

Przegląd antropometrycznych mierników otłuszczenia ciała stosowanych w diagnozowaniu otyłości

Anthropometric measures of body composition used in obesity diagnosis – an overview

DOROTA LIZAK^{1/}, ARTUR BUDZOWSKI^{2/}, MARIOLA SEŃ^{3,1/}, WOJCIECH CZARNY^{4/}

^{1/} Zakład Podstawowej Opieki Zdrowotnej i Promocji Zdrowia, Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego

^{2/} Zakład Chemii Kosmetycznej, Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego

^{3/} Zakład Promocji Zdrowia, Katedra Zdrowia Publicznego, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

^{4/} Zakład Anatomii i Antropologii, Katedra Nauk Biomedycznych, Uniwersytet Rzeszowski

Tendencje zdrowotne dotyczące zwiększania masy i wymiarów ciała wśród dzieci, młodzieży, a także osób dorosłych w Polsce nie są optymistyczne. Polska należy do krajów, w których to zjawisko, a właściwie problem zdrowotny zaznacza się w sposób szczególny, tj. ma charakter wzrostowy. O ile BMI (Body Mass Index, wskaźnik Queteleta II) uważany był do tej pory za adekwatny (optymalny) wskaźnik antropometryczny obrazujący stosunek masy ciała do wysokości ciała, tym samym na jego podstawie dokonywana była ocena prawidłowości bądź nieprawidłowości budowy lub funkcjonowania organizmu, tak w ostatnich latach został opracowany nowy miernik odnoszący się do procentowej zawartości tkanki tłuszczowej w ciele, a mianowicie BAI (Body Adiposity Index), czyli wskaźnik otłuszczenia ciała. Różnice w interpretowaniu tych samych cech somatycznych u różnych osób za pomocą obydwu wskaźników pozwalają wnioskować, iż BMI nie jest najbardziej rzetelnym miernikiem obrazującym ilość tkanki tłuszczowej w organizmie. Odnosi się bowiem do oceny masy ciała, a nie bezpośrednio do zawartości tkanki tłuszczowej. Rozpatrując wskaźniki BMI i BAI w kontekście zapobiegania chorobom sercowo-naczyniowym na podstawie dostępnych w piśmiennictwie wyników badań można stwierdzić, że obydwa wskaźniki w zróżnicowanym stopniu korelują ze zwiększonym ryzykiem występowania tych chorób. Wskaźnik BAI umożliwia szybsze i bardziej precyzyjne diagnozowanie otyłości i ryzyka chorób z nią związanych, jednak wymaga dalszej walidacji. Pomimo tego, zalety BAI predestynują go do włączenia do zestawu stosowanych powszechnie wskaźników antropometrycznych. W niniejszej pracy została poddana ocenie wiarygodność porównywanych wskaźników w świetle dotychczas uzyskanych wyników badań naukowych.

Słowa kluczowe: otyłość, BMI, BAI, tkanka tłuszczowa, antropometria

Health trends of increasing body mass and size among children, adolescents and adults in Poland are not optimistic. Poland is one of the countries where this phenomenon, and in fact a health problem, has a rising tendency. So far, BMI (Body Mass Index, Quetelet index II) has been considered as an adequate (optimal) anthropometric indicator showing the ratio of body mass to height and on its basis the assessment of the regularity or irregularity of the body was possible. In recent years however, a new BAI measure (Body Adiposity Index) has been developed, which refers to percentage of body fat. The differences in interpretation of the same physical traits of individuals between both indicators allow us to conclude that BMI is not the most reliable measure of the body fat volume, since it refers to the assessment of body mass but not directly to body fat percentage. Both BMI and BAI, considered in the context of heart-cardiovascular disease prevention, on the basis of latest research results available in the literature, show different degrees of correlation with the risk of cardiovascular disease. BAI enables a faster and more general diagnosis of obesity as well as the risk of obesity-related diseases but needs further validation. Nevertheless, the advantages of the new BAI indicator predestine it be used as a conventional anthropometric measure together with BMI. This work is a comparative study on both indicators, as well as the assessment of their credibility based on the available literature.

Key words: obesity, BMI, BAI, fat tissue, anthropometry

© Hygeia Public Health 2016, 51(2): 124-133

www.h-ph.pl

Nadesłano: 18.09.2015

Zakwalifikowano do druku: 31.05.2016

Adres do korespondencji / Address for correspondence

mgr Dorota Lizak

Zakład Podstawowej Opieki Zdrowotnej i Promocji Zdrowia
Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego
ul. Gustawa Herlinga-Grudzińskiego 1, 30-705 Kraków
tel. 697 81 25 00, e-mail: dlizak@afm.edu.pl

Wprowadzenie

Występujące w skali globalnej – geograficznej, cywilizacyjnej i społecznej – przeciwstawne epidemie: otyłości (szczególnie w Europie, Ameryce Północnej i Australii) i głodu (w wielu krajach Afryki, Azji

i Ameryki Południowej) są jednym z najtrudniejszych problemów na świecie w XXI w. [1].

Otyłość jest obecnie najczęściej występującą chorobą metaboliczną, która osiąga według WHO (*World Health Organization*) rozmiary epidemii.

Wydaje się zatem niezbędne zidentyfikowanie metody, która w sposób prosty, ale równocześnie precyzyjny pozwoli na ocenę składu ciała w aspekcie zdrowia [2]. Zatem, nie bez powodu prowadzi się pomiary antropometryczne mające na celu ocenę niektórych cech somatycznych organizmu. Dzięki temu możliwe jest określenie poziomu rozwoju fizycznego danego człowieka, kontrolowanie przebiegu ontogenezy oraz monitorowanie stanu zdrowia. Ich wyniki stanowią także cenną informację zwrotną i punkt wyjścia do działań profilaktycznych, a także naprawczych związanych z redukcją masy ciała w przypadku nadwagi czy otyłości.

