

# Skład ciała

## Skład ciała: ocena oraz interpretacja

Skład ciała ma wielkie znaczenie praktyczne i funkcjonalne dla wielu z nas: naukowców, klinicystów oraz ogółu społeczeństwa. Może on być szczególnie intrygujący dla nurków, ponieważ za każdym razem, gdy nurkujemy, musimy oszacować nasze systemy balastowe, aby przystosować je do zmian składu ciała, jak również, gdy nurkujemy w słodkiej lub słonej wodzie.

Nieprawidłowa równowaga składu ciała może wpływać na zdolność osoby do spełnienia codziennych wymogów stawianych mu w pracy i w czasie aktywności związanych z rekreacją.

Nadmierne otłuszczenie ciała może być połączone ze zwiększoną wrażliwością na choroby układu krążenia, nadciśnieniem, udarem, cukrzycą, komplikacjami ortopedycznymi i wieloma innymi problemami związanymi ze zdrowiem.

Istnieje wiele różnych metod szacowania składu ciała. Mogą one znacznie różnić się dokładnością dostarczanego szacunku oraz jego kosztem.

Niniejszy artykuł dostarczy pewnego wglądu w zalety i wady kilku powszechnie uznawanych technik. Następnie będą przedstawione zalecenia dotyczące interpretowania wartości.

## Indeks masy ciała

Indeks masy ciała (BMI), mniej znany powszechnie jako wskaźnik Queteleta (QI), jest najprostszą skalą używaną do przewidywania składu ciała. W sposób zamierzony użyto słowa „przewidywania”, ponieważ BMI nie jest wcale miarą składu ciała: jest on po prostu obliczeniem bazującym na posturze (wysokość) oraz masie (ciężar), których używa się do przydzielenia osobników do kategorii tuszy ciała.

Przewidywania BMI są użyteczne dla badań na dużą skalę, gdy bardziej wyrafinowane pomiary nie są możliwe, lecz są one często bardzo złe na bazie indywidualnej. Przypuszczenie, że wzrastające wartości BMI wskazują na zwiększoną tuszę często nie jest prawdziwe: wartości BMI będą wzrastać bez względu na to, czy dodatkowa masa wynika z tłuszczu, czy z mięśni. Osoby z dobrze rozwiniętą masą mięśni są karane przez tę metodę.

Wartości BMI można łatwo obliczyć posługując się ręcznym kalkulatorem. BMI jest podawany w jednostkach kilogramów na metr kwadratowy ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Oblicza się go przez podzielenie masy ciała w kilogramach przez kwadrat wysokości w metrach:

$$\text{BMI} \{w (\text{kg}\cdot\text{m}^{-2})\} = \text{ciężar} \{w \text{ kg}\} \div (\text{wzrost})^2 \{w \text{ m}\}$$

Proszę zauważyć, że w obliczeniu BMI stosowane są jednostki metryczne. W celu uzyskania jednostek angielskiego systemu miar, wymagana jest następująca konwersja:

$$\text{Ciężar w funtach} \div 2,2 = \text{ciężar w kg}$$

$$(\text{wzrost w calach} \cdot 2,54) \div 100 = \text{wzrost w metrach}$$

Pozostałe omówione tutaj metody wykorzystuje się do oszacowania składu ciała, najczęściej w procentowej zawartości tłuszczu. Antropometria z użyciem sprawdzianu mackowego Grubość fałdu skórniego przez długi czas rozpoznawano jako wskaźnik zawartości tłuszczu w całym organizmie. Grubość złożonej skóry i znajdującej się pod spodem tkanki tłuszczowej mierzy się ręcznymi mackami (zobacz dołączone zdjęcia). Pomiary z kilku miejsc wprowadza się do równania regresji, w celu obliczenia szacunkowej ilości tłuszczu w

organizmie.

W literaturze naukowej dostępna jest olbrzymia ilość protokołów, wymagających do obliczeń od 2 do 12 miejsc pomiaru. Szacunek jest najbardziej dokładny, jeżeli podmiot jest podobny w typie budowy i osadzeniu tłuszczu do grupy wykorzystywanej przy opracowaniu równania regresji. Dokładność przewidywania może zmieniać się szeroko na bazie indywidualnej. Użycie równania wymagającego większej ilości miejsc pomiarowych wcale nie gwarantuje bardziej dokładnego wyniku.

