sinuani I., Kadoshi H., Shapiro G., Feldman L., Sandbank J., Averbukh Z., Longitudinal changes in bioimpedance phase angle reflect inverse changes in serum IL-6 levels in maintenance hemodialysis patients. *Nutrition* 2014, 30, 297–304.
12. Bell K.L., Boyd R.N., Walker J.L., Stevenson R.D., Davies P.S., The use of bioelectrical impedance analysis to estimate total body water in young children with cerebral palsy. *Clin Nutr.* 2013 Aug;32(4):579–84.
13. Bergsma-Kadijk J.A., Baumeister B., Deurenberg P., Measurement of body fat in young and elderly women: comparison between a four-compartment model and widely used reference methods. *Br J Nutr* 1996;75:649–57.
14. Bibiloni M., Pons A., Tur J.A., Prevalence of overweight and obesity in adolescents: a systematic review. *ISRN Obes.* 2013 Jun 27;2013:392747.
15. Biela U., Pająk A., Kaczmarczyk-Chałas K., Głuszek J., Tendera M., Wawrzyńska M., Kurjata P., Wyrzykowski B., Częstość występowania nadwagi i otyłości u kobiet i mężczyzn w wieku 20–74 lat. Wyniki programu WOBASZ. *Kardiologia Polska* 2005; 63: 6 (supl. 4).

16. Black R.E., Victora C.G., Walker S.P., Bhutta Z.A., Christian P., de Onis M., Ezzati M., Grantham-McGregor S., Katz J., Martorell R., Uauy R., Maternal and Child Nutrition Study Group. Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *Lancet*. 2013 Aug 3;382(9890):427–451.
17. Blundell E.A., Baker J.L., Boyland E., Blaak E., Charzewska J., de Henauw S., Frühbeck G., Gonzalez-Gross M., Hebebrand J., Holm L., Kriaucioniene V., Lissner L., Oppert J.M., Schindler K., Silva A.M., Woodward E., Variations in the Prevalence of Obesity Among European Countries, and a Consideration of Possible Causes. *Obes Facts*. 2017 Mar; 10(1): 25–37.
18. Bolanowski M., Zadrożna-Śliwka B., Zatońska K., Badanie składu ciała — metody i możliwości zastosowania w zaburzeniach hormonalnych. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii* 2005, tom 1, nr 1, s. 20–25.
19. Bonaccorsi G., Santomauro F., Lorini C., Indiani L., Pellegrino E., Pasquini G., Molino-Lova R., Epifani F., Macchi C., Mugello Study Working Group. Risk of malnutrition in a sample of nonagenarians: Specific versus classic bioelectrical impedance vector analysis. *Nutrition*. 2016 Mar;32(3):368–374.
20. Borga M., West J., Bell J.D., Harvey N.C., Romu T., Heymsfield S.B., Dahlqvist Leinhard O., Advanced body composition assessment: from body mass index to body composition profiling. *J Investig Med*. 2018 Jun;66(5):1–9.
21. Berghöfer A., Pischon T., Reinhold T., Apovian C.M., Sharma A.M., Willich S.N., Obesity prevalence from a European perspective: a systematic review. *BMC Public Health*. 2008; 8: 200–210. doi:10.1186/1471–2458– 8–200.
22. Bosy-Westphal A., Danielzik S., Dorhofer R.P., Piccoli A., Muller M.J., Patterns of bioelectrical impedance vector distribution by body mass index and age: implications for body-composition analysis. *Am J Clin Nutr*. 2005;82:60–68.
23. Bosy-Westphal A., Danielzik S., Dörhöfer R.P., Later W., Wiese S., Müller M.J., Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2006 Jul-Aug;30(4):309–316.
24. Brozek J., Grande F., Anderson J.T., Keys A., Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann N Y Acad Sci*. 1963;110:113–140
25. Brug J., Lien N., Klepp K.I., van Lenthe F.J.: Exploring overweight, obesity and their behavioural correlates among children and adolescents: results from the health-promotion through obesity prevention across Europe project. *Public Health Nutrition* 2010; 13: 1676–1679.
26. Brug J., van Stralen M.M., te Velde S.J., Chinapow M.J.M. et al., Differences in Weight Status and Energy-Balance Related Behaviors among Schoolchildren across Europe: The ENERGY-Project. *Plos. One*. 2012; 7: e34742
27. Bray G.A., DeLany J.P., Harsha D.W., Volaufova J., Champagne C.C.: Evaluation of body fat in fatter and leaner 10-y-old African American and white children: the Baton Rouge Children's Study. *American Journal of Clinical Nutrition* 2001; 73: 687–702.
28. Buffa R., Saragat B., Cabras S., Rinaldi A.C., Marini E., Accuracy of specific BIVA for the assessment of body composition in the United States population. *PLoS One*. 2013;8(3):e58533.
29. Buffa R., Mereu E., Comandini O., Ibanez M.E., Marini E., Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for the assessment of two-compartment body composition. *Eur J Clin Nutr*. 2014 Nov;68(11):1234–1240.
30. Bułhak-Jachymczyk B., Jarosz M., Wprowadzenie [w:] Normy żywienia człowieka [red.], Jarosz M., Bułhak-Jachymczyk B., Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 2008, 15–31.
31. Camina Martín M.A., de Mateo Silleras B., Barrera Ortega S., Domínguez Rodríguez L., Redondo del Río M.P., Specific bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) is more accurate than classic BIVA to detect changes in body composition and in nutritional status in institutionalised elderly with dementia. *Exp Gerontol*. 2014 Sep;57:264–271

32. Campillo B, Paillaud E, Uzan I, Merlier I, Abdellaoui M, Perennec J, Louarn F, Bories P.N., Comité de Liaison Alimentation-Nutrition. Value of body mass index in the detection of severe malnutrition: influence of the pathology and changes in anthropometric parameters. *Clin Nutr.* 2004 Aug;23(4):551–559.
33. Campillo B, Richardet JP, Bories PN. Validation of body mass index for the diagnosis of malnutrition in patients with liver cirrhosis. *Gastroenterol Clin Biol.* 2006 Oct;30(10):1137–1143.
34. Carrasco-Marginet M, Castizo-Olier J, Rodríguez-Zamora L, Iglesias X, Rodríguez FA., Chaverri D., Brotons D., Iurrtia A.: Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for measuring the hydration status in young elite synchronized swimmers. *PLoS One.* 2017 Jun 7;12(6):e0178819.
35. Cederholm T, Barazzoni R., Austin P, ESPEN guidelines on definitions and terminology of clinical nutrition. *Clin Nutr.* 2017 Feb;36(1):49–64.
36. Cederholm T, Bosaeus I, Barazzoni R. i wsp., Diagnostic criteria for malnutrition - An ESPEN Consensus Statement. *Clin Nutr.* 2015 Jun;34(3):335–340.
37. Chabrom E., Charzewska J., Wajszczyk B., Chwojnowska Z., Częstość występowania niedoborowej masy ciała u młodzieży warszawskiej w wieku pokwitania w ostatnich 3 dekadach. *Probl. Hig. Epidemiol.* 2011; 92(1): 99–102.
38. Chan C., Smith D., Spanel P, McIntyre C.W., Davies S.J., A non-invasive, on-line deuterium dilution technique for the measurement of total body water in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant.* 2008 Jun;23(6):2064–2070.
39. Chaud D.M., Hil rio M.O., Yanaguibashi G. et al., Dietetic and anthropometric assessment in juvenile rheumatoid arthritis patients. *Revista da Associação Médica Brasileira* 2003; 49: 181–184.
40. Charzewska J., Ocena stanu odżywienia. [w:] *Żywnie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*, Gawęcki J., Hryniewiecki L. (red.), Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2010, 529–543.
41. Charzewska J., Chabrom E.: Praktyczne metody oceny stanu odżywienia uczniów (na podstawie pomiarów antropometrycznych, w tym wykrywanie ryzyka rozwoju otyłości, niedożywienia oraz anoreksji i bulimii) [w:] *Zasady prawidłowego żywienia dzieci i młodzieży oraz wskazówki dotyczące zdrowego stylu życia*, Jarosz M. (red.), Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa 2008, 207–216.
42. Chen K.T., Chen Y.Y., Wang C.W., Chuang C.L., Chiang L.M., Lai C.L., Lu H.K., Dwyer G.B., Chao S.P., Shih M.K., Hsieh K.C., Comparison of Standing Posture Bioelectrical Impedance Analysis with DXA for Body Composition in a Large, Healthy Chinese Population. *PLoS One.* 2016 Jul 28;11(7):e0160105.
43. Chmiel-Perzyńska I., Derkacz M., Perzyński A., Nadmierna masa ciała i jej uwarunkowania u dzieci w wieku 4–8 lat. *Fam. Med. Prim. Care Rev.* 2013; 15(3): 301–302.
44. Chrzanowska M., Gołąb S., Żarów R., Sobiecki J., Brudecki J., Dziecko krakowskie 2000. Poziom rozwoju biologicznego dzieci i młodzieży miasta Krakowa. *Studia i Monografie AWF Kraków* 2002; 19: 97–98.
45. Chumlea W.C., Guo S.S., Zeller C.M., Reo N.V., Baumgartner R.N., Garry P.J., Wang J., Pierson R.N. Jr., Heymsfield S.B., Siervogel R.M., Total body water reference values and prediction equations for adults. *Kidney Int.* 2001 Jun;59(6):2250–2258.
46. Cichoż-Lach H., Michalak A., A Comprehensive Review of Bioelectrical Impedance Analysis and Other Methods in the Assessment of Nutritional Status in Patients with Liver Cirrhosis. *Gastroenterol Res Pract.* 2017;2017:6765856.
47. Claros G., Hull H.R., Fields D., Comparison of air displacement plethysmography to hydrostatic weighing for estimating total body density in children. *BMC Pediatrics* 2005; 5: 37.