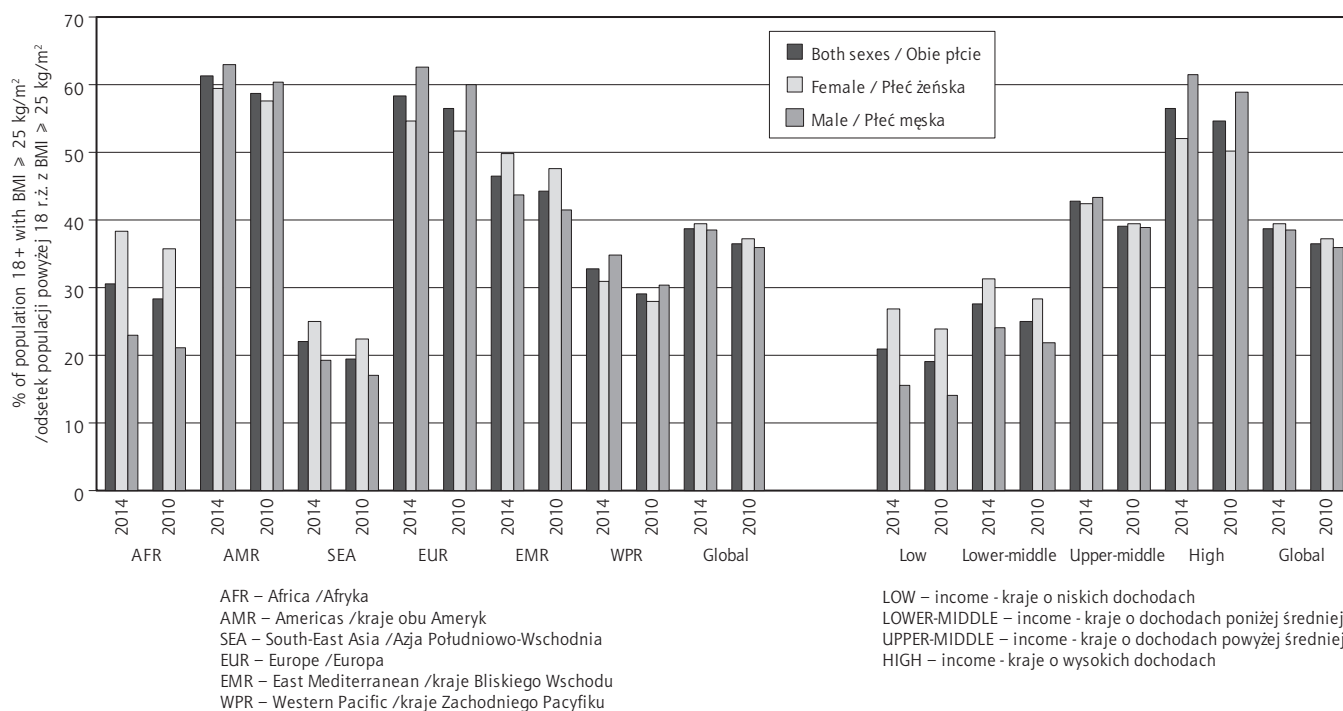
Otyłość stosunkowo niedawno sklasyfikowano jako groźną chorobę przewlekłą, a nie tylko problem estetyczny. Ocenia się, że nadwaga i otyłość to najszybciej rozprzestrzeniające się epidemie w krajach rozwiniętych [3], zaś sama otyłość, przyjmując formę epidemii, spowodowała wzrost wskaźników zapadalności na różne choroby, pośredniej i bezpośredniej śmiertelności oraz wskaźników obciążeń społecznych i ekonomicznych [4]. Członkostwo w UE wpływa na postęp w badaniu stanu zdrowia populacji. Jednym z podstawowych celów w obszarze zdrowia publicznego jest stworzenie jednolitego systemu statystycznego, służącego monitorowaniu zdrowia ludności krajów członkowskich, a unijny program zakłada także opracowanie porównywalnych danych na temat zdrowia. Narzędziem umożliwiającym takie porównanie, a jednocześnie oceniającym systemy zdrowia publicznego są wspólnotowe wskaźniki zdrowia (ECHI – *European Community Health Indicators*), będące zarazem podstawą dla polityki zdrowotnej na szczeblu europejskim i w poszczególnych krajach Wspólnoty [5].

Na podstawie pomiarów i oceny obiektywnych mierników masy ciała jak np. BMI (według aktualnych norm WHO) stwierdzono, że co najmniej od 2004 r. masa ciała przeciętnego, dorosłego Polaka zaczęła systematycznie wzrastać i coraz częściej zaczął pojawiać się problem nadwagi lub otyłości. Wyniki Europejskiego Ankietowego Badania Zdrowia EHIS (*European Health Interview Survey*) z 2009 r. wykazały, że nadwagę lub otyłość miało aż 54% ogółu dorosłych Polaków, z tego 64% mężczyzn i 46% kobiet. Wśród 18 analizowanych krajów Polska zajęła 7 miejsce w rankingu częstości występowania nadwagi lub otyłości u osób dorosłych. Większą dbałość o prawidłową masę ciała można było bardziej zaobserwować u kobiet niż u mężczyzn, niezależnie od tego, w jakiej części Europy mieszkają [5]. W toku badań i obserwacji potwierdza się jednak prawidłowość, że wzrost dochodów powoduje wzrost zachorowań na otyłość. WHO monitorując sytuację zdrowotną zwraca uwagę na problem otyłości w skali globalnej, ponieważ występuje on zarówno w krajach rozwiniętych, jak i rozwijających się.

Pierwsze Wieloośrodkowe Badanie Stanu Zdrowia Ludności (WOBASZ I) zostało przeprowadzone w Polsce w latach 2003-2005, a badana populacja liczyła ok. 15 tys. osób z całego kraju i zawierała się w przedziale wiekowym od 20 do 74 lat. Dane uzyskane z powyższych, reprezentatywnych badań ogólnopolskich wykazały, że nadwaga występowała u ponad 40% mężczyzn oraz 27% kobiet, natomiast otyłość stwierdzono odpowiednio u 21% oraz 22% badanych [6, 7]. W latach 2013-2014 rozpoczęto realizację badania WOBASZ II w ramach Narodowego Programu Wyrównywania Dostępności do Profilaktyki i Leczenia Chorób Układu Sercowo-Naczyniowego POLKARD, jako badania porównawczego. Objęto nim losową, reprezentatywną próbę liczącą ponad 6 tys. kobiet i mężczyzn z całej Polski i prowadzono je w tych samych gminach, jak w pierwszej edycji projektu. Jak podaje Waśkiewicz i wsp. [8], w 2014 r. udział osób otyłych w omawianej populacji osiągnął poziom ponad 25%, co oznacza wzrost o prawie 4% w ciągu zaledwie 10 lat.

Według danych WHO, odsetek osób ze stwierdzoną otyłością jest największy w krajach wysokorozwiniętych, wśród których przodują kraje obu kontynentów amerykańskich, a na drugim miejscu kraje europejskie [9]. Problem otyłości dotyczy w największym stopniu osób żyjących w państwach o dochodach powyżej średniej oraz w krajach zamożnych, co obrazuje rycina 1.

Wiadomym jest, że wyższe dochody powodują większą swobodę w dostępie do dóbr, jednak nie zawsze wiążą się one z większą świadomością zdrowotną bądź wiedzą o zdrowiu potencjalnego konsumenta/pacjenta/klienta. Liczne publikacje związane z tą tematyką wskazują, że osoby z wyższym wykształceniem mają większą świadomość zdrowotną i bardziej poprawne wzorce zachowań zdrowotnych, aniżeli osoby z niższym wykształceniem. Zdarzają się jednak odstępstwa od tej prawidłowości. Dysproporcja pomiędzy wiedzą, a zasobami umożliwiającymi korzystanie z dóbr może rodzić poważne konsekwencje, implikując szereg zagrożeń behawioralnych dla jednostki postępującej w sposób nieodpowiedzialny. Mogą one wynikać albo z deficytu wiedzy, niewłaściwie wydatkowanych środków, nierozsądnie powielanych wzorców czy też wpływów środowiskowych. Zjawisko takie można określić mianem nadkonsumpcji dóbr, a jeżeli dodatkowo towarzyszy temu hipokinezyja, prowadzi nieuchronnie do nadwagi lub otyłości. Sytuacją optymalną byłaby racjonalna konsumpcja dóbr przy jednoczesnym, adekwatnym wydatkowaniu energii. Nasuwający się wniosek, że im wyższe dochody, tym więcej zagrożeń dla zdrowia, nie zawsze jednak stanowi regułę. Wśród osób zamożnych, w tym zwłaszcza kobiet, panuje moda na szczupłą sylwetkę, która zwykle wymaga stosowania racjonalnej diety oraz



Ryc. 1. Odsetek osób z nadwagą i otyłością w roku 2010 i 2014 ($BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$ – dane standaryzowane dla wieku powyżej 18 r.ż.) w regionach świata wyróżnionych przez WHO oraz w krajach o różnej wysokości dochodów na podstawie grup dochodowych wg Banku Światowego [9 -11]
 Fig. 1. Percentage of overweight and obese persons in 2010 and 2014 ($BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$ – age-standardized estimate over 18 years) in different WHO Regions and in countries with different income level based on World Bank income groups [9 -11]

zalecanej aktywności fizycznej, aby pożądaný efekt uzyskać albo przynajmniej utrzymać. Z drugiej zaś strony, wyższe dochody to możliwość prowadzenia wygodnego (sedenteryjnego) stylu życia, wiążącego się często z korzystaniem ze zdobyczy techniki i technologii (np. samochód, zakupy przez Internet), nawet pomimo przestrzegania zaleceń żywieniowych. W związku z powyższym, oprócz nabytych przez jednostkę w toku życia dyspozycji do samostanowienia, a także uzyskanego statusu socjoekonomicznego, dokonywanie świadomych i przemyślanych wyborów często ma swoje źródło w procesie wychowania i edukacji.