Popularne do powszechnego użycia pozostają wczesne równania ogólne. Były one opracowane z dużymi wielkościami próbek i wydają się być dobrymi prognozami dla szacowanych grup (pamiętaj, niekoniecznie dokładnymi na bazie indywidualnej). Najpowszechniej używane uogólnione równania przewidują masę właściwą ciała specjalnie dla każdej płci (Jackson and Pollock, 1978; Jackson et al., 1980). Obliczone masy właściwe wykorzystuje się do obliczenia dwuprzędziałowego składu ciała – masa pozbawiona tłuszczu oraz masa tłuszczu (mimo iż model dwuprzędziałowy nie jest anatomicznie dokładny, jest prosty w użyciu i daje rozsądne wyniki).

Pomiar znany jako równanie Siri jest powszechnie wykorzystywany do typów kaukaskich (Siri, 1956). Ponieważ masę pozbawioną tłuszczu populacji dorosłych osobników ciemnoskórych udokumentowano jako znacząco bardziej gęstą niż tę odpowiadającej grupy osobników kaukaskich ( $1,113 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  vs.  $1,100 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), dla tych jednostek wykorzystuje się czasami skorygowany wzór – równanie Schutte (Schutte et al., 1984).

### **Hydrodensytometria**

Związek pomiędzy gęstością ciała ocenianą przez pływalność w wodzie i składem ciała był opracowany jako praktyczna technika podczas badań przez personel Marynarki USA podczas drugiej wojny światowej (Behnke et al., 1942), a następnie udoskonalony dla łatwego użycia (Katch et al., 1967). Nurkowie mogą docenić, że dr Albert Behnke jest uznany jako jeden z ojców nowoczesnej fizjologii i medycyny nurkowej. Podobno opracował technikę ważenia hydrostatycznego, po tym, jak porytowało go sklasyfikowanie jego bardzo sprawnych nurków jako mających nadwagę, według obowiązujących wówczas standardowych równań.

Hydrodensytometria również polega na modelu dwuprzędziałowym (t.j. masie tkanki wolnej od tłuszczu i masie tłuszczu). Wartość procentowa każdej z nich jest znowu szacowana na podstawie średniej gęstości ciała. Standardowe odniesienie gęstości (opisanej jako „ciężar właściwy”, ciężar na jednostkę objętości) stanowi destylowana woda z wartością  $1,000 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ .

Tłuszcz posiada ciężar właściwy w przybliżeniu  $0,9 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , a mięśnie w przybliżeniu  $1,1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Główną trudność w oszacowaniu średniej gęstości tkanki podmiotu zanurzonego w słodkiej wodzie jest błąd wywołany przez gaz znajdujący się w drogach oddechowych i trawiennych. To źródło błędów jest na ogół zmniejszane przez wywołanie możliwie maksymalnego wydechu osobników, przed ich spoczynkiem na wadze utrzymującej pod wodą. W celu skorygowania wpływu gazu na pływalność, przez niezależne badanie można obliczyć szcztątkową objętość płuc (Wilmore et al., 1980). Objętość gazu uwięzionego w przewodzie pokarmowym przyjmuje się za małą i koryguje w sposób arbitralny. Koryguje się również odchyłki gęstości wody w funkcji temperatury.

Mimo rozmaitych ograniczeń i koniecznych szacunków, hydrodensytometria jest ogólnie przyjęta jako

norma odniesienia dla oceny składu ciała, szczególnie użyteczna podczas szacowania nowych procedur. Głównym ograniczeniem tej techniki jest to, że podmioty muszą czuć się wystarczająco wygodnie, aby pozostawać spokojnie z pustymi płucami, gdy ich głowy są całkowicie zanurzone. Mimo, że opracowano alternatywne techniki, w celu eliminacji potrzeby wydechu, są one mniej powszechne w użyciu.

Pletyzmografia wypornościowa powietrza Sucha metoda, która imituje techniki hydrodensytometrii zyskała w ostatnich latach popularność. Pletyzmografia wypornościowa powietrza (ADP) jest używana w urządzeniu nazywanym Bod Pod (Life Measurements Instruments, Concord, Kalifornia) do wyeliminowania potrzeby zanurzenia i opróżnienia płuc, w celu określenia średniej gęstości ciała.

Oto jak ona działa: podmiot siedzi w spoczynku w niewielkiej, suchej i skomputeryzowanej komorze, która dokładnie mierzy jego lub jej masę i objętość. Obliczana jest gęstość całego ciała, a masa wolna od tłuszczu i masa tłuszczu są szacowane jak przy pomiarach hydrostatycznych. Różnice między pomiarami hydrostatycznymi i ADP zmieniają się dla różnych grup, a wyniki indywidualne mogą być bardzo zmienne (Collins et al., 2004), lecz ADP ma zaletę łatwości badania.