48. Coin A., Sergi G., Minicuci N. i wsp., Fat-free mass and fat mass reference values by dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) in a 20–80 year-old Italian population. *Clin Nutr.* 2008 Feb;27(1):87-94.
49. Cole T.J., Bellizzi M.C., Flegal K.M., Dietz W.H., Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *British Medical Journal* 2000; 320: 1240–1245.
50. Colín-Ramírez E., Castillo-Martínez L., Orea-Tejeda A., Vázquez-Durán M., Rodríguez A.E., Keirns-Davis C., Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic marker in chronic heart failure. *Nutrition* 2012, 28, 901–905.
51. Cruz V., Bernal L., Buitrago G., Ruiz Á.J., Screening for malnutrition among hospitalized patients in a Colombian University Hospital. *Rev Med Chil.* 2017 Apr;145(4):449–457.
52. Daanen H.M., van de Water G.J., Whole body scanners. *Displays*, 1998,19(3):111–120.
53. Daniels S.R., Khoury P.R., Morrison J.A., Utility of Different Measures of Body Fat Distribution in Children and Adolescents. *American Journal of Epidemiology* 2000; 152: 1179–1184.
54. Davies S.J., Davenport A., The role of bioimpedance and biomarkers in helping to aid clinical decision-making of volume assessments in dialysis patients. *Kidney Int.* 2014 Sep;86(3):489–496.
55. Davies S., Spanel P., Smith D., Rapid measurement of deuterium content of breath following oral ingestion to determine body water, *Physiol Meas* , 2001, vol. 22 pg. 651–659.
56. De Oliveira P.G., Pereira dos Santos A.S., de Mello E.D., Bioelectrical Impedance Phase Angle: Utility in clinical practice. *International Journal of Neurology*2012; 5: 123–127.
57. De Onis M., Garza C., Onyango A.W., Martorell R., WHO child growth standards. *Acta Paediatrica* 2006; 95: 3–101.
58. De Onis M., Onyango A.W., Borghi E. et al., Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ.* 2007; 85: 660–667.
59. Dehghan M., Merchant A.T., Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutr J.* 2008;7:26.
60. Delisle-Houde P., Reid R.E., Insogna J.A. et al., Comparing DXA and air-displacement-plethysmography to assess body composition of male collegiate hockey players. *J Strength Cond Res.* 2017, 17. doi: 10.1519/JSC.0000000000001863.
61. Demerath W.W., Johnson W., Pediatric body composition references: what's missing?. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2013; 98: 1–3.
62. Dempster P, Aitkens S. A new air displacement method for the determination of human body composition. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 1692–1697.
63. Deurenberg P., Deurenberg-Yap M., Guricci S., Asians are different from Caucasians and from each other in their body mass index/body fat per cent relationship. *Obes Rev.* 2002;3:141–146.
64. Dinsa G.D., Goryakin Y., Fumagalli E., Suhrcke M., Obesity and socioeconomic status in developing countries: a systematic review. *Obes Rev.* 2012 Nov;13(11):1067–1079.
65. Dittmar M., Reber H., Kahaly G.J., Bioimpedance phase angle indicates catabolism in Type 2 diabetes. *Diabet Med.* 2015 Sep;32(9):1177–85.
66. Dogan Y., Erkan T., Yalvac S. et al., Nutritional status of patients hospitalized in pediatric clinic. *The Turkish Journal of Gastroenterology* 2005; 16: 212–216.
67. Drożdż D., Kwinta P., Korohoda P., Pietrzyk J.A., Drożdż M., Sancewicz-Pach K., Wartości pomiarowe bioimpedancji elektrycznej u dzieci zdrowych. *Standardy Medyczne – Pediaatria* 2007; 4: 60–65.
68. Drygas W., Bielecki W., Kozakiewicz K., Pająk A., Piotrowski W., Tykarski A., Wyrzykowski B., Zdrojewski T.: Wielośrodkowe Ogólnopolskie Badanie Stanu Zdrowia Ludności – WOBASZ. *Medycyna Praktyczna*, Kraków, 2015.

69. Due P, Damsgaard M.T., Rasmussen M. et al., Socioeconomic position, macroeconomic environment and overweight among adolescents in 35 countries. *Int. J. Obes.* 2009; 33: 1084–1093.
70. Edelman I.S., Olney J.M., James A.H., Brooks L., Moore F.D., *Body Composition: Studies in the Human Being by the Dilution Principle.* Science 1952; 115: 447–454.
71. Ellis K.J., Shypailo R.J., Abrams S.A., Wong W.W., The reference child and adolescent models of body composition. A contemporary comparison. *Ann N Y Acad Sci* 2000; 904: 374.
72. Fassini P.G., Nicoletti C.F., Pfrimer K., Nonino C.B., Marchini J.S., Ferriolli E., Bioelectrical impedance vector analysis as a useful predictor of nutritional status in patients with short bowel syndrome. *Clin Nutr.* 2017 Aug;36(4):1117–1121.
73. Fernández-Alvira J.M., De Bourdeaudhuij I., Singh A.S., Vik F.N., Manios Y., Kovacs E., Jan N. et al., Clustering of energy balance-related behaviors and parental education in European children: the ENERGY-project. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 2013, 10: 5.
74. Fields D.A., Goran M.I., McCrory M.A., Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *Am J Clin Nutr* 2002;75:453–467.
75. Fields D.A., Higgins P.B., Radley D., Air-displacement plethysmography: here to stay. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 2005; 8: 624–629.
76. Flegal K.M., Shepherd J.A., Looker A.C., Graubard B.I., Borrud L.G., Ogden C.L. et al., Comparisons of percentage body fat, body mass index, waist circumference, and waist-stature ratio in adults. *Am J Clin Nutr.* 2009; 89(2):500–508.
77. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Food Security & Nutrition around the World*, 2018. <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en/> (dostęp 17.11.2018).
78. Forni L.G., Hasslacher J., Joannidis M., Bioelectrical impedance vector analysis in the critically ill: cool tool or just another 'toy'? *Crit Care.* 2015; 19: 387.
79. Franssen F.M., Rutten E.P., Groenen M.T., Vanfleteren L.E., Wouters E.F., Spruit M.A., New reference values for body composition by bioelectrical impedance analysis in the general population: results from the UK Biobank. *J Am Med Dir Assoc.* 2014 Jun;15(6):448.e1-6.
80. Franssens B.T., Hoogduin H., Leiner T. et al., Relation between brown adipose tissue and measures of obesity and metabolic dysfunction in patients with cardiovascular disease. *J Magn Reson Imaging.* 2017 doi: 10.1002/jmri.25594. [Epub ahead of print].
81. Franz D., Karampinos D.C., Rummeny EJ, et al. Discrimination between brown and white adipose tissue using a 2-point Dixon water-fat separation method in simultaneous PET/MRI. *J Nucl Med.* 2015;56:1742–1747.
82. Gallagher D., Belmonte D., Deurenberg P., Wang Z.M., Krasnow N., PiSunyer F.X., Heymsfield S.B., Organ tissue mass measurement allows modeling of resting energy expenditure and metabolically active tissue mass. *Am. J. Physiol.* 1998; 275, E249–E258.
83. Gavriilidou N.N., Pihlgård M., Elmståhl S., High degree of BMI misclassification of malnutrition among Swedish elderly population: Age-adjusted height estimation using knee height and demispan. *Eur J Clin Nutr.* 2015 May;69(5):565–571.
84. Gawlik A., Zachurzk-Buczyńska A., Małecka-Tendera E., Powikłania otyłości u dzieci i młodzieży. *Endokrynol. Otyłość* 2009; 5(1): 19–27.
85. Geer E.B., Shen W., Gender differences in insulin resistance, body composition, and energy balance. *Gender medicine.* 2009; 6 Suppl 1:60–75.
86. Główny Urząd Statystyczny. *Zdrowie i zachowanie zdrowotne mieszkańców Polski w świetle Europejskiego Ankietowego Badania Zdrowia (EHIS) 2014 r.* https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5513/10/1/1/zdrowie_i_zachowania_zdrowotne_mieszkanow_polski_w_swietle_badania_ehis_2014.pdf (dostęp 18.11.2018).

87. Gonzalez M.C., Nin L.A., Reijven P.L.M., Skowrońska-Piekarska U., Małgorzewicz S., Metoda bioelektrycznej impedancji [w:] Sobotka L. (red.), Podstawy żywienia klinicznego – edycja czwarta. Scientifica, Kraków 2013.
88. Goodpaster B.H., Measuring body fat distribution and content in humans. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2002; 5: 481–7.
89. Goodpaster B.H., Kelley D.E., Thaete F.L. et al., Skeletal muscle attenuation determined by computed tomography is associated with skeletal muscle lipid content. *J Appl Physiol* 2000;89:104–110.
90. Goulet O., Assessment of nutritional status in clinical practice. *Bailliere's Clinical Gastroenterology* 1998; 12: 647–669.
91. Gummesson A., Jernas M., Svensson P.A., Larsson I., Glad C.A., Schele E. et al., Relations of adipose tissue CIDEA gene expression to basal metabolic rate, energy restriction, and obesity: population-based and dietary intervention studies. *J Clin Endocrinol Metab* 2007; 92: 4759–4765.
92. Hall L.M., Moran C.N., Milne G.R., Wilson J., MacFarlane N.G., Forouhi N.G., Hariharan N., Salt I.P., Sattar N, Gill JM. Fat oxidation, fitness and skeletal muscle expression of oxidative/lipid metabolism genes in South Asians: implications for insulin resistance? *PLoS ONE*. 2010;5:e14197
93. Haroun D., Taylor S.J., Viner R.M., Hayward R.S., Darch T.S., Eaton S., Cole T.J., Wells J.C., Validation of bioelectrical impedance analysis in adolescents across different ethnic groups. *Obesity (Silver Spring)*. 2010;18: 1252–1259.
94. Hartman C., Shamir R., Hecht C., Koletzko B., Malnutrition screening tools for hospitalized children. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 2012; 15: 303–309.
95. Hense S., Pohlabein H., De Henauw S., Eiben G., Molnar D., Moreno L.A., Barba G. et al., Sleep duration and overweight in European children: is the association modified by geographic region? *Sleep* 2011; 34: 885–890.
96. Heydari S.T., Ayatollahi S.M.T., Zare N., Diagnostic Value of Bioelectrical Impedance Analysis versus Body Mass Index for Detection of Obesity among Students. *Asian J Sports Med*. 2011 Jun; 2(2): 68–74.
97. Heymsfield S.B., Lichtman S., Baumgartner R.N. et al., Body composition of humans: comparison of two improved four-compartment models that differ in expense, technical complexity, and radiation exposure. *American Journal of Clinical Nutrition* 1990; 52: 52–58.
98. Horlick M., Arpadi S.M., Bethel J., Wang J., Moye J. Jr., Cuff P., Pierson R.N. Jr., Kotler D., Bioelectrical impedance analysis models for prediction of total body water and fat-free mass in healthy and HIV-infected children and adolescents. *Am J Clin Nutr*. 2002 Nov;76(5):991–9.
99. Hu H.H., Chen J., Shen W., Segmentation and quantification of adipose tissue by magnetic resonance imaging. *Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine* 2016;29:259–276.
100. Hui D., Dev R., Pimental L., Park M., Cerana M.A., Liu D.; Bruera E., Association Between Multi-frequency Phase Angle and Survival in Patients With Advanced Cancer. *J Pain Symptom Manag*. 2017, 53, 571–577.
101. Huang A.C., Chen Y.Y., Chuang C.L., Chiang L.M., Lu H.K., Lin H.C., Chen K.T., Hsiao A.C., Hsieh K.C., Cross-mode bioelectrical impedance analysis in a standing position for estimating fat-free mass validated against dual-energy x-ray absorptiometry. *Nutr Res*. 2015 Nov;35(11):982–9.
102. Huang Y.T.K., Watkins M.P., Goran M.I., Predicting Total Body Fat from Anthropometry in Latino Children. *Obesity Research* 2003; 11: 1192–1199.