Kryteria diagnozowania nadwagi i otyłości w Polsce i na świecie są bardzo różne, najczęściej oparte na pomiarach wysokości i masy ciała oraz określaniu ich wzajemnych relacji, rzadziej na pomiarach grubości fałdów skórno-tłuszczowych i szacowaniu składu tkankowego ciała [12]. W rozpoznawaniu otyłości istotne znaczenie ma więc określanie masy samej tkanki tłuszczowej, a nie tylko ogólnej masy ciała. Te dwie wielkości nie są w pełni skorelowane [1].

Metody diagnostyczne stosowane do oceny składu ciała

Najprostszyimi metodami pozwalającymi na pośrednie oszacowanie zawartości tkanki tłuszczowej są pomiary fizyczne ciała, w tym: masy, wysokości ciała, obwodu talii i obwodu bioder oraz pomiary grubości

fałdów skórno-tłuszczowych za pomocą fałdomierza. Starsze metody, jak szeroko stosowana hydrodensytometria (HD – *Hydrodensitometry*) oraz pletyzmografia powietrzna (ADP – *Air Displacement Plethysmography*) dostarczały informacji o gęstości ciała.

Spośród współczesnych metod, za pomocą których możliwe jest określenie tkanki tłuszczowej w narządach i przestrzeni zaotrzewnowej, w praktyce klinicznej mają zastosowanie: tomografia komputerowa (CT – *Computed Tomography*), rezonans magnetyczny (MRI – *Magnetic Resonance Imaging*), analiza impedancji bioelektrycznej (BIA – *Bioelectrical Impedance Analysis*), a także absorpcjometria promieniowania X o dwóch energiach (DXA – *Dual Energy X-ray Absorptiometry*) [13-16]. Jednak wyniki oznaczania zawartości tłuszczu w organizmie poszczególnymi metodami nie są równoważne, gdyż każda z wymienionych metod posiada innego typu ograniczenia wiążące się z ogółem zjawisk fizycznych towarzyszących pomiarom, co przekłada się na różny stopień korelacji uzyskiwanych wyników pomiędzy sobą, jak również ze standardowymi wskaźnikami antropometrycznymi.

Metoda DXA opiera się na rejestracji różnic w absorpcji promieniowania X przez tkanki o różnej zawartości pierwiastków o wyższych masach atomowych. Uzyskiwane wyniki są bardziej dokładne i precyzyjne, ale metoda ta jest trudna do zastosowania w codziennej praktyce klinicznej ze względu na znaczne koszty, inwazyjność, np. narażenie na promieniowanie X oraz

konieczność zatrudnienia personelu przeszkolonego w obsłudze urządzeń pomiarowych. DXA jest uważana za najdokładniejszą metodę, gdyż pozwala na precyzyjne oszacowanie masy tkanki tłuszczowej oraz masy pozostałych tkanek, zwłaszcza kostnej, dlatego cytowani autorzy sugerują stosowanie jej jako metody wzorcowej dla innych alternatywnych metod. Jednak jak podają, w praktyce leczenia otyłości stosowana jest głównie w trudnych przypadkach [17].

Djibo i wsp. [18] również uznając DXA za najbardziej precyzyjną metodę służącą oznaczaniu zawartości tkanki tłuszczowej określaną mianem „złotego standardu”, przeprowadzili badania z jej wykorzystaniem w grupie kobiet w wieku 50-70 lat z USA o zróżnicowanym pochodzeniu etnicznym. Badania wykazały, że afroamerykańskie kobiety osiągające wyższą masę ciała i obwód talii w porównaniu z kobietami z innych grup etnicznych, charakteryzowały się mniejszą częstością zachorowań. Ponadto wykonane zostały pomiary antropometryczne ciała, pomiar ciśnienia tętniczego krwi oraz badania krwi. Na podstawie analizy statystycznej ustalono, że wskaźnik odnoszący się do procentowej zawartości tkanki tłuszczowej – BAI (*Body Adiposity Index*) pozwala na dokładniejsze niż BMI oszacowanie zawartości tkanki tłuszczowej, dając lepszą korelację z wynikami pomiarów uzyskanymi metodą DXA i jednocześnie umożliwiając trafne prognozowanie zagrożeń chorobami metabolicznymi, ale w obrębie danej grupy etnicznej. Paradoksalnie, właśnie dlatego BAI może znaleźć zastosowanie w praktyce, ponieważ umożliwia szybkie i niedrogi (w porównaniu z DXA) oszacowanie zawartości tkanki tłuszczowej w organizmie oraz skłonności do chorób metabolicznych poprzez porównanie do standardów wyznaczonych dla danej grupy etnicznej. Podobne wnioski wysunął Bergman wraz z zespołem [19], co stanowiło podstawę do zaproponowania nowego wskaźnika antropometrycznego BAI.

Według Shah i wsp. [20], dane pomiarowe uzyskiwane za pomocą CT są w znacznym stopniu rozbieżne z wynikami pomiaru tkanki tłuszczowej na podstawie wskaźników antropometrycznych. Przywołani autorzy przebadali zróżnicowaną pod względem wieku, płci i pochodzenia etnicznego populację zdrowych osób z USA pod kątem otyłości trzewnej. Uczestnicy badań zostali poddani badaniu CT, której wiązkę elektronową skierowano na jamę brzuszną, dodatkowo wykonano badania krwi pod kątem narażenia na choroby typu cukrzyca i inne. Wykonano serię obrazowań w przekrojach co 6 mm, celem stworzenia trójwymiarowego obrazu umożliwiającego zidentyfikowanie przestrzeni podskórnych i brzusznych wypełnionych tkanką tłuszczową. W analizach pominięto tłuszcz zawarty w mięśniach, a niektóre brakujące dane pomiarowe zastąpiono obliczeniami. W rezultacie okazało się,

że niezależnie od masy ciała oraz BMI uczestników badań, osoby o zwiększonej masie trzewnej tkanki tłuszczowej, w tym także o normalnym BMI, są bardziej obciążone ryzykiem kardiometabolicznym, a u wielu spośród tych osób wykazano początkowe stadium arteriosklerozy na podstawie pomiarów wskaźnika uwapnienia tętnic wieńcowych, które również uzyskano podczas tomografii.

Badania i wskaźniki antropometryczne

Badania antropometryczne to zespół technik i metod pomiarowych, umożliwiających ściśle badanie różnicowania cech mierzalnych człowieka i ich zmienności w rozwoju osobniczym i ewolucyjnym [2]. Są one komplementarne w stosunku do wyżej opisanych metod, a niejednokrotnie stanowią ich punkt wyjścia. W związku z powyższym, badania antropometryczne są powszechnie stosowane, ponieważ opierają się na pomiarach cech mierzalnych ciała, tj. masy ciała, wysokości ciała, obwodu talii, bioder itp., umożliwiając również m.in. obliczanie wskaźników wagowo-wzrostowych.

