

Energia

EWA RYCHLIK, AGNIESZKA WOŹNIAK, REGINA WIERZEJSKA, HANNA MOJSKA,
KATARZYNA STOŚ

Definicje dotyczące zapotrzebowania na energię i wydatku energetycznego

Zapotrzebowanie na energię jest definiowane jako ilość energii dostarczonej z pożywieniem w ciągu doby, która jest potrzebna do zbilansowania wydatku energetycznego organizmu, związanego z utrzymaniem funkcji życiowych organizmu, masy i składu ciała oraz z aktywnością fizyczną. Wydatek energetyczny obejmuje także energię potrzebną do optymalnego wzrastania i rozwoju dzieci, do prawidłowego przyrostu tkanek w okresie ciąży oraz produkcji mleka w czasie karmienia piersią w celu zapewnienia dobrego stanu zdrowia matki i dziecka (1, 2).

Podstawowa przemiana materii (Basal Energy Expenditure – BEE) jest to energia potrzebna do utrzymania struktury komórek oraz podstawowych funkcji fizjologicznych, kiedy organizm znajduje się w całkowitym spoczynku fizycznym i psychicznym oraz nie zachodzi w nim proces trawienia. Zwykle mierzy się go po przebudzeniu, po co najmniej 8 godzinach snu, po co najmniej 12 godzinach po posiłku, w pozycji leżącej, w warunkach zupełnego spokoju fizycznego i psychicznego oraz komfortu cieplnego. Jest główną składową (45–70 %) całkowitego wydatku energetycznego (1, 3).

Całkowity wydatek energetyczny (Total Energy Expenditure – TEE) to energia wydatkowana w ciągu 24 godzin. Obejmuje trzy podstawowe elementy: spoczynkowy wydatek energetyczny (Resting Energy Expenditure – REE), energię wydatkowaną na aktywność fizyczną (Energy Expenditure of Physical Activity – EEPA) oraz efekt termiczny pożywienia (Thermic Effect of Food – TEF).

Spoczynkowy wydatek energetyczny (REE) obejmuje energię wydatkowaną, kiedy organizm znajduje się w stanie spoczynku, czyli kiedy nie jest wydatkowana energia na żadną pracę mięśni. Z praktycznych względów zwykle mierzy się spoczynkowy wydatek energetyczny zamiast podstawowej przemiany materii. Pomiaru dokonuje się w pozycji leżącej, po 4–5 godzinach po posiłku oraz wykonywaniu ćwiczeń fizycznych. REE stanowi ok. 60–70 % całkowitego wydatku energetycznego, jest o około 10 % wyższy od BEE (1, 2).

Wydatek energetyczny związany z aktywnością fizyczną (EEPA) jest najbardziej zmiennym składnikiem całkowitego wydatku energetycznego. Aktywność fizyczna jest definiowana jako każdy ruch wykonywany przez mięśnie szkieletowe, który jest związany z wydatkiem energii. Dotyczy zarówno ćwiczeń fizycznych, jak i aktywności niezwiązanej z ćwiczeniami, jak np. drobne ruchy.

Poziom aktywności fizycznej (Physical Activity Level – PAL) jest definiowany jako stosunek całkowitego do spoczynkowego wydatku energetycznego w ciągu 24 godzin i odnosi się do tej części TEE, która wynika z aktywności fizycznej.

Wydatek energetyczny związany z absorpcją i transportem składników odżywczych oraz syntezą białek, tłuszczów i węglowodanów w tkankach nosi nazwę **efektu termicznego pożywienia** (TEF) (4, 5). Zwykle stanowi około 10 % całkowitego wydatku energetycznego.

Metody określania wydatku energetycznego

Wydatek energetyczny można ocenić za pomocą kilku metod. Należą do nich m.in. **kalorymetria bezpośrednia i pośrednia** (1, 6). **Kalorymetria bezpośrednia** polega na pomiarze całkowitej ilości ciepła wytwarzanej przez organizm. Badanie przeprowadza się w komorze kalorymetrycznej, która jest idealnie izolowana od otoczenia. Ciepło uwalniane poprzez przewodzenie, konwekcję i parowanie jest oddawane do urządzenia, przez które przepływa woda. Znając temperaturę wody wchodzącej i wychodzącej z obiegu, oblicza się ilość ciepła pobranego z komory. Metoda ta obecnie jest rzadko stosowana, ze względu na wysoki koszt i trudności związane z przeprowadzeniem badania. **Kalorymetria pośrednia** polega na określeniu objętości zużytego tlenu i wydalonego dwutlenku węgla i obliczeniu na tej podstawie wydatku energetycznego. Jest złotym standardem przy ocenie wydatku energetycznego (7).

W czasie typowego funkcjonowania w życiu codziennym metodą referencyjną do oceny wydatku energetycznego jest **metoda podwójnie znakowanej wody** (8, 9). Polega ona na doustnym podaniu wody znakowanej izotopami ^2H i ^{18}O , a następnie mierzeniu tempa ich wydalania w płynach ustrojowych, najczęściej w moczu. Umożliwia to określenie ilości wydzielonego CO_2 i na tej podstawie wyliczenie całkowitego wydatku energetycznego.

Wydatek energetyczny można określić na podstawie **zmiany częstości skurczów serca**, która koreluje ze zużyciem tlenu w czasie wysiłku (1, 6). Wcześniej należy ustalić indywidualną zależność pomiędzy tymi parametrami. Metoda ta znajduje zastosowanie w praktyce do pomiaru wydatku energetycznego związanego z aktywnością fizyczną oraz całkowitego wydatku energetycznego.

Na podstawie pomiarów wydatku energetycznego zostały opracowane różne wzory, które pozwalają na jego obliczenie, korzystając z danych dotyczących masy i wysokości ciała.

Czynniki wpływające na wydatek energetyczny i zapotrzebowanie na energię

Masa i skład ciała

Na wydatek energetyczny wpływają masa i skład ciała, przy czym beztłuszczowa masa ciała jest czynnikiem determinującym wydatek energetyczny w znacznie większym stopniu niż masa tkanki tłuszczowej. Wpływ tkanki tłuszczowej na wydatek energetyczny jest mały u osób szczupłych, ale nie może być pomijany u osób z nadwagą lub otyłych (10, 11). Ponadto znaczenie ma to, w jakiej części ciała tkanka tłuszczowa się znajduje. Tkanka tłuszczowa wisceralna (trzewna), kumulująca się wokół narządów jamy brzusznej i klatki piersiowej, wykazuje większą aktywność metaboliczną niż tkanka tłuszczowa podskórna.

Płeć

Spoczynkowy i w konsekwencji całkowity wydatek energetyczny jest wyższy u mężczyzn niż u kobiet (12). Te różnice są spowodowane głównie różnicami w masie i składzie ciała. Mężczyźni cechują się większą zawartością tkanki mięśniowej i mniejszą zawartością tkanki tłuszczowej w organizmie w porównaniu do kobiet. Większa zawartość tkanki mięśniowej i mniejsza tkanki tłuszczowej wiąże się z wyższym wydatkiem energetycznym.

Wzrastanie organizmu

Proces wzrastania organizmu wpływa na zwiększenie wydatku energetycznego, co jest związane z syntezą rosnących tkanek. Jednakże, z wyjątkiem pierwszych miesięcy życia, energia potrzebna do wzrastania w stosunku do całkowitego zapotrzebowania energetycznego jest mała. W 1. miesiącu życia wynosi 40 % zapotrzebowania na energię, a w wieku 12 miesięcy – około 3 % (13).

Wiek, starzenie się

Spoczynkowy wydatek energetyczny skorygowany ze względu na rozmiar ciała jest największy u niemowląt. Następnie ulega niewielkiemu obniżeniu, a w wieku 20–60 lat utrzymuje się na zbliżonym poziomie. Obniżenie REE w starszym wieku wynika przede wszystkim z mniejszej zawartości tkanki mięśniowej oraz zmniejszenia tempa przemian metabolicznych w narządach wewnętrznych (2, 14).

Aktywność fizyczna

Wydatek energetyczny związany z aktywnością fizyczną (EEPA) jest najbardziej zmiennym składnikiem całkowitego wydatku energetycznego (TEE). U osób prowadzących siedzący tryb życia stanowi około 15 % całkowitego wydatku energetycznego, a u osób bardzo aktywnych fizycznie może dochodzić do 50 % i więcej (1, 2). Ponadto poziom aktywności fizycznej zwykle obniża się wraz z wiekiem, a osoby mniej aktywne fizycznie we wcześniejszym okresie życia często odznaczają się mniejszą aktywnością fizyczną również w wieku starszym.