103. Hull H.R., Thornton J., Wang J. i wsp., Fat-free mass index: changes and race/ethnic differences in adulthood. *Int J Obes (Lond)*. 2011 Jan;35(1):121–127.
104. Imboden M.T., Welch W.A., Swartz A.M., Montoye A.H.K., Finch H.W., Harber M.P., Kaminisky L.A., Reference standards for body fat measures using GE dual energy x-ray absorptiometry in Caucasian adults. *PLoS One*. 2017; 12(4): e0175110.
105. International Atomic Energy Agency (2009). Assessment of Body Composition and Total Energy Expenditure in Humans using Stable Isotope Techniques. IAEA Human Health Series no. 3. Vienna: IAEA; available at http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1370_web.pdf (dostęp 24.11.2018).
106. International Food Policy Research Institute (IFPRI). Global Nutrition Report 2016: From Promise to Impact: Ending Malnutrition by 2030. Washington, D.C. 2016, 2. <https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2016/06/130565-1.pdf> (dostęp 17.11.2018).
107. Janiszewska R., Ocena składu ciała metodą bioelektrycznej impedancji u studentów o różnym stopniu aktywności fizycznej. *MONZ*. 2013;19(2):173–176.
108. Jarosz M. (red.), Normy żywienia dla populacji Polski. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa 2017, 11.
109. Jarosz M., Rychlik E., Wprowadzenie [w:] Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja, (red.) Jarosz M., Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa 2012, 9–17.
110. Jimenez-Pavon D., Kelly J., Reilly J.J., Associations between objectively measured habitual physical activity and adiposity in children and adolescents: systematic review. *International journal of pediatric obesity: IJPO: an official journal of the International Association for the Study of Obesity* 2010; 5: 3–18.
111. Jodkowska M., Woynarowska B., Oblacińska A., Test przesiewowy do wykrywania zaburzeń w rozwoju fizycznym u dzieci i młodzieży w wieku szkolnym. Instytut Matki i Dziecka, Warszawa 2007.
112. Jun M.H., Kim S., Ku B., Cho J., Kim K., Yoo H.R., Kim J.U., Glucose-independent segmental phase angles from multi-frequency bioimpedance analysis to discriminate diabetes mellitus. *Sci. Rep.* 2018, 12, 648.
113. Kaługa Z., Litwin M., Grajda A., Gurzkowska B. i wsp., Rozkłady wartości ciśnienia krwi w populacji referencyjnej dzieci i młodzieży w wieku szkolnym. *Standardy Medyczne - Pediatrya* 2010; 7: 853–864.
114. Kaługa Z., Litwin M., Tkaczyk M., Palczewska I. et al., Polish 2010 growth references for school-aged children and adolescents. *European Journal of Pediatrics* 2011; 170: 599–609.
115. Kaługa Z., Litwin M., Tkaczyk M., Rózdżyńska A. et al.: The height-, weight-, and BMI- forage of Polish school-aged children and adolescents relative to international and local growth references. *BMC Public Health* 2010; 10: 109.
116. Kaługa Z., Litwin M., Zajączkowska M.M., Wasilewska A. i wsp., Porównanie wartości obwodów talii i bioder dzieci i młodzieży polskiej w wieku 7-18 lat z wartościami referencyjnymi dla oceny ryzyka sercowo-naczyniowego. *Standardy Medyczne – Pediatrya* 2008; 5: 473–485.
117. Kar SS., Dube R., Kar SS., Childhood obesity-an insight into preventive strategies *Avicenna J Med.* 2014 Oct-Dec; 4(4): 88–93.
118. Karlsson A., Rosander J., Romu T., Borga M. et al., Automatic and quantitative assessment of regional muscle volume by multi-atlas segmentation using whole-body water-fat MRI. *J Magn Reson Imaging* 2015;41:1558–69.
119. Kelly T.L., Wilson K.E., Heymsfield S.B., Dual energy X-Ray absorptiometry body composition reference values from NHANES. *PLoS one*. 2009; 4(9):e7038.

120. Kendall K.L., Fukuda D.H., Hyde P.N. et al., Estimating fat-free mass in elite-level male rowers: a four-compartment model validation of laboratory and field methods. *J Sports Sci.* 2017;35:624–633.
121. Kiefer F.W., The significance of beige and brown fat in humans. *Endocr Connect.* 2017;pii. doi: 10.1530/EC-17-0037. EC-17-0037. [Epub ahead of print].
122. King S.J., Nyulasi I.B., Strauss B.J., Kotsimbos T., Bailey M., Wilson J.W., Fat-free mass depletion in cystic fibrosis: associated with lung disease severity but poorly detected by body mass index. *Nutrition* 2010; 26: 753
123. Kirchengast S., Marosi A., Gender differences in body composition, physical activity, eating behavior and body image among normal weight adolescents— an evolutionary approach. *Collegium Antropol.* 2008; 32(4):1079–86.
124. Klemarczyk W., Różne aspekty problemu niedożywienia dzieci w Polsce. [w:] *Niedożywienie dzieci w Polsce – na drodze do skutecznego rozwiązywania problemu. Raport otwarcia.* Danone 2007: 7–8.
125. Knai C., Lobstein T., Darmon N., Rutter H., McKee M., Socioeconomic patterning of childhood overweight status in Europe. *Int J Environ Res Public Health.* 2012 Apr;9(4):1472–89.
126. Kohli K., Corns R., Vinnakota K., Steiner P., Elith C., Schellenberg D., Kwan W., Karvat A., A bioimpedance analysis of head-and-neck cancer patients undergoing radiotherapy. *Curr Oncol.* 2018 Jun;25(3):e193–e199.
127. Kolmaga A., Zimna-Walendzik E., Łaszek M., Niedźwiedzka-Stadnik M., Trafalska E., Szatko F., Ocena stanu odżywienia 16-letniej młodzieży z łódzkich szkół ponadpodstawowych. *Probl. Hig. Epidemiol.* 2013; 95(1): 93–97.
128. Kovarik M., Hronek M., Zadak Z., Clinically relevant determinants of body composition, function and nutritional status as mortality predictors in lung cancer patients. *Lung Cancer* 2014, 84, 1–6.
129. Kramer H., Pickhardt P.J., Kliewer M.A. et al. Accuracy of liver fat quantification with advanced CT, MRI, and ultrasound techniques: prospective comparison with MR spectroscopy. *AJR Am J Roentgenol* 2017;208:92–100.
130. Krawczyński M., Ocena stanu odżywienia – pojęcie normy [w:] Krawczyński M. (red.): *Żywność dzieci w zdrowiu i chorobie.* Wydanie I. Help-Med., Kraków 2008, 43.
131. Kruijenga H., van Keeken S., Weijs P., Bastiaanse L., Beijer S., Huisman-de Waal G., Jager-Witenaar H., Jonkers-Schuitema C., Klos M., Remijnse-Meester W., Witteman B., Thijs A., Undernutrition screening survey in 564,063 patients: patients with a positive undernutrition screening score stay in hospital 1.4 d longer. *Am J Clin Nutr.* 2016 Apr;103(4):1026–32.
132. Królicki K., Kunikowska J., Kobylecka M., Mączewska J., Fronczewska K.: Znaczenie pozytonowej tomografii emisyjnej (PET) w diagnostyce schorzeń onkologicznych. *Postępy Nauk Medycznych*, t. XXIV, nr 2, 2011.
133. Krzyżaniak A. (red.), *Zdrowie poznańskich uczniów.* Wydawnictwo Miejskie, 2009.
134. Książyk J., Współczynnik masy ciała – propozycja nowej metody oceny stanu odżywienia. *Pediatrics Polska* 1995; 70: 347–351.
135. Koury J.C., Trugo N.M.F., Torres A.G., Phase angle and bioelectrical impedance vectors in adolescent and adult male athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014 Sep;9(5):798–804.
136. Kyle U.G., Genton L., Karsegard L., Slosman D.O., Pichard C., Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20–94 years. *Nutrition.* 2001; 17: 248–253.
137. Kyle U.G., Bosaeus I., De Lorenzo A.D., Deurenberg P. i wsp., Bioelectrical impedance analysis- part I: review of principles and methods. *ESPEN Guidelines. Clinical Nutrition* 2004; 23: 1226-1243.