W celu określenia zakresu normy dla masy ciała, ustala się empiryczne tabele jej wartości w zależności od płci, wieku, wysokości i podziału na typy budowy ciała. Tabele takie opracowano bazując na danych uzyskanych z badań w dużych populacjach metodami antropometrycznymi. Na tej podstawie mianem prawidłowej (normalnej) określono masę odpowiadającą w każdej grupie wartości średniej. Za prawidłowy uznano więc taki zakres wartości masy ciała, który powtarza się najczęściej [1, 16]. Na podstawie wyników badań antropometrycznych konstruuje się normy rozwoju fizycznego. Jednorazowe lub wielokrotne pomiary antropometryczne stanowią podstawę oceny poziomu i tempa rozwoju dzieci i młodzieży oraz osób dorosłych. Są stosowane w określaniu typów budowy ciała zawodników różnych dyscyplin sportowych, umożliwiają oszacowanie składu ciała oraz ocenę wpływu wysiłku fizycznego na poziom rozwoju poszczególnych komponentów ciała [21]. Uzyskane wyniki pomiarowe dzięki powszechnie znanym i stosowanym wskaźnikom wagowo-wzrostowym (BMI, wskaźnik Cole'a – LMS – *Least Mean Square*), wskaźnikom obrazującym stosunek obwodów ciała względem siebie (WHR – *Waist to Hip Ratio*) czy stosunek obwodu talii do wysokości ciała (WHtR – *Waist to Height Ratio*), umożliwiają obliczenie ilarazu poszczególnych cech mierzalnych i odniesienie uzyskanego wyniku do norm adekwatnych dla płci i wieku. Poza powyższymi wskaźnikami, możliwa jest również ocena grubości fałdów skórno-tłuszczowych za pomocą fałdomierza, czy sam pomiar obwodu talii (WC – *Waist Circumference*). Autorzy niniejszego artykułu poświęcą jednak więcej uwagi wskaźnikom

stanowiącym przedmiot licznych badań, z których wypływające wnioski w ostatnim czasie budzą kontrowersje, a zarazem uzasadniają potrzebę podejmowania proponowanej tematyki, jak i dalszych badań w tym zakresie.

Jakkolwiek masa ciała człowieka jest sumą różnych elementów (tzn. składników tkankowych lub komponentów budowy), to najczęściej przyjmuje się model najprostszy – dwuskładnikowy, tj. tzw. ciało szczupłe (LBM – *Lean Body Mass*) i tłuszcz ciała (BF – *Body Fat*). Wzajemny stosunek ilościowy komponentów budowy jest znacznie zróżnicowany w zależności od płci, wieku, wydzielania hormonów, żywienia i w dużym stopniu od poziomu aktywności ruchowej [22]. Guy i wsp. [23] badając przypadki otyłości w krajach Zatoki Perskiej zauważyli, że otyłość może charakteryzować się odmiennym rozkładem tkanki tłuszczowej. Osoba otyła może cechować się różną grubością fałdów skórno-tłuszczowych (tkanka tłuszczowa podskórna), jak i zróżnicowanym stopniem otłuszczenia narządów wewnętrznych (otłuszczenie trzewne). Dzięki wykorzystaniu techniki obrazowania metodą MRI opisano przypadki, w których otłuszczenie wewnętrzne było stosunkowo niewielkie, ale ilość tkanki tłuszczowej podskórnej znaczna – taki rodzaj otyłości określa się jako tzw. fenotyp FOTI (*Fat Outside Thin Inside*). Drugim często występującym przypadkiem jest tzw. fenotyp TOFI (*Thin Outside Fat Inside*). Osoby z takim fenotypem, pomimo niewielkiej zawartości tłuszczu w fałdach skórno-tłuszczowych, mają silnie otłuszczone narządy wewnętrzne. Tego typu otyłość stanowi szczególnie zagrożenie dla zdrowia i jednocześnie jest ona stosunkowo trudna do zidentyfikowania.

Badanie składu ciała (BC – *Body Composition*), to przedmiot zainteresowań wielu obszarów i dyscyplin naukowych (kultury fizycznej, nauk o zdrowiu, bromatologii, medycyny itp.) [2, 24, 25]. Służy m.in. opracowywaniu norm oraz identyfikacji nadwagi lub otyłości, w celu podjęcia odpowiednich działań związanych z redukcją masy ciała do wartości prawidłowych, jak również ocenie stanu zdrowia. Istnieje wiele stanów klinicznych, w których wskazane jest monitorowanie składu ciała, jak np. zaburzenia odżywiania, żywienie parenteralne, choroby układu sercowo-naczyniowego (np. miażdżyca) czy cukrzyca. Ocena typu otłuszczenia ciała (dystrybucji tkanki tłuszczowej) może stanowić również cenną informację dotyczącą metabolizmu lipidów czy insulinooporności.

BMI vs. BAI

Ze względu na fakt, iż pomiary antropometryczne są nieskomplikowaną, powszechną i nieobciążającą finansowo metodą oceny zmienności rozwoju osobniczego, warto skoncentrować się na podstawowych wskaźnikach, w oparciu o które dokonuje się inter-

pretacji uzyskanych wcześniej wyników pomiarowych, a następnie wykonanych obliczeń. Na szczególną uwagę zasługuje wskaźnik BMI, który jak dotychczas stanowił podstawę dla oceny masy ciała i odsetka (przynajmniej przybliżonego) tkanki tłuszczowej w organizmie.

W badaniach antropometrycznych otyłość najczęściej interpretuje się wykorzystując wskaźnik BMI i jest on powszechnie stosowany w naukach o zdrowiu. Wysoki poziom korelacji pozwala traktować go jako rzetelny w ocenie otyłości w badaniach diagnostycznych, epidemiologicznych i przesiewowych. Koreluje on na poziomie 0,8-0,9 z tkanką tłuszczową mierzoną metodą BAI [2, 19]. Wskaźnik BMI (wskaźnik Queteleta II) oblicza się według poniższego wzoru [26]:

$$\text{BMI} = \frac{\text{weight [kg]}}{(\text{height [m]})^2} = \frac{\text{masa ciała [kg]}}{(\text{wysokość ciała [m]})^2}$$

W świetle ostatnich badań okazuje się, że wiarygodność stosowanego dotychczas wskaźnika BMI nie jest tak wysoka, jak ocena dokonywana za pomocą *Body Adiposity Index* (BAI), który jest najnowszym wskaźnikiem oszacowującym odsetek tkanki tłuszczowej w organizmie, zaproponowanym w marcu 2011 r. przez Bergmana i wsp. [19]. Jest on obliczany jako stosunek obwodu bioder do wysokości ciała według wzoru:

$$\text{BAI} = \frac{\text{hip circumference [cm]}}{\text{height [m]} \times \sqrt{\text{height [m]}}} - 18 = \frac{\text{obwód bioder [cm]}}{\text{wysokość ciała [m]} \times \sqrt{\text{wysokość ciała [m]}}} - 18$$

Stanowi on alternatywę dla mającego zastosowanie od prawie 200 lat (od ok. 1830 r.) BMI i dokładniej określa procentową zawartość tkanki tłuszczowej. Ocena za pomocą BAI jest porównywalna z wynikami uzyskanymi dzięki wykorzystaniu tzw. „złotego standardu” oceny masy tkanki tłuszczowej – dwuwiązkowej absorpcjometrii rentgenowskiej DXA. Wskaźnik wprowadzono w oparciu o badania populacji dorosłych Amerykanów z dwóch grup etnicznych: afroamerykańskiej i meksykańskiej w przedziale wieku 18-67 lat. Wymaga on jednak dodatkowych badań i ustalenia norm dla oceny jego przydatności w innych grupach etnicznych (m.in. populacji kaukaskiej) oraz w populacji wieku rozwojowego. Naukowcy podkreślają łatwość obliczania BAI przez personel medyczny przy użyciu kalkulatora lub programu komputerowego [2, 13, 19].

