

STUDIA I MONOGRAFIE  
AKADEMII WYCHOWANIA FIZYCZNEGO WE WROCŁAWIU

NR 124

Agnieszka Chwałczyńska

**WSKAŹNIK TŁUSZCZOWO-BEZTŁUSZCZOWY  
ZALEŻNY OD WIEKU JAKO NOWE NARZĘDZIE  
OCENY MASY CIAŁA**

WROCŁAW 2017

KOMITET WYDAWNICZY

Wojciech Cieśliński  
Beata Irzykowska (sekretarz)  
Lesław Kulmatycki  
Gabriel Łasiński  
Krzysztof Maćkała  
Eugenia Murawska-Ciałowicz  
Andrzej Pawłucki  
Tomasz Sipko  
Sławomir Winiarski (przewodniczący)

RECENZENT

Maria Kaczmarek

REDAKTOR

Anna Ostowicz-Radziwołek

KOREKTOR

Iwona Kresak

PROJEKT OKŁADKI

Agnieszka Nyklas

REDAKTOR TECHNICZNY

Beata Irzykowska

© Copyright by Wydawnictwo AWF Wrocław, 2017

ISSN 0239-6009

ISBN 978-83-64354-22-9



Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu  
51-617 Wrocław, al. Ignacego Jana Paderewskiego 35  
[www.awf.wroc.pl/wydawnictwo](http://www.awf.wroc.pl/wydawnictwo)

Wydanie I

*Certyfikat jakości na zgodność z PN-EN ISO 9001:2009*

**prawolubni**

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty. Szanujmy cudzą własność i prawo. Więcej na [www.legalnakultura.pl](http://www.legalnakultura.pl)

Polska Izba Książki

## SPIS TREŚCI

1. Wstęp .....	5
1.1. Wprowadzenie .....	5
1.2. Skład ciała w ontogenezie .....	8
1.3. Masa ciała i metody jej oznaczania .....	16
1.4. Segmentowy skład ciała .....	23
2. Cel pracy .....	26
3. Materiał i metody .....	27
3.1. Materiał badany .....	27
3.2. Metody badawcze .....	30
3.3. Metody statystyczne .....	38
4. Wyniki .....	39
4.1. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych w zależności od wieku .....	39
4.2. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych w zależności od wskaźnika BMI .....	44
4.3. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych dziewczynek w zależności od wskaźnika BMI .....	51
4.4. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych w zależności od wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku .....	54
4.5. Wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy badanych .....	68
5. Dyskusja .....	82
6. Wnioski .....	103
Bibliografia .....	104
Wykaz rycin i tabel .....	115
Summary .....	119

# 1. WSTĘP

## 1.1. WPROWADZENIE

Jednym z najpoważniejszych problemów XXI wieku jest nieprawidłowa masa ciała człowieka. Według niektórych autorów problem ten może dotyczyć nawet 90% ludności (Yanovski i Yanovski 1999; Hossain i wsp. 2007; Kelly i wsp. 2008; Flegal 2012). Z badań polskich naukowców przeprowadzonych w latach 2003–2005 w ramach programu WOBASZ wynika, że około 50% kobiet ma nieprawidłową masę ciała (Biela i wsp. 2005). Różnice w procentowej ocenie liczby osób z nieprawidłową masą ciała wynikają z niejednoznaczności pojęcia prawidłowej masy ciała. Określenie prawidłowej masy ciała zależy od wielu czynników: wieku, płci, typu budowy, podejmowanej aktywności fizycznej czy warunków klimatycznych, w jakich żyjemy. W badaniach empirycznych określających nieprawidłowość masy ciała nie uwzględnia się odczuć badanego związanych z jego ciałem. Biorąc pod uwagę wartości samooceny i dobrego samopoczucia, jako prawidłową masę ciała można by określić taką jej wartość, przy której badany jest zadowolony ze swojego ciała, nie odczuwa dyskomfortu, a jednocześnie nie występują u niego nieprawidłowości związane z nadmierną masą ciała. Posłużyć się można określeniem, że należna masa ciała to optymalna wartość, która sprzyja osiągnięciu najdłuższego okresu życia, jest najbardziej akceptowalna przez danego człowieka i zależy od płci, wieku, wysokości ciała i typu budowy.

Masa ciała stanowi jedną z najistotniejszych wartości określających organizm człowieka, jakimi zajmuje się obecna nauka o człowieku. Światowa Organizacja Zdrowia (World Health Organization – WHO) w swoich badaniach nad zachorowalnością wskazuje, że nadmierna masa ciała jest najczęstszą i najbardziej zalezną od człowieka przyczyną wielu chorób. Nadwaga i otyłość są główną przyczyną chorób naczyniowo-sercowych, nadciśnienia tętniczego, zmian nowotworowych, zespołów metabolicznych, w tym cukrzycy typu 2, niepłodności i zaburzeń układu rozrodczego, zmian zwyrodnieniowych układu kostno-stawowego, a także obniżenia jakości życia i stanów depresyjnych. Według raportu WHO z 2013 roku 23% chorób niedokrwiennych serca, 44% przypadków cukrzycy oraz 7–14% nowotworów mogło być uzależnionych od nadwagi czy otyłości (WHO 2015). Przeciwdziałając pogłębianiu się zjawiska, w 1997 roku WHO oficjalnie uznało otyłość za chorobę przewlekłą i podkreśliło konieczność jej leczenia (WHO 2000a, 2004; Jasiel-Wojculewicz i wsp. 2007; Osiński 2016). Uznanie nadwagi i otyłości za choroby cywilizacyjne narzuciło potrzebę opracowania procedur medycznych stosowanych w nieprawidłowościach masy ciała. Jednocześnie dało to możliwość finansowania terapii w ramach pakietów medycznych. Kwalifikacja dokonana przez WHO w 1997 roku nie określiła jedno-



znacznej definicji prawidłowej masy ciała (WHO 2000a, 2004). Według statystyk liczba ludności z nadmierną masą ciała od roku 1980 podwoiła się i w pierwszej dekadzie XXI wieku wynosiła 1,5 miliarda osób powyżej 20. roku życia, w tym aż 300 milionów kobiet z otyłością. Do określenia tych statystyk posłużono się wskaźnikiem wagowo-wzrostowym (ang. *Body Mass Index* – BMI), który nie uwzględniał zmian zachodzących w układzie kostno-stawowym, a co za tym idzie – fizjologicznych zmian wysokości ciała wynikających z procesu starzenia się. Dostosowując klasyfikację wskaźnika BMI do wieku, można przypuszczać, iż odsetek osób z nadwagą i otyłością, szczególnie w wieku starszym, będzie istotnie statystycznie niższy niż w przedstawionych przez WHO statystykach.

Liczba kobiet w Polsce z nadmierną masą ciała na przestrzeni ostatnich 10–15 lat zdaje się zwiększać. Według badań przeprowadzonych w ramach programu WOBASZ w latach 2003–2005 wśród ponad 7000 kobiet w wieku 20–74 lat, występowanie nadwagi stwierdzono u 28%, a otyłości u 20% badanych (Barnes i wsp. 2004; Biela i wsp. 2005; Wilbron i wsp. 2005). W badaniach przeprowadzonych dekadę później problem nadwagi dotyczy 32,1% dorosłych kobiet, zaś u 22% stwierdzono otyłość (Flegal 2012; WHO 2015; Kempieński 2016). Zwiększanie się odsetka kobiet z nadmierną masą ciała może być związane z ogólnym przybieraniem na wadze społeczeństwa, co wiąże się z niską aktywnością fizyczną, korzystaniem z technicznych udogodnień w życiu codziennym prywatnym i zawodowym czy dużą dostępnością półproduktów i dań gotowych do spożycia przy minimalnym wkładzie pracy, zastępujących samodzielnie przygotowywane posiłki, co wpływa niekorzystnie zarówno na aktywność ruchową, jak i dietę. Jednocześnie warto nadmienić, iż średnia długość życia kobiet w Polsce wzrosła w ostatnim czasie o około 8 lat, co spowodowało zwiększenie zakresu wieku badanych i jednocześnie ponowne nałożenie się na uzyskany wynik błędnej klasyfikacji wskaźnika BMI nieuwzględniającej wieku.

Statystyki dotyczące dzieci wskazują, że 42 miliony badanych poniżej 5. roku życia ma podwyższoną masę ciała (Zarzečna-Baran i wsp. 2013). Liczebność dzieci i młodzieży z nadmierną masą ciała jest dość precyzyjnie szacowana dzięki zastosowaniu siatek centylowych uwzględniających zarówno wiek, jak i płeć badanego dziecka. Najnowszy raport International Obesity Task Force (IOTF 2004) dotyczący Polski oraz raport z ogólnopolskiego programu OLAF (2007–2010, Kułaga i wsp. 2010), przeprowadzonego przez Zakład Zdrowia Publicznego (ZZP) Instytutu „Pomnik-Centrum Zdrowia Dziecka”, określa problem nadwagi i otyłości w Polsce jako istotny i dotyczący ponad 15–19% dzieci w wieku 7–18 lat; w wieku szkolnym (7–15 lat) problem ten dotyczy 20% badanych uczniów (Felińczak i Hama 2011; Kułaga i wsp. 2011; Mazur 2011a, b; Mleczko i Szmiigel 2011). Wyniki badań przeprowadzonych przez IOTF wskazują na wciąż wzrastający odsetek dzieci z nieprawidłowościami masy ciała. IOTF zaobser-

wował w Polsce ponad 10-proc. wzrost liczby dzieci z nadwagą i otyłością na przestrzeni ostatnich 10 lat XX wieku (International Obesity Task Force 2004, 2010; Przybylska i wsp. 2012). Niektórzy autorzy wykazują, że wzrost odsetka dzieci z nadwagą i otyłością jest zróżnicowany co do wieku. Największy przyrost odsetka dzieci z nadwagą i otyłością odnotować można w wieku przedszkolnym (do 5.–6. roku życia): z 10% aż do 22% populacji polskiej w ciągu ostatnich 10 lat. Natomiast w grupie młodzieży w wieku 13–15 lat w ostatniej dekadzie zaobserwowano zmniejszenie się problemu zbyt dużej masy ciała (Oblacińska i wsp. 1997; Lobstein i wsp. 2004; Wiess i wsp. 2004; Janssen i wsp. 2005; Obuchowicz 2005; Mazur i Małkowska-Szcutnik 2010; Mleczko i Szmigiel 2011). Wśród młodzieży obserwuje się biegunowość nieprawidłowości masy ciała, co może dawać obniżenie odsetka dzieci z nadmierną masą ciała. To w wieku 13–15 lat pojawia się problem specyficznych zaburzeń odżywiania, takich jak anoreksja (łac. *anorexia nervosa*), bulimia (łac. *bulimia nervosa*), związanych z niedowagą klasyfikującą dzieci poniżej 5. centyla BMI. Podłożem do ich uaktywnienia się są przede wszystkim czynniki psychiczne – niska samoocena, brak akceptacji otoczenia, silny wpływ mediów na kreowanie pożądanego (społecznie atrakcyjnego) smukłego typu budowy ciała. Po drugiej stronie tej grupy zaobserwować można skrajną otyłość i wzrost liczby dzieci z otyłością olbrzymią. Odnotowana przez Oblacińską i wsp. (1997) oraz Lobsteina i wsp. (2004) prawidłowość zmniejszania się odsetka młodzieży z nadmierną masą ciała może też być związana ze wzrostem świadomości tej grupy wiekowej odnośnie do atrakcyjności swojego ciała (Oblacińska i wsp. 1997; Lobstein i wsp. 2004). Niepokoi natomiast stały wzrost liczby dzieci w wieku przedszkolnym, u których stwierdzono nadmierną masę ciała. Problem jest o tyle poważny, że to nie dziecko decyduje o swoim stylu życia (diecie, aktywności fizycznej itp.), lecz jego rodzice i opiekunowie, a nabyte w tym wieku skłonności do nadwagi i otyłości u prawie 50% dzieci skutkują nadmierną masą ciała w wieku dorosłym.

Przedstawione badania IOTF oraz programu OLAF opierały się na wskaźniku BMI klasyfikowanym z wykorzystaniem siatek centylowych dzieci warszawskich, opracowanych przez Palczewską i Niedźwiecką (1999). Uzyskane wyniki pozwoliły zaktualizować istniejące siatki centylowe i jednocześnie stworzyć narzędzia porównawcze dla poszczególnych województw (program OLAF), dzięki czemu dane badanego dziecka można szacować w zależności od jego miejsca zamieszkania. Nieznaczne różnice normatywnych wartości wskaźnika BMI między województwami potwierdziły wpływ środowiska zewnętrznego i miejsca zamieszkania na występowanie nieprawidłowości masy ciała.

Określenie jednoznacznych klasyfikacji prawidłowości masy ciała pozwoli przyspieszyć i ujednoczyć diagnostykę w zakresie jej nieprawidłowości, gdyż są one nie tylko problemem estetycznym czy związanym z panującą modą. Brak zrównoważenia komponent tłuszczowych i beztłuszczowych prowadzi do

powikłań ze strony niemal wszystkich układów wewnętrznych człowieka. Zbyt wysoka masa ciała (tak zwana nadwaga czy otyłość) może doprowadzić do powikłań układu ruchu, tak istotnego w procesie rehabilitacji. Nieprawidłowa dystrybucja tkanki tłuszczowej może skutkować otłuszczeniem narządów wewnętrznych, a co za tym idzie – powikłaniami ze strony układu pokarmowego, nerek, serca czy układu naczyniowego. Podwyższa także ryzyko wystąpienia chorób nowotworowych czy endokrynologicznych (Kucharska i Niemczyk 2009). Nadmierna masa ciała wpływa też na psychologiczno-społeczne aspekty życia człowieka. Osoby z nienormalną masą ciała mogą mieć zaniżoną samoocenę, stany depresyjne, a nawet choroby psychiczne (na tle specyficznych zaburzeń odżywiania). Powikłania wynikające z nieprawidłowości masy ciała mają również aspekt społeczno-ekonomiczny, ponieważ prowadzą do częstych hospitalizacji (Reilly 2003; Serpil i wsp. 2004; Janssen i wsp. 2005; Corvera i wsp. 2006; Goulart i Rexrode 2007; Gawlik i wsp. 2009; Chwałczyńska i Bembenek 2010; Cash i wsp. 2012).

## 1.2. SKŁAD CIAŁA W ONTOGENEZIE

Ontogeneza (gr. *óntos* – byt, będące, istniejące, *génesis* – pochodzenie), czyli rozwój osobniczy, to zespół zmian anatomicznych i fizjologicznych zachodzących w organizmie człowieka od poczęcia aż do śmierci (Blundell i Cooling 2000; Jarowaja i wsp. 2003). W zależności od procesów przebiegających w organizmie można ją podzielić na etapy: okres rozwoju progresywnego, podczas którego obserwujemy przewagę procesów anabolicznych nad katabolicznymi, okres względnej równowagi procesów anabolicznych i katabolicznych oraz okres involucji, w którym następuje przewaga procesów katabolicznych nad anabolicznymi (Witanowska i wsp. 2007; Woynarowska 2013; Bolanowski i wsp. 2016). Przemiany ontogenetyczne zachodzą na poziomie komórkowym, tkankowym i narządowym (Malinowski 1987; Osiński 2003b). Mogą mieć one charakter jawny, polegający na wzroście lub spadku wymiarów zewnętrznych ciała, takich jak wysokość i obwody, lub na zmianie kształtu i proporcji poszczególnych części ciała – wzrost lub spadek masy ciała. Równocześnie ze zmianami łatwymi do zaobserwowania następują zmiany ukryte. Najistotniejsze dla niniejszej pracy są zmiany komponent składu ciała wpływające na rozwój nieprawidłowości masy ciała. Charakter utajony mają także zmiany wynikające z przystosowania biologicznego, fizjologicznego czy metabolicznego pojawiające się na kolejnych etapach ontogenezy.