138. Kyle U.G., Bosaeus I., Lorenzo A. et al., Bioelectrical impedance analysis – part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr* 2004; 23: 1430–53.
139. Kyle U.G., Soundar E.P., Genton L., Pichard C., Can phase angle determined by bioelectrical impedance analysis assess nutritional risk? A comparison between healthy and hospitalized subjects. *Clin Nutr*. 2012 Dec;31(6):875–81.
140. Lantz H., Bratteby L.-E., Fors H., Sandhagen B., Sjöström L., Samuelson G., Body composition in a cohort of Swedish adolescents aged 15, 17 and 20.5 years. *Acta Pædiatrica* 2008; 97: 1691–1697.
141. Lareau-Trudel E., Le Troter A., Ghattas B. et al., Muscle quantitative MR imaging and clustering analysis in patients with facioscapulohumeral muscular dystrophy type 1. *PLoS One* 2015;10:e0132717–16.
142. Larsson I., Berteus Forslund H., Lindroos A.K., Lissner L., Naslund I., Peltonen M. et al., Body composition in the SOS (Swedish Obese Subjects) reference study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004; 28: 1317–1324.
143. Larsson I., Lissner L., Samuelson G., Fors H., Lantz H., Näslund I., Carlsson L.M., Sjöström L., Bosaeus I., Body composition through adult life: Swedish reference data on body composition. *Eur J Clin Nutr*. 2015 Jul;69(7):837–42.
144. Lee B., Jeong S., Roh M., Association between body mass index and health outcomes among adolescents: the mediating role of traditional and cyber bullying victimization. *BMC Public Health*. 2018 May 30;18(1):674.
145. Lee S.Y., Gallagher D., Assessment methods in human body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2008; 11: 566–72.
146. Lee Y., Kwon O., Shin C.S., Lee S.M., Use of bioelectrical impedance analysis for the assessment of nutritional status in critically ill patients. *Clin Nutr Res*. 2015 Jan;4(1):32–40.
147. Lee YJ. Nutritional Screening Tools among Hospitalized Children: from Past and to Present. *Pediatr Gastroenterol Hepatol Nutr*. 2018 Apr; 21(2): 79–85.
148. Badosa E.L., Tahull M.B., Casas N.V. et al., Hospital malnutrition screening at admission: malnutrition increases mortality and length of stay. *Nutr Hosp*. 2017 Jul 28;34(4):907–913.
149. Lemos T., Gallagher D.: Current body composition measurement techniques. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*. 2017 Oct; 24(5): 310–314.
150. Li L., Zhang S., Huang Y., Chen K., Sleep duration and obesity in children: A systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *J Paediatr Child Health*. 2017 Apr;53(4):378–385.
151. Lindholm D., Fukaya E., Leeper N.J., Ingelsson E., Bioimpedance and New-Onset Heart Failure: A Longitudinal Study of >500 000 Individuals From the General Population. *J Am Heart Assoc*. 2018 Jun 29;7(13). pii: e008970
152. Liu A., Byrne N.M., Ma G., Nasreddine L., Trinidad T.P., Kijboonchoo K., Ismail M.N., Kagawa M., Poh B.K., Hills A.P., Validation of bioelectrical impedance analysis for total body water assessment against the deuterium dilution technique in Asian children. *Eur J Clin Nutr*. 2011 Dec;65(12):1321–7.
153. Ljungqvist O., van Gossum A., Sanz M., de Man F., The European fight against malnutrition. *Clinical Nutrition* 2010; 29: 149–150.
154. Lobstein T., Frelut M.L., Prevalence of overweight among children in Europe. *Obesity Reviews* 2003; 4: 195–200.
155. Lohman T.G., Harris M., Teixeira P.J., Weiss L., Assessing body composition and changes in body composition: another look at dual-energy x-ray absorptiometry. *Ann N Y Acad Sci*. 2000;904:45–54.

156. Lu H.K., Chiang L.M., Chen Y.Y., Chuang C.L., Chen K.T., Dwyer G.B., Hsu Y.L., Chen C.H., Hsieh K.C., Hand-to-Hand Model for Bioelectrical Impedance Analysis to Estimate Fat Free Mass in a Healthy Population. *Nutrients*. 2016 Oct 21;8(10). pii: E654.
157. Lu Y., Shu H., Zheng Y., Li C., Liu M., Chen Z., He X., Comparison of fat-free mass index and fat mass index in Chinese adults. *Eur J Clin Nutr*. 2012 Sep;66(9):1004–7.
158. Lukaski H.C., Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am. J. Clin. Nutr*. 1987; 46: 537–556.
159. Lukaski H.C., Evaluation of body composition: why and how?. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism* 2009; 2: 1–10.
160. Lukaski H.C., Kyle U.G., Kondrup J., Assessment of adult malnutrition and prognosis with bioelectrical impedance analysis: phase angle and impedance ratio. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2017 Sep;20(5):330–339.
161. Lukaski H.C., Piccoli A., Bioelectrical Impedance Vector Analysis for Assessment of Hydration in Physiological States and Clinical Conditions. *Handbook of Anthropometry* 2012; pp 287–305.
162. Maddocks M., Kon S.S., Jones S.E., Canavan J.L., Nolan C.M., Higginson I.J., Gao W., Polkey M.I., Man W.D., Bioelectrical impedance phase angle relates to function, disease severity and prognosis in stable chronic obstructive pulmonary disease. *Clin. Nutr*. 2015, 34, 1245–1250.
163. Malczyk E., Stan odżywienia dzieci i młodzieży w Polsce na podstawie piśmiennictwa z ostatnich 10 lat (2005–2015). *Annales Academiae Medicae Silesiensis* 2016, 70, 56–65.
164. Małecka-Massalska T., Gołębiowski P., Chara K. et al., Wartości kąta fazowego mierzonego przy pomocy analizy impedancji bioelektrycznej u studentów Politechniki Lubelskiej. *Zdr Publ*. 2013;123(2):164–6.
165. Marques-Vidal P., Marcelino G., Ravasco P., Camilo M.E., Oliveira J.M., Body fat levels in children and adolescents: Effects on the prevalence of obesity. *e-SPEN, the European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism* 2008, 3, e321ee327.
166. Mattsson S., Thomas B.J., Development of methods for body composition studies. *Phys Med Biol* 2006; 51: R203–28
167. Mayo Clinic. Childhood obesity. Mayo Foundation for Medical Education and Research (MFMER), 2018. <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/childhood-obesity/symptoms-causes/syc-20354827> (data wejścia 17.11.2018).
168. Mazur A., Dynamika zmian nadwagi i otyłości u dzieci szkolnych. Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego 2009.
169. Mazur A., Epidemiologia nadwagi i otyłości u dzieci na świecie, w Europie i w Polsce. *Przeгляд Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego i Narodowego Instytutu Leków w Warszawie* 2011; 2: 158–163.
170. McCarthy D., Ashwell M., A study of central fatness using waist-to-height ratios in UK children and adolescents over two decades supports the simple message - 'keep your waist circumference to less than half your height'. *International Journal of Obesity* 2006; 30: 988–992.
171. Mitri R, Boulos C., Adib SM. Determinants of the nutritional status of older adults in urban Lebanon. *Geriatr Gerontol Int*. 2017 Mar;17(3):424–432.
172. Moreno L.A., Pigeot I., Ahrens W., *Epidemiology of Obesity in Children and Adolescents: Prevalence and Etiology* New York: Springer; 2011.
173. Must A., Parisi S.M., Sedentary behavior and sleep: paradoxical effects in association with childhood obesity. *International Journal of Obesity* 2009; 33: S82–S86.
174. Müller-Riemenschneider F., Reinhold T., Berghofer A., Willich S.N., Health economic burden of obesity in Europe. *European Journal of Epidemiology*. 2008; 23: 499–509.

175. Nagano M., Suita S., Yamanouchi T., The validity of bioelectrical impedance phase angle for nutritional assessment in children. *Journal of Pediatric Surgery* 2000; 35: 1035–1039.
176. Nambiar S., Hughes I., Davies P.S., Developing waist-to-height ratio cut-offs to define overweight and obesity in children and adolescents. *Public Health Nutrition* 2010; 13: 1566–1574.
177. Nawarycz T., Ostrowska-Nawarycz L., Wskaźnik masy ciała u dzieci i młodzieży łódzkiej w wieku szkolnym. *Polski Merkuriusz Lekarski* 2007; 136: 264270.
178. Nawarycz T., Ostrowska-Nawarycz L., Rozkłady centylowe obwodu pasa u dzieci i młodzieży. *Pediatrics Polska* 2007; 82: 418–424.
179. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. *Lancet*. 2017 Dec 16;390(10113):2627-2642.
180. Nescolarde L., Núñez A., Bogónez-Franco P., Lara A., Vaillant G, Morales R, Rosell-Ferrera J. Reference values of the bioimpedance vector component in a Caribbean population. *e-SPEN Journal* 2013, 8(4), e141–e144.
181. Ng W.L., Collins P.F., Hickling D.F., Bell J.J., Evaluating the concurrent validity of body mass index (BMI) in the identification of malnutrition in older hospital inpatients. *Clinical Nutrition* 2018, In Press. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261561418325202> (data wejścia 28.11.2018).
182. Nichols J., Going S., Loftin M. et al., Comparison of two bioelectrical impedance analysis instruments for determining body composition in adolescent girls. *Int J Body Compos Res*. 2006;4:153–60.
183. Nightingale C.M., Rudnicka A.R., Owen C.G., Cook D.G., Whincup P.H., Patterns of body size and adiposity among UK children of South Asian, black African-Caribbean and white European origin: Child Heart and Health Study in England (CHASE study). *Int J Epidemiol*. 2011;40: 33–44.
184. Norman K., Smoliner C., Valentini I., Lochs H., Pirlich M., Is bioelectrical impedance vector analysis of value in the elderly with malnutrition and impaired functionality? *Nutrition* 2007; 23: 564-569.
185. Norman K., Stubler D., Baier P. et al., Effects of creatine supplementation on nutritional status, muscle function and quality of life in patients with colorectal cancer – a double blind randomised controlled trial. *Clinical Nutrition* 2006; 25: 596605.
186. Norman K., Stobäus N., Pirlich M., Bösy-Westphal A., Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis-clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin Nutr*. 2012 Dec;31(6):854–61.
187. Oblacinska A., Wroclawska M., Woynarowska B., Frequency of overweight and obesity in the school-age population in Poland and health care for pupils with these disorders. *Pediatrics Polska* 1997; 72: 241–245.
188. OLAF, Siatki centylowe dzieci i młodzieży w wieku 3-18 lat. http://www.czd.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=1717&Itemid=538 (data wejścia 12.12.2018).
189. Oliveira C.M., Kubrusly M., Mota R.S., Silva C.A., Choukroun G., Oliveira V.N., The phase angle and mass body cell as markers of nutritional status in hemodialysis patients. *Journal of Renal Nutrition* 2010; 20: 314–320.
190. Orgiu S., Lafortuna C.L., Rastelli F. et al., Automatic muscle and fat segmentation in the thigh from T1-Weighted MRI. *J Magn Reson Imaging* 2016;43:601–10.
191. Ostrowska-Nawarycz L., Nawarycz T., Prevalence of excessive body weight and high blood pressure in children and adolescents in the city of Łódź. *Kardiologia Polska* 2007; 65: 1079–1087.