Celem ustalenia reprezentatywności obu wskaźników, przeprowadzono szereg badań dotyczących zależności BMI oraz BAI od czynników, takich jak: płeć, wiek oraz pochodzenie etniczne. Dla obu wskaźników stwierdzona została wyraźna zależność od płci oraz wieku, natomiast dla dłużej stosowanego wskaźnika BMI nie stwierdzono wyraźnych różnic pomiędzy grupami etnicznymi [27]. Tymczasem

twórcy wskaźnika wnioskuje, że BAI jest znacznie silniej skorelowane z otyłością i w porównaniu z BMI może dawać bardziej wiarygodne wyniki dla obu płci i różnych grup etnicznych.

Stwierdzono, że BAI to wskaźnik, który uwzględnia styl życia, strukturę ciała i przynależność etniczną oraz określa w sposób bardziej precyzyjny zawartość (ilość) tłuszczu w stosunku do ciała szczupłego (FFM – *Fat Free Mass*). Według badaczy hinduskich, BMI pozwala tylko na określenie przybliżonej wartości odsetka tłuszczu w ciele, a wskaźnik BAI jest dokładniejszy, gdyż odnosi się do tłuszczu zlokalizowanego w części brzusznej, tym samym jest lepszym prognozą zdrowia [2]. Z kolei jedne z ostatnich badań Bareiry i wsp. [28] dotyczących różnic rasowych w ocenie wskaźników BMI i BAI potwierdziły, iż BMI i BAI jednakowo wykazują procentową zawartość tłuszczu (%BF) w organizmie, a wzajemne korelacje są podobne dla wieku, płci i rasy. Z drugiej zaś strony, Wickel [29] wyraża pewne obawy co do poprawności szacowania procentowej zawartości tkanki tłuszczowej za pomocą wskaźnika BAI. W porównaniu do %BF oszacowanego na podstawie pomiarów grubości fałdów skórno-tłuszczowych, BAI daje wyraźnie wyższe wartości u chłopców, a niższe u dziewcząt. To przeszacowanie zawartości tkanki tłuszczowej w przypadku chłopców widoczne jest zwłaszcza przy jej niskiej zawartości. Podobne wyniki dotyczące dorosłych mężczyzn opublikował Schultze [30]. Z jego badań wynika, że wskaźnik obwodu talii (WC) jest bardziej przydatny do prognozowania cukrzycy w porównaniu z BMI oraz BAI, natomiast Wickel [29] sugeruje dalsze stosowanie BMI jako sprawdzonego wskaźnika antropometrycznego. W szczególności podkreśla, że BAI zależy od płci i rozmiarów ciała, i ze względu na dynamikę wzrostu jest mało wiarygodny w przypadku młodzieży. Ponadto autor uważa, że u dzieci i młodzieży występuje lepsza korelacja pomiędzy obwodem talii a BMI niż odsetkiem tkanki tłuszczowej obliczonym na podstawie BAI lub pomiarów grubości fałdów skórno-tłuszczowych. W opinii Kurowskiej i wsp. [31] wskaźnik BAI, który bezpośrednio szacuje procentową zawartość tkanki tłuszczowej, jest bardziej dokładny niż BMI i może stać się nowym międzynarodowym standardem dla określenia stopnia otłuszczenia ciała.

Wśród zalet wymienianych przez twórców tego wskaźnika, BAI umożliwia oszacowanie tkanki tłuszczowej w ciele bez konieczności oceny masy ciała, oferując narzędzie proste w obsłudze, które jest dostępne na całym świecie. Tym samym, może on stanowić alternatywę dla BMI. Po opublikowaniu wyników badań przez Bergmana i wsp. [19], kilku innych badaczy dokonało porównań BAI z niektórymi wskaźnikami antropometrycznymi diagnozującymi otyłość (BMI, WC i WHR). Wskazywali oni na jego istotne znaczenie oraz przydatność w ocenie tkanki tłuszczowej [32, 33], a także w szacowaniu ryzyka chorób sercowo-naczyniowych [34, 35]. Przeprowadzone badania porównawcze nie doprowadziły do jednoznacznego rozstrzygnięcia, czy BAI jest bardziej przydatnym predyktorem zdrowia zarówno dla mężczyzn, jak i kobiet niż inne wskaźniki, w tym dotychczas stosowany BMI.

Wartości dla BAI zostały sklasyfikowane przez Gallagher i wsp. i ujęte w przedziały: niski, normalny (osoby zdrowe), wysoki i bardzo wysoki, zgodnie z kryteriami określonymi dla białej populacji [36, 37]. Z kolei przedziały interpretacyjne dla wskaźnika BMI zostały opracowane przez WHO i sklasyfikowane w cztery podstawowe zakresy: niedowaga, norma, nadwaga i otyłość.

Podając za Zwierzchowską [2], wskaźnik BMI w stosunku do BAI nie uzyskuje jednoznacznego wyniku interpretacyjnego. Oznacza to, że dokonując oceny należyj masy ciała za pomocą obydwu wskaźników otrzymuje się inne wartości referencyjne (zróżnicowaną interpretację wyniku). Innymi słowy, rezultat uzyskany za pomocą BMI wskazujący na zakres normy, a oceniany za pomocą BAI będzie oznaczał nadwagę. Należy dodać, że BAI uwzględnia dodatkowe kryteria (wiek i płeć), których nie zakłada BMI. Tę i analogiczne sytuacje, wynikające z różnej interpretacji wyników uzyskanych za pomocą obydwu wskaźników przedstawia tabela I.

Wartości progowe wskaźnika BAI zawarte w tabeli I zostały wyznaczone dla poszczególnych płci i grup wiekowych, gdyż zaobserwowano, że wraz z wiekiem następuje utrata masy mięśniowej, jak również zmiana rozkładu tkanki tłuszczowej [39]. BAI bezpośrednio

Tabela I. Porównanie wartości wskaźników BAI i BMI oraz ich interpretacja dla kobiet i mężczyzn w odniesieniu do wieku [9, 36-38]
Table I. Comparison of BAI and BMI and their interpretation for women and men with reference to age [9, 36-38]

		Wiek (w latach) /Age (in years)	Niedowaga /Underweight	Zdrowie /Healthy	Nadwaga /Overweight	Otyłość /Obese
BAI	kobiety /women	20-39	↓ 21%	21-33%	↑ 33%	↑ 39%
		40-59	↓ 23%	23-35%	↑ 35%	↑ 41%
		60-79	↓ 25%	25-38%	↑ 38%	↑ 43%
	mężczyźni /men	20-39	↓ 8%	8-21%	↑ 21%	↑ 26%
		40-59	↓ 11%	11-23%	↑ 23%	↑ 29%
		60-79	↓ 13%	13-25%	↑ 25%	↑ 31%
BMI		↓ 18,5	18,5-24,9	25,0-29,9	↑ 30	

estymuje % tłuszczu (stopień otłuszczenia) w organizmie [19], natomiast wskaźnik BMI nie bierze pod uwagę płci, wieku oraz pochodzenia badanej osoby. Powyższe spostrzeżenia potwierdzają również badania Barreiry i wsp. [28].