Ciąża

Wydatek energetyczny u kobiet ciężarnych zmienia się w poszczególnych trymestrach ciąży i jest znacznie różnicowany indywidualnie (1). O ile wraz z rozwojem ciąży

wzrasta podstawowa przemiana materii to aktywność fizyczna kobiet maleje i oba te elementy rzutują na całkowity wydatek energetyczny. Proporcje pomiędzy spożyciem energii z dietą a jej wydatkowaniem przez organizm mają znaczny wpływ na przyrost masy ciała matki, a tym samym masę ciała noworodka (15).

Karmienie piersią

Głównymi czynnikami, które wpływają na wydatek energetyczny w tym okresie są: intensywność (karmienie wyłączne lub częściowe) i okres karmienia piersią (1). Przy karmieniu niemowlęcia wyłącznie piersią koszt energetyczny laktacji jest wyższy, ze względu na większą ilość wytwarzanego pokarmu. Wraz z rozwojem dziecka i wprowadzaniem posiłków uzupełniających wydatek energetyczny wynikający z karmienia piersią maleje.

Czynniki środowiskowe

Najważniejszym czynnikiem środowiskowym wpływającym na wydatek energetyczny jest temperatura. Różnice temperatury otoczenia mogą wpływać na zmianę TEE w zakresie około 2–5 % (16). Ponieważ jednak na ogół ludzie tak dostosowują swój ubiór i środowisko, aby czuć się komfortowo, wydatek energetyczny związany z termoregulacją rzadko w większym stopniu wpływa na całkowity wydatek energetyczny.

Czynniki etniczne

Różnice w spoczynkowym wydatku energetycznym występujące u grup etnicznych są bardziej konsekwencją różnic w masie i składzie ciała, niż zróżnicowanego metabolizmu w poszczególnych grupach etnicznych (17).

Czynniki endokrynologiczne i leki

Niektóre hormony, np. tarczycy, mają wpływ na wydatek energetyczny, ale u osób zdrowych jest on bardzo mały (18). Również niektóre leki wpływają na wydatek energetyczny.

Bilans energetyczny oraz konsekwencje nadmiaru i niedoboru energii w żywieniu

Równowaga energetyczna występuje wtedy, gdy ilość energii dostarczonej organizmowi z żywieniem równa jest ilości energii wydatkowanej, a w przypadku dzieci, kobiet w ciąży i karmiących piersią pokrywa również koszt energetyczny wiążący się z optymalnym wzrastaniem i rozwojem organizmu, przyrostem tkanek i produkcją mleka (1, 3, 16). Kiedy spożycie energii jest większe od zapotrzebowania, bilans energetyczny jest dodatni. Ujemny bilans energetyczny występuje, kiedy spożycie energii jest mniejsze od dobowego zapotrzebowania energetycznego.

Organizm człowieka dysponuje szeregiem mechanizmów radzenia sobie zarówno z deficytem, jak i z nadmiarem energii dostarczanej z żywieniem (6, 16, 19). Przez wieki wypracował łatwość gromadzenia rezerw energetycznych, co zwiększało szanse na przeżycie w okresach niedostatku. Krótkotrwałe zaburzenia bilansu energetycznego są kompensowane przez odkładanie i uwalnianie rezerw glikogenu i tłuszczu.

Dla większości osób żyjących w krajach rozwiniętych, podstawowy problem stanowią trudności z pozbyciem się nadmiaru energii przyjmowanej z pożywieniem i gromadzenie nadmiernych rezerw energetycznych w organizmie. Nadmiar energii gromadzony jest w postaci triglicerydów w tkance tłuszczowej, prowadząc najpierw do nadwagi, a następnie do otyłości. Komórki tłuszczowe ulegają powiększeniu (otyłość hipertroficzna) lub powstają nowe komórki (otyłość hiperplastyczna). Dodatni bilans energetyczny przyczynia się nie tylko do otyłości, ale także do rozwoju skojarzonych z nią chorób.

Ujemny bilans energetyczny występujący przewlekłe powoduje wykorzystanie energii z triglicerydów zmagazynowanych w tkance tłuszczowej i białek znajdujących się w mięśniach i narządach wewnętrznych, ponieważ zapasy glikogenu są ograniczone i szybko się wyczerpują. Może to prowadzić do niedożywienia, które najczęściej występuje u osób w wieku podeszłym, a także u osób z chorobami zapalnymi jelit, układu oddechowego i nowotworami złośliwymi (20). Niedożywienie, często znacznego stopnia, obserwuje się również u pacjentów z jadłowstrętem psychicznym.

Do pierwotnych następstw niedożywienia zalicza się: pogorszenie stanu ogólnego, utratę masy ciała, obniżenie masy mięśniowej, osłabienie siły mięśniowej i sprawności psychomotorycznej, upośledzenie odporności, niedokrwistość niedobarwliwą, obniżenie stężenia białek, szczególnie albumin w surowicy krwi, zaburzenia gospodarki wodno-elektrolitowej, zaburzenia perystaltyki jelitowej i atrofię błony śluzowej jelita, zaburzenia trawienia i wchłaniania, kolonizację jelita cienkiego bakteriami chorobotwórczymi, obniżenie filtracji nerkowej oraz kwasicę metaboliczną. Wśród wtórnych następstw niedożywienia wymienia się: częstsze występowanie infekcji, upośledzone gojenie się ran, większą częstość ciężkiego przebiegu chorób, co prowadzi do wydłużenia pobytu w szpitalu i rekonwalescencji, a także do większej śmiertelności.

Źródła energii w pożywieniu

Energia wykorzystywana do przemian metabolicznych pochodzi z energii zawartej w pożywieniu. Jest ona uwalniana w procesie utleniania makroskładników znajdujących się w żywności.

Do głównych źródeł energii należą węglowodany [przyjmuje się, że 1 g dostarcza 16,7 kJ (4 kcal)] i tłuszcze [1 g dostarcza 37,7 kJ (9 kcal)]. Energii dostarczają również białka [1 g dostarcza 16,7 kJ (4 kcal)], zwłaszcza wówczas, gdy niewystarczająca jest dostępność energii z węglowodanów i tłuszczów. Należy dodać, że źródłem energii jest także alkohol [1 g dostarcza 29,3 kJ (7 kcal)], który jednak nie jest produktem zalecany. Do źródeł energii należą również związki zwane poliolami (np. mannitol, sorbitol, ksylitol) [1 g dostarcza 8,4 kJ (2 kcal)], które są stosowane do słodzenia niektórych produktów spożywczych, m.in. cukierków, gum do żucia (1).

Pewnych ilości energii dostarcza również błonnik. Jest to ilość mniejsza niż w przypadku takich węglowodanów, jak np. skrobia, co wynika z procesu fermentacji zachodzącego w jelicie grubym. Zakładając, że 70 % błonnika docierającego do jelita grubego ulega fermentacji, przyjęto, że 1 g błonnika dostarcza 8,4 kJ (2 kcal) (21).

Niecała energia zawarta w pożywieniu jest dostępna dla organizmu. Pewne jej straty są spowodowane niepełnym trawieniem i wchłanianiem. Białko może nie zostać całkowicie utlenione i wówczas dochodzi do strat białka i energii w postaci mocznika. Ponadto strawność i wchłanianie składników odżywczych, a także ciepło spalania różnią się w zależności od składu i rodzaju żywności, w której się znajdują. Dlatego ilości energii dostarczone przez spożyte pożywienie mogą się różnić od ilości wyliczonych na podstawie przyjętych współczynników konwersji (1).

Wartość energetyczna diety w wybranych populacjach

W ciągu ostatnich kilkunastu lat w Polsce i w wielu krajach prowadzone były badania sposobu żywienia różnych populacji, w których oceniano m.in. wartość energetyczną diety.

Informacji o wartości energetycznej diety małych dzieci w Polsce dostarczyły badania PITNUTS. Przeprowadzono je na ogólnopolskiej, reprezentatywnej próbie dzieci w wieku 13–36 miesięcy w roku 2016. Wartość energetyczna ich diety (wyrażona jako mediana) wynosiła 1105 kcal (22).

Niemowlęta i małe dzieci zostały objęte badaniami Feeding Infants and Toddlers Study (FITS) przeprowadzonymi w Stanach Zjednoczonych w roku 2016. Wartość energetyczna diety dzieci w wieku od 6 do 12 miesięcy wynosiła 855 kcal, a w wieku od 12 do 24 miesięcy – 1172 kcal (23).