Ontogeneza, mając charakter osobniczy, podzielona została na etapy rozwojowe w zależności od rodzaju zmian zachodzących w organizmie. Pierwszym, najistotniejszym etapem rozwoju jest okres prenatalny (wewnątrzłonowy), trwający około 280 dni. Dzieli się on ze względu na procesy toczące się w orga-

nizmie na fazę zarodkową – od poczęcia do 8. tygodnia – oraz fazę płodową – do 38.–42. tygodnia życia (do dnia porodu). Skrócenie tego okresu, zwane wcześniactwem, związane jest z niedojrzałością morfologiczną (somatyczną) i czynnościową, a w zależności od stanu zdrowia z koniecznością przebywania w inkubatorze. W fazie zarodkowej dochodzi do najintensywniejszego rozwoju organizmu (zarodek powiększa się około 2 milionów razy w ciągu 8 tygodni) oraz różnicowania się tkanek – pojawiają się też pierwsze narządy. Pod koniec tego okresu zarodek przypomina miniaturę człowieka, zaczyna bić jego serce. W okresie płodowym wykształcają się w pełni narządy – zarodek rośnie z 5 cm do średnio 58 cm, a jego masa zwiększa się z 5,5 g do średnio 3500 g. Około 14. tygodnia życia zaczyna rozwijać się tkanka tłuszczowa, aby w momencie zakończenia okresu prenatalnego stanowić 10–15% masy ciała. Wielkość (masa i długość) noworodka zależy od uwarunkowań genetycznych (tzw. bagażu genetycznego), czyli wieku matki, jej sposobu odżywiania się w czasie ciąży (zwłaszcza niedożywienia lub zbyt dużego przyrostu masy ciała), chorób matki, takich jak nadciśnienie tętnicze, cukrzyca ciążowa, astma, przewlekłe choroby układu oddechowego i krążeniowego (Wojnarowska 2013).

Z chwilą urodzenia, czyli zakończenia okresu prenatalnego, człowiek wchodzi w drugi okres rozwoju ontogenetycznego – okres postnatalny (pozamaciczny), trwający od urodzenia aż do śmierci. Pierwszą jego część, zwaną okresem rozwoju progresywnego, charakteryzuje przewaga zmian anabolicznych nad katabolicznymi. Pierwszą fazą okresu postnatalnego jest faza noworodkowa – adaptacyjna – trwająca około 4 tygodni (pierwsze 28 dni życia). Organizm przystosowuje się do zmian, jakie zaszły w jego środowisku zewnętrznym. Kolejnym ważnym etapem rozwoju jest okres niemowlęcy (pierwszy rok życia) i poniemowlęcy (2.–3. rok życia). Czas ten charakteryzuje się intensywnym rozwojem psychoruchowym małej i dużej motoryki (np. chwyt ręki, siadanie, chodzenie). Dziecko nabywa niezbędnych do życia umiejętności, poznaje środowisko zewnętrzne, przystosowuje organizm do spożywania różnorodnych pokarmów, usamodzielnia się w wykonywaniu wielu czynności, między innymi jedzeniu, ubieraniu się, porozumiewaniu, postrzeganiu własnych potrzeb fizjologicznych (głodu, pragnienia). Wraz z rozwojem ontogenetycznym ulega zmianie wzajemna proporcja poszczególnych komponent masy ciała (komponenta tłuszczowa, komponenta beztłuszczowa – masa mięśniowa i kostna, woda zewnątrz- i wewnątrzkomórkowa). Zmienia się także dystrybucja tkanki tłuszczowej w zależności od typu budowy oraz płci i etapu rozwojowego. Masa tkanki tłuszczowej w pierwszym roku życia zwiększa się pięciokrotnie w stosunku do masy urodzeniowej. W zależności od sposobu odżywiania dziecka w wieku 6–12 miesięcy tkanka tłuszczowa pod koniec pierwszego roku życia stanowi około 25% masy ciała. Na przełomie pierwszego i drugiego roku życia, kiedy obserwuje się wzrost odsetka tkanki tłuszczowej (nawet do 25%), pojawia się pierwszy tak zwany kryzys masowy,

czyli możliwość wystąpienia nadwagi czy otyłości. W okresie tym znacznie zwiększa się liczba i rozmiar komórek tłuszczowych. W początkowych dynamicznych fazach wzrostowych (noworodkowej, niemowlęcej, poniemowlęcej) proporcje ciała są odmienne niż na pozostałych etapach życia. Dominująca w budowie głowa stanowi 1/4 wysokości ciała i umożliwia szybki rozwój mózgu. Skład ciała uwarunkowany jest szybkim rozwojem fizycznym i motorycznym, a także stosowaną dietą (Malinowski i Łuczak 1999; Pietraszewska 2011; Baumgart i wsp. 2012). Wystąpienie kryzysu masowego jest związane z poszerzeniem diety i silnie uzależnione od środowiska, w jakim dorasta dziecko. W tym okresie ocena parametrów ciała, takich jak masa i długość/wysokość ciała czy obwód głowy i klatki piersiowej, jest stosunkowo łatwa. W celach klasyfikacyjnych opracowane zostały siatki centylowe dla płci z uwzględnieniem wieku kalendarzowego w miesiącach (do 36 miesięcy). Korzystając z tych narzędzi, można szacować prawidłowości rozwoju dziecka z uwzględnieniem proporcji ciała. Jednocześnie okres ten jest jedynym w ontogenezie, kiedy dziecko pozostaje pod stałą kontrolą lekarza, wynikającą z kalendarza szczepień. Podczas wizyt kontrolnych pediatra ma możliwość monitorowania rozwoju dziecka i wczesnego diagnozowania nieprawidłowości oraz wdrożenia odpowiedniej terapii w razie ich zaistnienia.

Okres przedszkolny, przypadający na 3.–6. rok życia, to czas intensywnej nauki codziennych czynności, socjalizacji, poznawania swojego ciała. Głównym zadaniem organizmu w tym wieku jest nabycie umiejętności potrzebnych w życiu codziennym, dlatego główna energia życiowa organizmu przekierowana jest na rozwój emocjonalny i społeczny. Zmienia się także charakter i intensywność rozwoju – wysokość ciała zwiększa się średnio o 6–8 cm na rok, zaś masa ciała o mniej więcej 2 kg na rok (dla porównania: w pierwszym roku życia dziecko zwiększa swoją masę ciała 4–5-krotnie) (Wojnarowska 2013). W okresie przedszkolnym następuje istotny wzrost, zwłaszcza obwodowy, związany z nabytymi umiejętnościami ruchowymi. Dochodzi do przyrostu tkanki mięśniowej sprzyjającego zmniejszeniu lordozy i poprawie postawy ciała. Pojawia się zróżnicowanie płciowe, początkowo pod względem społecznym, a następnie rozwojowym (Malinowski 1987; Baumgart i wsp. 2012).

Styl życia dziecka w Polsce uzależniony jest od jego warunków socjalno-bytowych. Według danych polskiego resortu edukacji (Raport UNICEF 2013) do przedszkola uczęszcza około 70% dzieci w wieku 3–6 lat (w miastach – 83%, na wsi – 51%), a ich liczba zmienia się w zależności od wieku. Wśród trzylatków 49% chodzi do przedszkola, 64% wśród czterolatków, 81% pięciolatków i 97% sześciolatków (Raport UNICEF 2013). Nieuczęszczanie przez prawie połowę dzieci najmłodszych (49%) do przedszkola może być powodem 20% nadwagi i otyłości u dzieci w wieku 5–6 lat. Ośrodki edukacyjne (przedszkola) zobligowane są do stosowania zbilansowanej diety oraz wprowadzania programów



obejmujących aktywność fizyczną (np. program „Mali Wspaniali”\*), uwzględniający dodatkowe zajęcia z gimnastyki ogólnousprawniającej z elementami karate, rytmiki, tańca itp.). Ukierunkowana aktywność fizyczna, zbilansowana dieta oraz ocena stanu fizycznego prowadzona przez osobę postronną – nauczyciela nauczania przedszkolnego – pozwalają na szybsze wykrycie nieprawidłowości związanych z rozwojem, a co za tym idzie – zmniejszenie częstości występowania nieprawidłowości masy ciała. Jest to istotne, gdyż w tym okresie wizyty kontrolne u pediatry wynikające z kalendarza szczepień (jedno szczepienie obowiązkowe w wieku 6 lat) i obowiązkowych bilansów (bilans 4- i 6-latką) są bardzo rzadkie, a podczas badań lekarskich chorego dziecka lekarz nie ocenia prawidłowości rozwoju fizycznego, a jedynie kontroluje stan zdrowia. Objęcie opieką przedszkolną (na podstawie dyrektywy unijnej) 90% dzieci w wieku 3–6 lat poszerza możliwości kontrolne, zwłaszcza że dla tego okresu rozwojowego opracowano (o czym wspomniano wcześniej) szczegółowe siatki centylowe rozwoju dziecka z uwzględnieniem wieku z dokładnością do miesiąca i wyznaczonymi granicznymi wartościami centylowymi do 5., 10., 25., 50., 75., 85. i 95. centyla. Wprowadzenie obowiązkowych badań kontrolnych dla dzieci 3- i 5-letnich pozwoliłoby na wcześniejszą diagnostykę nieprawidłowości masy ciała, szczególnie wśród dzieci nieobjętych nauczaniem przedszkolnym (Siniarska i Wolański 2005).

Wiek szkolny (7–15 lat) charakteryzuje się najwolniejszym wzrostem wysokości, następuje natomiast przyrost masy ciała. Proporcje ciała zmieniają się, w dalszym ciągu wydłużają się kończyny, a stosunek głowa – reszta ciała zaczyna przypominać proporcje typowe dla dorosłego człowieka (wysokość głowy stanowi 1/7 wysokości ciała). W wieku około 11 lat dziewczęta charakteryzują się największą smukłością ciała. W zależności od zmian osobniczych między 10. a 12. rokiem życia następuje kolejny krytyczny moment rozwoju tkanki tłuszczowej związany z rozpoczęciem u dziewczynek okresu pokwitania. Na początku tego okresu pojawia się dymorfizm płciowy. Prawidłowa wartość tkanki tłuszczowej u dziewczynek wynosi 15–25% masy ogólnej. Za sprawą zmian hormonalnych towarzyszących rozwojowi płciowemu budowa somatyczna dziewcząt zmienia się na masywną (Tanner 1963; Burdukiewicz 1995; Malinowski

---

\* Program „Mali Wspaniali” – program skierowany do dzieci w wieku przedszkolnym w ramach przygotowania do The World Games 2017. Pilotażowym programem prowadzonym w roku szkolnym 2014/2015 w 20 wrocławskich przedszkolach, objęto około 1000 dzieci w wieku 4–6 lat. Przedszkolaki uczestniczyły w zajęciach aktywności fizycznej z elementami karate dwa razy w tygodniu przez 45 minut. Zajęcia prowadzili instruktorzy AWF we Wrocławiu. Po zakończeniu programu w badaniach kontrolnych stwierdzono poprawę sprawności fizycznej badanych dzieci. Wójcik Ł., Opracowanie wyników wrocławskiego testu sprawności fizycznej (listopad 2014 – maj 2015), <http://theworldgames2017.com/mali-wspaniali-podsumowanie/> [15.01.2016].

i Łuczak 1999; Pietraszewska 2011; Woynarowska 2013). Należy podkreślić, że okres szkolny, a szczególnie wczesnoszkolny, jest jednym z trudniejszych w rozwoju ontogenetycznym pod względem utrzymania prawidłowej masy ciała. Jest to okres zagrożony rozwojem nadwagi i otyłości wynikających ze stylu życia. Słabo rozwinięta tkanka mięśniowa i zmiana stylu życia na siedzący (pobyty w szkole) wpływa na możliwość wystąpienia wad postawy i nieprawidłowości masy ciała. Zmiana z aktywnego przedszkolaka na siedzącego w ławce ucznia powinna być rekompensowana ukierunkowaną aktywnością fizyczną. Według wytycznych WHO (2004) i UE (2008) dzieci w tym wieku powinny mieć zapewnioną intensywną aktywność fizyczną co najmniej przez 60 minut dziennie. W ramach edukacji szkolnej zgodnie z rozporządzeniem Ministerstwa Edukacji Narodowej w sprawie programu nauczania na poziomie edukacji wczesnoszkolnej organizowane są zajęcia z wychowania fizycznego w wymiarze 290 godzin dla całego trzyletniego okresu edukacyjnego (średnio 3 godziny lekcyjne w tygodniu), a ich konstrukcja zależy od nauczyciela nauczania początkowego (Rozporządzenie MEN 2014). Wprowadzenie wytycznych MEN do szkół spowodowało zmniejszenie liczby godzin aktywności fizycznej zorganizowanej w ramach edukacji, przenosząc odpowiedzialność za uzupełnienie jej niedoboru u dziecka na rodziców. Od świadomości tych ostatnich zależy jego sprawność fizyczna, a także pokrycie zapotrzebowania na niezbędne produkty odżywcze oraz bilans energetyczny. Niewątpliwie istotnym problemem jest żywienie dziecka w szkole. Prowadzone programy zdrowego żywienia w szkole („Szlak mleka”, „Owoce i warzywa w szkole”, „Szkółka w formie”, „Uczeń w formie”, reaktywacja sklepików szkolnych\*) nie rozwiązują problemu nieprawidłowego odżywiania, a w okresie tym powinny kształtować się prawidłowe nawyki żywieniowe (Davis i wsp. 2007; Hayes i wsp. 2015).

W okresie dojrzewania płciowego następują zindywidualizowane zmiany proporcji ciała, kształtujące ostateczny typ budowy charakterystyczny dla danego osobnika. Skok pokwitaniowy u dziewczynek rozpoczyna się około 9. roku życia. Następuje rozbudowa tkanki tłuszczowej w okolicy bioder, ud, pośladków oraz piersi. Różnicowanie płciowe zachodzące w okresie dojrzewania przejawia się większym otłuszczeniem płci żeńskiej w porównaniu z większym udziałem masy ciała szczupłego u chłopców (Kaczmarek 2001; Burdukiewicz i wsp. 2015). Dojrzałość płciowa oceniana jest na podstawie cech morfologicznych – budowy narządów płciowych i piersi. Obecnie do oceny dojrzałości płciowej stosuje się

---

\* Programy realizowane w ramach edukacji szkolnej na poziomie przede wszystkim szkoły podstawowej. Refundowane są w ramach programów unijnych i budżetu samorządów, a ich zakres i sposób realizacji zależy od szkoły oraz Departamentu Edukacji Urzędu Miasta określonego województwa.

skale Tanner. Podzielona na pięć faz, uwzględnia pojawienie się cech zewnętrznych rozwoju płciowego (u płci żeńskiej – owłosienie, rozwój gruczołów piersiowych). Okres ten charakteryzuje się także największym skokiem pokwitaniowym wzrostu – u dziewcząt dojrzewających wcześniej około 9 cm rocznie, u dziewcząt dojrzewających przeciętnie – 8,3 cm rocznie, a u dojrzewających późno – 7,5 cm rocznie. Wraz ze wzrostem zwiększa się także masa ciała dziewcząt. Zmiany zachodzące w ciele dziewczynki mają przygotować ją do podjęcia roli matki, dlatego zmienia się jej budowa z typowo aseksualnej – dziecięcej – w postać kobiecą. Proces ten nie ogranicza się tylko do zwiększenia wysokości czy masy ciała. Do wystąpienia pierwszej miesiączki niezbędne jest prawidłowe odtuszczenie – co najmniej 20–22% tkanki tłuszczowej, a do utrzymania prawidłowego cyklu miesięcznego wskazany jest poziom przynajmniej 17% (Tanner 1963; Dietz 2004; Czajka i Kochan 2012; Przybylska 2012). Jak wspomniano wcześniej, przyrost masy ciała uzależniony jest od warunków socjalno-bytowych, stylu życia oraz wiedzy dojrzewającego dziecka na temat objawów i przyczyn występowania nieprawidłowości masy ciała. W ostatnich latach zaobserwowano nieznaczny spadek liczby dziewcząt w wieku 14–16 lat z otyłością i nadwagą. Może to być efektem wzrostu świadomości w zakresie nieprawidłowości masy ciała, wiedzy o funkcjonowaniu organizmu oraz panującej mody na smukłą sylwetkę, prowadzącej na przykład do zmiany diety czy zwiększenia zakresu aktywności fizycznej (Chwałczyńska i Bembenek 2010; Raport HBSC 2016). Rozpoczęcie okresu pokwitania u dziewcząt wiąże się z obniżeniem zapotrzebowania na aktywność fizyczną i niechęcią do jej podejmowania. Równocześnie zmiany zachodzące w proporcjach ciała często są połączone z brakiem umiejętności zaakceptowania nowego wyglądu własnego ciała.