192. Palczewska I., Niedźwiecka Z., Siatki centylowe do oceny rozwoju somatycznego dzieci i młodzieży. Instytut Matki i Dziecka, Warszawa 1999.
193. Pereira da Silva A., Matos A., Valente A., Gil Â., Alonso I., Ribeiro R., Bicho M., Gorjão-Clara J., Body Composition Assessment and Nutritional Status Evaluation in Men and Women Portuguese Centenarians. *J Nutr Health Aging*. 2016 Mar;20(3):256–66.
194. Piccoli A., Bioelectric impedance measurement for fluid status assessment. *Contrib Nephrol*. 2010;164:143–52.
195. Piccoli A., Estimation of fluid volumes in hemodialysis patients: comparing bioimpedance with isotopic and dilution methods. *Kidney Int*. 2014 Apr;85(4):738–41.
196. Piccoli A., Brunani A., Savia G., Pillon L., Favaro E., Berselli M.E. et al., Discriminating between body fat and fluid changes in the obese adult using bioimpedance vector analysis. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1998;22:97–104.
197. Piccoli A., Codognotto M., Piasentin P., Naso A., Combined evaluation of nutrition and hydration in dialysis patients with bioelectrical impedance vector analysis (BIVA). *Clin Nutr*. 2014 Aug;33(4):673–7.
198. Piccoli A., Pastori G., BIVA software. Department of Medical and Surgical Sciences, University of Padova, Padova, Italy, 2002 (available at E-mail: apiccoli@unipd.it). http://www.renalgate.it/formule_calcolatori/BIVAGuide.pdf (data wejścia 5.11.2018).
199. Piccoli A., Rossi B., Pillon L., Bucciante G., A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. *Kidney Int*. 1994;46:534–9.
200. Pietrobelli A., Heymsfield S.B., Wang Z.M., Gallagher D., Multi-component body composition models: recent advances and future directions. *Eur J Clin Nutr*. 2001 Feb;55(2):69–75.
201. Pinto L.W., Gandra S.V., Alves M.C., Gomes I., Sternick E.B., Bioelectrical impedance analysis of body composition: influence of a newly implanted cardiac device. *J Electr Bioimp* 2017, 8, 60–65.
202. Plachta-Danielzik S., Gehrke M.I., Kehden B., Kromeyer-Hauschild K., Grillenberger M., Willhöft C., Bösy-Westphal A., Müller M.J., *Obes Facts*. 2012;5(1):77–90.
203. Player E.L., Morris P., Thomas T., Chan W.Y., Vyas R., Dutton J., Tang J., Alexandre L., Forbes A., Bioelectrical impedance analysis (BIA)-derived phase angle (PA) is a practical aid to nutritional assessment in hospital in-patients. *Clin Nutr*. 2018 Aug 17. pii: S0261-5614(18)31345-1.
204. Polska Fundacja Pomocy Dzieciom „Maciuś”. http://www.pfpd.org/?page_id=794 (data wejścia 22.11.2018).
205. POLSPEN. Walka z niedożywieniem. <https://polspen.pl/artykul-walka-z-niedozywnieniem/> (data wejścia 22.11.2018).
206. Pouliot M.C., Despres J.P., Lemieux S. et al., Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women, *Am J Cardiol*, 1994, vol. 73, 460-8.
207. Pyrzak B., Wisniewska A., Majcher A., Tysarowski A., Demkow U., Relation of fat-mass and obesity-associated gene polymorphism to fat mass content and body mass index in obese children. *Adv Exp Med Biol*. 2013;756:255–62.
208. Ranasinghe C., Gamage P., Katulanda P., Andraweera N., Thilakarathne S., Tharanga P., Relationship between Body Mass Index (BMI) and body fat percentage, estimated by bioelectrical impedance, in a group of Sri Lankan adults: a cross sectional study. *BMC Public Health*. 2013 Sep 3;13:797.
209. Raport otwarcia. Niedożywienie dzieci w Polsce – na drodze do skutecznego rozwiązania problemu, Warszawa 2007. http://i.wp.pl/a/f/pdf/18278/raport_otwarcia.pdf (data wejścia 22.11.2018).

210. Redondo-Del-Río M.P., Camina-Martín M.A., Marugán-de-Miguelsanz J.M., de-Mateo-Sileras B., Bioelectrical impedance vector reference values for assessing body composition in a Spanish child and adolescent population. *Am J Hum Biol.* 2017 Jul 8;29(4).
211. Rimsevicius L., Gincaite A., Vicka V., Sukackiene D., Pavinic J., Miglinas M., Malnutrition Assessment in Hemodialysis Patients: Role of Bioelectrical Impedance Analysis Phase Angle. *J Ren Nutr.* 2016 Nov;26(6):391–395.
212. Rippin H.L., Hutchinson J., Evans C.E.L., Jewell J., Breda J.J., Cade J.E., National nutrition surveys in Europe: a review on the current status in the 53 countries of the WHO European region. *Food Nutr Res.* 2018 Apr 16;62.
213. Robinson L., Ojha S., Symonds M.E., Budge H., Body mass index as a determinant of brown adipose tissue function in healthy children. *J Pediatr.* 2014;164:318–322.e1.
214. Rodríguez-Rodríguez F., Cristi-Montero C., González-Ruiz K., Correa-Bautista J.E., Ramírez-Vélez R., Bioelectrical Impedance Vector Analysis and Muscular Fitness in Healthy Men. *Nutrients.* 2016 Jul 2;8(7). pii: E407.
215. Ronco C., Kaushik M., Valle R., Aspromonte N., Peacock W.F., 4th. Diagnosis and management of fluid overload in heart failure and cardio-renal syndrome: the “5B” approach. *Semin Nephrol.* 2012 Jan;32(1):129–141.
216. Rymarz A., Bartoszewicz Z., Szamotulska K., Niemczyk S., The Associations Between Body Cell Mass and Nutritional and Inflammatory Markers in Patients With Chronic Kidney Disease and in Subjects Without Kidney Disease. *J Ren Nutr.* 2016 Mar;26(2):87–92.
217. Sardinha LB. Physiology of exercise and phase angle: another look at BIA. *Eur J Clin Nutr.* 2018 Sep;72(9):1323–1327.
218. Shah A.H., Bilal R., Body Composition, its Significance and Models for Assessment. *Pakistan Journal of Nutrition* 2009; 8 (2): 198–202.
219. Schoeller D., Heymsfield S.B., Lohman T.G., Wang Z.M., Going S.B., *Hydrometry: body composition measurement methods, Human Body Composition*, 2005 2nd edn. Human Kinetics,ampaign, IL(pg. 35–50)
220. Serafin A., Czy TK jest przydatnym badaniem zawartości tkanki tłuszczowej w organizmie? *Medycyna praktyczna dla lekarzy*, 2016. <https://www.mp.pl/treningzdrowoty/zasady-treningu/aktywnosc-fizyczna/126909,tkanka-tluszczowa-w-tomografii-komputerowej> (data wejścia 26.11.2018).
221. Siervo M., Prado C.M., Mire E., Broyles S., Wells J.C., Heymsfield S., Katzmarzyk P.T., Body composition indices of a load-capacity model: gender- and BMI-specific reference curves. *Public Health Nutr.* 2015 May;18(7):1245–1254.
222. Siri W.E., *Advances in Biological and Medical Physics*. London, England: Academic Press Inc; 1956.
223. Siváková D., Vondrová D., Valkovič P., Cvičelová M., Danková Z., Luptáková L., Bioelectrical Impedance Vector Analysis (BIVA) in Slovak population: application in a clinical sample. *Cent. Eur. J. Biol.* 2013, 8(11), 1094–1101.
224. Socha M., Karimińska K., Chwałczyńska A., Porównanie zawartości tkanki tłuszczowej u młodych nieotyłych kobiet i mężczyzn oznaczonej metodą bioimpedancji (wersja bi- i tetrapolarna) i metodą fotooptyczną. *Endokrynol Otył. Zab. Przem. Mat.* 2010,6(1)18–25.
225. Strugnell C., Dunstan D.W., Magliano D.J., Zimmet P.Z., Shaw J.E., Daly R.M., Influence of age and gender on fat mass, fat-free mass and skeletal muscle mass among Australian adults: the Australian diabetes, obesity and lifestyle study (AusDiab). *J Nutr Health Aging.* 2014 May;18(5):540–6.
226. Stupnicki R., Tomaszewski P., Wskaźnik masy ciała a zawartość tkanki tłuszczowej u dorosłych. *Hygeia Public Health* 2016, 51(4): 335–338.