Ekspersi z Nutrition Epidemiology Group i WHO dokonali przeglądu danych dotyczących wartości odżywczej diety dzieci i młodzieży na podstawie krajowych badań prowadzonych w krajach europejskich. Najstarsze uwzględnione w tym przeglądzie dane pochodziły z lat 2003–2004 z Irlandii. Najnowsze były dane z Portugalii i Norwegii, zbierane w latach 2015–2016. Średnie spożycie energii wyniosło 6,3 MJ (1506 kcal) (od 5,5 MJ w Irlandii i Turcji do 8,5 MJ w Danii) wśród chłopców w wieku < 10 lat i 9,4 MJ (2247 kcal) (od 8,2 MJ na Łotwie do 12,7 MJ w Słowenii) w wieku ≥ 10 lat, a wśród dziewcząt odpowiednio 6,0 MJ (1434 kcal) (od 5,3 MJ w Turcji do 8,0 MJ w Austrii) i 7,7 MJ (1840 kcal) (od 6,6 MJ w Estonii do 9,7 MJ w Słowenii) (24).

W Stanach Zjednoczonych wartość energetyczna diety dzieci w wieku 6–11 lat w latach 2015–2016 wynosiła średnio 1907 kcal/dobę (kiloKalorii na dobę), a wartość diety młodzieży w wieku 12–19 lat – 2032 kcal/dobę. Jednocześnie stwierdzono spadek wartości energetycznej diety w porównaniu do lat 2003–2004. Dane te były zbierane w ramach badań National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) (25).

W latach 2020–2021 badaniem objęto dzieci z Arabii Saudyjskiej w wieku 6–12 lat. Średnia wartość energetyczna diety chłopców w wieku 6–8 lat wynosiła 1329 kcal/dobę i nie różniła się istotnie od wartości energetycznej diety dziewcząt – 1298 kcal. Średnie spożycie energii wśród chłopców w wieku 9–12 lat wyniosło 1366 kcal, wśród dziewcząt – 1261 kcal (26).

Cytowane badania miały na celu przede wszystkim ocenę wartości energetycznej diety badanych grup, nie były podstawą do określenia ich zapotrzebowania na energię.

W niektórych grupach dzieci i młodzieży wartość energetyczna diety była większa od zalecanej. Wśród małych dzieci w Polsce uczestniczących w badaniach PITNUTS przekraczała ona zalecenia o ponad 100 kcal (22). Podobnie było wśród dzieci do 10.–11. roku życia w Stanach Zjednoczonych i niektórych krajach europejskich, ale diety starszych dzieci i młodzieży często dostarczały mniejszych ilości energii, niż jest zalecana (23, 24, 25). Ponadto nawet w przypadku odpowiedniej bądź większej od zaleceń średniej lub mediany wartości energetycznej diety, u części badanych mogła być zbyt mała. Na przykład w badaniach PITNUTS stwierdzono, że 36,6 % dzieci spożywało ilości energii poniżej normy (22).

Badania dotyczące sposobu żywienia osób dorosłych w Polsce przeprowadzono m.in. w ramach Narodowego Programu Zdrowia. Wśród osób dorosłych były one realizowane w latach 2017–2020 w grupie wiekowej 19–64 lata oraz 65 lat lub więcej. Wartość energetyczna diety mężczyzn w wieku 19–64 lata wynosiła średnio 2609 kcal, w wieku 65 lat lub więcej – 2182 kcal. W przypadku kobiet było to odpowiednio 1855 kcal i 1809 kcal (27, 28).

Podobnie jak w populacji dzieci, również u osób dorosłych eksperci z Nutrition Epidemiology Group i WHO dokonali przeglądu danych dotyczących wartości odżywczej diety. Najstarsze uwzględnione dane pochodziły z lat 2004–2005 z Andory. W latach 2015–2016 prowadzone były badania w Portugalii. Średnia wartość energetyczna diety mężczyzn wynosiła 9,7 MJ (2318 kcal) i wahała się od 8,4 MJ w Andorze do 12,0 MJ na Węgrzech. Dieta kobiet odznaczała się wartością energetyczną średnio 7,6 MJ (1816 kcal), najmniejsza była na Łotwie – 6,4 MJ, największa w Hiszpanii – 9,2 MJ. Z wiekiem wartość energetyczna diety mężczyzn i kobiet obniżała się (29).

Wartość energetyczna diety osób dorosłych ≥ 20 roku życia w Stanach Zjednoczonych w latach 2015–2016 wynosiła 2109 kcal. Było to mniej, niż w latach 2003–2004 (25).

Badania realizowane w Chinach w 2015 wśród osób w wieku 18–64 lata wykazały, że spożycie energii w tym kraju wynosiło średnio 2244 kcal wśród mężczyzn i 1902 kcal wśród kobiet. W przypadku 39,1 % badanych spożycie to było zgodne z poziomem średniego zapotrzebowania (EER). Ponadto stwierdzono spadek wartości energetycznej diety w porównaniu do roku 2009 (30). Mniejsza była wartość energetyczna diety starszych mieszkańców Chin w wieku 80 lat lub więcej. W 2015 roku wynosiła ona średnio 1561 kcal wśród mężczyzn i 1333 kcal wśród kobiet. W przypadku 75,8 % osób stwierdzono spożycie energii poniżej poziomu średniego zapotrzebowania (31).

Wśród ludności miejskiej w Brazylii w latach 2016–2017 średnia wartość energetyczna diety mężczyzn w wieku 20 lat lub więcej wynosiła 2373 kcal, diety kobiet – 1699 kcal (32).

Starsze kobiety w wieku 66–76 lat badano w 2012 roku w Australii. Wartość energetyczna ich diety wynosiła średnio 5323 kJ (1272 kcal) (33).

Badania kobiet w ciąży w Polsce przeprowadzono w ramach Narodowego Programu Zdrowia w latach 2017–2020. W pierwszym trymestrze ciąży mediana wartości energetycznej ich diety wynosiła 1986 kcal, w drugim 2092 kcal, w trzecim 2062 kcal (34).

Badania NHANES z lat 2001–2014 obejmowały m.in. populację kobiet w ciąży w wieku od 20 do 40 lat. Średnia wartość energetyczna ich diety wynosiła 2232 kcal. Kobiety w tym samym wieku, które nie były w ciąży, spożywały dietę o wartości energetycznej 1928 kcal, czyli o około 300 kcal mniej (35).

Podsumowując dane dotyczące wartości energetycznej diet osób dorosłych, należy stwierdzić, że często była ona mniejsza od zaleceń. W Polsce w badaniach realizowanych w ramach Narodowego Programu Zdrowia stosunkowo mało w porównaniu do norm była przede wszystkim wartość energetyczna diet kobiet i osób starszych (27, 28). Należy jednak zaznaczyć, że spożycie energii cechuje się dużym zróżnicowaniem i u części osób mogło przekraczać zapotrzebowanie. Ponadto nie można wykluczyć niedoszacowania rzeczywistego spożycia przez niektóre osoby uczestniczące w badaniach.

Zasady opracowania norm na energię

Normy dla osób dorosłych powinny uwzględniać ilość energii niezbędną do zachowania bilansu energetycznego u zdrowych dorosłych mężczyzn i kobiet utrzymujących należną masę ciała i odpowiedni poziom aktywności fizycznej (1, 2, 3). Zwiększone zapotrzebowanie na energię u dzieci i młodzieży związane jest dodatkowo z procesami wzrastania i przy opracowywaniu norm dla tej grupy należy uwzględniać odpowiednie wskaźniki rozwoju. W przypadku kobiet w ciąży i karmiących piersią normy na energię powinny pokrywać zapotrzebowanie związane z prawidłowym przebiegiem ciąży i laktacji.

Normy na energię można opracowywać, stosując dwie metody: wykorzystując dane o spożyciu, w tym o wartości energetycznej diety w danej populacji bądź na podstawie całkowitego wydatku energetycznego. Obecnie nie zaleca się korzystania z danych o spożyciu żywności przy opracowywaniu norm na energię, gdyż dane te mogą być obciążone dużym błędem. Wiąże się to z faktem, że osoby badane mają często tendencję do niedoszacowywania lub przeszacowywania ilości spożywanej żywności. Eksperti Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) oraz National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, opracowujący normy dla ludności Stanów Zjednoczonych i Kanady, uważają, że lepszą podstawą do ustalania zapotrzebowania na energię jest całkowity wydatek energetyczny, który można zmierzyć lub obliczyć, uwzględniając najważniejsze jego składowe (1, 2).