Wyniki badań przedstawionych dotychczas wskazują na potrzebę dalszych wyjaśnień w sprawie przydatności klinicznej BAI, jako miary otłuszczenia ciała i korelacji ze stanami chorobowymi [40, 41]. Wyższe BMI nie zawsze bowiem odzwierciedla zwiększenie tkanki tłuszczowej, gdyż pozorna nadwaga wynikająca z wysokiej wartości tego wskaźnika może być efektem przyrostu masy mięśniowej, zwłaszcza w przypadku osób aktywnie uprawiających sport, np. kulturystykę czy sztuki walki [42]. Dodatkowym czynnikiem zwiększającym masę ciała wśród sportowców narażonych na przeciążenia mechaniczne jest wzrost gęstości kości. W celu zwiększenia wydolności organizmu, osoby uprawiające sport często wzbogacają dietę o suplementy celowo zwiększające masę mięśniową [43]. Jedne z ostatnich wyników badań naukowców z Nowego Jorku wskazują na fakt, że raczej nieunikniona utrata masy mięśniowej postępująca wraz z wiekiem, powoduje błędną interpretację wskaźnika BMI. Stąd o wiele bardziej wiarygodne rezultaty można uzyskać obliczając stosunek masy tłuszczu do masy ciała. Ich badanie potwierdziło tezę o błędach, jakie może nieść za sobą kategoryzacja według wskaźnika BMI, ponieważ blisko 40% osób, które nie zostały sklasyfikowane według BMI jako otyłe, w rzeczywistości chorowało na otyłość. Istotną rozbieżność pomiędzy wynikami badań wykazano również u kobiet, u których w okresie menopauzy zwiększa się ilość tkanki tłuszczowej wisceralnej, przy zachowanej, niejednokrotnie prawidłowej masie ciała, co często stanowi poważny czynnik ryzyka wielu chorób [39].

Banack i Kaufman [44] zwracają uwagę na tzw. paradoks otyłości (*Obesity Paradox*), który stoi w sprzeczności z powszechnym stwierdzeniem, że otyłość zawsze niekorzystnie wpływa na układ sercowo-naczyniowy. Paradoks ten przejawia się tym, że prace różnych autorów dowodzą, iż występowanie otyłości zwiększa szanse na przeżycie u osób z wieloma chorobami układu krążenia, np. z zawałem mięśnia sercowego, niewydolnością serca czy migotaniem przedsionków. Istnieje też wiele hipotez, które próbują wyjaśnić tę nietypową zależność. Jedna z nich wskazuje, iż wskaźnik BMI nie opisuje rozkładu tkanki tłuszczowej w organizmie, zwłaszcza przypadków otłuszczenia trzewnego. Alternatywna hipoteza zakłada, że podczas badań nie zostały wzięte w wystarczającym stopniu pod uwagę takie czynniki jak np.: wiek, palenie papierosów, wykształcenie czy występowanie cukrzycy, które mogły wypaczyć wyniki, wskazując na pozytywny wpływ otyłości. Inną przyczyną może

być występowanie przypadków wtórnej utraty masy ciała u pacjentów ze schorzeniami układu krążenia. Zdaniem autorów, bardziej przekonującym wytłumaczeniem paradoksu otyłości jest błąd statystyczny związany z doborem próby oraz zależnościami przyczynowo-skutkowymi zaburzającymi analizę korelacyjną. Dlatego należy przyjąć, że niezdrowy styl życia powodujący otyłość stanowi jednak realne zagrożenie dla dobrostanu jednostki.

Kontrowersje wokół BMI i BAI

W pracach różnych badaczy prezentowane są sprzeczne stanowiska w odniesieniu do obydwu wskaźników. Wnioski z cytowanych badań w wielu przypadkach potwierdzają zasadność posługiwania się powszechnie stosowanym wskaźnikiem masy ciała BMI, natomiast w innych wskazują na zalety BAI, który w licznych badaniach wykazuje większą dokładność i korelacje, np. z chorobami układu sercowo-naczyniowego.

Przykładowo García i wsp. [45] w celu walidacji BAI jako wskaźnika umożliwiającego oszacowanie ryzyka chorób układu krwionośnego, przeprowadzili badania na populacji zdrowych, dorosłych osób aktywnych zawodowo, pracujących w branży motoryzacyjnej oraz edukacyjnej w mieście Bogota. Oprócz pomiarów cech somatycznych umożliwiających obliczenie wskaźników, takich jak: BMI, BAI, WC, HC (*Hip Circumference*), W/H (*Waist to Hip*), zmierzili także skurczowe i rozkurczowe ciśnienie tętnicze krwi, natomiast pobrane próbki krwi analizowali pod kątem zawartości cholesterolu, trójglicerydów i glukozy na czczo. Uzyskane przez nich wyniki jednoznacznie wskazywały, że osoby, dla których wskaźnik BAI przyjmował wartości typowe dla nadwagi lub otyłości, charakteryzowały się zwiększonym ryzykiem chorób układu krążenia określonym na podstawie pomiaru ciśnienia tętniczego krwi, jak również badań analitycznych krwi. Autorzy sugerują więc dodanie BAI do zestawu standardowych wskaźników antropometrycznych stosowanych w badaniach przesiewowych.

Z kolei na podstawie badań Datta Banik [46] polegających na obliczeniu BMI oraz BAI u mężczyzn należących do trzech różnych grup etnicznych w Indiach oraz badania korelacji tych wskaźników z odsetkiem tkanki tłuszczowej określonym na podstawie bioimpedancji elektrycznej, stwierdzono znacznie lepszą (o 35%) korelację BMI z zawartością tkanki tłuszczowej w porównaniu do BAI. Autorka zwraca uwagę na wady i zalety obydwu wskaźników. Z jednej strony obwód bioder wykorzystywany do obliczenia BAI jest silnie związany z dymorfizmem płciowym, stąd według innych prac naukowych BAI daje bardziej wiarygodne rezultaty w przypadku kobiet niż mężczyźni. Z drugiej strony, masa ciała niebędna

do obliczenia BMI zawiera sumę wszystkich tkanek, bez rozróżnienia pomiędzy mięśniami i tłuszczem, stąd BAI ma pewną przewagę w określaniu statusu żywieniowego osób z danej populacji, jednak wymaga walidacji i badań celem określania dopuszczalnych wartości dla konkretnej grupy.

Pomimo tego, że BAI dosyć dobrze obrazuje sumaryczną ilość tkanki tłuszczowej, to nie uwzględnia jej rozkładu, który silnie zależy od płci i determinuje różne rodzaje otyłości, w różnym stopniu przyczyniające się do rozwoju chorób [47].

Podsumowanie

Porównując obydwa wskaźniki antropometryczne, bardziej wiarygodnym wydaje się być nowo opracowany, lecz jeszcze mało rozpowszechniony wskaźnik BAI. Wymaga on jednak dalszych badań w różnych grupach etnicznych. Jest to zupełnie uzasadnione ze względu na fakt, iż poszczególne rasy cechuje zróżnicowanie w zakresie niektórych cech somatycznych, wizualnych, jak i środowiskowych.