227. Suder A., Janusz M., Jagielski P., Głodzik J., Pałka T., Cisoń T., Pilch W. Prevalence and risk factors of abdominal obesity in Polish rural children. *Homo* 2015; 66(4): 357–368.
228. Summerbell C.D., Douthwaite W., Whittaker V., Eells L.J., Hillier F., Smith S., Kelly S. et al., The association between diet and physical activity and subsequent excess weight gain and obesity assessed at 5 years of age or older: a systematic review of the epidemiological evidence. *International Journal of Obesity* 2009; 33: S1–S92.
229. Sun G., French C.R., Martin G.R., Younghusband B., Green R.C., Xie Y.G., Mathews M., Barron J.R., Fitzpatrick D.G., Gulliver W., Zhang H., 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 Jan;81(1):74–8.
230. Sun L., Yan J., Sun L. et al., A synopsis of brown adipose tissue imaging modalities for clinical research. *Diabetes Metab*. 2017;pii. doi: 10.1016/j.diabet.2017.03.008. S1262-3636(17)30063-0. [Epub ahead of print].
231. Sun S.S., Chumlea W.C., Heymsfield S.B., Lukaski H.C., Schoeller D., Friedl K., Kuczmarski R.J., Flegal K.M., Johnson C.L., Hubbard V.S., Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am. J. Clin. Nutr*. 2003, 77, 331–340.
232. Swanton K., Healthy weight, healthy lives: A toolkit for developing local strategies. London: National Heart Forum, Cross-Government Obesity Unit, Faculty of Public Health 2008.
233. Szponar L., Sekuła W., Rychlik E. i wsp., *Badania indywidualnego spożycia żywności i stanu odżywienia w gospodarstwach domowych*, IŻŻ, Warszawa 2003.
234. Talluri A., Liedtke R., Mohamed E.I., Maiolo C., Martinoli R., De Lorenzo A., The application of body cell mass index for studying muscle mass changes in health and disease conditions. *Acta Diabetol*. 2003 Oct;40 Suppl 1:S286–9.
235. Tappenden K.A., Quatrara B., Parkhurst M.L., Malone A.M., Fanjiang G., Ziegler T.R., Critical role of nutrition in improving quality of care: an interdisciplinary call to action to address adult hospital malnutrition. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2013 Jul;37(4):482–497.
236. Te Velde S.J., De Bourdeaudhuij I., Thorsdottir I., Rasmussen M., Hagstromer M., Klepp K.I., Brug J., Patterns in sedentary and exercise behaviors and associations with overweight in 9–14-year-old boys and girls—a cross-sectional study. *BMC Public Health* 2007; 7:16.
237. Tengvall M., Ellegard L., Malmros V., Bosaeus N., Lissner L., Bosaeus I., Body composition in the elderly: reference values and bioelectrical impedance spectroscopy to predict total body skeletal muscle mass. *Clin Nutr* 2009; 28: 52–58.
238. Toombs R.J., Ducher G., Shepherd J.A., De Souza M.J., The impact of recent technological advances on the trueness and precision of DXA to assess body composition. *Obesity*. 2012;20(1):30–39.
239. Toomey C., Cremona A., Hughes K., Norton C., Jakemen P., A Review of Body Composition Measurement in the Assessment of Health. *Topics in clinical nutrition* 2015; 30(1):16–32.
240. Toomey C., Leahy S., McCreesh K., et al., The body composition phenotype of Irish adults aged 18–81 years. *Irish Journal of Medical Science, Ir J Med Sci*. 2015;12.
241. Tothill P., Dual-energy x-ray absorptiometry for the measurement of bone and soft tissue composition. *Clin. Nutr*. 1995; 14: 263–268.
242. Ugarte V., Sinha U., Malis V., et al., 3D multimodal spatial fuzzy segmentation of intramuscular connective and adipose tissue from ultrashort TE MR images of calf muscle. *Magn Reson Med* 2017;77:870–83.
243. UNICEF, *Niedożywienie – cichy zabójca*, 2012. <https://www.unicef.pl/O-nas/Aktualnosci/Niedozywienie-cichy-zabojca> (data wejścia 17.11.2018).

244. Varan H.D., Bolayir B., Kara O., Arik G., Kizilarlanoglu M.C., Kilic M.K., Sumer F., Kuyumcu M.E., Yesil Y., Yavuz B.B., Halil M., Cankurtaran M., Phase angle assessment by bioelectrical impedance analysis and its predictive value for malnutrition risk in hospitalized geriatric patients. *Aging Clin Exp Res.* 2016 Dec;28(6):1121–1126.
245. Verney J., Metz L., Chaplais E., Cardenoux C., Pereira B., Thivel D., Bioelectrical impedance is an accurate method to assess body composition in obese but not severely obese adolescents. *Nutr Res.* 2016 Jul;36(7):663–70.
246. Wajchenberg B., Subcutaneous and visceral adipose tissue: their relation to the metabolic syndrome. *Endocr Rev.* 2000;21(6):697–738. doi:10.1210/edrv.21.6.0415
247. Wang Z.M., Pierson R.N. Jr., Heymsfield S.B., The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 19–28.
248. Wang Z., Shen W., Withers R.T., Heymsfield S.B., Multicomponent molecular-level models of body composition analysis. In: Heymsfield S.B., Lohman T.G., Wang Z., Going Z.B., editors. *Human Body Composition*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2005. p. 163–76.
249. Wang Z.M., Deurenberg P., Guo S.S., Pietrobelli A., Wang J., Pierson R.N., Heymsfield S.B., 1998. Six-compartment body composition model: Inter-method comparisons of total body fat measurement. *Int. J. Obesity*, 22: 329–337.
250. Ward L., Heitmann B.L., Comments on “Electrical maturation trajectory of human tissues identified by bioelectrical impedance vector analysis”. *Nutrition* 2000; 16: 319–320.
251. Warren A.G., Janz B.A., Slavin S.A., Borud L.J., The use of bioimpedance analysis to evaluate lymphedema. *Ann Plast Surg.* 2007 May;58(5):541–3.
252. Wells J., Ruto A., Treleaven P., Whole-body three-dimensional photonic scanning: a new technique for obesity and clinical practice. *Int J Obes* 2008; 32: 232–238.
253. Wells J.C., Williams J.E., Chomtho S., Darch T., Grijalva-Eternod C., Kennedy K., et al., Pediatric reference data for lean tissue properties: density and hydration from age 5 to 20 y. *Am J Clin Nutr.* 2010;91:610–8.
254. Wells J.C.K., Williams J.E., Chomtho S., Darch T. et al., Body-composition reference data for simple and reference techniques and a 4-component model: a new UK reference child. *Am. J. Clin. Nutr.* 2012; 96: 1316–1326.
255. Wells J.C.K., Williams J.E., Quek R.Y., Fewtrell M.S., Bio-electrical impedance vector analysis: testing Piccoli’s model against objective body composition data in children and adolescents. *Eur J Clin Nutr.* 2018 Aug 30. doi: 10.1038/s41430-018-0292-x. [Epub ahead of print].
256. Wells J.C.K., Toward Body Composition Reference Data for Infants, Children, and Adolescents. *Adv Nutr.* 2014; 14;5(3):320S-9S.
257. Westerterp K.R., Skowrońska U., Skład ciała i jego pomiary [w:] *Podstawy żywienia klinicznego* (red.) Sobotka L., Korta T., Łyszkowska M., Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa 2008, 6–11.
258. Westerterp K.R., Skowrońska-Piekarska U., Szczepanek K.: *Budowa organizmu* [w:] Sobotka L. (red.): *Podstawy żywienia klinicznego – edycja czwarta*. Scientifica, Kraków 2013, 8–14.
259. Więch P., Bazaliński D., Sałacińska I., Binkowska-Bury M., Korczowski B., Usefulness of selected nutritional status indicators for body composition assessment in children with diagnosed autoimmune diseases and in healthy peers. *Postępy Nauk Medycznych* 5/2017, s. 277–282.
260. Więch P., Binkowska-Bury M., Korczowski B. Body composition as an indicator of the nutritional status in children with newly diagnosed ulcerative colitis and Crohn’s disease - a prospective study. *Prz Gastroenterol.* 2017;12(1):55–59.
261. Więch P., Chmiel Z., Bazaliński D., Sałacińska I., Bartosiewicz A., Mazur A., Korczowski A., Binkowska-Bury M., Dąbrowski M., The Relationship between Body Composition and a Gluten Free Diet in Children with Celiac Disease. *Nutrients* 2018, 10(11), 1817; <https://doi.org/10.3390/nu10111817> (dostęp 28.11.2018).

262. Więch P., Dąbrowski M., Bazaliński D., Sałacińska I., Korczowski B., Binkowska-Bury M., Bioelectrical Impedance Phase Angle as an Indicator of Malnutrition in Hospitalized Children with Diagnosed Inflammatory Bowel Diseases-A Case Control Study. *Nutrients*. 2018 Apr 17;10(4). pii: E499.
263. Wolański N., *Rozwój biologiczny człowieka*. PWN, Warszawa; 2005.
264. World Health Organization; Body mass index – BMI. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi> (dostęp 12.12.2018).
265. World Health Organization; UNICEF; UN System Standing Committee on Nutrition (2006). WHO, UNICEF, and SCN informal consultation on community-based management of severe malnutrition in children – SCN Nutrition Policy Paper No. 21. http://www.who.int/maternal_child_adolescent/documents/fnb_v27n3_suppl/en/ (dostęp 17.11.2018).
266. World Health Organization. European Food and Nutrition Action Plan 2015-2020. Copenhagen, 2014. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/253727/64wd14e_FoodNutAP_140426.pdf (dostęp 16.11.2018).
267. World Health Organization. Malnutrition, 2018. <http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition> (dostęp 17.11.2018).
268. World Health Organization. Obesity and overweight, 2018. <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (dostęp 16.11.2018).
269. World Health Organization. Waist circumference and waist-hip ratio. Report of a WHO expert consultation, Geneva, 8-11 December 2008. https://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_report_waistcircumference_and_waisthip_ratio/en/ (dostęp 28.11.2018).
270. World Health Organization reference 2007. World Health Organization. Available at.: <http://www.who.int/growthref/en/> (dostęp 28.11.2018).
271. World Health Organization: The challenge of obesity in the WHO European Region. Fact sheet EURO 2005; 13: 1–4. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/98243/E89858.pdf (dostęp 27.11.2018).
272. World Health Organization: WHO Child Growth Standards: Head circumference-for-age, arm circumference-for-age, triceps skinfold-for-age and subscapular skinfold-for-age: Methods and development. Geneva: World Health Organization, 2007.: http://www.who.int/childgrowth/standards/second_set/technical_report_2/en/ (dostęp 28.11.2018).
273. WHO. Youth and health risks. Report by the Secretariat to the World Health Assembly. 2011. <https://www.gfmer.ch/SRH-Course-2012/adolescent-health/Introduction-adolescence-adolescent-health-WHO-2012.htm> (dostęp 28.11.2018).
274. Wronka L., Sińska B., Wójcik Z., Przegląd metod oceny stanu odżywienia osób dorosłych. Cz. I. Metody antropometryczne. *Żyw. Człow. Metab.* 2010; 37(4): 268–280.
275. Wrottesley S.V., Pisa P.T., Micklesfield L.K., et al., A comparison of body composition estimates using dual-energy X-ray absorptiometry and air-displacement plethysmography in South African neonates. *Eur J Clin Nutr.* 2016;70:1254–1258.
276. Yang Y.X., Chong M.S., Tay L., et al., Automated assessment of thigh composition using machine learning for Dixon magnetic resonance images. *MAGMA* 2016;29:723–31.
277. Yang S.F., Tseng C.M., Liu I.F., Tsai S.H., Kuo W.S., Tsao T.P., Clinical Significance of Bioimpedance Spectroscopy in Critically Ill Patients. *J Intensive Care Med.* 2017; 1:885066617702591
278. Yankanchi S.G., Ganganahalli P., Udgiri R., Pati S.S., Assessment of nutritional status of primary school children in urban field practice area, Vijayapura. *Int J Community Med Public Health.* 2018Feb;5(2):779–783.