U niemowląt całkowity wydatek energetyczny oblicza się na podstawie równań uwzględniających masę ciała. Podstawą określenia całkowitego wydatku energetycznego u pozostałych grup jest wydatek związany ze spoczynkową przemianą materii. Istnieją różne wzory pozwalające obliczyć spoczynkowy wydatek energetyczny. Obecnie eksperci niektórych instytucji, m.in. Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (1) oraz Scientific Advisory Committee on Nutrition (SACN) (16) wykorzystują wzory opracowane przez Henry'ego (36), ponieważ umożliwiają one oszacowanie REE z większą dokładnością i uzyskanie nieco niższych wartości w porównaniu ze stosowanymi wcześniej równaniami, zalecanymi przez FAO/WHO/UNU (2). Przy obliczeniach wykorzystuje się dane dotyczące wysokości i masy ciała.

Przy ustalaniu norm na energię należy uwzględnić prawidłową masę ciała (u osób dorosłych wskaźnik BMI mieścić się w zakresie od 18,5 do 24,9 kg/m²) (37). U dzieci BMI zmienia się wraz z wiekiem. W celu określenia prawidłowych jego wartości korzysta się z wartości referencyjnych dla dzieci zdrowych, żyjących w warunkach zapewniających optymalne wzrastanie i rozwój. Kryteria te spełniają m.in. standardy wzrastania opracowane przez WHO (38). Wartości referencyjne mogą też pochodzić z badań reprezentatywnych dla populacji danego kraju.

Całkowity wydatek energetyczny w znacznym stopniu zależy również od poziomu aktywności fizycznej, na który wpływają: styl życia, warunki socjoekonomiczne, rodzaj wykonywanej pracy, cechy antropometryczne. Średni dobowy poziom aktywności fizycznej określa współczynnik PAL (1, 2, 39). Często aktywność fizyczna obniża się wraz z wiekiem i w wieku starszym współczynnik PAL na ogół jest mniejszy.

Poziom aktywności fizycznej w populacji jest zmienny i może odbiegać od zalecanego. Normy na energię powinny być ustalane z uwzględnieniem rzeczywistego, a nie zalecanego poziomu aktywności fizycznej dla poszczególnych grup ludności (1). Natomiast trudno jest dokładnie określić współczynnik PAL dla danej osoby. Wydaje się, że obecnie nie istnieje skuteczne i niezawodne narzędzie, które mogłoby to umożliwić (2).

Ustalając zapotrzebowanie energetyczne kobiet ciężarnych, należy brać pod uwagę wskaźnik masy ciała BMI. Jeśli aktywność fizyczna kobiet w ciąży jest porównywalna, to kobiety, które przed zajściem w ciążę miały prawidłową masę ciała lub niedowagę powinny spożywać więcej energii, niż te z nadmierną masą ciała. Takie podejście sprzyja właściwemu przyrostowi masy ciała, który jest uzależniony od stanu odżywienia kobiet w okresie przedkoncepcyjnym. Kobietom z nadwagą, a zwłaszcza chorym na otyłość, nie zaleca się gromadzenia dodatkowej tkanki tłuszczowej, a koszt energetyczny ciąży powinien być pokryty z rezerwy energii w postaci dotychczasowej tkanki tłuszczowej matki (15, 40).

Dodatkowej energii wymaga karmienie piersią. U kobiet, których dzieci karmione są wyłącznie piersią, średnia produkcja mleka waha się pomiędzy 500 a 900 ml/dobę podczas pierwszych sześciu miesięcy po porodzie (1, 13). Zwiększa to zapotrzebowanie na energię w tym okresie o 2,8 MJ/dobę (670 kcal/dobę), przy czym około 2,1 MJ (500 kcal) dodatkowej energii należy dostarczyć z pożywieniem, a pozostała ilość w przypadku dobrze odżywionych matek powinna pochodzić z ich tkanki tłuszczowej. Matki szczupłe mogą potrzebować zwiększenia wartości energetycznej diety nawet o 650 kcal/dobę w stosunku do zapotrzebowania na energię przed ciążą (41).

Jeśli kobieta kontynuuje karmienie piersią jako uzupełnienie żywienia dziecka, również potrzebuje dodatkowej ilości energii. Zależy to od ilości produkowanego mleka, ale szacuje się, że jest to około 400 kcal (42).

Przegląd norm na energię wybranych grup ekspertów na świecie

Wiodącą instytucją opracowującą normy żywienia w Europie jest obecnie Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności. Normy na energię zostały wydane w roku 2013 (1).

Zostały ustalone na poziomie średniego zapotrzebowania (Average Requirement – AR). Bazą do ich opracowania był całkowity wydatek energetyczny, określony na podstawie danych eksperymentalnych dotyczących spoczynkowego wydatku energetycznego oraz współczynnika określającego poziom aktywności fizycznej. Przy wyliczaniu spoczynkowego wydatku energetycznego dla niemowląt i dzieci do 2. roku życia wykorzystano dane antropometryczne ze standardów wzrastania WHO, dla starszych dzieci, młodzieży i osób dorosłych – dane z badań prowadzonych w krajach Unii Europejskiej. Ze względu na brak danych antropometrycznych z krajów UE dla osób w wieku ≥ 80 lat, eksperci EFSA nie ustalili norm na energię dla tej grupy wiekowej. Normy zakładają zwiększenie wartości energetycznej diety w każdym z trzech trymestrów ciąży i w czasie pierwszych 6 miesięcy karmienia piersią.

Normy na energię opracowywane przez German Nutrition Society dla ludności Niemiec, Austrii i Szwajcarii (D-A-CH) zostały uaktualnione w roku 2015 (43). Podstawą ustalenia ich wartości były dane antropometryczne z badań populacyjnych przeprowadzonych w Niemczech u dzieci i młodzieży oraz osób dorosłych. W przypadku niemowląt wykorzystano dane ze standardów wzrastania WHO. Posłużyły one do wyliczenia spoczynkowego wydatku energetycznego. W normach dla dzieci, młodzieży i dorosłych uwzględniono różne poziomy aktywności fizycznej w zależności od współczynnika PAL. U dzieci i młodzieży wzięto pod uwagę również zapotrzebowanie na energię związane z prawidłowym wzrastaniem organizmu. W normach tych uwzględniono dodatkową ilość energii, którą powinna dostarczać dieta kobiet w drugim i trzecim tryestrze ciąży oraz w pierwszych 4–6 miesiącach karmienia piersią.

Normy dla mieszkańców Wielkiej Brytanii zostały opracowane w roku 2011 przez Scientific Advisory Committee on Nutrition (16). Na podstawie danych antropometrycznych ze standardów wzrastania WHO oraz danych referencyjnych dla populacji brytyjskiej dla niemowląt obliczono całkowity wydatek energetyczny, a dla dzieci i młodzieży – podstawową przemianę materii. Uwzględniono również wydatek energetyczny związany ze wzrastaniem. Podstawową przemianę materii dla osób dorosłych obliczono, korzystając z danych antropometrycznych z badania przeprowadzonego w Anglii. Normy na energię dla dzieci, młodzieży i dorosłych ustalono na poziomie aktywności fizycznej odpowiadającej wartościom mediany rzeczywistej aktywności w poszczególnych grupach populacji brytyjskiej. W przypadku kobiet w ciąży uwzględniono zapotrzebowanie na energię w trzecim tryestrze, a kobiet karmiących piersią – w czasie pierwszych 6 miesięcy karmienia.

W 2023 roku zostały znowelizowane normy dla krajów nordyckich (44). Ich autorzy przy wyliczaniu spoczynkowego wydatku energetycznego korzystali z danych antropometrycznych z ostatnich badań przeprowadzanych w krajach nordyckich i bałtyckich. Na tej podstawie ustalono normy na energię dla dzieci, młodzieży i osób dorosłych na trzech poziomach aktywności fizycznej. Normy dla niemowląt podano w przeliczeniu na kilogram masy ciała, przyjmując zalecenia FAO/WHO/UNU. Dla kobiet w ciąży uwzględniono tylko dodatkowe zapotrzebowanie wiążące się z przyrostem masy ciała 14 kg. Dla kobiet karmiących zwiększono normę, przyjmując większe zapotrzebowanie na energię w tym okresie.