Jest to szczególnie ważne dla osób mających trudność spoczywania pod wodą na całkowitym wydechu. Jednak dla tych z klaustrofobią, metoda może nadal stanowić wyzwanie.

Impedancja bioelektryczna Analiza impedancji bioelektrycznej (BIA) jest niewątpliwie najbardziej wygodną metodą szacowania składu ciała. Urządzenie pomiarowe może przypominać wagę łazienkową lub niewielką szkrzynkę z dwoma uchwytami dla rąk. Zasada działania jest prosta w koncepcji. Ciało ludzkie przewodzi prąd elektryczny. BIA zakłada, że całkowita przewodność jest zwiększana przez masę mięśniową, a hamowana przez masę tłuszczu. Urządzenie wymaga dwóch punktów styczności na ciele, jedno w pewnej odległości od drugiego (na ogół dwie stopy lub dwie ręce).

Między dwoma punktami styczności wysyła się elektryczny sygnał wysokiej częstotliwości o wyjątkowo niskiej energii (niewyczuwalny przez osobę). Prędkość z jaką prąd przepływa przez ciało jest używana do oszacowania względnego stosunku procentowego masy wolnej od tłuszczu do masy tłuszczu.

Mimo, iż urządzenia mogą w kontrolowanych warunkach zapewnić rozsądne szacunki, na wyniki znacząco wpływa stan nawodnienia, przesunięcia elektrolitów lub nawet niedawny posiłek. Wpływ przesunięcia elektrolitu może być widoczny, jeżeli pomiary są przeprowadzane bezpośrednio przed i po 30 minutowym biegu. Niektórzy badacze ostro skrytykowali ważność pomiarów BIA (Gelbrich et al., 2005). Mimo iż mają one potencjał dla niedokładności, urządzenia te, które są niedrogie i proste w użyciu mogą znaleźć zastosowanie.

Łatwo dostępne dla użytku domowego, regularne pomiary dokonywane zaraz po przebudzeniu mogą dostarczyć rozsądnych informacji o trendzie.

### **Ultradźwięki**

Ultradźwięki mogą być użyte do pomiaru składu ciała w miejscach próbkowania. Bardziej zaangażowane i mniej obszernie testowane niż inne opisane tutaj techniki, podejście to może być najbardziej użyteczne z otyłymi podmiotami, dla których alternatywy mogą okazać się niepraktyczne. Takie techniki mogą być użyte również do oszacowania wewnętrznej zawartości tłuszczu, jako wskaźnika zagrożenia chorobą układu krążenia (Kim et al., 2004).

Absorpcjometria promieniowania X o podwójnej energii Przyrządy do absorpcjometrii promieniowania X (rentgenowskiego) o podwójnej energii (DEXA) wykorzystują dwa źródła energii promieniowania X do mierzenia zawartości tłuszczu, mięśni oraz kości poprzez skany części lub całego ciała.

DEXA ma przewagę nad tradycyjnymi metodami jak grubość fałdu skórniego i hydrodensytometrią; może ona podczas szacowania masy wolnej od tłuszczu oraz masy tłuszczu uwzględnić gęstość kości (zmniejszając błąd modelu dwuprzeciętowego). Mimo iż technika może dostarczyć dokładnych szacunków gęstości ciała, koszt nie pozwala jej stać się nowym standardem poza scenariusz badawczą.

### **Rezonans magnetyczny**

Rezonans magnetyczny (MRI) wykorzystuje pole magnetyczne do wzbudzenia wybranych jąder komórkowych ciała, do wytworzenia wysokiej rozdzielczości obrazów tkanek ciała bez wystawiania na promieniowanie jonizujące. Ilość i rozkład tłuszczu mogą być dokładnie określone (Ross et al., 2000). Technika jest bezpieczna, lecz ograniczona ze względu na wysoki koszt sprzętu i analizę wymagającą intensywnego przetwarzania komputerowego.

Interpretowanie wyników oceny składu ciała Informacja BMI musi być stosowana w znacznie szerszym sensie. Najlepszym sposobem użycia pomiaru na indywidualnej bazie jest prosta kontrola powtarzana w czasie. Osobnicy z wartościami BMI spoza pożądanego zakresu lub z wartościami, które rosną w czasie dorosłego życia (bez znaczącego przyrostu masy mięśniowej) mogą korzystać z przewartościowania nawyków żywieniowych, skorzystania z diety czy skontrolowania poziomu aktywności fizycznej.