279. Yazdani J., Hajizadeh S., Ghavimi M.A., Pourghasem Gargari B., Nourizadeh A4, Kananizadeh Y., Evaluation of changes in anthropometric indexes due to intermaxillary fixation following facial fractures. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2016;10(4):247–250.
280. Yoo C., Kim J., Yang Y., Lee J., Jeon G., Bioelectrical impedance analysis for severe stroke patients with upper extremity hemiplegia. *J Phys Ther Sci*. 2016 Oct;28(10):2708–2712.

Aneksy

ANEKS 1. Autorski kwestionariusz naukowo-badawczy

AUTORSKI KWESTIONARIUSZ NAUKOWO – BADAWCZY

Data badania:

DANE PERSONALNE:

ID..... data urodzenia....., płeć

Miejsce zamieszkania ...wieś/miasto...

SYTUACJA ZDROWOTNA PACJENTA:

Zdrowy/a : TAK/NIE

Choroby współistniejące.....

Uczulenia.....Inne.....

PARAMETRY ANTROPOMETRYCZNE:

Masa ciała , wysokość , BMI

PARAMETRY IMPEDANCJI:

R -opór czynny Ohm , X_c -opór bierny Ohm

PARAMETRY SKŁADU CIAŁA:

TBW – woda całkowita (w litrach i %)

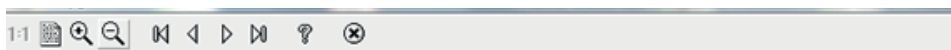
FM – masa tłuszczowa (w kg i %)

FFM – masa beztłuszczowa, aktywna (w kg i %)

BCM – masa komórkowa (w kg i %)

PA – kąt fazowy między rezystancją a reaktancją

ANEKS 2. Przykładowy wydruk wyniku badania z oprogramowania Bodygram1_31



BODYGRAM - Jakościowa i ilościowa analiza składu ciała

AKERN S.r.l. Bioresearch

2 - 6

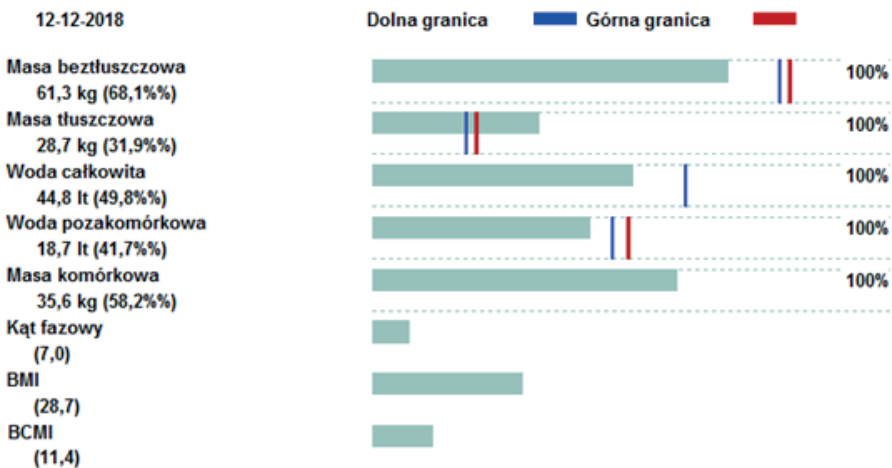
Osoba badana YY XX

Data testu 12-12-2018
 Godz.testu 21:47:40

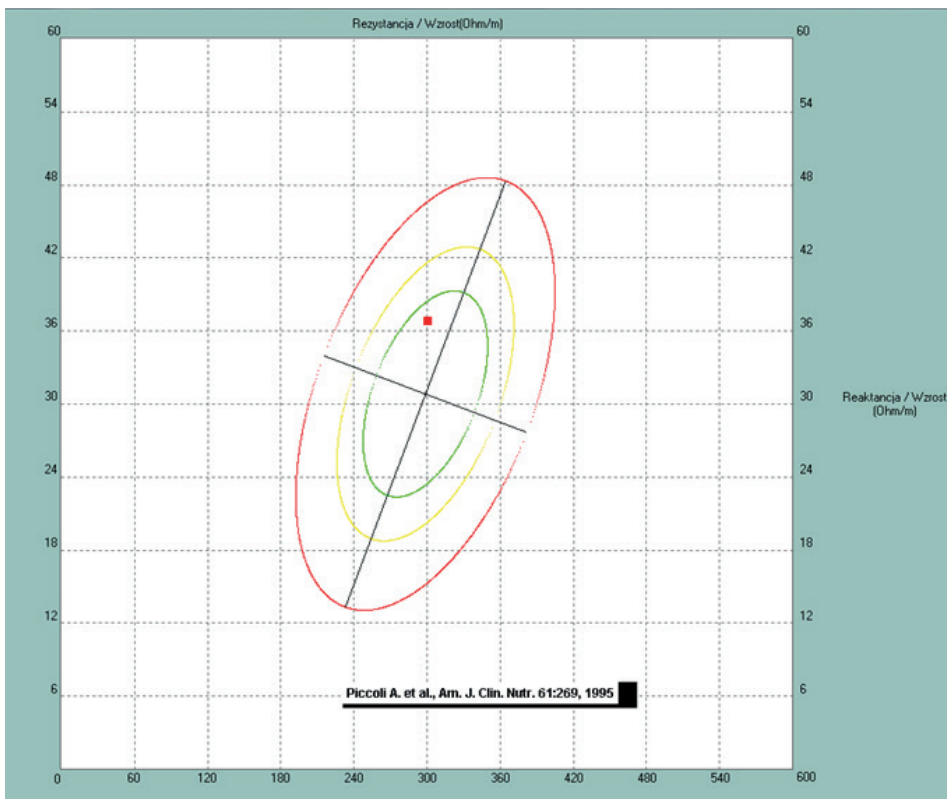
• Aktualny test
 XC/H = 36,72 ohm/m
 RZ/H = 301,13 ohm/m

12-12-2018
 Płeć : M
 Wiek : 34
 Wzrost : 177 cm
 Ciężar : 90 kg
 Rezystancja : 533 ohm
 Reaktancja : 065 ohm
 Kąt fazowy : 7,0°

Wyniki:



ANEKS 3. Przykładowy wydruk wyniku badania BIVA



Spis tabel

Tabela 1. Zestawienie ilościowe niedożywienia wśród populacji światowej z podziałem na kontynenty.....	15
Tabela 2. Struktura wiekowa badanej grupy z uwzględnieniem płci	42
Tabela 3. Struktura antropometryczna i składu ciała badanej grupy z uwzględnieniem płci	43
Tabela 4. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem BMI) badanej grupy z uwzględnieniem płci	44
Tabela 5. Struktura płci badanej grupy z uwzględnieniem przedziału wiekowego	44
Tabela 6. Struktura antropometryczna i składu ciała badanej grupy z uwzględnieniem przedziału wiekowego	44
Tabela 7. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem BMI) badanej grupy z uwzględnieniem przedziałów wiekowych	45
Tabela 8. Struktura wiekowa badanej grupy dzieci z uwzględnieniem płci	48
Tabela 9. Struktura płci badanych dzieci z uwzględnieniem przedziałów wiekowych	48
Tabela 10. Płeć badanych z uwzględnieniem kategorii wiekowej	49
Tabela 11. Struktura antropometryczna badanej grupy dzieci z uwzględnieniem przedziałów wiekowych	49
Tabela 12. Struktura antropometryczna badanej grupy dzieci i młodzieży z uwzględnieniem przedziałów wiekowych	50
Tabela 13. Struktura antropometryczna badanej grupy dzieci i młodzieży z uwzględnieniem ich płci	51
Tabela 14. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem BMI) badanej grupy dzieci w różnych przedziałach wiekowych	51
Tabela 15. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem BMI) badanej grupy dzieci i młodzieży	52
Tabela 16. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem BMI Z-score) badanej grupy dzieci w różnych przedziałach wiekowych	52
Tabela 17. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem BMI Z-score) badanej grupy dzieci i młodzieży	52
Tabela 18. Wybrane komponenty składu ciała z uwzględnieniem wieku i płci	54
Tabela 19. Masa tłuszczowa z uwzględnieniem wieku i płci badanych	55
Tabela 20. Masa beztłuszczowa z uwzględnieniem wieku i płci badanych	56
Tabela 21. Masa komórkowa z uwzględnieniem wieku i płci badanych	57
Tabela 22. Całkowita woda ustroju z uwzględnieniem wieku i płci badanych	57
Tabela 23. Komponenty składu ciała z uwzględnieniem wieku w grupie mężczyzn	58
Tabela 24. Komponenty składu ciała z uwzględnieniem wieku w grupie kobiet	59
Tabela 25. Komponenty składu ciała z uwzględnieniem wieku wśród ogółu badanych	60
Tabela 26. Wartość kąta fazowego z uwzględnieniem wieku i płci	62