Również w 2023 roku zostały znowelizowane normy na energię dla ludności Stanów Zjednoczonych i Kanady, opracowane przez National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2). Zostały one ustalone na poziomie średniego zapotrzebowania (Estimated Energy Requirements – EER). Ekspertki oszacowały całkowity wydatek energetyczny, biorąc pod uwagę wiek, płeć, wysokość i masę ciała oraz poziom aktywności fizycznej. Ponadto w grupie niemowląt, dzieci i młodzieży uwzględniono ilość energii niezbędną do prawidłowego wzrastania organizmu. Wysokość/długość oraz masę ciała niemowląt i dzieci do 35. miesiąca przyjęto na podstawie badań przeprowadzonych w tej grupie w Stanach Zjednoczonych. Normy dla dzieci od 3 lat, młodzieży i osób dorosłych zostały opracowane oddzielnie dla ludności Stanów Zjednoczonych i Kanady. Dla każdego z tych krajów przyjęto dane antropometryczne z badań przeprowadzonych na jego terenie. Normy dla wymienionych wyżej grup ustalono na czterech poziomach aktywności fizycznej. W normach dla kobiet w ciąży uwzględniono dodatkowe zapotrzebowanie na energię w drugim i trzecim trymestrze. W normach dla kobiet karmiących piersią założono zwiększenie wartości energetycznej pożywienia zarówno w czasie pierwszych 6 miesięcy laktacji, jak i w czasie kolejnych 6 miesięcy.

Normy na energię dla populacji Polski

Normy na energię ustalono na poziomie średniego zapotrzebowania (EER). Zalecana ilość energii jest wartością średnią, co oznacza, że wartość energetyczna pożywienia nie musi być taka każdego dnia. Powinna się natomiast bilansować na przestrzeni kilku dni. Nie określono norm na poziomie zalecanego spożycia (RDA), gdyż to stwarzało ryzyko przekroczenia zapotrzebowania energetycznego przez większość osób z danej grupy, prowadząc do dodatniego bilansu energetycznego i wzrostu masy ciała.

Normy zostały wyrażone w dwóch jednostkach: w megadżulach (MJ) i dodatkowo w kilokaloriach (kcal). Zastosowano następujące współczynniki przeliczania energii wyrażonej w kcal na MJ i odwrotnie: $1000 \text{ kcal} = 4,184 \text{ MJ}$; $1 \text{ MJ} = 238,83 \text{ kcal}$.

Normy na energię dla populacji Polski zostały określone w oparciu o metodykę, według której zostały ustalone normy na energię przez EFSA (1, 45). U osób dorosłych (w wieku ≥ 19 lat) normy na energię odpowiadają całkowitemu wydatkowi energetycznemu (TEE) uwzględniającemu spoczynkowy wydatek energetyczny (REE) oraz wydatek energetyczny związany z różnym poziomem aktywności fizycznej (EEPA). Do obliczenia REE wykorzystano wzory Henry'ego (36) (tabela 2), biorąc pod uwagę takie parametry, jak: płeć, wiek oraz wysokość i masa ciała. Aby uwzględnić różnice w zapotrzebowaniu energetycznym zależne od rozmiarów ciała, dla każdej grupy osób przyjęto wyniki pomiarów wysokości ciała odpowiadające wartościom dziesiątego, pięćdziesiątego (mediana) oraz dziewięćdziesiątego centyla wysokości ciała osób danej płci w danej grupie wiekowej otrzymanym w krajowym badaniu sposobu żywienia i stanu odżywienia populacji polskiej przeprowadzonym w latach 2019–2020 przez NIZP PZH – PIB. Dla danej wysokości ciała obliczono należną masę ciała odpowiadającą wartości BMI równej 22 kg/m^2 , czyli wartości środkowej zakresu prawidłowego BMI osób dorosłych, zgodnie z definicją WHO. Wartości REE zostały pomnożone przez wartości PAL równe: 1,4; 1,6; 1,8 i 2,0, które według EFSA w przybliżeniu odzwierciedlają odpowiednio:

małą aktywność (siedzący tryb życia), umiarkowaną aktywność, aktywny i bardzo aktywny tryb życia.

Dla dzieci i młodzieży w wieku 1–18 lat REE obliczono na podstawie wzorów Henry’ego (36) odpowiednich dla wieku i płci (tabela 1). Dla dzieci w wieku od 1 do 3 lat wartości przyjęte dla wysokości i masy ciała odpowiadają wartościom 50 centyla (mediany) wysokości i masy ciała określonym w standardach wzrastania WHO (38). W przypadku dzieci i młodzieży w wieku 3–18 lat za referencyjne przyjęto wartości dla wysokości i masy ciała odpowiadające 50 centylowi (medianie) na siatkach centylowych opracowanych w ramach projektów OLA (2010–2012) i OLAF (2007–2010) obejmujących reprezentatywną dla kraju próbę dzieci i młodzieży (46, 47). U dzieci i młodzieży w wieku od 1 do 18 lat wydatek energetyczny związany ze wzrastaniem został uwzględniony jako 1 % wzrost wartości PAL dla każdej grupy wiekowej. Dla dzieci w wieku od 1 do 3 lat przyjęto jeden poziom aktywności fizycznej odpowiadający wartości PAL równej 1,4, natomiast dla dzieci i młodzieży w wieku od 4 do 18 lat trzy poziomy aktywności fizycznej, z tym, że dla dzieci w wieku od 4 do 9 lat przyjęto wartości PAL równe: 1,4; 1,6 i 1,8, a dla dzieci i młodzieży w wieku od 10 do 18 lat wartości PAL równe: 1,6; 1,8 i 2,0. Żeby uwzględnić zmiany w zapotrzebowaniu energetycznym, wartości norm zostały obliczone dla dzieci w poszczególnych latach życia – co rok od 1 do 18 lat, zarówno dla chłopców, jak i dziewcząt.

W przypadku niemowląt w wieku 6–11 miesięcy normy na energię odpowiadają wartościom TEE powiększonego o zapotrzebowanie energetyczne związane ze wzrastaniem. Do obliczeń TEE zostały wykorzystane wzory wyznaczone przez Butte (48) na podstawie pomiarów wydatku energetycznego przeprowadzonych metodą podwójnie znakowanej wody (DLW) u zdrowych, donoszonych niemowląt, karmionych wyłącznie piersią przez pierwsze cztery miesiące życia i mających prawidłową masę ciała:

$$\text{TEE (MJ/dobę)} = -0,635 + 0,388 \times W$$

$$\text{TEE (kcal/dobę)} = -152,0 + 92,8 \times W$$

Ze względu na to, że skład preparatów do początkowego żywienia niemowląt (np. stosunek białka do energii zbliżony do mleka kobiecego) coraz bardziej odpowiada składowi mleka kobiecego, w ślad za ekspertami EFSA, wzory te uznano za odpowiednie również dla niemowląt karmionych sztucznie. Do obliczenia TEE przyjęto wartości dla masy ciała (W) odpowiadające 50 centylowi (medianie) tych parametrów w standardach wzrastania WHO (36). Szacunki zapotrzebowania energetycznego na wzrost opierały się na przyrostach białka i tłuszczu przyjętych przez EFSA na podstawie danych opisanych w literaturze (1, 45). Żeby uwzględnić zmiany w zapotrzebowaniu energetycznym, wartości norm na energię dla niemowląt w wieku od 6 do 11 miesięcy zostały obliczone dla dzieci w poszczególnych miesiącach życia z uwzględnieniem płci.

Aktualne normy na energię dla kobiet ciężarnych określają dodatkowe zapotrzebowanie we wszystkich trymestrach ciąży. Należy jednak pamiętać, że ustalone normy oparte są na badaniach z udziałem kobiet o prawidłowej przedciążowej masie ciała i dlatego nie dotyczą kobiet o wyższym lub niższym wskaźniku BMI (1, 3). Przyjęcie takich wartości

Tabela 1. Wzory zastosowane do obliczenia REE dla dzieci i młodzieży (36)

Wiek (lata)	Chłopcy		Dziewczęta	
	MJ/dobę	kcal/dobę	MJ/dobę	kcal/dobę
1-2	$0,118 \times W + 3,59 \times H - 1,55$	$28,2 \times W + 859 \times H - 371$	$0,127 \times W + 2,94 \times H - 1,2$	$30,4 \times W + 703 \times H - 287$
3-9	$0,0632 \times W + 1,31 \times H + 1,28$	$15,1 \times W + 74,2 \times H + 306^*$	$0,0666 \times W + 0,878 \times H + 1,46$	$15,9 \times W + 210 \times H + 349$
10-17	$0,0651 \times W + 1,11 \times H + 1,25$	$15,6 \times W + 226 \times H + 299$	$0,0393 \times W + 1,04 \times H + 1,93$	$9,4 \times W + 249 \times H + 462$
18	$0,0600 \times W + 1,31 \times H + 0,473$	$14,4 \times W + 313 \times H + 113$	$0,0433 \times W + 2,57 \times H - 1,18$	$10,4 \times W + 615 \times H - 282$

W – masa ciała (kg), H – wysokość ciała (m).