Po osiągnięciu dojrzałości płciowej kobiety rozpoczynają okres względnej stabilizacji rozwojowej, kiedy procesy anaboliczne i kataboliczne równoważą się. W okresie młodzieńczym, przypadającym na 16.–20. rok życia, oraz dojrzałym – od 20/25. do 40/50. roku życia – proporcje ciała stabilizują się. Głowa stanowi około 1/8 wysokości ciała, proporcje między kończynami a tułowiem uzależnione są od typu budowy ciała (typ endomorficzny, mezomorficzny, ektomorficzny). Po okresie pokwitania u dziewcząt następuje spowolnienie przyrostu masy ciała. Okres ten charakteryzuje się ewentualnymi przyrostami obwodowymi spowodowanymi stylem życia i dietą (Burdukiewicz 1995). Wiek dojrzały cechuje się dojrzałością motoryczną, fizjologiczną i płciową. Dojrzałość motoryczna związana jest z osiągnięciem przez rozwijający się organizm pełnych zdolności motorycznych (małej i dużej motoryki) charakterystycznych dla dorosłej kobiety lub mężczyzny. Dojrzałość płciowa wiąże się ze zdolnością do tworzenia komórek rozrodczych, zapłodnienia, a u dziewcząt zdolnością do donoszenia ciąży. Dojrzałość fizjologiczna oznacza osiągnięcie funkcji narządów i organów typowych dla dorosłego organizmu. Wejście w wiek dojrzały związane jest

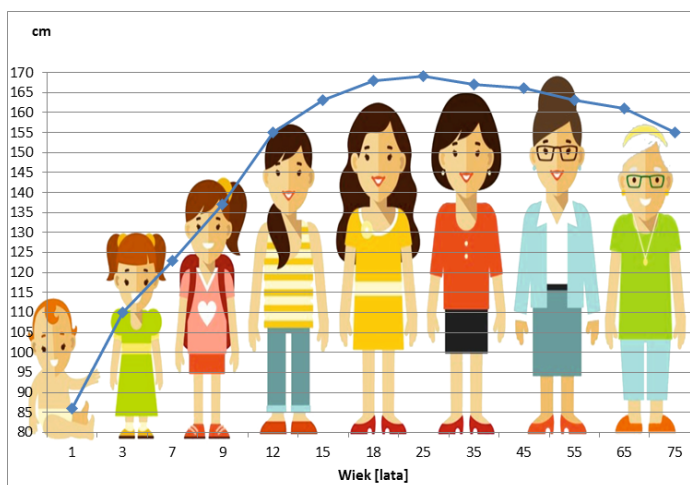


z osiągnięciem pełnej dojrzałości. Czas ten może być przerywany okresami wzmożonego rozwoju – ciążą i karmieniem, podczas których zachodzą w organizmie zmiany związane z nową sytuacją.

Okres starzenia się (inwolucyjny), charakteryzujący się przewagą procesów katabolicznych nad anabolicznymi, rozpoczyna się u kobiet w 40/50. roku życia, jest silnie zróżnicowany indywidualnie i uzależniony od stylu życia – diety, aktywności fizycznej, czynników stresogennych. Masa tak zwanych tkanek aktywnych (mięśniowych) maleje, co prowadzi do ograniczenia ruchomości i ruchliwości stawów, a w konsekwencji do spadku sprawności fizycznej. Zmniejsza się zdolność adaptacyjna, poznawcza i regeneracyjna organizmu (Osiński 2003b; Kowal i wsp. 2011; Wolański 2012).

Po 50. roku życia zaobserwować można zjawisko zmniejszania się wysokości ciała (ryc. 1). Zmiana ta, odnotowana przez Hughes i wsp. (2002) oraz Guo i wsp. (1999), jest dziesięciokrotnie większa u kobiet niż u mężczyzn (Hughes i wsp. 2002, Guo i wsp. 1999). Spowodowane jest to degeneracją układu kostno-stawowego, objawiającą się zmniejszeniem przestrzeni międzykręgowych i wewnątrzstawowych, które wynika z przyjmowania pozycji pionowej. W okresie tym zwiększa się napięcie mięśni zginaczy tułowia przy jednoczesnym zmniejszeniu napięcia i wydłużeniu mięśni prostowników tułowia. Wiąże się to z obniżeniem środka ciężkości ciała i zmianami równoważnymi, wpływającymi na jakość życia kobiety. Jednym z poważnych problemów wynikających ze zmian składu ciała pojawiających się w okresie 50.–60. roku życia jest osteoporoza – zmiany w obrębie masy kostnej (Osiński 2003a; Rossi i wsp. 2008; Chumlea i wsp. 2009; Church i wsp. 2011; Duda 2015; Fildes i wsp. 2015).

Proces starzenia się charakteryzuje się zmianami odwrotnymi do procesu wzrastania. W tej fazie można zaobserwować zmniejszanie się wysokości ciała

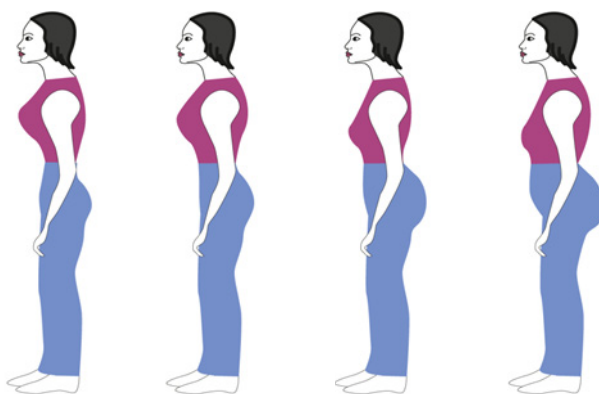


Rycina 1. Zmiany wysokości ciała kobiet w zależności od wieku (opracowanie własne)

z jednoczesnym ubytkiem masy mięśniowej (po 60. roku życia masa mięśniowa maleje o około 1,4 kg na 5 lat) przy nieznacznym wzroście masy ciała. Następuje wzrost wskaźnika BMI. Komponenta beztłuszczowa zmniejsza się w porównaniu z tłuszczową. Na podstawie badań stwierdzono przyrost tkanki tłuszczowej o 1,2% w przeciągu 5 lat. Zmienia się także dystrybucja tkanki tłuszczowej, która, bez względu na typ budowy, zaczyna nadmiernie gromadzić się w okolicy brzucha, co jest spowodowane stylem życia oraz zmniejszeniem napięcia mięśni brzucha. Obniża się środek ciężkości ciała, a sprawność fizyczna ulega zmianie (Kyle i wsp. 2001; Hughe i wsp. 2001; Hughes i wsp. 2002; Newman i wsp. 2005; Chwałczyńska i Górska-Kłęk 2008; Levine i wsp. 2008; Rossi i wsp. 2008; Chumlea i wsp. 2009; Lee i wsp. 2010; St-Onge i Gallagher 2010).

Koniec okresu starzenia się nie jest określony i w zależności od uwarunkowań genetycznych oraz stanu zdrowia i stylu życia można wyodrębnić w nim długowieczność z charakterystycznym okresem starczej wegetacji biologicznej po 70. roku życia.

Jak wspomniano, badacze zajmujący się okresem starczym w ontogenezie podkreślają zmiany wysokości ciała zachodzące z wiekiem. Jednocześnie większość autorów wskazuje na wzrost wskaźnika BMI przy jednoczesnym nieznacznym zmniejszeniu się masy ciała. Przykładem mogą być badania Guo i wsp. (1999), którzy na podstawie badań longitudinalnych zaobserwowali zmiany w masie i wysokości ciała oraz we wskaźniku BMI zachodzące w procesie ontogenezy (ryc. 2, tab. 1). W badanej grupie kobiet masa ciała obniżyła się nieznacznie (około 1 kg) w ciągu 20 lat, jednocześnie wskaźnik BMI podwyż-



Wiek [lata]	20	30	40	50
Masa ciała [kg]	57	61	66	70
Tkanka tłuszczowa [kg]	13	19	26	33
Tkanka mięśniowa [kg]	20	18	15	13

Rycina 2. Zmiany składników ciała kobiet w zależności od wieku (opracowanie własne)

Tabela 1. Klasyfikacja wskaźnika BMI według WHO  
(Szymocha i wsp. 2009; Przybylska i wsp. 2012, zmodyfikowana)

Klasyfikacja uproszczona	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Klasyfikacja rozszerzona
Niedowaga	> 16,0	wygłodzenie
	16,0–16,99	wychudzenie (np. anoreksja, choroba)
	17,0–18,49	niedowaga
Wartość prawidłowa	18,5–24,99	wartość prawidłowa
Nadwaga	25,0–29,99	nadwaga
	30,0–34,99	I stopień otyłości
	35,0–39,99	II stopień otyłości (otyłość kliniczna)
	≥ 40,0	III stopień otyłości (otyłość skrajna)

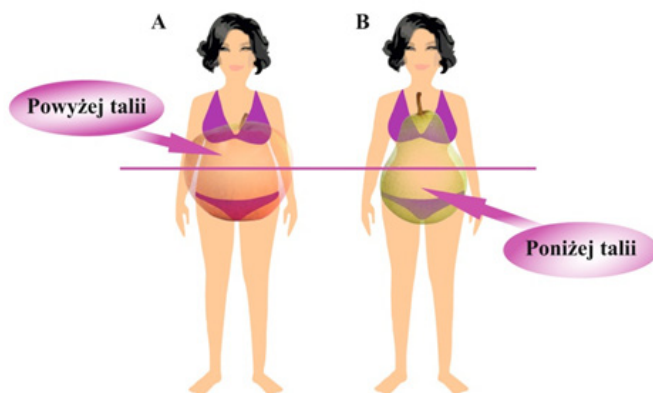
szył się o 0,5 kg/m<sup>2</sup>, a procentowa ilość tkanki tłuszczowej o 3% (Guo i wsp. 1999). Świadczy to o zmianie struktury wewnętrznej i proporcji komponent tłuszczowo-beztłuszczowych (Forbes 1999; Hughes i wsp. 2002; Duda 2015; Fildes i wsp. 2015).

### 1.3. MASA CIAŁA I METODY JEJ OZNACZANIA

Masa ciała jest pojęciem fizycznym, jednym z elementów codziennego funkcjonowania człowieka. Samo określenie masy – zważenie człowieka – nie daje obrazu jego ciała. Dopiero wzajemne proporcje komponent masy ciała pozwalają na ocenę prawidłowości i nieprawidłowości.

Określając masę ciała, należy wyodrębnić niedobory masy ciała (wyniszczenie organizmu, niedożywienie), normatywną masę ciała oraz nadmierną masę ciała (nadwaga, otyłość). Każda forma nieprawidłowości masy ciała stanowi zagrożenie dla prawidłowego rozwoju organizmu. Niedobór masy ciała w wieku pokwitaniowym może opóźnić wystąpienie miesiączki, spowodować zaburzenia hormonalne czy doprowadzić do obniżenia samooceny. Niedowaga w wieku dorosłym może spowodować niepłodność, przyspieszenie procesu starzenia się oraz zaburzenia hormonalne wynikające z braku np. tkanki tłuszczowej. Niedobór masy ciała często związany jest z niską masą tkanki beztłuszczowej przy prawidłowym odsetku tkanki tłuszczowej w organizmie. Niska masa beztłuszczowa może powodować zaburzenia układu kostno-stawowego oraz mięśniowego, które prowadzą do obniżonej aktywności fizycznej i zmniejszenia łaknienia (Reilly 2003; Serpil i wsp. 2004; Janssen i wsp. 2005; Goulart i Rexrode 2007; Gawlik i wsp. 2009; Chwałczyńska i Bembenek 2010; Beyerlein i wsp. 2011).

Zbyt wysoka masa ciała w każdym wieku negatywnie wpływa na podejmowanie aktywności fizycznej, co wiąże się z obniżeniem zapotrzebowania kalorycznego, a przy braku zbilansowanej diety powoduje nadmierne dostarczanie



Rycina 3. Typy budowy ciała według wskazań antropometrycznych:  
A – typ androidalny, B – typ gynoidalny (opracowanie własne)

produktów energetycznych w porównaniu z zapotrzebowaniem na nie. Proces ten – dodatni bilans energetyczny – jeśli przedłuża się w czasie, doprowadza do nadwagi, a wraz z jego utrwaleniem – do otyłości (Harrell i wsp. 2006; Cash i wsp. 2012; Park i wsp. 2014). Nadmierna masa ciała jest największym z problemów zdrowotnych mających swoje podłoże w masie ciała. Scharakteryzowana została klinicznie w zależności od przyczyn jej powstania na otyłość prostą, spowodowaną dodatnim bilansem energetycznym, oraz wtórną, występującą jako powikłanie innych zespołów chorobowych lub farmakoterapii. W zależności od dystrybucji tkanki tłuszczowej nadmierna masa ciała dzielona jest na typ brzuszny (androidalny), określane powszechnie jako „jabłko”, oraz typ pośladkowo-udowy (gynoidalny) – „gruszka” (ryc. 3). Typ androidalny charakteryzuje się nagromadzeniem tkanki tłuszczowej w okolicy zaotrzewnowej, a w przypadku typu gynoidalnego tkanka tłuszczowa magazynowana jest w okolicy pośladków i ud. Do określenia typu androidalnego (u kobiet  $WHR > 0,8$ ) i gynoidalnego ( $WHR < 0,8$ ) wykorzystywany jest stosunek obwodów pasa do bioder – wskaźnik WHR (ang. *waist-hip ratio*) (Szatkowska i Bodalski 2003; Harrell i wsp. 2006; Nawarycz i Ostrowska-Nawarycz 2007; Sweeting 2007; Beyerlein i wsp. 2011; Langdon i wsp. 2011; Lin i Lam 2011; Przybylska i wsp. 2012).

Pomiar masy ciała jako podstawowego elementu rozwoju ontogenetycznego jest pierwszym z pomiarów wykonywanych w życiu każdego człowieka. Na podstawie jej wartości określany jest stopień dojrzałości życiowej noworodka. Na podstawie cech charakterystycznych dla danego etapu rozwojowego i budowy oraz zewnętrznych proporcji ciała ustala się typ budowy ciała danego osobnika i klasyfikuje go według przyjętych standardów do określonego somatotypu. Najczęściej stosowaną metodą jest typologia według Sheldona zmodyfikowana przez Heath i Cartera (Heath i Carter 1967). Oparta na teorii komponentów ciała człowieka (endomorfia – otluszczenie ciała, mezomorfia – umięśnienie i masyw-



ciała, wprowadza dużą różnorodność w opisie i charakterystyce grupy, dlatego metoda ta najlepiej sprawdza się do monitorowania zmian zachodzących u jednostki.