Warto podkreślić, że na średnie wielkości masy ciała wpływa rasa i inne czynniki genetyczno-konstytucjonalne, klimat, odżywianie, warunki społeczne, struktura chorobowości oraz inne czynniki środowiskowe, które są zazwyczaj odmienne dla różnych populacji i zmieniają się wraz z upływem czasu. Każda populacja powinna zatem dysponować własnymi, okresowo aktualizowanymi wyliczeniami w tym zakresie [1, 16]. Moliner-Urdiales i wsp. [47] oraz Kuhn i wsp. [48] na podstawie własnych badań i obserwacji stwierdzili, że BAI wymaga dalszej walidacji i proponowane wartości graniczne nie mogą być bezpośrednio stosowane dla populacji wszystkich kontynentów i mniejszości etnicznych.

Na podstawie powyższych porównań można wnioskować, że występuje istotna rozbieżność pomiędzy wskaźnikami BMI i BAI. W przypadku osób z nieznaczną nadwagą często okazuje się, że wyliczone wartości BMI mieszczą się w zakresie normy dla zdrowego człowieka, natomiast wartości BAI są już przekroczone i znajdują się w przedziale wskazującym na nadwagę. W związku z tym należy stwierdzić, że BAI jest wskaźnikiem bardziej czułym, umożliwiającym szybsze stwierdzenie nieprawidłowości w składzie ciała. Jednak z drugiej strony w przypadku mężczyzn aktywnie uprawiających sport, otyłość stwierdzona na podstawie BAI może być pozorna i wynikać z przyrostu masy mięśniowej. Zważywszy na obiecujące rezultaty stosowania BAI dla niektórych populacji, przy jednoczesnym braku walidacji tego wskaźnika

wśród społeczności wielu krajów, rozsądny wydaje się postulat dodania BAI do zestawu standardowych wskaźników antropometrycznych, obok BMI. Przeprowadzenie pomiarów niezbędnych do wyliczenia BAI jest jeszcze prostsze niż w przypadku BMI, dlatego BAI może być rekomendowany do stosowania na całym świecie, włącznie z ubogimi regionami, w których występują choroby wynikające z nieprawidłowego odżywiania.

Biorąc pod uwagę działania profilaktyczne dotyczące prewencji nadwagi i otyłości, istotne jest nie tylko ich wczesne wdrożenie, ale i odpowiednie ukierunkowanie. Dotyczy to zarówno działań skierowanych do jednostki, jak i zbiorowości. Prewencja otyłości oraz innych chorób społecznych wymaga przede wszystkim działań edukacyjnych, w tym edukacji zdrowotnej. W profilaktyce indywidualnej odnoszącej się do osób z obciążającym wywiadem rodzinnym i nadwagą, działania polegają przede wszystkim na informowaniu o związanych z otyłością zagrożeniach oraz na modyfikacji kluczowych elementów związanych ze stylem życia, odpowiedzialnych za jej rozwój, tj. głównie sposobu odżywiania i aktywności fizycznej [49-51]. Należy podkreślić, że zwiększanie umiejętności indywidualnych w trakcie całego życia ludzi, umożliwi im dostosowanie się do różnych okoliczności i postępujących zmian w stanie zdrowia. Powinno się to odbywać poprzez informację, edukację i trening umiejętności w szkole, domu, miejscu pracy oraz innych siedliskach [52].

Bez wątpienia działania z zakresu promocji zdrowia podejmowane w odniesieniu do jednostki czy zbiorowości, mogą okazać się efektywne w zapobieganiu nadwadze i otyłości, co nie pozostanie bez znaczenia również dla zdrowia publicznego. Poza tym, ważna jest także wiedza dotycząca współczesnych tendencji w zakresie chorób cywilizacyjnych jaką niewątpliwie jest otyłość, pomnożona o wiedzę z zakresu działań promujących zdrowie. Może to oznaczać, że propagowanie zdrowego stylu życia, uwrażliwienie na samoobserwację i samokontrolę (w tym masy ciała) w oparciu o aktualną wiedzę rozpowszechnianą w ramach działań promujących zdrowie i poprzez edukację zdrowotną, może stanowić wstęp do redukcji chorób cywilizacyjnych. Badania naukowe nie służą i nie mogą służyć wyłącznie ideologii czy realizacji własnych aspiracji, ale powinny być przydatne dla człowieka, który wykorzysta wiedzę teoretyczną w praktyce. Wiedza oparta na dowodach i będąca wynikiem badań i doświadczeń, stanowi rzetelne źródło informacji będące filarem działań edukacyjnych.