* Ze względu na prawdopodobny błąd w cytowanym wzorze, REE w kcal/dobę dla chłopców w przedziale wiekowym 3–9 lat otrzymano, przeliczając wynik uzyskany w MJ/dobę z wykorzystaniem zależności: 1 MJ = 239 kcal.

Tabela 2. Wzory zastosowane do obliczenia REE dla osób dorosłych (36)

Wiek (lata)	Mężczyźni		Kobiety	
	MJ/dobę	kcal/dobę	MJ/dobę	kcal/dobę
19-29	$0,0600 \times W + 1,31 \times H + 0,473$	$14,4 \times W + 313 \times H + 113$	$0,0433 \times W + 2,57 \times H - 1,18$	$10,4 \times W + 615 \times H - 282$
30-59	$0,0476 \times W + 2,26 \times H - 0,574$	$11,4 \times W + 541 \times H - 137$	$0,0342 \times W + 2,10 \times H - 0,0486$	$8,18 \times W + 502 \times H - 11,6$
≥ 60	$0,0478 \times W + 2,26 \times H - 1,07$	$11,4 \times W + 541 \times H - 256$	$0,0356 \times W + 1,76 \times H + 0,0448$	$8,52 \times W + 421 \times H + 10,7$

W – masa ciała (kg), H – wysokość ciała (m).

dla kobiet z nadmierną masą ciała skutkowałoby zbyt dużym przybieraniem na wadze, a tym samym zwiększonym ryzykiem niekorzystnych konsekwencji zdrowotnych u matki i dziecka (49, 50). Badania przeprowadzone z udziałem kobiet z otyłością sugerują, że w celu prawidłowego przyrostu masy ciała wartość energetyczna diety nie może przekraczać wydatku energetycznego organizmu, a optymalny przyrost osiąga się nawet, gdy pobranie energii z diety jest niższe (49). W tym miejscu należy podkreślić potrzebę dalszej dyskusji nad weryfikacją wytycznych żywieniowych, ponieważ z najnowszych badań wynika także, że fizjologiczny wzrost magazynowania energii w czasie ciąży często nie jest uzależniony od wartości energetycznej diety (51–53).

W odniesieniu do ciąży mnogich istnieje zgodność poglądów, że z powodu większej masy tkanek macicznych, rozwoju kilku płodów i zwiększonej podstawowej przemiany materii zapotrzebowanie energetyczne jest większe niż u kobiet w ciąży pojedynczej, ale obecnie nie jest ono ustalone (54–58). Przypuszcza się, że u kobiet w ciąży bliźniaczej z prawidłowym stanem odżywienia przed ciążą, w celu osiągnięcia wzrostu masy ciała o 20 kg trzeba dostarczyć dodatkowe 35 000 kcal ponad to, co dotyczy ciąży pojedynczej. Biorąc pod uwagę większe ograniczenia aktywności fizycznej takich kobiet, oznaczałoby to spożycie wyższe o około 150 kcal na dobę, w stosunku do zaleceń dla kobiet spodziewających się jednego dziecka. Analogicznie jednak, jak w przypadku ciąży pojedynczej, należy mieć na względzie wskaźnik BMI matki przed zajściem w ciążę (59–62).

Normy dla kobiet karmiących piersią odnoszą się do zapotrzebowania na energię w czasie pierwszych 6 miesięcy laktacji. Nie ustalono wartości norm dla kobiet karmiących piersią w kolejnych miesiącach laktacji, kiedy dziecku podawane są pokarmy uzupełniające, a intensywność i czas trwania karmienia są bardzo zróżnicowane. Podobnie, jak w przypadku kobiet w ciąży mnogiej nie jest dobrze określone zapotrzebowanie na energię matek karmiących więcej niż jedno dziecko. Szacuje się, że powinno to być dodatkowe 500–600 kcal/dobę na każde dziecko (41).

Tabela 3. Normy na energię na poziomie średniego zapotrzebowania (EER) dla niemowląt

Wiek (miesiące)*	Chłopcy			Dziewczęta		
	Masa ciała (kg)	MJ/dobę	kcal/dobę	Masa ciała (kg)	MJ/dobę	kcal/dobę
6	7,9	2,5	597	7,3	2,3	549
7	8,3	2,7	636	7,6	2,4	573
8	8,6	2,8	661	7,9	2,5	599
9	8,9	2,9	688	8,2	2,6	625
10	9,2	3	725	8,5	2,7	656
11	9,4	3,1	742	8,7	2,8	673

* Ukończone miesiące życia.

Tabela 4. Normy na energię na poziomie średniego zapotrzebowania (EER) dla chłopców

Wiek (lata)	Wyso- kość ciała* (cm)	Masa ciała* (kg)	MJ/dobę				kcal/dobę			
			PAL				PAL			
			1,4	1,6	1,8	2,0	1,4	1,6	1,8	2,0
1	75,7	9,6	3,3				778			
2	87,8	12,2	4,3				1028			
3	96,1	14,3	4,9				1163			
4	103,3	16,3	5,2	5,9	6,7		1237	1414	1591	
5	111,8	19,1	5,6	6,4	7,2		1335	1525	1716	
6	118,4	21,6	5,9	6,8	7,6		1417	1620	1822	
7	124,6	24,4	6,3	7,2	8,1		1504	1719	1934	
8	130,5	27,6	6,7	7,6	8,6		1599	1827	2055	
9	136,3	30,8	7,1	8,1	9,1		1693	1934	2176	
10	141,5	34,2		8,2	9,2	10,2		1965	2211	2456
11	146,7	38,1		8,7	9,7	10,8		2074	2334	2593
12	152,9	42,7		9,3	10,4	11,6		2217	2494	2771
13	160,2	48,1		10	11,2	12,4		2384	2682	2980
14	167,2	53,8		10,7	12,0	13,3		2558	2878	3198
15	172,5	59,0		11,3	12,7	14,2		2712	3051	3390
16	175,7	63,3		11,8	13,3	14,8		2834	3188	3543
17	177,6	66,9		12,2	13,8	15,3		2933	3300	3666
18	178,7	69,9		11,3	12,7	14,2		2707	3045	3383

* Wartości mediany wysokości i masy ciała według standardów wzrastania WHO (38) dla dzieci w wieku 1–3 lata oraz z badań reprezentatywnych populacji Polski w ramach projektów OLA i OLAF dla dzieci i młodzieży w wieku 3–18 lat (46, 47).

PAL – poziom aktywności fizycznej.

Tabela 5. Normy na energię na poziomie średniego zapotrzebowania (EER) dla dziewcząt

Wiek (lata)	Wyso- kość ciała* (cm)	Masa ciała* (kg)	MJ/dobę				kcal/dobę			
			PAL				PAL			
			1,4	1,6	1,8	2,0	1,4	1,6	1,8	2,0
1	74,0	8,9	3,0				712			
2	86,4	11,5	4,0				947			
3	95,1	13,9	4,6				1088			
4	102,7	16,1	4,9	5,5	6,2		1160	1325	1491	
5	110,5	18,7	5,2	5,9	6,7		1241	1419	1596	
6	117,0	21,0	5,5	6,3	7,1		1312	1500	1687	
7	123,0	23,5	5,8	6,6	7,5		1386	1584	1782	
8	129,4	26,6	6,2	7,1	7,9		1475	1686	1896	
9	135,2	29,9	6,6	7,5	8,4		1566	1790	2014	
10	140,8	33,6		7,6	8,6	9,5		1824	2051	2279
11	147,1	37,9		8,0	9,0	10,0		1914	2153	2393
12	153,8	42,8		8,4	9,5	10,5		2016	2268	2520
13	159,1	47,7		8,8	9,9	11,0		2111	2375	2639
14	162,2	51,3		9,1	10,2	11,4		2179	2451	2723
15	163,7	53,6		9,3	10,4	11,6		2220	2497	2774
16	164,4	55		9,4	10,5	11,7		2244	2524	2804
17	164,7	55,7		9,4	10,6	11,8		2255	2537	2819
18	165,1	56,2		8,9	10	11,1		2123	2388	2654

* Wartości mediany wysokości i masy ciała według standardów wzrastania WHO (38) dla dzieci w wieku 1–3 lata oraz z badań reprezentatywnych populacji Polski w ramach projektów OLA i OLAF dla dzieci i młodzieży w wieku 3–18 lat (46, 47).

PAL – poziom aktywności fizycznej.