Najczęściej do oceny masy ciała stosuje się metody oparte na pomiarach wysokości i masy ciała. Wykorzystuje się je w różnych kombinacjach. Najprostszym narzędziem określającym należną masę ciała jest wzór Broca (dla kobiet  $NMC = \text{wysokość ciała [cm]} - 110$ ) z późniejszą poprawką Brugsha, uwzględniającą różne odjemne w zależności od wysokości ciała (Szymocha i wsp. 2009). Podobne instrumenty opracowali Lorentz ( $\text{♀}NMC = \text{wysokość ciała [cm]} - 100 - [(\text{wysokość ciała} - 150)/2]$ ), Tatoń ( $NMC [\text{kg}] = H [\text{cm}] - [100 + (H [\text{cm}] - 100)/10]$ ) oraz wielu innych badaczy (Schlegel-Zawadzka 2015). Prostota wzoru Broca powodowała jednak znaczne niedoszacowanie.

Jedną ze starszych metod, nadal najczęściej wykorzystywanych, jest wskaźnik Queteleta II, przemianowany w drugiej połowie XX wieku na Body Mass Index (BMI). Wskaźnik ten oparty jest na stosunku masy ciała w kilogramach do kwadratu wysokości ciała w metrach. Na jego podstawie klasyfikuje się nieprawidłowości masy ciała. Wykorzystując badania populacyjne, WHO opracowało przedziały normatywne dla wartości wskaźnika BMI uzależnione od płci. Wskaźnik BMI pozwala na określenie nieprawidłowości masy ciała według klasyfikacji uproszczonych (do celów przesiewowych) oraz klasyfikacji rozszerzonych (do celów naukowych, leczniczych, profilaktycznych, prozdrowotnych) (Bolanowski i wsp. 2005; Januszewski i Mleczko 2006; Kułaga i wsp. 2010, 2011; Kowal i wsp. 2016). Klasyfikację wskaźnika BMI przygotowaną przez WHO przedstawiono w tabeli 1 (s. 16). Dotyczy ona osób po 18. roku życia, czyli nie jest związana z rozwojem ontogenetycznym, tylko przyjmuje sztuczną granicę dojrzałości osobniczej (18 lat).

Rodzajem połączenia typologii Sheldona i wskaźnika BMI jest wskaźnik Rohrera. Określa on typ budowy ciała leptosomiczny ( $WR < 1,23$ ), atletyczny ( $1,23 < WR < 1,43$ ) i pykniczny ( $WR > 1,44$ ) na podstawie pomnożonego razy sto ilorazu masy ciała w gramach i wysokości ciała w centymetrach do trzeciej potęgi (Strouhal i Reisenauer 1963; Lundman 1967; Malinowski 1997). Klasyfikacja dostosowana została do płci badanego. Wskaźnik Rohrera można by uznać za modyfikację typologii Sheldona, jednak jest on mniej skomplikowany, a co za tym idzie – mniej dokładny. Jego zastosowanie (podobnie jak somatotypów Sheldona) ogranicza się do badań antropologicznych i nie jest on wykorzystywany na szeroką skalę do oceny nieprawidłowości masy ciała (Malinowski i Bożyłow 1997; Reilly 2003; Serpil i wsp. 2004; Bryl i wsp. 2005; Janssen i wsp. 2005; Corvera i wsp. 2006; Plewa i Markiewicz 2006; Goulart i Rexrode 2007). Podobnie opracowany współczynnik smukłości (WS), obliczany z ilorazu wysokości ciała [cm] i pierwiastka trzeciego stopnia z masy ciała [kg], określa typ budowy, klasyfikując badanych zgodnie z płcią na budowę: tęgą ( $WS < 40,7$ ),



średnią ( $40,7 < WS < 44,2$ ) i smukłą ( $WS > 44,3$ ). Jednak metody oparte na pomiarach masy i wysokości ciała mogą być stosowane raczej jako element wstępnych badań, ponieważ uzależnienie wartości wskaźnika klasyfikującego nieprawidłowości ciała od wysokości ciała powoduje jego niestabilność związaną ze zmianami wysokości ciała nawet w ciągu jednego dnia, co narzuca konieczność wykonywania pomiarów w godzinach porannych, po wypoczynku.

Wskaźniki: BMI (wagowo-wzrostowy), smukłości i Rohrera, oparte na pomiarach masy i wysokości ciała, nie uwzględniają w swoich klasyfikacjach wieku badanego. Błędne jest nie tylko założenie granicy dojrzałości osobniczej, ale także późniejszy brak różnicowania dorosłego człowieka. Klasyfikacja WHO nie uwzględnia zmian ontogenetycznych zachodzących w organizmie człowieka.

Założenie sztywnych granic dla wskaźnika BMI, bez względu na wiek, powoduje zakłamanie klasyfikacyjne, szczególnie w obszarze ilościowym w odniesieniu do osób po 40./50. roku życia. Związane jest to z fizjologicznym zmniejszaniem się przestrzeni międzykręgowych oraz wewnątrzstawowych, zachodzącym w procesie starzenia się. Klasyfikacja WHO nie uwzględnia także różnic międzyrasowych, międzypopulacyjnych ani międzypokoleniowych (WHO 1995, 2000a, b, 2004, 2015; James i wsp. 2002). Dlatego w wieku, kiedy procesy starzenia się powodują zmniejszanie się wysokości ciała, stosowane dotychczas wskaźniki nie dają adekwatnych wyników, ponieważ określając budowę, nie uwzględniają proporcjonalności ciała ani zmian w postawie.

Aby wskaźniki mogły być precyzyjnym narzędziem porównawczym, grupa badana powinna być jak najbardziej jednolita pod względem wieku, co pozwoli zminimalizować wpływ procesu starzenia się na uzyskane wyniki. W przypadku typologii Sheldona posługujemy się wieloma pomiarami, a końcowa klasyfikacja oparta jest na punktacji uzyskanej z poszczególnych prób, zaś wskaźniki Rohrera czy smukłości oparte są jedynie na dwóch wartościach i dodatkowo ograniczają się do wyodrębnienia trzech typów budowy (Januszewicz i Mleczek 2006; Tatarczuk i wsp. 2008).

Dostrzegając niedoskonałości wskaźnika BMI oraz dostępnych typologii, zaczęto poszukiwać narzędzi do oceny nieprawidłowości masy ciała. Cole (1979), opracowując współczynnik RBMI, oparł się na standaryzowanych wynikach wskaźnika BMI dla 50. centyla. W podobny sposób Krzyżaniak i wsp. (2000), opisując problem nadwagi i otyłości dzieci poznańskich, określali nieprawidłowości masy ciała na podstawie średniego wskaźnika BMI dla danej populacji. Klasyfikacja McLarena stosowana do współczynnika Cole'a określała stopień odżywienia organizmu, wyodrębniając wyniszczenie organizmu ( $RBMI < 75\%$ ), niedożywienie ( $75\% < RBMI < 89\%$ ), normę ( $90\% < RBMI < 109\%$ ), nadwagę ( $110\% < RBMI < 119\%$ ) i otyłość ( $RBMI > 120\%$ ). Może być ona stosowana jedynie w przypadku dzieci, podobnie jak narzędzie zaproponowane przez Krzyżaniaka, według którego otyłość to  $BMI > \text{średnie BMI} + 2 * \text{średnie odchy}$

lenie dla danej populacji (Cole 1979; Krzyżaniak i wsp. 2000; Mikoś i wsp. 2010; Malczyk 2016). Bazujące na wartościach centylowych, oba wskaźniki nie znajdują zastosowania dla osobników dorosłych. Narzędzie zaproponowane przez Krzyżaniaka mogłoby być wykorzystane w odniesieniu do osób powyżej 18. roku życia, czyli grupy, dla której nie opracowano siatek centylowych, wymagałoby to jednak przeprowadzenia pomiarów populacyjnych w celu określenia średnich wartości wskaźnika BMI.

Jednocześnie może to być dobre narzędzie do oceny populacyjnej grup etnicznych oraz szacowania występowania nieprawidłowości masy ciała dla danej grupy.

Dotychczas przedstawione narzędzia oceny masy ciała, oparte na stosunku masy do wysokości, bazowały na wysokiej korelacji wskaźnika wagowo-wzrostowego z tkanką tłuszczową (Mikoś i wsp. 2010). Obecny poziom wiedzy pozwala zauważyć istotność komponent składu ciała wchodzących w skład ogólnej masy ciała. Poszukując alternatywy dla wartości masy ciała stosowanej do określenia nieprawidłowości masy ciała, Bergman i wsp. (2011) zaproponowali wskaźnik BAI (ang. *Body Adiposity Index*), obliczany na podstawie stosunku obwodu bioder do wysokości ciała, który pozwala oszacować proporcje ciała z określeniem masy tkanki tłuszczowej. Do oznaczenia wskaźnika BAI oraz opracowania kalkulatora twórcy posłużyli się wynikami badań populacji dorosłych Amerykanów pochodzenia meksykańskiego, więc wskaźnik BAI wymaga opracowania standardów dla innych grup etnicznych. Zaproponowany podział nieprawidłowości masy ciała uwzględniał wiek kobiet, przy podziale na grupy 20–39 lat, 40–59 lat oraz 60–79 lat, bez podania dla kobiet starszych wartości granicznych (Bergman i wsp. 2011; Przybylska i wsp. 2012).

Obecnie do oceny masy ciała stosowane są metody bazujące na analizie komponent masy ciała. Najstarsza oparta została na pomiarach antropometrycznych uwzględniających grubość fałdu skórno-łokowego wraz z tkanką podskórną. Do oceny nieprawidłowości masy ciała brane są pod uwagę fałdy tylnej powierzchni prawego ramienia w połowie odległości między barkiem a łokciem i nad grzebieniem biodrowym w linii pachowej środkowej (Przybylska i wsp. 2012). Uwzględniając różnice w budowie ciała (cechy charakterystyczne dla danej płci), opracowano algorytm Slaughter (wzór Slaughter–Lohmana–Boileau) do szacowania otłuszczenia ciała i zawartości ciała szczupłego. Jest on oparty na pomiarach fałdu skórno-tłuszczowego na ramieniu (FR), fałdu skórno-tłuszczowego na łopatkę (FŁ), fałdu skórno-tłuszczowego podkolanowego (FP). Algorytm Slaughter opracowany został odrębnie dla kobiet ( $\%Tłuszczu = 1,33 [FR + FŁ] - 0,013 [FR + FŁ]^2 - 2,5$ ) i mężczyzn oraz dla dziewczynek ( $\%Tłuszczu = 0,610 [FR + FP] + 5,1$ ) i chłopców (Slaughter i wsp. 1988; Stachoń i wsp. 2013). Metoda szacowania otłuszczenia na podstawie fałdów skórno-tłuszczowych nie może być stosowana w wieku starszym. Spowodowane jest to zróżnicowaną dystrybucją tkanki tłuszczowej, która wraz z wiekiem gromadzi się w okolicach



brzusznych – zjawisko to nie zostało dostatecznie uwzględnione w algorytmie Slaughter (Deurenberg i wsp. 1989; Jakubowska-Pietkiewicz i wsp. 2009). Podobnie w przypadku osób z budową androidalną wskaźnik fałdów tłuszczowych nie odzwierciedla prawidłowej budowy ciała.

Dokładniejszą metodą oceny składu ciała jest metoda BIA (ang. *Bioelectrical Impedance Analysis*), oparta na bioimpedancji elektrycznej. Tkanki ciała człowieka w zależności od swojego uwodnienia stawiają różny opór (mają różną oporność) dla przewodnictwa elektrycznego. Tkanki silnie uwodnione, takie jak tkanka beztłuszczowa, posiadająca w swoim składzie ponad 70% wody, charakteryzują się większym przewodnictwem bioelektrycznym w stosunku do tkanek tłuszczowych, słabo uwodnionych (Beddoe i Hill 1985; Hinghofferr-Szalkay 1998; Bolanowski i wsp. 2005; Szczawińska i wsp. 2006; Lewitt i wsp. 2007; Socha i wsp. 2010). Metoda BIA jest stosunkowo prosta, tania i dość powszechnie stosowana. Przez wielu autorów porównywana jest do metod wyskopspecjalistycznych podwójnej absorpcjometrii DXA (ang. *dual-energy X-ray absorptiometry*) (Eisenkölbl i wsp. 2001). Wyniki stosowania obu metod są zbliżone, choć w przypadku BIA odnotowano pewne niedoszacowanie, szczególnie w badaniach dzieci (Eiseukolbl i wsp. 2001; Rodriguez i wsp. 2008; Socha i wsp. 2008a, b; Jakubowska-Pietkiewicz i wsp. 2009).

Najbardziej wskazaną, a przez niektórych badaczy określaną jako wzorcowa, jest metoda podwójnej absorpcjometrii DXA, oparta na promieniowaniu rentgenowskim. W wyniku analizy ciała dwoma niskimi dawkami promieniowania rentgenowskiego otrzymujemy dane dotyczące masy tkanki tłuszczowej trzewnej, rozmieszczenia tłuszczu w organizmie (tłuszcz podskórny, wewnątrztrzewnowy), gęstości mineralnej kości (masy kości – ang. *bone mineral density*, BMD) (Coin 2009). Analiza składu ciała z wykorzystaniem DXA jest precyzyjna, jednak nie jest powszechnie stosowana z powodu małej dostępności i dużych kosztów zakupu wyskopspecjalistycznego sprzętu (Liu i wsp. 2005; Helba i Binkovitz 2009; Jakubowska-Pietkiewicz i wsp. 2009; Kuen-Chang i wsp. 2011; Leahy i wsp. 2012). Eisenkölbl i wsp. (2001), porównując badanie składu ciała BIA i DXA u dzieci w wieku 6–18 lat, wykazują różnice w wynikach uzyskanych poszczególnymi metodami. Podkreślają jednocześnie, iż metoda BIA może być stosowana w celach przesiewowych, zaś do pełnej diagnostyki zmian chorobowych wykorzystywana powinna być metoda DXA.

Oprócz metod precyzyjnych (BIA, DXA) dostępne są także narzędzia szacunkowe, takie jak metoda fotooptyczna NIR (ang. *Near Infrared*), czyli spektrometrii w bliskiej podczerwieni, oparta na pochłanianiu i odbijaniu fal podczerwonych przy wykorzystaniu gęstości optycznej tkanek. Wykorzystując algorytm regresji wieloczynnikowej, określa się szacunkową ilość tkanki tłuszczowej na podstawie pomiarów miejscowych wykonanych na wysokości 1/2 mięśni ramienia kończyny dominującej (Sempolska i Stupnicki 2007; Socha i wsp. 2010).

Dążąc do bardziej precyzyjnej metody oceny masy ciała, oparto się na nowoczesnych narzędziach pozwalających szacować komponenty ciała człowieka. Skawińska i wsp. (2006) zwrócili uwagę na stosunek tkanki tłuszczowej do beztłuszczowej w ocenie nieprawidłowości masy ciała. Przy opracowywaniu wskaźnika MT (mięśniowo-tłuszczowego), pozwalającego określić różnice w proporcjach masy ciała, zaproponowali klasyfikację dla kobiet, wyodrębniając normatywną masę ciała (odpowiednio  $BMI < 25 \text{ kg/m}^2$ ) dla wskaźnika  $MT > 3$ , nadwagę ( $25 < BMI < 30$ ) dla  $MT$  większego od 2,3, a mniejszego od 4, otyłość I° dla  $MT$  między 1,8 a 2,3, otyłość II° przy  $MT$  większym od 1,5, a mniejszym od 1,8 oraz otyłość III° dla  $MT < 1,5$  (Szczawińska i wsp. 2006). Wskaźnik  $MT$ , jak wszystkie dotychczasowe skierowane do osób po 18. roku życia, nie uwzględnia wieku badanego i ma stałe wartości graniczne. Zgodnie z badaniami wskazującymi na zmiany tkanki tłuszczowej zachodzące z wiekiem (Forbes 1999; Guo i wsp. 1999; Hughe i wsp. 2002; Duda 2015; Fildes i wsp. 2015) należałoby wziąć pod uwagę kategorię wieku w opracowaniu klasyfikacji.