Tabela 27. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem kąta fazowego) badanej grupy w odniesieniu do płci i różnych przedziałów wiekowych	62
Tabela 28. Zestawienie różnic kąta fazowego dla płci i wieku	63
Tabela 29. Wartości współrzędnych wektora impedancji bioelektrycznej (BIVA) (R/H, XC/R) z uwzględnieniem wieku i płci	65
Tabela 30. Wartości współrzędnych wektora impedancji bioelektrycznej (BIVA) (R/H, XC/R) a jego korelacja z komponentami składu ciała w poszczególnych przedziałach wiekowych	66
Tabela 31. Skład ciała badanych dzieci z uwzględnieniem wieku i płci	76
Tabela 32. Skład ciała badanych z uwzględnieniem szerszej kategorii wiekowej (dzieci, młodzież) i płci	77
Tabela 33. Masa tłuszczowa z uwzględnieniem wieku i płci badanych dzieci	78
Tabela 34. Masa tłuszczowa z uwzględnieniem kategorii wiekowej i płci badanych	79
Tabela 35. Masa beztłuszczowa z uwzględnieniem wieku i płci badanych	80
Tabela 36. Masa beztłuszczowa z uwzględnieniem kategorii wiekowej i płci badanych	81
Tabela 37. Skład ciała dzieci z uwzględnieniem wieku i płci	82
Tabela 38. Skład ciała badanej grupy dzieci i młodzieży	83
Tabela 39. Wartości kąta fazowego z uwzględnieniem wieku i płci badanych dzieci	85
Tabela 40. Wartości kąta fazowego z uwzględnieniem szerszych kategorii wiekowych oraz płci badanych dzieci	86
Tabela 41. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem kąta fazowego) badanej grupy w odniesieniu do płci i różnych przedziałów wiekowych	86
Tabela 42. Struktura stanu odżywienia (wyrażonego wskaźnikiem kąta fazowego) badanej grupy w odniesieniu do płci i różnych szerszych przedziałów wiekowych (dzieci, młodzież)	87
Tabela 43. Zestawienie różnic kąta fazowego dla płci i wieku badanych dzieci	88
Tabela 44. Zestawienie różnic kąta fazowego z uwzględnieniem szerszych przedziałów wiekowych (dzieci, młodzież)	89
Tabela 45. Wyniki R oraz XC z uwzględnieniem wieku i płci	90
Tabela 46. Korelacje R/H oraz R/XC z FM, FFM, TBW, BCM uwzględnieniem wieku	90

Spis rycin

Rycina 1. Procentowy rozkład otyłości wśród europejskiej populacji dorosłych	12
Rycina 2. Procentowe i liczbowe zestawienie zjawiska niedożywienia na świecie	15
Rycina 3. Porównanie modelu dwu, trzy i czteropoziomowego składu ciała	19
Rycina 4. Dwupoziomowy vs. wielopoziomowy model składu ciała	21
Rycina 5. Analiza wektora impedancji bioelektrycznej (BIVA)	34
Rycina 6. Rozkład wieku osób dorosłych	39
Rycina 7. Rozkład masy ciała osób dorosłych w poszczególnych przedziałach wiekowych	40
Rycina 8. Rozkład wysokości ciała osób dorosłych w poszczególnych przedziałach wiekowych	40
Rycina 9. Rozkład wskaźnika masy ciała osób dorosłych w poszczególnych przedziałach wiekowych	41
Rycina 10. Rozkład rezystancji osób dorosłych w poszczególnych przedziałach wiekowych	41
Rycina 11. Rozkład reaktancji osób dorosłych w poszczególnych przedziałach wiekowych	42
Rycina 12. Rozkład wieku badanych dzieci	46
Rycina 13. Rozkład masy ciała badanych dzieci	46
Rycina 14. Rozkład wysokości ciała badanych dzieci	47
Rycina 15. Rozkład rezystancji ciała badanych dzieci	47
Rycina 16. Rozkład reaktancji ciała badanych dzieci	48
Rycina 17. Ilościowy i procentowy rozkład poszczególnych komponentów składu ciała dla różnych przedziałów wiekowych w zależności od płci	61
Rycina 18. Łączny ilościowy i procentowy rozkład poszczególnych komponentów składu ciała dla różnych przedziałów wiekowych	61
Rycina 19. Wartość kąta fazowego w różnych przedziałach wiekowych, oddzielnie dla obu płci	64
Rycina 20. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji ko- biet w wieku 20–29 lat	67
Rycina 21. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji mę- czyzn w wieku 20–29 lat	67
Rycina 22. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji ko- biet w wieku 30–39 lat	68
Rycina 23. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji mę- czyzn w wieku 30–39 lat	69
Rycina 24. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji ko- biet w wieku 40–49 lat	70
Rycina 25. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji mę- czyzn w wieku 40–49 lat	70
Rycina 26. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji ko- biet w wieku 50–59 lat	71
Rycina 27. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji mę- czyzn w wieku 50–59 lat	72

Rycina 28. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji kobiet w wieku ≥ 60 lat	73
Rycina 29. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji mężczyzn w wieku ≥ 60 lat	74
Rycina 30. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla całej populacji kobiet w poszczególnych przedziałach wiekowych. Elipsy ufności dla grupy badanej zaznaczono w kolorze czarnym, dla grupy referencyjnej w kolorze czerwonym	74
Rycina 31. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla całej populacji mężczyzn w poszczególnych przedziałach wiekowych. Elipsy ufności dla grupy badanej zaznaczono w kolorze czarnym, dla grupy referencyjnej w kolorze czerwonym	75
Rycina 32. Ilościowy i procentowy rozkład poszczególnych komponentów składu ciała dla różnych przedziałów wiekowych badanych dzieci, w zależności od płci	84
Rycina 33. Ilościowy i procentowy rozkład poszczególnych komponentów składu ciała dla szerszych przedziałów wiekowych (dzieci i młodzież), w zależności od płci	85
Rycina 34. Wartość kąta fazowego w różnych przedziałach wiekowych, oddzielnie dla obu płci	88
Rycina 35. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 4–5 lat	91
Rycina 36. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 4–5 lat	92
Rycina 37. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 6–7 lat	93
Rycina 38. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 6–7 lat	93
Rycina 39. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 8 lat	94
Rycina 40. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 8 lat	95
Rycina 41. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 9 lat	95
Rycina 42. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 9 lat	96
Rycina 43. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 10–11 lat	97
Rycina 44. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 10–11 lat	97
Rycina 45. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 12 lat	98
Rycina 46. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 12 lat	99
Rycina 47. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 13 lat	99
Rycina 48. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 13 lat	100
Rycina 49. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 14–15 lat	101

Rycina 50. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 14–15 lat	101
Rycina 51. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji dziewczynek w wieku 16–18 lat	102
Rycina 52. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla populacji chłopców w wieku 16–18 lat	102
Rycina 53. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla całej populacji dziewcząt w poszczególnych przedziałach wiekowych. Elipsy ufności dla grupy badanej zaznaczono w kolorze czarnym, dla grupy referencyjnej w kolorze czerwonym	103
Rycina 54. Średnia wartość wektorów impedancji bioelektrycznej (BIVA) dla całej populacji chłopców w poszczególnych przedziałach wiekowych. Elipsy ufności dla grupy badanej zaznaczono w kolorze czarnym, dla grupy referencyjnej w kolorze czerwonym	104

Summary

Numerous reports analysing the nutritional status of adults and healthy children have been published in recent years. They indicate a cyclical increase in the trend of disturbances in the nutritional status, both overweight and obesity as well as malnutrition. In Poland, despite the existence of quantitative data in the above-mentioned scope, there are no results on a large population using in-depth assessment methods.

In the 21st century, the diagnostic possibilities of human body composition analysis have developed significantly. Technological progress has increased the chance for their use in screening tests, including healthy people. In the face of the increase in the global trend of disturbances in the nutritional status, the search for the relatively best method of assessing this condition seems to be crucial.

The dynamics of changes in the composition of the body in different periods of life proceed in a different way. There are visible differences between selected indicators and components of the body composition of the healthy population, from childhood to old age. The use of advanced methods of assessing the nutritional status and body composition allows to objectively capture the above differences.

The main goal of this study was to assess the nutritional status of healthy adults and children using bioelectrical impedance, phase angle and bioelectrical impedance vector analysis.

The study was conducted using a personal scale with a telescopic height measure (SECA 799), an impedance analyzer BIA-101 (Akern SRL, Pontassieve, Florence, Italy), specialized software (Bodygram1_31 from AKERN) and BIVA resistance and reactance software. The following parameters were analyzed: body mass, height, BMI, fat mass (FM) and fat-free mass FFM, body cell mass (BCM), total body water (TBW), phase angle, resistance and normalized body reactance (BIVA).

The studied population amounted to 1,535 healthy adults aged 19-83, and 607 children aged 4-18, residing in the urban and rural area of the Podkarpackie Province. The study was carried out from June 2013 to April 2018, preceded by a monthly pilot study. The research project was positively evaluated by the Bioethical Committee at the University of Rzeszów (Resolution No. 5/02/2012 and 11/10/2016). The statistical analysis of the collected material was carried out in the

Statistica 13.1 package by Statsoft company. The consistency of the distributions of the tested variables with the normal distribution was checked by the Shapiro-Wilk test. The Mann-Whitney U test was used in order to assess the differences in the mean level of the numerical feature in two populations in adults, while the student's t-test for independent variables or alternatively non-parametric Mann-Whitney U test were used to assess the differences in the mean level of the numerical feature in two children's populations. The correlation of two variables with a normal distribution was determined using the Pearson's linear correlation coefficient, and for the variables that did not meet the normality criterion of the distribution, the Spearman rank correlation coefficient was calculated. The level of statistical significance was assumed at $p < 0.05$.

Based on the results of the study, it was found that variables such as the age and sex of the subjects (adults and children) significantly differentiated the values of selected components of the body composition. In women, the percentage decrease in FFM and TBW in the body with age were accompanied by a simultaneous increase in FM after the age of 40. In men, despite the lack of a clear trend, a clear increase in FM after the age of 60 was observed with a simultaneous decrease in FFM, BCM and TBW. In girls, a steady increase in FM up to 13-15 years of age and then its stabilization was demonstrated. In boys, there was an increase in FM in kg with a simultaneous decrease in its percentage of total body weight. The increase also concerned other components of body composition in kg, with their different percentage distribution. In addition, it was shown that the phase angle value of the examined adults and children was within the normal range. In adults, its lower values were found in women while simultaneously declining with age for both sexes. The older the age of the subjects, the greater the migration of BIVA vectors towards the obese type of body structure. In children, its lower values were found in girls with simultaneous decline with age for both sexes. The higher the age of the subjects, the greater the migration of BIVA vectors towards the athletic type of body structure.

The knowledge obtained in the course of this study may be used both theoretically and practically. The present study is the first such extensive scientific study in Poland assessing the nutritional state in the cross-section of almost the entire population using different methods. The author expresses the hope that the presented study will serve well for individuals and organizations dealing with nutrition and nutritional status.