Tabela 6. Normy na energię na poziomie średniego zapotrzebowania (EER) dla mężczyzn

Wiek (lata)	Wyso- kość ciała* (cm)	Masa ciała** (kg)	MJ/dobę				kcal/dobę			
			PAL				PAL			
			1,4	1,6	1,8	2,0	1,4	1,6	1,8	2,0
19–29	173	65,8	9,4	10,7	12,0	13,4	2238	2558	2878	3198
	179	70,5	9,9	11,3	12,7	14,1	2358	2695	3032	3369
	186,5	76,5	10,5	12,0	13,5	15,0	2512	2871	3230	3589
30–59	170	63,6	8,8	10,1	11,3	12,6	2106	2407	2708	3009
	178	69,7	9,5	10,8	12,2	13,5	2264	2588	2911	3235
	185	75,3	10,1	11,5	12,9	14,4	2406	2750	3094	3437
60–74	168	62,1	8,0	9,1	10,3	11,4	1905	2178	2450	2722
	176	68,1	8,6	9,9	11,1	12,3	2063	2358	2652	2947
	183	73,7	9,2	10,5	11,9	13,2	2205	2520	2834	3149
≥ 75	167	61,4	7,9	9,0	10,1	11,3	1886	2156	2425	2694
	174,5	67	8,5	9,7	10,9	12,2	2033	2323	2614	2904
	180	71,3	9	10,2	11,5	12,8	2143	2449	2756	3062

* Wartości dziesiątego centyla, mediany i dziewięćdziesiątego centyla wysokości ciała z badania reprezentatywnego populacji Polski (dane NIZP PZH – PIB).

** Należna masa ciała dla danej wysokości (przy BMI 22 kg/m²).

PAL – poziom aktywności fizycznej.

Tabela 7. Normy na energię na poziomie średniego zapotrzebowania (EER) dla kobiet

Wiek (lata)	Wyso- kość ciała* (cm)	Masa ciała** (kg)	MJ/dobę				kcal/dobę			
			PAL				PAL			
			1,4	1,6	1,8	2,0	1,4	1,6	1,8	2,0
19–29	160	56,3	7,5	8,6	9,7	10,7	1797	2054	2310	2567
	166,9	61,2	8,1	9,2	10,4	11,5	1927	2203	2478	2753
	174	66,6	8,6	9,9	11,1	12,4	2066	2362	2657	2952
30–59	160	56,3	7,3	8,4	9,4	10,5	1752	2003	2253	2504
	165	59,9	7,7	8,7	9,8	10,9	1829	2090	2351	2612
	172	65,1	8,1	9,3	10,4	11,6	1937	2214	2491	2767
60–74	158,9	55,5	6,7	7,7	8,7	9,6	1612	1843	2073	2303
	165	59,9	7,1	8,1	9,1	10,2	1700	1943	2186	2429
	170	63,6	7,4	8,5	9,5	10,6	1773	2027	2280	2534
≥ 75	155,1	52,9	6,5	7,5	8,4	9,3	1559	1781	2004	2227
	162	57,7	6,9	7,9	8,9	9,9	1657	1893	2130	2367
	169	62,8	7,4	8,4	9,5	10,5	1759	2010	2261	2512

* Wartości dziesiątego centyla, mediany i dziewięćdziesiątego centyla wysokości ciała z badania reprezentatywnego populacji Polski (dane NIZP PZH – PIB).

** Należna masa ciała dla danej wysokości (przy BMI 22 kg/m²).

PAL – poziom aktywności fizycznej

Tabela 8. Normy na energię na poziomie średniego zapotrzebowania (EER) dla kobiet w ciąży i karmiących piersią*

Stan fizjologiczny	MJ/dobę	kcal/dobę
Kobiety w ciąży:		
I trymestr	+0,29	+70
II trymestr	+1,1	+260
III trymestr	+2,1	+500
Kobiety karmiące piersią		
0–6 miesięcy po porodzie	+2,1	+500

* Dodatek w stosunku do zapotrzebowania na energię kobiet niebędących w ciąży i niekarmiących o prawidłowej masie ciała przed zajściem w ciążę.

Piśmiennictwo

1. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), *Scientific opinion on Dietary Reference Values for energy*, EFSA Journal, 2013, 11, 1, 3005.
2. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, *Dietary Reference Intakes for Energy*, The National Academies Press, Washington, DC, 2023.
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization/United Nations University (FAO/WHO/UNU), *Human energy requirements*, Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation, Rome, 2004.
4. Calcagno M., Kahleova H., Alwarith J. i wsp., *The thermic effect of food: A review*, J. Am. Coll. Nutr. 2019, 38, 6, 547–551.
5. Saito M., Matsushita M., Yoneshiro T., Okamatsu-Ogura Y., *Brown adipose tissue, diet-induced thermogenesis, and thermogenic food ingredients: From mice to men*, Front. Endocrinol. (Lausanne), 2020, 11, 222.
6. Ziemia A., Białkowska M., *Bilans energetyczny*, [w:] *Patofizjologia*, [red.] S. Maśliński, J. Ryżewski, PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warszawa, 2002, 404–411.
7. Achamrah N., Delsoglio M., De Waele E. i wsp., *Indirect calorimetry: The 6 main issues*, Clin. Nutr., 2021, 40, 1, 4–14.
8. Foster E., Lee C., Imamura F. i wsp., *Validity and reliability of an online self-report 24-h dietary recall method (Intake24): a doubly labelled water study and repeated-measures analysis*, J. Nutr. Sci., 2019, 8, e29.
9. Mann D.V., Ho C.S., Critchley L. i wsp., *Affordable measurement of human total energy expenditure and body composition using one – tenth dose doubly labeled water*, Int. J. Obes., 2007, 31, 5, 751–755.
10. Wilms B., Schmid S.M., Ernst B. i wsp., *Poor prediction of resting energy expenditure in obese women by established equations*, Metabolism, 2010, 59, 8, 1181–1189.
11. Carneiro I.P., Elliott SA, Siervo M. i wsp., *Is obesity associated with altered energy expenditure?*, Adv. Nutr., 2016, 7, 3, 476–487.
12. Buchholz A.C., Rafii M., Pencharz P.B., *Is resting metabolic rate different between men and women?*, Br. J. Nutr., 2001, 86, 6, 641–646.
13. Butte N.F., *Energy requirements of infants, children and adolescents*, [w:] *Pediatric Nutrition in Practice*, [red.] B. Koletzko i wsp., 2nd ed., World Rev. Nutr. Diet, Basel, Karger, 2015, 113, 34–40.
14. Pontzer H., Yamada Y., Sagayama H. i wsp., *Daily energy expenditure through the human life course*, Science, 2021, 373, 6556, 808–812.
15. Barchitta M., Magnano San Lio R., La Rosa M.C. i wsp., *The effect of maternal dietary patterns on birth weight for gestational age: findings from the MAMI-MED Cohort*, Nutrients, 2023, 15, 8, 1922.
16. Scientific Advisory Committee on Nutrition, *Dietary Reference Values for Energy*, TSO, London, 2011.
17. Wang Z., Ying Z., Bosy-Westphal A. i wsp., *Specific metabolic rates of major organs and tissues across adulthood: evaluation by mechanistic model of resting energy expenditure*, Am. J. Clin. Nutr., 2010, 92, 6, 1369–1377.
18. Belgardt B.F., Brüning J.C., *CNS leptin and insulin action in the control of energy homeostasis*, Ann. N Y Acad. Sci., 2010, 1212, 97–113.