Wykorzystując nowoczesne narzędzia pomiarowe, doszacowano wskaźnik uzależniony od masy i wysokości ciała, z uwzględnieniem procentowej ilości tkanki tłuszczowej. Opracowany wskaźnik  $BMIFat$ , podobnie jak w dostępnych wcześniej narzędziach klasyfikacyjnych ( $BMI$  wg WHO), nie uwzględnia wieku badanego, a jedynie jego dane antropometryczne. Zastosowana klasyfikacja opiera się w dużej mierze na wskaźniku  $BMI$  i jest szacunkowa, wymaga dalszych badań w celu opracowania standardów (Mialich i wsp. 2011, 2014).

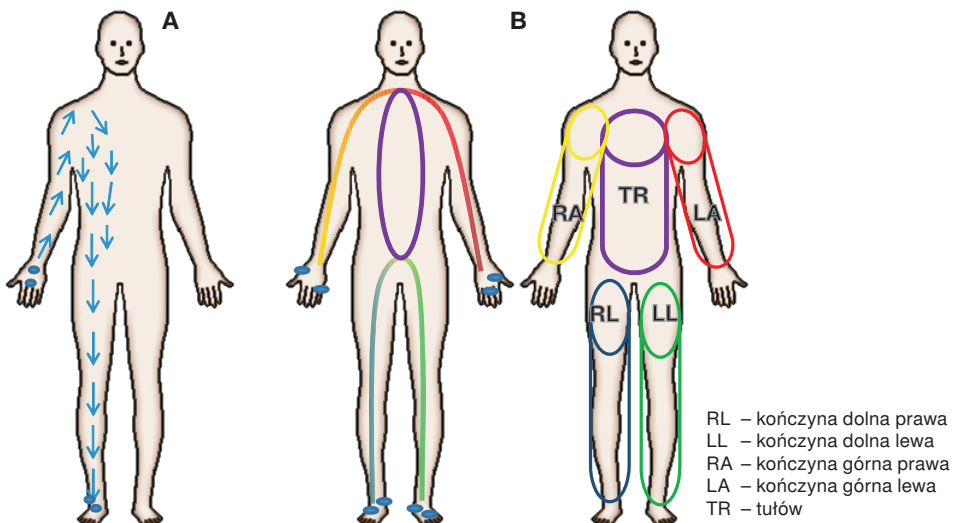
#### 1.4. SEGMENTOWY SKŁAD CIAŁA

Dla badań nad otyłością duże znaczenie ma nie tylko ilość, ale także rozmieszczenie nadmiernej ilości tkanki tłuszczowej (Tatoń i wsp. 2007). Do niedawna rozmieszczenie tkanki tłuszczowej określane było na podstawie pomiarów fałdów skórno-tłuszczowych. Pełny obraz rozmieszczenia komponenty tłuszczowej możliwy był także do określenia podczas wysokospecjalistycznych badań z wykorzystaniem DXA, tomografii komputerowej czy rezonansu magnetycznego. Jednak pierwsza grupa metod badawczych (pomiarów fałdów skórno-tłuszczowych), choć ogólnie dostępna, obarczona była małą powtarzalnością i zbyt mocno zależała od osoby badającej. Druga grupa metod – bardzo precyzyjna i powtarzalna – wiązała się z koniecznością napromieniowania organizmu, a z powodu zastosowanego sprzętu badawczego była stosunkowo droga i mało dostępna dla ogółu badanych do kontroli masy ciała. Dopiero wprowadzenie ogólnodostępnych ośmioelektrodowych urządzeń do oznaczania składu ciała metodą bioimpedancji pozwoliło na pełną analizę i ocenę dystrybucji tkanki tłuszczowej w organizmie.

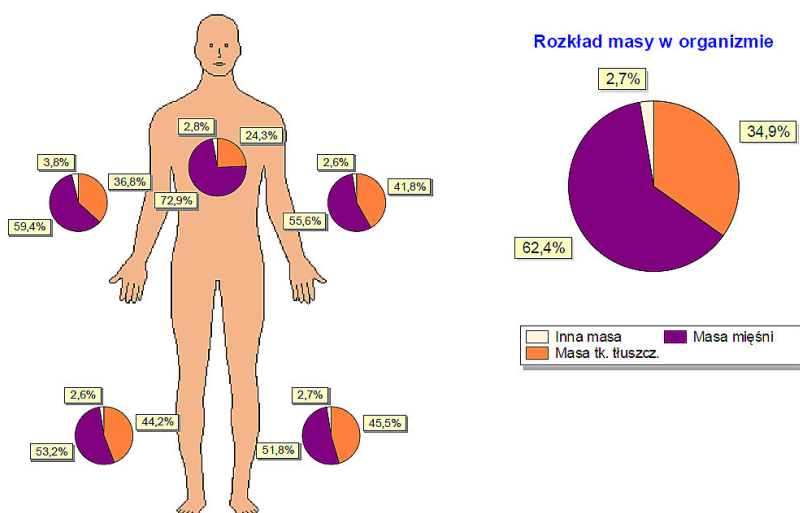
W badaniach składu ciała prowadzonych przez wielu specjalistów wykorzystywano oporność tkanek na prąd (metoda BIA). W celu oszacowania segmentowego składu ciała badacze posługiwali się algorytmem opartym na oporności tkanek, obwodach i długości poszczególnych segmentów ciała (Chumlea i wsp. 1988; Cha i wsp. 1997; Baumgartner i wsp. 1998; Ishiguro i wsp. 2006). Escó i wsp. (2015), porównując skuteczność zastosowania metody BIA i DXA do oceny segmentowego składu ciała, stwierdzili rozbieżność wyników obu metod w odniesieniu do wartości tkanki tłuszczowej obwodowej, natomiast wartości tkanki beztłuszczowej segmentowej oraz ogólnej nie różniły się od siebie pomimo zastosowania różnych metod pomiarowych (Escó i wsp. 2015).

Metoda bioimpedancji z wykorzystaniem ośmiu elektrod w analizatorze składu ciała pozwala na określenie ogólnego składu ciała z wyszczególnieniem jego komponent (tkanka tłuszczowa, tkanka beztłuszczowa – podzielona na przewidywaną masę mięśniową oraz masę kostną, woda zewnątrz- i wewnątrzkomórkowa) oraz segmentowego składu ciała dla kończyny dolnej prawej (RL), kończyny dolnej lewej (LL), kończyny górnej prawej (RA), kończyny górnej lewej (LA) oraz tułowia (TR) z wyszczególnieniem komponent tłuszczowo-beztłuszczowych (Ishiguro i wsp. 2006; Chwałczyńska i wsp. 2013, 2017a, b) (ryc. 5).

Segmentowy analizator składu ciała bazuje na podziale ciała człowieka na pięć „cylindrów” z pominięciem głowy (ryc. 5) (Batra i Kapoor 2015). Umieszczenie elektrod po obu stronach ciała pozwala na zamknięcie obwodu wewnątrz ciała człowieka z jednoczesnym możliwym podziałem ciała badanego na segmenty. Taki podział pozwala na ocenę zmian zachodzących w poszcze-



Rycina 5. Metoda bioimpedancji elektrycznej: A – ogólna (czteroelektrodowa), B – segmentowa (ośmioelektrodowa) (opracowanie własne)



Rycina 6. Przykładowy segmentowy rozkład tkanki tłuszczowej i beztłuszczowej u osoby z otyłością (opracowanie własne na podstawie raportu MC-980, Formularz z programu GMON 3.1.5)

gólnych segmentach ciała w procesie ontogenezy (ryc. 5 i 6). Ośmioelektrodowy analizator składu ciała umożliwia kontrolę programów redukcji masy ciała pod wpływem zwiększonej aktywności fizycznej czy zastosowanej diety. Może zostać wykorzystany do oceny zmian zachodzących pod wpływem programów fizjoterapeutycznych w procesie reedukacji mięśniowej. Dzięki swoim możliwościom powinien stać się podstawowym wyposażeniem gabinetów fizjoterapeutycznych, jako narzędzie biomonitoringu składu ciała.

Aby można było dokonywać oceny, uzyskane wyniki należy jednak porównać z wartościami normatywnymi, które nie zostały opracowane dla poszczególnych segmentów ciała. Obecnie ocena polega na porównaniu wartości obliczonych przed przeprowadzeniem programu profilaktyczno-terapeutycznego i po jego zakończeniu (Chwałczyńska i Górską-Kłęk 2008; Lee i wsp. 2010; Chwałczyńska i Forys 2012; Janiszewska i wsp. 2015; Zarzeczna-Baran i wsp. 2013; Yamauchi i wsp. 2015).

## 2. CEL PRACY

Głównym celem przeprowadzonych badań było opracowanie wskaźnika pozwalającego na ocenę masy ciała kobiet w zależności od wieku badanej, występowania nieprawidłowości masy ciała i możliwości określenia skuteczności zajęć z zakresu aktywności fizycznej w procesie terapeutycznym lub profilaktycznym zmierzającym do poprawy komponent składu ciała.

Do opracowania wskaźnika uwzględniającego zawartość masy tkanki tłuszczowej i masy tkanki beztłuszczowej niezbędna była ocena segmentowego składu ciała kobiet w zależności od wieku oraz wskaźnika BMI.

Postawiono następujące podstawowe pytania badawcze:

1. Jaki jest ogólny i segmentowy skład ciała kobiet w różnym wieku?
2. Czy segmentowy skład ciała można wykorzystać do oceny nieprawidłowości masy ciała (niedowaga, nadwaga, otyłość)?
3. Czy segmentowy skład ciała może być pomocny w ocenie skuteczności zajęć ukierunkowanych na poprawę sprawności i wydolności fizycznej kobiet?

Pozytywna odpowiedź na pytanie drugie prowadzi do postawienia kolejnych, szczegółowych pytań badawczych:

4. Czy opracowany wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy (ang. *Fat-Fat Free Index*) można wykorzystać do oceny występowania nieprawidłowości masy ciała kobiet?
5. Czy wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy może być stosowany jako element biomonitoringu do oceny efektywności zajęć profilaktyczno-terapeutycznych?

### 3. MATERIAŁ I METODY

#### 3.1. MATERIAŁ BADANY

W latach 2013–2016 przebadano 1191 osób płci żeńskiej w wieku 6,5–82 lata. Na badania uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym we Wrocławiu nr 487/2006 z dnia 2.11.2006 r. oraz Senackiej Komisji ds. Etyki Badań Naukowych przy Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z dnia 08.10.2015.

Warunkiem włączenia do badanej grupy było spełnienie następujących wymogów:

- płeć żeńska;
- wiek – nie niższy niż 6,5 roku;
- pisemna zgoda na badania, w przypadku badanych poniżej 18. roku życia – zgoda rodziców.

Kryteria wykluczenia z badanej grupy stanowiły:

- choroby metaboliczne (cukrzyca typu 1, cukrzyca typu 2 – insulinozależna, celiakia);
- czynna choroba nowotworowa;
- leczone specyficzne zaburzenia odżywiania;
- choroby układu naczyniowo-sercowego ze szczególnym uwzględnieniem wszczepionych stymulatorów pracy serca, arytmia;
- ciąża, okres karmienia piersią;
- epilepsja;
- wady postawy wymagające korekcji zewnętrznym sprzętem ortopedycznym, skróty kończyn, amputacje;
- niedowład kończyn dolnych – brak możliwości przyjęcia pozycji pionowej na analizatorze składu ciała;
- obecność w organizmie elementów metalowych, takich jak śruby, gwoździe, druty, zespolenia, płytki, protezy stawowe, wszczepione aparaty słuchowe;
- zastosowane na stałe zewnętrzne elementy metalowe, takie jak klamry przy paznokciach, stały aparat ortodontyczny;
- zaburzenia i choroby psychiczne;
- przeciwwskazania poświadczane zaświadczeniem lekarskim.

W celu oceny zmian składu ciała w procesie ontogenezy dokonano pierwotnego podziału badanych kobiet pod względem etapu rozwoju ontogenetycznego na:

- grupę G (ang. *girls*) – badane w wieku szkolnym – dziewczynki w wieku 6,513–9,789 roku (6,5–10 lat), u których nie stwierdzono zewnętrznych oznak rozpoczęcia okresu pokwitaniowego ( $n = 357$  osób);

- grupę N – badane w okresie pokwitania – dziewczynki w wieku 10–15 lat ( $n = 81$ );
- grupę F (ang. *female*) – badane, u których stwierdzono zakończenie okresu pokwitaniowego (dojrzałość płciowa – 5 stopień w skali Tannera) – kobiety w wieku 15+ lat ( $n = 753$ ).

Do grupy młodszej (G) zostały zakwalifikowane dziewczynki z jednej z wybranych losowo wrocławskich szkół podstawowych (szkoła w centrum Wrocławia, do której uczęszczają dzieci z rejonu – 70% wszystkich uczniów – i dzieci dojeżdżające spoza Wrocławia – 30%) oraz ze szkoły podstawowej w Lewinie Brzeskim w województwie opolskim (szkoła gminna, do której uczęszczały dzieci z danej miejscowości – 65% wszystkich uczniów – i okolicznych miejscowości – 35%). Przebadano uczennice klas I–III, które uzyskały zgodę rodziców na udział w badaniach składu ciała. Pisemna zgoda skierowana do rodziców zawierała informację o przebiegu badań, warunkach zakwalifikowania dziecka do pomiarów lub wykluczenia z nich, formularz, na którym rodzice wyrażali zgodę na przetwarzanie danych osobowych. Niezależnie od zgody rodziców każde dziecko miało prawo odmówić poddania się badaniom. W badaniach wzięło udział około 67% uczennic wybranych szkół.

Grupę N stanowiły dziewczynki w wieku 10–15 lat uczęszczające do jednej z wrocławskich szkół podstawowych (placówka, w której wykonywane były badania dzieci młodszych) oraz do gimnazjum w Chocianowie (szkoła gminna, do której uczęszczają dzieci mieszkające w gminie Chocianów, woj. dolnośląskie). Na podstawie badania oglądowego oraz wywiadu medycznego u badanych stwierdzono rozwój płciowy między drugim a czwartym stopniem w skali Tannera. Oceny rozwoju płciowego dokonywał lekarz po uzyskaniu zgody rodziców oraz badanej. Przeprowadzono wstępne analizy składu ciała dziewczynek, jednak wyniki uzależnione były od rozwoju płciowego i nie podlegały standaryzacji ani pod względem wieku, ani wskaźnika BMI. W wyniku tego w przedstawionej rozprawie pominięto tę grupę, gdyż wymaga ona zdecydowanie większej liczebności i precyzyjniejszego podziału w zależności od stopnia rozwoju płciowego.

Grupę kobiet (F) stanowiły mieszkanki Dolnego Śląska, głównie miasta Wrocławia. W badaniach wzięły udział uczennice szkoły ponadgimnazjalnej z Wrocławia, studentki wyższych uczelni wrocławskich studiujące na I i II stopniu, kobiety w wieku 55+ lat zgłaszające się do programu aktywizacji seniora „Zdrowe starzenie”\*, kobiety rozpoczynające turnusy sanatoryjno-rehabilita-

---

\*„Zdrowe starzenie” – specjalizacja dla studentów studiów uzupełniających magisterskich na Wydziale Fizjoterapii AWF we Wrocławiu; w programie uczestniczyli seniorzy, podstawą do rozpoczęcia programu była zgoda na biomonitoring aktywności fizycznej i badania związane z oceną stanu zdrowia seniora.



cyjne – aktywne zawodowo lub będące w wieku emerytalnym. Grupa kobiet aktywnych zawodowo składała się z pracownic kilku wrocławskich średnich przedsiębiorstw – dobór firm uzależniony był od wieku i poziomu wykształcenia pracowników oraz uzyskania zgody na przeprowadzenie badań. Grupa uzupełniona była przez osoby, które indywidualnie zgłosiły się do udziału w badaniach. Każda z badanych wyrażała indywidualnie pisemną zgodę na badania i była informowana o warunkach wykluczenia z pomiarów.