Piśmiennictwo / References

- Tatoń J, Czech A, Bernas M. Otyłość zespół metaboliczny. PZWL, Warszawa 2007.
- Zwierzchowska A. BAI (Body Adiposity Index) – nowy wskaźnik interpretacji otłuszczenia w programie promocji zdrowia. [w:] Promocja zdrowia wyzwaniem XXI w. Tracz W, Kasperczyk T (red). Krakowska Wyższa Szkoła Promocji Zdrowia, Kraków 2012: 109-120.
- Stefanowicz A. Profilaktyka chorób cywilizacyjnych i społecznych. [w:] Zdrowie publiczne. Kulik TB, Pacian A (red). PZWL, Warszawa 2014: 134-135.
- Mc Lellan F. Obesity rising to alarming levels around the world. *Lancet* 2002, 359(9315): 1412.
- Zdrowie i ochrona zdrowia w 2011 r. GUS, Warszawa 2012. <http://www.stat.gov.pl/> (11.02.2016).
- Biała U, Pająk A, Kaczmarczyk-Chałas K, et al. Frequency of overweight and obesity among women and men between 20-74 years old. Results of WOBASZ programme. *Kardiologia Pol* 2005, 63: 1-4.
- Skop-Lewandowska A, Gąsior A, Zając J i wsp. Ocena podaży energii oraz wybranych składników pokarmowych w całodziennych racjach pokarmowych kobiet z nadwagą i otyłością. *Probl Hig i Epidemiol* 2014, 95 (4): 975-980.
- Waśkiewicz A, Szczenińska D, Szostak-Węgierek D i wsp. Czy sposób żywienia populacji polskiej jest zgodny z rekomendacjami profilaktyki chorób sercowo-naczyniowych? – badanie WOBASZ II. *Kardiologia Pol* 2016.
- Mean Body Mass Index (BMI). Situation and trends. [in:] Global Health Observatory (GHO). http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/bmi_text/en/ (01.02.2015).
- Overweight (body mass index ≥ 25) (age-standardized estimate). [in:] Global Health Observatory data repository. Data by WHO region. <http://apps.who.int/gho/data/view.main.2461A?lang=en> (28.05.2016).
- Overweight (body mass index ≥ 25) (age-standardized estimate). [in:] Global Health Observatory data repository. Data by World Bank income groups. <http://apps.who.int/gho/data/view.main.2462A?lang=en> (28.05.2016).
- Chrzanowska M. Czy w Polsce ma miejsce epidemia nadwagi i otyłości wśród dzieci i młodzieży? *Med Sport* 2006, 10(4): S461-S470.
- Przybylska D, Kurowska M, Przybylski P. Otyłość i nadwaga w populacji rozwojowej. *Hygeia Public Health* 2012, 47(1): 28-35.
- Bolanowski M, Zadrozna-Śliwka B, Zatońska K. Badanie składu ciała – metody i możliwości zastosowania w zaburzeniach hormonalnych. *Endokrynologia i Zaburzenia Metabolizmu* 2005, 1(1): 920-925.
- Jakubowska-Pietkiewicz E, Prochowska A, Fendler W, et al. Comparison of body fat measurement methods in children. *Pediatr Endocrinol Diabetes Metab* 2009, 15(4): 246-250.
- US Department of Health and Human Services. Clinical guidelines of the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults: the evidence report. Publication no. 98-4083. US DHHS, Washington, DC 1998.
- Miguel-Etayo P, Moreno LA, Santabarbara J, et al. Anthropometric indices to assess body-fat changes during a multidisciplinary obesity treatment in adolescents: EVASYON Study. *Clin Nutr* 2015, 34: 523-528.
- Djibo DA, Araneta MRG, Kritiz-Silverstein D, et al. Body adiposity index as a risk factor for the metabolic syndrome in postmenopausal Caucasian, African American, and Filipina women. *Diabetes Metab Syndr Clin Res Rev* 2015, 9: 108-113.
- Bergman RN, Stefanovski D, Buchanan TA, et al. A Better Index of Body Adiposity. *Obesity* 2011, 19(5): 1083-1089.
- Shah RV, Murthy VL, Abbasi SA, et al. Visceral Adiposity and the Risk of Metabolic Syndrome Across Body Mass Index. *JACC Cardiovasc Imaging* 2014, 7(12): 1221-1235.
- Gołąb S. Główne metody badawcze. [w:] Przewodnik do ćwiczeń z antropologii. Gołąb S, Chrzanowska M (red). AWE, Kraków 2010: 7-11.
- Chrzanowska M. Ocena składu tkankowego ciała. [w:] Przewodnik do ćwiczeń z antropologii. Gołąb S, Chrzanowska M (red). AWE, Kraków 2007: 11-107.
- Guy GW, Nunn AVW, Thomas LE, et al. Obesity, diabetes and longevity in the Gulf: is there a Gulf Metabolic Syndrome? *Int J Diabetes Mellit* 2009, 1(1): 43-54.
- Branca F, Nikogosian H, Lobstein T (eds). The challenge of obesity in the WHO European region and the strategies for response: Summary. WHO, Copenhagen 2007.
- Rysiewski H, Książek J. Wskaźniki wagowo-wzrostowe: próba konfrontacji oczekiwań auksologicznych z rzeczywistością formalno-matematyczną. *Pediatr Współcz Gastroenterol Hepatol Żyw Dziecka* 2009, 11(1): 13-17.
- Quetelet A. *Physique sociale. Sur l'homme et development de ses facultes*. Muquardt, Brussels 1869.
- Gallagher D, Visser M, Sepúlveda D, et al. How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups? *Am J Epidemiol* 1996, 143: 228-239.
- Bareira TV, Harrington D, Staiano AE, et al. Body Adiposity Index, Body Mass Index and Body Fat in White and Black Adults. *JAMA* 2011, 306(8): 828-830.
- Wickel EE. Evaluating the utility of the body adiposity index in adolescent boys and girls. *J Sci Med Sport* 2014, 17: 434-438.
- Schulze MB, Thorand B, Fritsche A, et al. Body adiposity index, body fat content and incidence of type 2 diabetes. *Diabetologia* 2012, 55(6): 1660-1667.
- Kurowska M, Przybylski P, Przybylska D, et al. Differences in the frequency of overweight and obesity measured by means of body adiposity index (BAI) or body fat percentage (BF%) in 18-year-old students from southeastern Poland. *Hygeia Public Health* 2013, 48(3): 308-314.
- Suchanek P, Kralova-Lesna I, Mengerova O, et al. Which index best correlates with body fat mass: BAI, BMI, waist or WHR? *Neuro Endocrinol Lett* 2012, 33(2): 278-282.
- Freedman DS, Thornton JC, Pi-Sunyer FX, et al. The body adiposity index (hip circumference/height (1.5)) is not a more accurate measure of adiposity than is BMI, waist circumference, or hip circumference. *Obesity* 2012, 20: 2438-2444.
- Melmer A, Lamina C, Tschoner A, et al. Body Adiposity Index and Other Indexes of Body Composition in the SAPHIR Study: Association With Cardiovascular Risk Factors. *Obesity* 2013, 4: 775-781.
- Freedman DS, Ogden CL, Goodman AB, et al. Skin folds and coronary heart disease risk factors are more strongly associated with BMI than with the body adiposity index. *Obesity* 2013, 21: E64-E70.

36. Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, et al. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr* 2000, 72: 694-701.
37. Colombo O, Villani S, Pinelli G, et al. To treat or not to treat: comparison of different criteria used to determine whether weight loss is to be recommended. *Nutr J* 2008, 7: 5.
38. Body Adiposity Calculator. <http://www.shapesense.com/fitness-exercise/calculators/body-adiposity-index-calculator.aspx> (27.01.2015).
39. Czy wskaźnik BMI kłamie? <http://www.farmacjapraktyczna.pl/tag/wskaznik-bai/> (06.03.2015).
40. Elisha B, Rabasa-Lhoret R, Messier V, et al. Relationship between the body adiposity index and cardiometabolic risk factors in obese postmenopausal women. *Eur J Nutr* 2013, 52: 145-151.
41. Schulze MB, Stefan N. The body adiposity index and the sexual dimorphism in body fat. *Obesity* 2011, 19(9): 1729.
42. Andreoli A, Monteleone M, Van Loan M, et al. Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2001, 33(4): 507-511.
43. Clarkson PM, Rawson ES. Nutritional Supplements to Increase Muscle Mass, *Crit Rev Food Sci* 1999, 39(4): 317-328.
44. Banack HR, Kaufman JS. The obesity paradox: Understanding the effect of obesity on mortality among individuals with cardiovascular disease. *Prev Med* 2014, 62: 96-102.
45. García AI, Niño-Silva LA, González-Ruiz K, et al. Body adiposity index as marker of obesity and cardiovascular risk in adults from Bogotá. *Colombia Endocrinol Nutr* 2015, 62(3): 130-137.
46. Datta Banik S. Das Body mass index and body adiposity index in relation to percent body fat: A study in adult men of three endogamous groups of South Bengal. *HOMO J Comp Hum Biol* 2015, 66: 90-99.
47. Moliner-Urdiales D, Artero EG, Sui X, et al. Body adiposity index and incident hypertension: The Aerobics Center Longitudinal Study. *Nutr Metab Cardiovasc* 2014, 24: 969-975.
48. Kuhn PC, Vieira Filho JP, Franco L, et al. Evaluation of body adiposity index (BAI) to estimate percent body fat in an indigenous population. *Clin Nutr* 2014, 33: 287-290.
49. Oblacińska A, Jodkowska M. Otyłość u polskich nastolatków. Epidemiologia, styl życia, samopoczucie. Raport z badań uczniów gimnazjów w Polsce. IMiD, Warszawa 2007.
50. Janssen I, Katzmarzyk PT, Boyce WF, et al. Health Behaviour in School-Aged Children Obesity Working Group. Comparison of overweight and obesity prevalence in schoolaged youth from 34 countries and their relationships with physical activity and dietary patterns. *Obes Rev* 2005, 6(2): 123-132.
51. Spruijt-Metz D. Etiology, Treatment and Prevention of Obesity in Childhood and Adolescence: A Decade in Review. *J Res Adolesc* 2011, 21(1): 129-152.
52. Cianciara D. Definiowanie promocji zdrowia. [w:] Zarys współczesnej promocji zdrowia. Cianciara D (red). PZWL, Warszawa 2010: 30-38.