19. Drenowatz C., Jakicic J.M., Blair S.N. i wsp., *Differences in correlates of energy balance in normal weight, overweight and obese adults*, *Obes. Res. Clin. Pract.*, 2015, 9, 6, 592–602.
20. Pertkiewicz M., *Niedożywienie i jego następstwa*, *Post. Żyw. Klin.*, 2008, 3, 2, 4–8.
21. Elia M., Cummings J.H., *Physiological aspects of energy metabolism and gastrointestinal effects of carbohydrates*, *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2007, 61, Suppl. 1, S40–S74.
22. Weker H., Barańska M., Riahi A. i wsp., *Nutrition of infants and young children in Poland – Pitnuts 2016*, *Dev. Period. Med.*, 2017, 21, 1, 13–28.
23. Eldridge A.L., Catellier D.J., Hampton J.C. i wsp., *Trends in mean nutrient intakes of US infants, toddlers, and young children from 3 Feeding Infants and Toddlers Studies (FITS)*, *J. Nutr.*, 2019, 149, 7, 1230–1237.
24. Rippin H.L., Hutchinson J., Jewell J. i wsp., *Child and adolescent nutrient intakes from current national dietary surveys of European populations*, *Nutr. Res. Rev.*, 2019, 32, 1, 38–69.
25. Marriott B.P., Hunt K.J., Malek A.M., Newman J.C., *Trends in Intake of Energy and Total Sugar from Sugar-Sweetened Beverages in the United States among Children and Adults*, *NHANES 2003-2016*, *Nutrients*, 2019, 11, 9, 2004.
26. Kutbi H.A., *Nutrient intake and gender differences among Saudi children*, *J. Nutr. Sci.*, 2021, 10, e99.
27. Traczyk I. [red.], *Projekt: Przeprowadzenie kompleksowych badań epidemiologicznych dotyczących sposobu żywienia i stanu odżywienia społeczeństwa polskiego ze szczególnym uwzględnieniem osób dorosłych, wraz z identyfikacją czynników ryzyka zaburzeń odżywiania, oceną poziomu aktywności fizycznej, poziomu wiedzy żywieniowej oraz występowania nierówności w zdrowiu*, Raport końcowy 2020.
28. Szostak-Węgierek D. [red.], *Projekt: Przeprowadzenie kompleksowych badań epidemiologicznych dotyczących sposobu żywienia i stanu odżywienia społeczeństwa polskiego ze szczególnym uwzględnieniem osób w wieku podeszłym, wraz z identyfikacją czynników ryzyka zaburzeń odżywiania, oceną poziomu aktywności fizycznej, poziomu wiedzy żywieniowej oraz występowania nierówności w zdrowiu*, Raport końcowy 2020.
29. Rippin H.L., Hutchinson J., Jewell J. i wsp., *Adult nutrient intakes from current national dietary surveys of European populations*, *Nutrients*, 2017, 9, 12, 1288.
30. Zhao F., He L., Zhao L. i wsp., *The Status of Dietary Energy and Nutrients Intakes among Chinese Elderly Aged 80 and Above: Data from the CACDNS 2015*, *Nutrients*, 2021, 13, 5, 1622.
31. Jiang H., Zhang J., Du W. i wsp., *Energy intake and energy contributions of macronutrients and major food sources among Chinese adults: CHNS 2015 and CNTCS 2015*, *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2021, 75, 2, 314–324.
32. Sousa A.G., da Costa T.H.M., *Assessment of nutrient and food group intakes across sex, physical activity, and Body Mass Index in an urban Brazilian population*, *Nutrients*, 2018, 10, 11, 1714.
33. Hill E., Hodge A., Clifton P. i wsp., *Longitudinal nutritional changes in aging Australian women*, *Asia Pac. J. Clin. Nutr.*, 2019, 28, 1, 139–149.
34. Szamotulska K. i wsp., *Przeprowadzenie kompleksowych badań epidemiologicznych dotyczących sposobu żywienia i stanu odżywienia kobiet ciężarnych wraz z identyfikacją czynników ryzyka zaburzeń odżywiania, oceną poziomu aktywności fizycznej*,

- poziomu wiedzy żywieniowej oraz występowania nierówności w zdrowiu. Raport końcowy badania 2017-2020, Instytut Matki i Dziecka, 2020.
35. Bailey R.L., Pac S.G., Fulgoni V.L. 3rd i wsp., *Estimation of total usual dietary intakes of pregnant women in the United States*, JAMA Netw. Open., 2019, 2, 6, e195967.
 36. Henry C.J.K., *Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations*. Public Health Nutr., 2005, 8, 7A, 1133–1152.
 37. World Health Organization (WHO), *Obesity: preventing and managing the global epidemic*, Report of a WHO consultation. WHO Technical Report Series No. 894, Geneva, 2000.
 38. World Health Organization (WHO), *WHO Child Growth Standards. Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age. Methods and development*, Geneva, 2006.
 39. Shetty P., *Energy requirements of adults*, Public Health Nutr., 2005, 8, 7A, 994–1009.
 40. Deputy N.P., Sharma A.J., Kim S.Y., Olson C.K., *Achieving appropriate gestational weight gain: The role of healthcare provider advice*, J. Womens Health (Larchmt), 2018, 27, 5, 552–560.
 41. Szajewska H., Horvath A., Rybak A., Socha P., *Karmienie piersią. Stanowisko Polskiego Towarzystwa Gastroenterologii, Hepatologii i Żywienia Dzieci*, Stand. Med. Pediatr., 2016, 13, 9–24.
 42. Borszewska-Kornacka M.K., Rachtan-Janicka J., Wesołowska A. i wsp., *Stanowisko Grupy Ekspertów w sprawie zaleceń żywieniowych dla kobiet w okresie laktacji*, Stand. Med. Pediatr., 2013, 10, 265–279.
 43. German Nutrition Society (DGE), *New Reference Values for energy intake*, Ann. Nutr. Metab., 2015, 66, 4, 219–23.
 44. Blomhoff R., Andersen R., Arnesen E.K. i wsp., *Nordic Nutrition Recommendations 2023*, Nordic Council of Ministers, Copenhagen, 2023.
 45. EFSA (European Food Safety Authority), *Dietary Reference Values for nutrients. Summary report*, EFSA supporting publication, 2017, e15121.
 46. Kułaga Z., Grajda A., Gurzkowska B. i wsp., *Polish 2012 growth references for pre-school children*, Eur. J. Pediatr., 2013, 172, 6, 753–761.
 47. Kułaga Z., Litwin M., Tkaczyk M. i wsp., *Polish 2010 growth references for school-aged children and adolescents*, Eur. J. Pediatr., 2011, 170, 5, 599–609.
 48. Butte N.F., *Energy requirements of infants*, Public Health Nutr., 2005, 8, 7A, 953–967.
 49. Most J., Amant M.S., Hsia D.S. i wsp., *Evidence-based recommendations for energy intake in pregnant women with obesity*, J. Clin. Invest. 2019, 129, 11, 4682–4690.
 50. Shin D., Bianchi L., Chung H. i wsp., *Is gestational weight gain associated with diet quality during pregnancy?*, Matern. Child Health J., 2014, 18, 1433–1443.
 51. Abeysekera M.V., Morris J.A., Davis G.K., O'Sullivan A.J., *Alterations in energy homeostasis to favour adipose tissue gain: a longitudinal study in healthy pregnant women*, Aust. N. Z. J. Obstet. Gynaecol., 2016, 56, 1, 42–48.
 52. Jebeile H., Mijatovic J., Louie J.C.Y. i wsp., *Systematic review and meta-analysis of energy intake and weight gain in pregnancy*, Am. J. Obstet. Gynecol., 2016, 214, 4, 465–483.
 53. Savard C., Lebrun A., O'Connor S. i wsp., *Energy expenditure during pregnancy: a systematic review*, Nutr. Rev., 2021, 79, 4, 394–409.

54. Roselló-Soberon M.E., Fuentes-Chaparro L., Casanueva E., *Twin pregnancies: eating for three? Maternal nutrition update*, Nutr. Rev., 2005, 63, 9, 295–302.
55. Gandhi M., *Why pregnancy weight gain guidelines need to differ for multiple versus single pregnancies*, Curr. Nutr. Rep. 2020, 9, 2, 101–106.
56. Brown J.E., Carlson M., *Nutrition and multifetal pregnancy*, J. Am. Diet. Assoc., 2000, 100, 3, 343–348.
57. Gandhi M., Gandhi R., Mack L.M. i wsp., *Estimated energy requirements increase across pregnancy in healthy women with dichorionic twins*, Am. J. Clin. Nutr., 2018, 108, 4, 775–783.
58. Wierzejska R.E., *Review of dietary recommendations for twin pregnancy: does nutrition science keep up with the growing incidence of multiple gestations?*, Nutrients, 2022, 14, 6, 1143.
59. Luke B., *Nutrition for multiples*, Clin. Obstet. Gynecol., 2015, 58, 3, 585–610.
60. Whitaker K.M., Baruth M., Schlaff R.A. i wsp., *Provider advice on physical activity and nutrition in twin pregnancies: a cross-sectional electronic survey*, BMC Pregnancy Childbirth, 2019, 19, 1, 418.
61. Alberta Health Services, *Nutrition Guideline Pregnancy: Multiples*, <https://www.albertahealthservices.ca/assets/info/nutrition/if-nfs-ng-pregnancy-multiples.pdf>.
62. Goodnight W., Newman R., *Optimal nutrition for improved twin pregnancy outcome*, Obstet. Gynecol., 2009, 114, 5, 1121–1134.