W celu oceny zmian w zależności od wieku poszczególne grupy podzielono na następujące podgrupy:

- grupę G1 ( $n = 163$ ) – dziewczynki w wieku 7 lat (6,513–7,497 roku);
- grupę G2 ( $n = 123$ ) – dziewczynki w wieku 8 lat (7,510–8,476 roku);
- grupę G3 ( $n = 71$ ) – dziewczynki w wieku 9 lat (8,521–9,789 roku);
- grupę F1 ( $n = 382$ ) – kobiety w wieku 15–24,9 roku, u których oceniono rozwój płciowy w skali Tannera na 5, uczące się lub studiujące; wśród badanych nie było kobiet, które wcześniej były w ciąży i rodziły dzieci (informacje z wywiadu);
- grupę F2 ( $n = 201$ ) – kobiety w wieku 25–54,9 roku, pracujące, posiadające własne rodziny, przed menopauzą; w wywiadzie kobiety zgłaszały od jednej do czterech ciąży i porodów;
- grupę F3 ( $n = 170$ ) – kobiety 55+ lat, po menopauzie, u których nie stwierdzono chorób przewlekłych, aktywne życiowo.

Zestawienie poszczególnych grup badanych przedstawiono w tabeli 2.

W celu przeprowadzenia pełnej oceny zmian zastosowano kolejno podział na podgrupy:

- według klasyfikacji BMI zgodnej z wytycznymi WHO, z zachowaniem podziału na niedowagę, normatywną masę ciała, nadwagę i otyłość (WHO 2000a, 2004), w przypadku dziewczynek zastosowano podział z uwzględnieniem siatek centylowych BMI opracowanych w ramach projektu OLAF 2007–2010 (Kułaga i wsp. 2010, 2011);
- według klasyfikacji wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku (niedowaga, normatywna masa ciała, nadwaga, otyłość) (klasyfikację wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku przedstawiono w tabeli 3, s. 34);

Tabela 2. Dane antropometryczne badanej grupy ( $\bar{x} \pm SD$ )

	Grupa G (7–10 lat) $n = 357$	Grupa F1 (15–25 lat) $n = 382$	Grupa F2 (25–55 lat) $n = 201$	Grupa F3 (55+ lat) $n = 170$
Wiek [lata]	7,74 $\pm$ 0,77	21,19 $\pm$ 2,18	37,08 $\pm$ 9,62	64,23 $\pm$ 6,79
Wysokość ciała [cm]	130,55 $\pm$ 9,22	165,03 $\pm$ 5,66	165,21 $\pm$ 7,04	158,93 $\pm$ 6,74
Masa ciała [kg]	28,60 $\pm$ 7,52	59,06 $\pm$ 9,44	67,56 $\pm$ 14,75	75,66 $\pm$ 13,71
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	16,56 $\pm$ 2,63	21,66 $\pm$ 3,17	24,69 $\pm$ 4,83	29,98 $\pm$ 5,36



- według procentowej ilości tkanki tłuszczowej u badanych (niski, prawidłowy, podwyższony oraz wysoki poziom tkanki tłuszczowej w zależności od wieku).

### 3.2. METODY BADAWCZE

U badanych oznaczono wysokość, masę oraz skład ciała. Wysokość ciała mierzono w płaszczyźnie frankfurckiej (oczno-usznej) antropometrem Harpender HOLTEIN Polska, z dokładnością do 1 mm. Pomiar wykonywany był dwukrotnie w celu kontrolnym. Do pomiaru badana stała gołymi stopami na twardym podłożu w wyznaczonym miejscu. Duża różnica długości kończyn, skutkująca niestabilnością postawy, czyli powodująca niemożność przyjęcia postawy wyprostowanej z jednoczesnym pełnym oparciem stóp na całej ich powierzchni o podłoże, powodowała wykluczenie z dalszych badań.

Masę oraz skład ciała oznaczano z wykorzystaniem ośmioelektrodowego analizatora składu ciała BC-418MA firmy Tanita produkcji japońskiej. Zastosowane narzędzie pomiarowe oparte jest na metodzie bioimpedancji elektrycznej. W dniu badania badane nie miały podwyższonej temperatury, nie zgłaszały złego samopoczucia, nie miały objawów chorobowych (katar, kaszel itp.). Do pomiaru przystępowały w lekkim stroju sportowym (koszulka typu T-shirt, krótkie spodenki, bielizna), bez obuwia, skarpetek ani biżuterii. W celu wykluczenia ciężaru stroju przed rozpoczęciem pomiaru analizator składu ciała BC-418MA był tarowany – w programie komputerowym zaznaczano wagę ubrań w przedziale od 200 do 500 g. Badane były wcześniej poinformowane o zasadach badania i w dniu pomiaru przed badaniem nie wykonywały nadmiernej, dodatkowej aktywności fizycznej, nie spożywały posiłków na 3 godziny przed pomiarem, a w dniu poprzedzającym go nie podejmowały intensywnego wysiłku ani nie piły alkoholu. Przed wykonaniem pomiaru na analizatorze były informowane o jego przebiegu. Elektrody do segmentowej analizy składu ciała umieszczone były na platformie poziomej – po dwie dla każdej stopy oraz w uchwytach odrębnie dla prawej i lewej kończyny górnej (po dwie dla każdej dłoni). Elektrody do pomiaru były każdorazowo dezynfekowane oraz osuszane, dłonie oraz stopy badanych były czyste i suche.

Analizator składu ciała podłączony był do komputera przenośnego z zainstalowanym programem analitycznym GMON 3.1.5 wykorzystywanym do oceny składu ciała. Informacjami niezbędnymi do przeprowadzenia analizy były: płeć, dokładna data urodzenia, wysokość ciała (oznaczona w dniu badania), masa odzieży (w której wykonywany był pomiar), dane na temat zawodowego uprawiania sportu.

Dzięki wykorzystaniu analizatora uzyskano następujące wartości:

- ogólny skład ciała z uwzględnieniem:
  - FatP – procentowa ilość tkanki tłuszczowej ogólnej [%],
  - FatM – masa tkanki tłuszczowej ogólnej [kg],
  - FFM – masa tkanki beztłuszczowej ogólnej [kg],
  - TBW – całkowita zawartość wody w organizmie [kg];
- segmentowy skład ciała:
  - kończyny górne:
    - RA FatP – procentowa ilość tkanki tłuszczowej kończyny górnej prawej [%],
    - RA FatM – masa tkanki tłuszczowej kończyny górnej prawej [kg],
    - RA FFM – masa tkanki beztłuszczowej kończyny górnej prawej [kg],
    - LA FatP – procentowa ilość tkanki tłuszczowej kończyny górnej lewej [%],
    - LA FatM – masa tkanki tłuszczowej kończyny górnej lewej [kg],
    - LA FFM – masa tkanki beztłuszczowej kończyny górnej lewej [kg];
  - kończyny dolne:
    - RL FatP – procentowa ilość tkanki tłuszczowej kończyny dolnej prawej [%],
    - RL FatM – masa tkanki tłuszczowej kończyny dolnej prawej [kg],
    - RL FFM – masa tkanki beztłuszczowej kończyny dolnej prawej [kg],
    - LL FatP – procentowa ilość tkanki tłuszczowej kończyny dolnej lewej [%],
    - LL FatM – masa tkanki tłuszczowej kończyny dolnej lewej [kg],
    - LL FFM – masa tkanki beztłuszczowej kończyny dolnej lewej [kg];
  - tułów:
    - TR FatP – procentowa ilość tkanki tłuszczowej tułowia [%],
    - TR FatM – masa tkanki tłuszczowej tułowia [kg],
    - TR FFM – masa tkanki beztłuszczowej tułowia [kg].

Na podstawie oznaczonych wartości wysokości i masy ciała obliczono wskaźnik wagowo-wzrostowy (BMI), korzystając ze wzoru:

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

Równanie 1. Wzór na wskaźnik wagowo-wzrostowy (BMI)

W celu określenia nieprawidłowości masy ciała na potrzeby przedstawionej pracy posłużono się wytycznymi WHO dla wskaźnika BMI, dzieląc badane kobiety po 18. roku życia na cztery grupy zgodnie z wartością wskaźnika wagowo-wzrostowego na niedowagę ( $\text{BMI} \leq 18,49 \text{ kg/m}^2$ ), normatywną masę ciała ( $18,5 \text{ kg/m}^2 \leq \text{BMI} \leq 24,99 \text{ kg/m}^2$ ), nadwagę ( $25 \text{ kg/m}^2 \leq \text{BMI} \leq 29,99 \text{ kg/m}^2$ ) oraz otyłość ( $\text{BMI} \geq 30 \text{ kg/m}^2$ ). Do grupy F (kobiet 15+ lat) zostały zakwalifikowane dziewczynki, u których na podstawie oceny cech zewnętrznych i wywiadu

stwierdzono zakończenie procesu pokwitania. Dziewczynki w wieku 15–18 lat kwalifikowane były do poszczególnych grup w zależności od wartości centylowej wskaźnika BMI. Dla grupy wiekowej 15–16 lat zastosowano podział na podgrupy w zależności od wartości centylowej wskaźnika BMI: niedowaga – wartość wskaźnika BMI poniżej 5. centyla ( $BMI \leq 17,49 \text{ kg/m}^2$ ), normatywna masa ciała – wartość wskaźnika BMI powyżej 5. i poniżej 85. centyla ( $17,5 \text{ kg/m}^2 \leq BMI \leq 23,79 \text{ kg/m}^2$ ), nadwaga – wartość BMI powyżej 85., a poniżej 95. centyla ( $23,80 \text{ kg/m}^2 \leq BMI \leq 27,59 \text{ kg/m}^2$ ) oraz otyłość – wartość BMI powyżej 95. centyla ( $BMI \geq 27,60 \text{ kg/m}^2$ ). Dla grupy wiekowej 17–18 lat zastosowano podział na podgrupy w zależności od wartości centylowej wskaźnika BMI: niedowaga – wartość wskaźnika BMI poniżej 5. centyla ( $BMI \leq 18,19 \text{ kg/m}^2$ ), normatywna masa ciała – wartość wskaźnika BMI powyżej 5. i poniżej 85. centyla ( $18,20 \text{ kg/m}^2 \leq BMI \leq 23,99 \text{ kg/m}^2$ ), nadwaga – wartość BMI powyżej 85., a poniżej 95. centyla ( $24,00 \text{ kg/m}^2 \leq BMI \leq 27,79 \text{ kg/m}^2$ ) oraz otyłość – wartość BMI powyżej 95. centyla ( $BMI \geq 27,80 \text{ kg/m}^2$ ).

Klasyfikacja nieprawidłowości masy ciała u dzieci i młodzieży do 18. roku życia oparta jest na siatkach centylowych dla wartości wskaźnika BMI. Zastosowanie siatek centylowych umożliwi ocenę zależności między wysokością i masą ciała oraz wiekiem.

Dokładność wyników klasyfikacji zależy od zastosowanych siatek centylowych. Obecnie stosowane są siatki opracowane przez WHO (ogólne, nieuwzględniające położenia geograficznego) oraz siatki populacyjne opracowane na podstawie populacji (np. siatki centylowe dzieci warszawskich Palczewskiej i Niedźwieckiej, 1999, siatki centylowe programu OLAF, 2010). Dobór siatek centylowych zależy od celu badania oraz wyboru badacza. Klasyfikację nieprawidłowości masy ciała określa się na podstawie centyla BMI (Bolanowski i wsp. 2005; Janssen i wsp. 2005; Kułaga i wsp. 2010, 2011; Kowal i wsp. 2016; Malczyk 2016):

- niedowaga –  $BMI < 5.$  centyla;
- normatywna masa ciała –  $5. \text{ centyla} \leq BMI < 85.$  centyla;
- nadwaga –  $85. \text{ centyla} \leq BMI < 95.$  centyla;
- otyłość –  $BMI \geq 95.$  centyla.

W przedstawionej pracy posłużono się siatkami centylowymi opracowanymi dla populacji dzieci polskich w ramach projektu OLAF\*. Opracowano normy

---

\* Projekt OLAF 2007-2010 był ukierunkowany na opracowanie norm ciśnienia tętniczego dzieci i młodzieży w wieku 6,5–18 lat, realizowany przez Zakład Zdrowia Publicznego Instytutu „Pomnik-Centrum Zdrowia Dziecka”. Prowadzony był w okresie między listopadem 2007 roku a listopadem 2009 roku, a sfinansowany ze środków Europejskiego Obszaru Gospodarczego i Norweskiego Mechanizmu Finansowego oraz Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Honorowy patronat nad jego realizacją sprawowało Ministerstwo Edukacji Narodowej.

masy i wysokości ciała oraz wskaźnika BMI w postaci siatek centylowych dla płci oraz wieku dzieci i młodzieży reprezentatywnych dla populacji polskiej. Rejonizacja wyników możliwa była dzięki zespołowi badawczemu, w którego skład weszli badacze z 10 regionalnych ośrodków (Białystok, Łódź, Lublin, Toruń, Bydgoszcz, Wrocław, Zabrze, Gdańsk, Kraków i Poznań). Dodatkowym celem projektu było opracowanie siatek centylowych dla grubości fałdów skórno-tłuszczowych (podłopatkowego, bocznego brzucha, tylnej powierzchni ramienia oraz ich sumy) i obwodów (talii i bioder). Oszacowano także odsetek osób z nadwagą i otyłością w populacji dzieci i młodzieży w Polsce i scharakteryzowano najczęstsze czynniki sprzyjające występowaniu tych zjawisk w środowisku szkolnym (Kułaga i wsp. 2010, 2011).

Wybór siatek centylowych opracowanych w wyniku ogólnopolskiego projektu OLAF 2007–2010 nie był przypadkowy (Kułaga i wsp. 2010; Kułaga i wsp. 2011). Jednym z warunków doboru narzędzi badawczych jest ich precyzyjność. Siatki OLAF opracowane zostały dla poszczególnych województw, w tym dolnośląskiego, skąd pochodzi większość badanych dzieci, oraz opolskiego. Są one także dostępne w postaci kalkulatora (programu komputerowego <http://olaf.czd.pl>), dzięki któremu, podając płeć dziecka, datę jego urodzenia, datę badania oraz wartości masy i wysokości ciała, otrzymujemy wynik BMI oraz wartość centylową BMI, masy i wysokości ciała.

Stosowana ogólnie klasyfikacja nieprawidłowości masy ciała (wg WHO) nie uwzględnia zmian zachodzących z wiekiem w strukturze układu kostno-stawowego (WHO, 2000–2015).

W procesie rozwoju ontogenetycznego zaobserwować można zmiany wysokości ciała. W okresie postnatalnym progresywnym (0–25 lat) zauważalny jest wzrost wysokości ciała, następnie w okresie dorosłym (25–50 lat) wysokość ciała podlega względnej stabilizacji, nie licząc zmian o podłożu chorobowym. Uwzględniając wiek badanych, wprowadzono podział wartości wskaźnika BMI – zastosowaną kwalifikację przedstawiono w tabeli 3.

Istotnym elementem masy ciała jest komponenta tłuszczowa. W celu określenia jej prawidłowości posłużono się klasyfikacją poziomu tkanki tłuszczowej z uwzględnieniem wieku i płci (tab. 4).