Klasyfikacja BMI jest arbitralna i jest przedmiotem rozwoju wrażliwości medycznej. Skala uznana przez amerykański Państwowy Instytut Serca, Płuc i Krwi USA (National Heart, Lung and Blood Institute - NHLB) oraz Światową Organizację Zdrowia (WHO) w 1998 jest aktualnie najpowszechniej stosowaną normą międzynarodową (zobacz [Tabele 1](#)).

Klasyfikacja NHLB/WHO niekoniecznie jest jedyną ważną interpretacją. Definicja „normalności” jest kwestią sporną. Niektórzy zalecają, aby dolny koniec kategorii „nadwaga” mógł być bardziej właściwie reprezentowany przez wyższe wartości BMI. Z takimi uproszczonymi i potencjalnie zwodniczymi miarami jak BMI, trudno jest ustanowić pojedynczy ważny system klasyfikacji, w celu przystosowania do różnych populacji. Wyniki otłuszczenia ciała muszą być również racjonalnie interpretowane. Należy uwzględnić potencjał błędów każdej techniki. Szacunki uzyskane przez pomiar fałdu skórniego lub BLA mają największe prawdopodobieństwo bycia błędnymi.

Szacunki uzyskane przez hydrodensytometrię lub inne nowoczesne metody mają szansę bycia bardziej ostatecznymi. Bez względu na użyte narzędzie, ważnym jest utrzymanie zdrowej perspektywy. Nasza ludzka natura jest widoczna, gdy bez względu na liczbę, prawie każdy życzy sobie aby była ona mniejsza. Należy pamiętać, że pewna ilość tłuszczu w ciele jest niezbędna dla utrzymania zdrowia.

Można znaleźć szereg systemów klasyfikacji opartych na procentowej zawartości tłuszczu w ciele. Skala promowana przez American Council on Exercise zapewnia rozsądne zakresy odniesienia (zobacz [Tabele 2](#)). Inne dostarczają dodatkowego pola manewru przy wzrastającym wieku.

### **Zalecenia dotyczące utraty tłuszczu**

Jeżeli jest to wymagane, najlepszym sposobem zmniejszenia nadmiernego otłuszczenia ciała jest połączenie diety z programem ćwiczeń. Sama dieta spowoduje utratę zarówno tkanki tłuszczowej, jak i

mięśniowej. Wynikające zmniejszenie prędkości metabolizmu, następujące z utraty masy mięśniowej ostatecznie spowoduje, że nadmierna waga powróci szybciej. Utrata wagi, jako taka, nie powinna być na ogół podstawowym celem: celem jest poprawa stosunku tkanki mięśniowej do tkanki tłuszczowej.

Ci, uczestniczący w poważnych programach utraty wagi, aby monitorować postęp, powinni oceniać skład ciała w regularnych interwałach. Liczby absolutne są mniej ważne niż zmiana w czasie.

Nawet, jeżeli absolutne liczby nie są dokładne, powtarzane pomiary mogą być skutecznie wykorzystane do porównania zmian w czasie, tak długo, jak długo wykorzystywane są te same procedury i obliczenia. Każdy program powinien być przeznaczony dla uzyskania zakładanych wyników w długim okresie: umiarkowane cele poprawy wspierane przez wiele, często krótkoterminowych celów ze zdrowym celem długoterminowym. Nie należy dopuszczać do komplikacji mogących zniweczyć długoterminowy wysiłek.

**Tabela 1: Klasyfikacja nadwagi i otyłości według wskaźnika masy ciała**

<b>Klasyfikacja</b>	<b>BMI (kg • m<sup>-2</sup>)</b>
Niedowaga	<18.5
Waga normalna	18.5 - <25.0
Nadwaga	25.0 - <30.0
Otyłość 1 stopnia	30.0 - <35.0
Otyłość 2 stopnia	35.0 - 40.0
Otyłość wyjątkowa	>40.0

(US NHLB, 1998; WHO, 1998)

**Tabela 2: Klasyfikacja nadwagi i otyłości według procentowej zawartości tłuszczu w ciele**

<b>Klasyfikacja</b>	<b>Kobieta (% tłuszczu)</b>	<b>Mężczyzna (% tłuszczu)</b>
Tłuszcz niezbędny	10-12	2-4
Atleci	14-20	6-13
Sprawni fizycznie	21-24	14-17
Dopuszczalna	25-31	18-25
Otyłość	32+	25+