Modyfikując wskaźnik mięśniowo-tłuszczowy (MT) (Szczawińska i wsp. 2006), wyliczono wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy (FFF), mający posłużyć do pełniejszego określenia nieprawidłowości masy ciała z uwzględnieniem wieku badanych kobiet według następującego wzoru:

$$FFF = \frac{\text{masa tkanki tłuszczowej ogólnej [kg]}}{\text{masa tkanki beztłuszczowej ogólnej [kg]}}$$

Równanie 2. Wzór na wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy (FFF)

Tabela 3. Klasyfikacja BMI z uwzględnieniem wieku badanych kobiet na podstawie programu GMON 3.1.5, wykorzystywanego w analizatorze składu ciała BC-418 MA firmy Tanita (program GMON 3.1.5, zmodyfikowane)

	Wskaźnik BMI [kg/m <sup>2</sup> ]						
	Grupa F1		Grupa F2			Grupa F3	
	15-16 lat	17-18 lat	19-24 lat	25-34 lat	35-44 lat	45-54 lat	> 65 lat
Niedowaga	< 17,49	< 18,19	< 19,0	< 20,0	< 21,0	< 22,0	< 23,0
Normalnywa masa ciała	17,5-23,79	18,2-23,99	19,0-24,0	20,0-25,0	21,0-26,0	22,0-27,0	23,0-28,0
Nadwaga	23,8-27,59	24,0-27,79	24,0-30,0	25,0-30,5	26,0-31,0	27,0-31,5	28,0-32,0
Otyłość	>27,6	>27,8	> 30,0	> 30,5	> 31,0	> 31,5	> 32,0
							> 32,5

Tabela 4. Klasyfikacja ilości tkanki tłuszczowej z uwzględnieniem wieku badanych kobiet na podstawie programu GMON 3.1.5 (program GMON 3.1.5, zmodyfikowane)

	Poziom ogólnej tkanki tłuszczowej [%]				
	20-39 lat	40-59 lat	60-79 lat	80+ lat	
Niski	< 21	< 23	< 24	< 25	
Normalny	21-33	23-34	24-36	25-35	
Podwyższony	33-38,9	34-39,9	36-41,9	35-42,9	
Wysoki	≥ 39	≥ 40	≥ 42	≥ 43	

Korzystając ze wzoru i uzyskanych wyników segmentowych, obliczono segmentowe wskaźniki FFF niezbędne do szacowania zmian zachodzących pod wpływem programów terapeutyczno-profilaktycznych czy treningowych według wzoru:

$$FFF(N) = \frac{FatM(N)}{FFM(N)},$$

gdzie:

N – kolejność wskaźnika zgodna z segmentem ciała,

FatM (N) – segmentowa masa tkanki tłuszczowej [kg],

FFM (N) – segmentowa masa tkanki beztłuszczowej [kg],

FFF1 – segmentowy wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy dla kończyny dolnej prawej,

FFF2 – segmentowy wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy dla kończyny dolnej lewej,

FFF3 – segmentowy wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy dla kończyny górnej prawej,

FFF4 – segmentowy wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy dla kończyny górnej lewej,

FFF5 – segmentowy wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy dla tułowia.

Równanie 3. Wzór na segmentowy wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy

W celu precyzyjniejszej diagnostyki nieprawidłowości masy ciała opracowano siatki centylowe dla wskaźnika FFF. Tworząc je, posłużono się aparatem matematycznym opartym na analizie wielowartościowej, jakim jest algorytm Steinhausa. Jest on wykorzystywany w medycynie do komputerowego wspomaganie diagnozy lekarskiej, między innymi w ramach diagnozowania raka szyjki macicy (Karmowski 1987), w programie ułatwiającym dobór skutecznego leku psychotropowego w leczeniu schizofrenii i depresji (Horodyński 1975), w ocenie skuteczności leczenia nieżyty błony śluzowej (Cader 1987) i w wielu innych dziedzinach medycyny (Pilawski 1998).

Obliczenia z wykorzystaniem algorytmu Steinhausa wymagają opracowania schematu podziału badanego zbioru na podzbiory w układzie 4, 8, 16, 32 w zależności od dodawanych czynników dzielnych. W przedstawionych badaniach grupę podzielono na cztery podgrupy pod względem wieku: dziewczynki 7–9 lat (G), kobiety 15–24,9 roku (F1), kobiety 25–54,9 roku (F2) i kobiety 55+ lat (F3). Opracowując siatki centylowe, pominięto grupę pierwszą, dla której opracowane są już szczegółowe siatki centylowe uwzględniające masę i wysokość ciała oraz wskaźnik BMI, a także grubość fałdów skórno-tłuszczowych i obwodów ciała dla poszczególnych płci i wieku. Pozostałe grupy wiekowe (F1, F2, F3) podzielono pierwotnie według wartości wskaźnika BMI, przyjmując



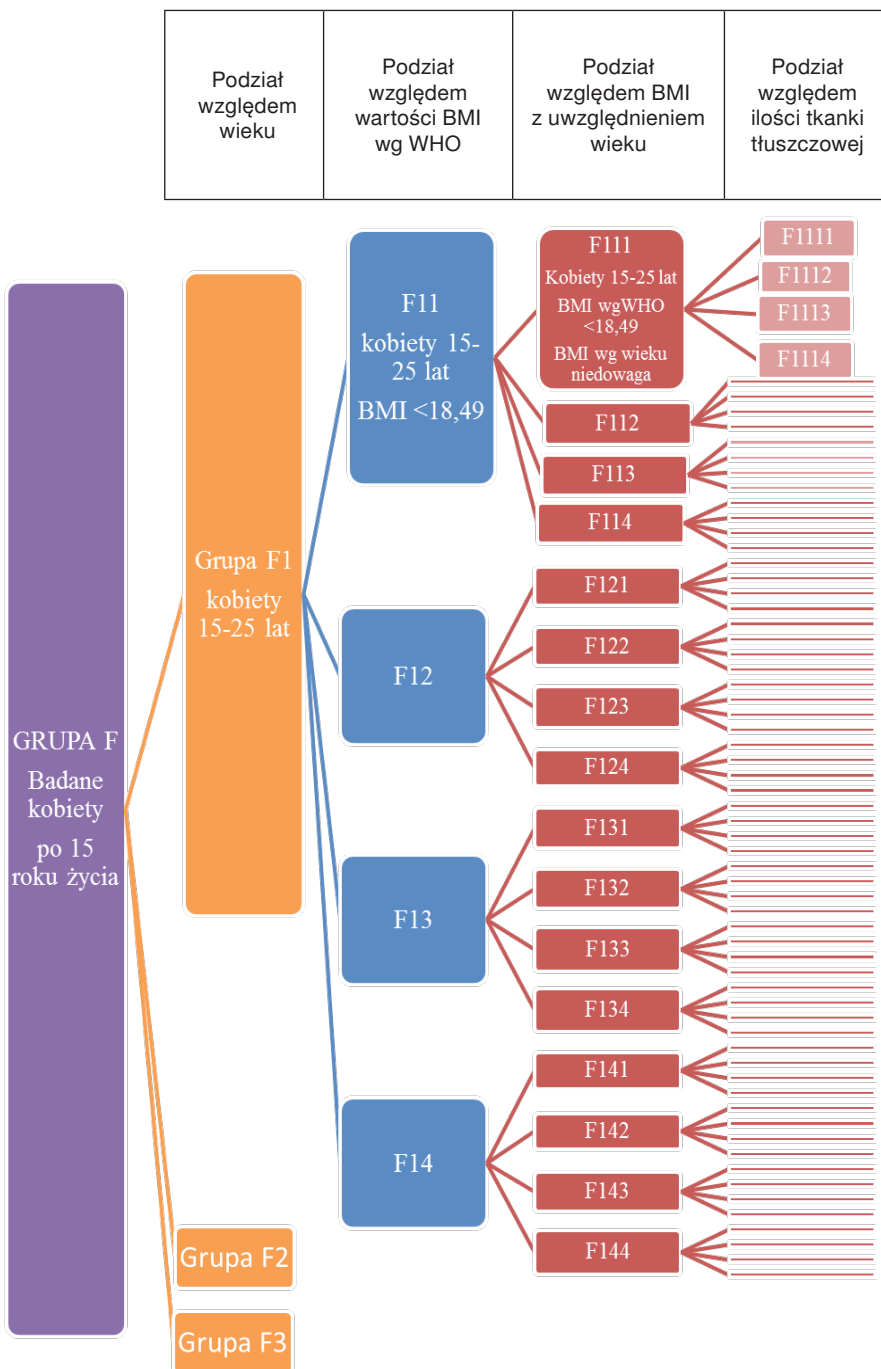
klasyfikację zgodnie ze standardami WHO (2000a, 2004) na niedowagę (1), normatywną masę ciała (2), nadwagę (3) i otyłość (4). W ten sposób stworzono 12 podgrup – F11, F12, F13, F14, F21, F22, F23, F24, F31, F32, F33, F34.

Podgrupy różniły się między sobą co najmniej jedną wartością klasyfikacyjną – wiekiem lub wartością BMI; przykładowo grupa F12 to kobiety w wieku 15–24,9 roku z normatywną masą ciała według WHO, zaś grupa F13 to kobiety w wieku 15–24,9 roku z nadwagą według WHO.

Grupy wiekowe podzielone na podgrupy względem wskaźnika BMI według WHO poddano weryfikacji za pomocą kolejnego czynnika – BMI dostosowanego do wieku – wprowadzając kolejne grupy: niedowagę według wieku (1), normatywną masę ciała według wieku (2), nadwagę według wieku (3), otyłość według wieku (4). W ten sposób badaną grupę podzielono na 48 podgrup różniących się między sobą co najmniej jedną cechą – wiekiem, wartością BMI lub BMI dostosowanego do wieku. W zapisie powyższe grupy nazwano: F111, F112, F113, F114, F121, F122, F123, F124, F131, F132, F133, F134, analogicznie dla grup F2 i F3. Przykładowo kobiety z grupy F122 są w wieku 15–24,9 lat, mają normatywną masę ciała według WHO oraz normatywną masę ciała określoną na podstawie wskaźnika BMI dostosowanego do wieku; grupa F123 to kobiety w wieku 15–24,9 roku, zakwalifikowane do grupy z normatywną masą ciała według norm WHO oraz grupy z nadwagą przy klasyfikacji wskaźnika BMI uwzględniającej wiek.

Do pełnego oszacowania masy ciała niezbędne jest oznaczenie jego składu, dlatego kolejnym czynnikiem warunkującym podział na grupy była procentowa ilość tkanki tłuszczowej. Każdą z podgrup (przykładowo F122 – wiek 15–24,9 roku i normatywna masa ciała według WHO oraz normatywna masa ciała według wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku) podzielono, ze względu na procentową ilość masy tkanki tłuszczowej ogólnej określonej w badaniu składu ciała, na grupy z obniżoną (1), normatywną (2), podwyższoną (3) oraz wysoką (4) masą tkanki tłuszczowej (przykładowo: F1223 – (1) – wiek 15–24,9 lat, (2) – normatywna masa ciała według WHO, (2) normatywna masa ciała według wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku, (3) – podwyższona procentowa ilość tkanki tłuszczowej). Siatki centylowe dla wartości FFF tworzone były z wykorzystaniem podziału na 192 podgrupy, jednocześnie niektóre ze skrajnych grup były puste, np. F1114, czyli kobiety w wieku 15–24,9 roku (1), niedowaga według WHO (1), niedowaga na podstawie wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku (1), wysoka masa tkanki tłuszczowej ogólnej wyrażona w procentach (4); F3441 – kobiety w wieku 55+ lat (3), otyłość według WHO (4), otyłość według wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku (4), obniżona masa tkanki tłuszczowej ogólnej wyrażona w procentach (1) (ryc. 7).

Wartości brzeżne oszacowano na podstawie wartości wskaźnika FFF skrajnych podgrup.



Rycina 7. Przykład zastosowania algorytmu Steinhausa dla grupy kobiet w wieku 15–25 lat



### 3.3. METODY STATYSTYCZNE

Opracowanie statystyczne zostało wykonane z wykorzystaniem pakietu Statistica 12 na licencji Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. Do opisu grupy posłużono się statystykami opisowymi – średnią ( $\bar{x}$ ) oraz odchyleniem standardowym ( $SD$ , ang. *standard deviation*) z próby. Do określenia różnic między grupami podstawowymi (porównanie między grupami G i F) użyto statystyk parametrycznych – testu  $t$ -Studenta dla grup niezależnych. Przy porównaniu wielogrupowym grup głównych (porównanie wewnątrz grup podstawowych G i F z uwzględnieniem klasyfikacji BMI, procentowej ilości tkanki tłuszczowej i wieku) zastosowano statystyki nieparametryczne dla porównań grupowych – test Kruskala–Wallisa.

Określając zależności między zmiennymi, przeprowadzono korelację porządku rang Spearmana. Przyjęto poziom istotności  $p < 0,05$ . W przypadku korelacji określono jej moc, przyjmując klasyfikację według Guilforda:  $|r| = 0$  – brak korelacji,  $0,0 < |r| \leq 0,1$  – korelacja nikła,  $0,1 < |r| \leq 0,3$  – korelacja słaba,  $0,3 < |r| \leq 0,5$  – korelacja przeciętna,  $0,5 < |r| \leq 0,7$  – korelacja wysoka,  $0,7 < |r| \leq 0,9$  – korelacja bardzo wysoka,  $0,9 < |r| < 1,0$  – korelacja niemal pełna,  $|r| = 1$  – korelacja pełna.

W celu graficznego przedstawienia zależności między wiekiem a tkanką tłuszczową w kilogramach, wiekiem a tkanką tłuszczową w procentach oraz wiekiem a tkanką beztłuszczową posłużono się wykresami rozrzutu z równaniami regresji.

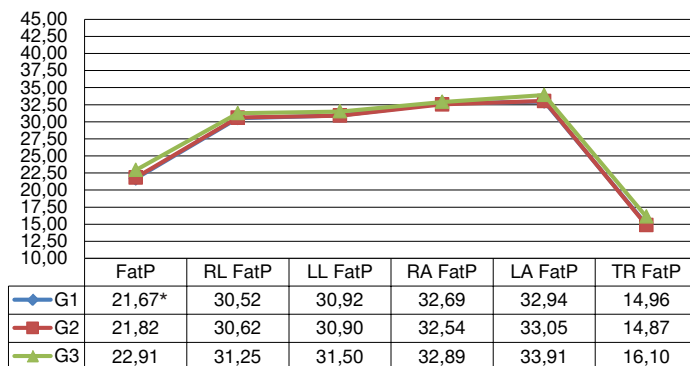
Do opracowania siatek centylowych dla wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) wykorzystano narzędzie matematyczne – algorytm Steinhausa (Piławski 1998).

## 4. WYNIKI

### 4.1. OGÓLNY I SEGMENTOWY SKŁAD CIAŁA BADANYCH W ZALEŻNOŚCI OD WIEKU

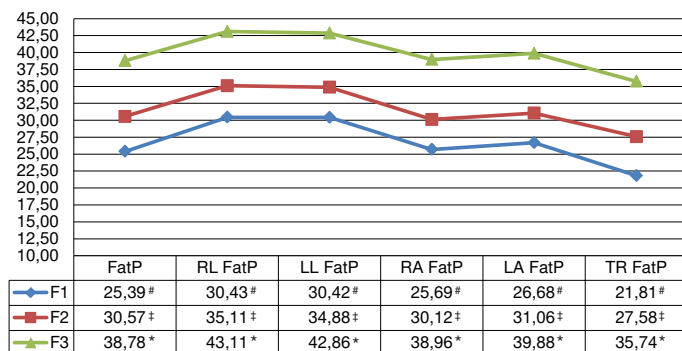
Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotne statystycznie różnice między komponentami składu ciała dziewczynek a komponentami składu ciała kobiet. Średnia wartość procentowej ilości tkanki tłuszczowej u dziewczynek wynosiła około 22%, zaś u kobiet około 32%. Wyniki przedstawiono na rycinach 8–9 i w tabeli 5.

Wraz z rozwojem ontogenetycznym po zakończeniu etapu pokwitania (15.–18. rok życia) zaobserwowano stały schemat dystrybucji tkanki tłuszczowej. Najwięcej gromadziło się jej w okolicy kończyn dolnych, najmniej zaś w obrębie tułowia. Ilość tkanki tłuszczowej ogólnej była mniejsza w stosunku do ilości



\* – różnice istotne statystycznie między G1 i G3

Rycina 8. Ogólna i segmentowa ilość tkanki tłuszczowej [%] badanych dziewczynek w zależności od wieku



# – różnice istotne statystycznie między F1 i F2, \* – różnice istotne statystycznie między F1 i F3, ‡ – różnice istotne statystycznie między F2 i F3

Rycina 9. Ogólna i segmentowa ilość tkanki tłuszczowej [%] badanych kobiet w zależności od wieku

Tabela 5. Istotność statystyczna różnic między procentową ilością tkanki tłuszczowej ogólnej i segmentowej w zależności od wieku badanych

	Grupa G (7–10 lat) <i>n</i> = 357			Grupa F (15+ lat) <i>n</i> = 753		
	G1 (7 lat) <i>n</i> = 163 <i>p</i>	G2 (8 lat) <i>n</i> = 123 <i>p</i>	G3 (9 lat) <i>n</i> = 71 <i>p</i>	F1 (15–25 lat) <i>n</i> = 382 <i>p</i>	F2 (25–55 lat) <i>n</i> = 201 <i>p</i>	F3 (55+ lat) <i>n</i> = 170 <i>p</i>
FatP a RL FatP	0,00	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FatP a LL FatP	0,00	0,00	0,00	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FatP a RA FatP	0,00	0,00	0,00	0,019	NS	NS
FatP a LA FatP	0,00	< 0,001	0,00	< 0,001	0,023	0,003
FatP a TR FatP	0,00	0,00	0,00	< 0,001	< 0,001	< 0,001

NS – nieistotne statystycznie

tkanki tłuszczowej obwodowej. W badanej grupie kobiet stwierdzono istotne statystycznie różnice pod względem procentowej ilości tkanki tłuszczowej (ryc. 9), zaś w grupie dziewczynek nieznaczna, istotna statystycznie różnica dotyczyła badanych najmłodszych (6,513–7,497 roku) i w wieku 8,521–9,789 roku (ryc. 8). Zaobserwowano różnice w ilości tkanki tłuszczowej w poszczególnych segmentach w stosunku do ogólnej wartości (tab. 5). Zmiany te były istotne statystycznie we wszystkich badanych grupach pomiędzy wszystkimi segmentami ciała, z wyjątkiem kobiet po 25. roku życia w relacji ilość tkanki tłuszczowej w kończynie górnej prawej – ilość tkanki tłuszczowej ogólnej ( $p = 0,593413$ ).

Masa tkanki beztłuszczowej mierzonej w kilogramach w grupie dziewczynek przyrastała wraz ze wzrostem wysokości ciała. W grupie kobiet wartość komponenty beztłuszczowej pozostawała na podobnym poziomie i wynosiła około 45 kg (tab. 6).

Różnice komponent wyrażone w kilogramach różniły się istotnie statystycznie w obu grupach. Wyjątek stanowił brak istotnych statystycznie różnic pod względem ilości beztłuszczowej masy ciała w przypadku grupy średniowiekowej (29–55 lat) oraz najstarszej.

Porównując skład ciała kończyn dolnych, zauważono brak istotnych statystycznie różnic w wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej w grupie dziewczynek. Różnice istotne statystycznie występowały między procentową ilością tkanki tłuszczowej u kobiet. Wraz z rozwojem ontogenetycznym zanikała istotna

Tabela 6. Ogólny skład ciała w zależności od wieku badanych

	G1 (7 lat) <i>n</i> = 163	G2 (8 lat) <i>n</i> = 123	G3 (9 lat) <i>n</i> = 71	G1 a G2 <i>p</i>	G1 a G3 <i>p</i>	G2 a G3 <i>p</i>
FatM [kg]	5,66 ± 2,16	6,50 ± 2,36	8,38 ± 3,85	0,002	< 0,001	< 0,001
FFM [kg]	19,73 ± 3,12	22,49 ± 3,44	26,94 ± 7,17	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	F1 (15–25 lat) <i>n</i> = 382	F2 (25–55 lat) <i>n</i> = 201	F3 (55+ lat) <i>n</i> = 170	F1 a F2 <i>p</i>	F1 a F3 <i>p</i>	F2 a F3 <i>p</i>
FatM [kg]	15,53 ± 6,70	21,59 ± 10,06	30,02 ± 9,73	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFM [kg]	43,54 ± 4,12	45,98 ± 6,21	45,64 ± 6,03	< 0,001	< 0,001	NS

NS – nieistotne statystycznie

Tabela 7. Porównanie składu ciała w obrębie kończyn dolnych w zależności od wieku badanych

	G1 (7 lat) <i>n</i> = 163	G2 (8 lat) <i>n</i> = 123	G3 (9 lat) <i>n</i> = 71	G1 a G2 <i>p</i>	G1 a G3 <i>p</i>	G2 a G3 <i>p</i>
RL FatM [kg]	1,30 ± 0,44	1,60 ± 0,58	1,84 ± 0,72	< 0,001	< 0,001	< 0,001
RL FFM [kg]	2,92 ± 0,59	3,46 ± 0,75	4,08 ± 1,39	< 0,001	< 0,001	< 0,001
LL FatM [kg]	1,29 ± 0,43	1,58 ± 0,58	1,81 ± 0,72	< 0,001	< 0,001	< 0,001
LL FFM [kg]	2,83 ± 0,55	3,35 ± 0,71	3,93 ± 1,29	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	F1 (15–25 lat) <i>n</i> = 382	F2 (25–55 lat) <i>n</i> = 201	F3 (55+ lat) <i>n</i> = 170	F1 a F2 <i>p</i>	F1 a F3 <i>p</i>	F2 a F3 <i>p</i>
RL FatM [kg]	3,36 ± 1,00	4,39 ± 1,63	6,04 ± 1,81	< 0,001	< 0,001	< 0,001
RL FFM [kg]	7,51 ± 0,79	7,81 ± 1,12	7,69 ± 1,07	< 0,001	0,021	NS
LL FatM [kg]	3,28 ± 0,98	4,30 ± 1,61	5,96 ± 1,81	< 0,001	< 0,001	< 0,001
LL FFM [kg]	7,35 ± 0,75	7,71 ± 1,14	7,67 ± 1,11	< 0,001	< 0,001	NS

NS – nieistotne statystycznie

statystycznie różnica pod względem komponenty beztłuszczowej. Masa tkanki beztłuszczowej nie różniła się istotnie statystycznie między kobietami w wieku 25–55 lat a badanymi w wieku 55+ lat (tab. 7).

Porównując skład ciała kończyn górnych, zaobserwowano istotne statystycznie różnice odnośnie do wszystkich komponent u kobiet po 15. roku życia. U dziewczynek stwierdzono brak istotnych statystycznie różnic pod względem masy tkanki tłuszczowej (tab. 8).

Porównywany skład ciała w obrębie tułowia zmieniał się podobnie jak w obrębie kończyn dolnych (tab. 9). Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w odniesieniu do masy tkanki tłuszczowej u dziewczynek ani w odniesieniu do masy komponenty beztłuszczowej między kobietami w wieku 25–55 lat a badanymi powyżej 55 roku życia.

Tabela 8. Porównanie składu ciała w obrębie kończyn górnych w zależności od wieku badanych

	G1 (7 lat) <i>n</i> = 163	G2 (8 lat) <i>n</i> = 123	G3 (9 lat) <i>n</i> = 71	G1 a G2 <i>p</i>	G1 a G3 <i>p</i>	G2 a G3 <i>p</i>
RA FatM [kg]	0,37 ± 0,14	0,45 ± 0,17	0,50 ± 0,20	< 0,001	< 0,001	< 0,001
RA FFM [kg]	0,75 ± 0,17	0,88 ± 0,21	1,04 ± 0,37	< 0,001	< 0,001	< 0,001
LA FatM [kg]	0,39 ± 0,16	0,48 ± 0,21	0,55 ± 0,25	< 0,001	< 0,001	< 0,001
LA FFM [kg]	0,77 ± 0,17	0,92 ± 0,21	1,07 ± 0,37	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	F1 (15–25 lat) <i>n</i> = 382	F2 (25–55 lat) <i>n</i> = 201	F3 (55+ lat) <i>n</i> = 170	F1 a F2 <i>p</i>	F1 a F3 <i>p</i>	F2 a F3 <i>p</i>
RA FatM [kg]	0,76 ± 0,38	1,09 ± 0,66	1,66 ± 0,75	< 0,001	< 0,001	< 0,001
RA FFM [kg]	2,07 ± 0,26	2,29 ± 0,41	2,40 ± 0,34	< 0,001	< 0,001	0,005
LA FatM [kg]	0,79 ± 0,41	1,16 ± 0,72	1,78 ± 0,84	< 0,001	< 0,001	< 0,001
LA FFM [kg]	2,05 ± 0,8	2,30 ± 0,44	2,46 ± 0,37	< 0,001	< 0,001	< 0,001

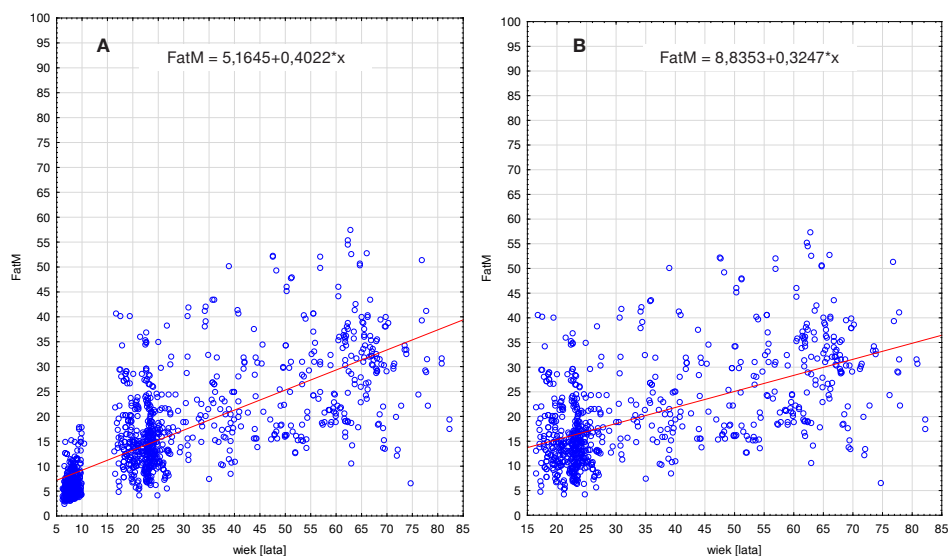
Tabela 9. Porównanie składu ciała w obrębie tułowia w zależności od wieku badanych

	G1 (7 lat) <i>n</i> = 163	G2 (8 lat) <i>n</i> = 123	G3 (9 lat) <i>n</i> = 71	G1 a G2 <i>p</i>	G1 a G3 <i>p</i>	G2 a G3 <i>p</i>
TR FatM [kg]	2,25 ± 1,03	2,73 ± 1,38	3,03 ± 1,54	0,047	< 0,001	< 0,001
TR FFM [kg]	12,49 ± 1,77	14,14 ± 2,22	15,97 ± 3,58	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	F1 (15–25 lat) <i>n</i> = 382	F2 (25–55 lat) <i>n</i> = 201	F3 (55+ lat) <i>n</i> = 170	F1 a F2 <i>p</i>	F1 a F3 <i>p</i>	F2 a F3 <i>p</i>
TR FatM [kg]	7,34 ± 4,02	10,67 ± 5,64	14,72 ± 5,18	< 0,001	< 0,001	< 0,001
TR FFM [kg]	24,59 ± 2,15	25,89 ± 3,32	25,45 ± 3,91	< 0,001	< 0,001	NS

NS – nieistotnie statystycznie

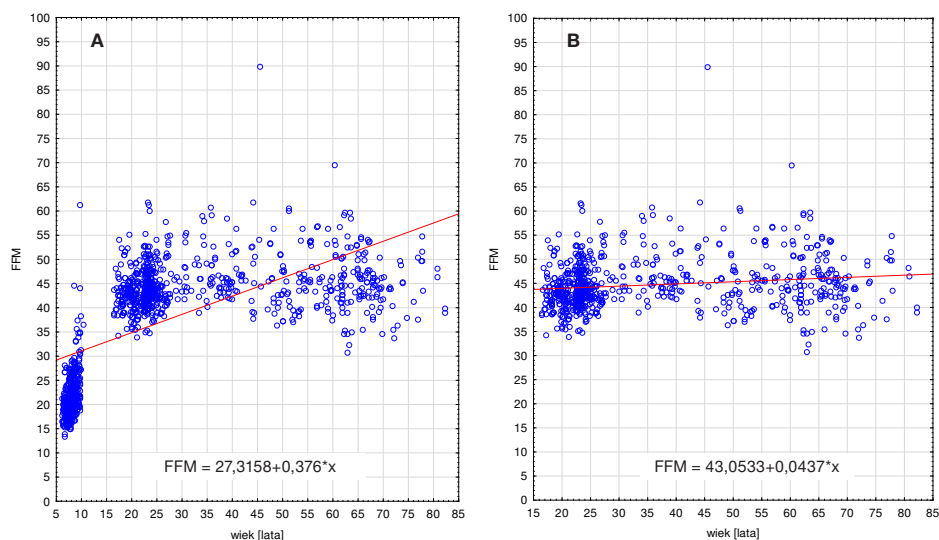
Porównując linię trendu rozrzutu wartości tkanki tłuszczowej w zależności od wieku, zaobserwowano stały wzrost masy tkanki tłuszczowej wraz z wiekiem (im starsza osoba badana, tym większa masa tkanki tłuszczowej). Linia trendu nie zmieniała się w przypadku zastosowania ograniczenia wiekowego i przedstawienia rozrzutu tylko dla grupy kobiet, czyli badanych w wieku 15+ lat (ryc. 10B).

Obserwując rozrzut wartości tkanki beztłuszczowej względem wieku, stwierdzono tendencję wzrostową tej cechy. Linia trendu spłaszczyła się i pozostawała prawie na tym samym poziomie w przypadku zastosowania ograniczenia wiekowego i zobrazowania jedynie wartości tkanki beztłuszczowej dla kobiet po 15. roku życia (ryc. 11).



Rycina 10. Równanie regresji i rozrzut wartości masy tkanki tłuszczowej (FatM) [kg] z linią trendu w zależności od wieku:

A – wszystkie badane, B – kobiety w wieku 15+ lat



Rycina 11. Równanie regresji i rozrzut wartości masy tkanki tłuszczowej (FFM) [kg] z linią trendu w zależności od wieku:

A – wszystkie badane, B – kobiety w wieku 15+ lat

#### 4.2. OGÓLNY I SEGMENTOWY SKŁAD CIAŁA BADANYCH W ZALEŻNOŚCI OD WSKAŹNIKA BMI

Stosując klasyfikację według WHO w zakresie wskaźnika BMI, poszczególne grupy wiekowe podzielono pod względem wartości tego wskaźnika. Zastosowana klasyfikacja według WHO w przypadku dziewczynek, uwzględniająca ich rozwój ontogenetyczny, zostanie omówiona w kolejnym rozdziale.

Nieprawidłowości masy ciała w badanej grupie kobiet uzależnione były od wieku badanych. Najwięcej osób z niedoborem masy ciała stwierdzono wśród kobiet w wieku 15–25 lat. Nadwaga i otyłość najczęściej występowały w grupie kobiet w wieku 55+ lat (tab. 10). Zauważono dynamiczny wzrost występowania nadwagi i otyłości wraz z rozwojem ontogenetycznym.

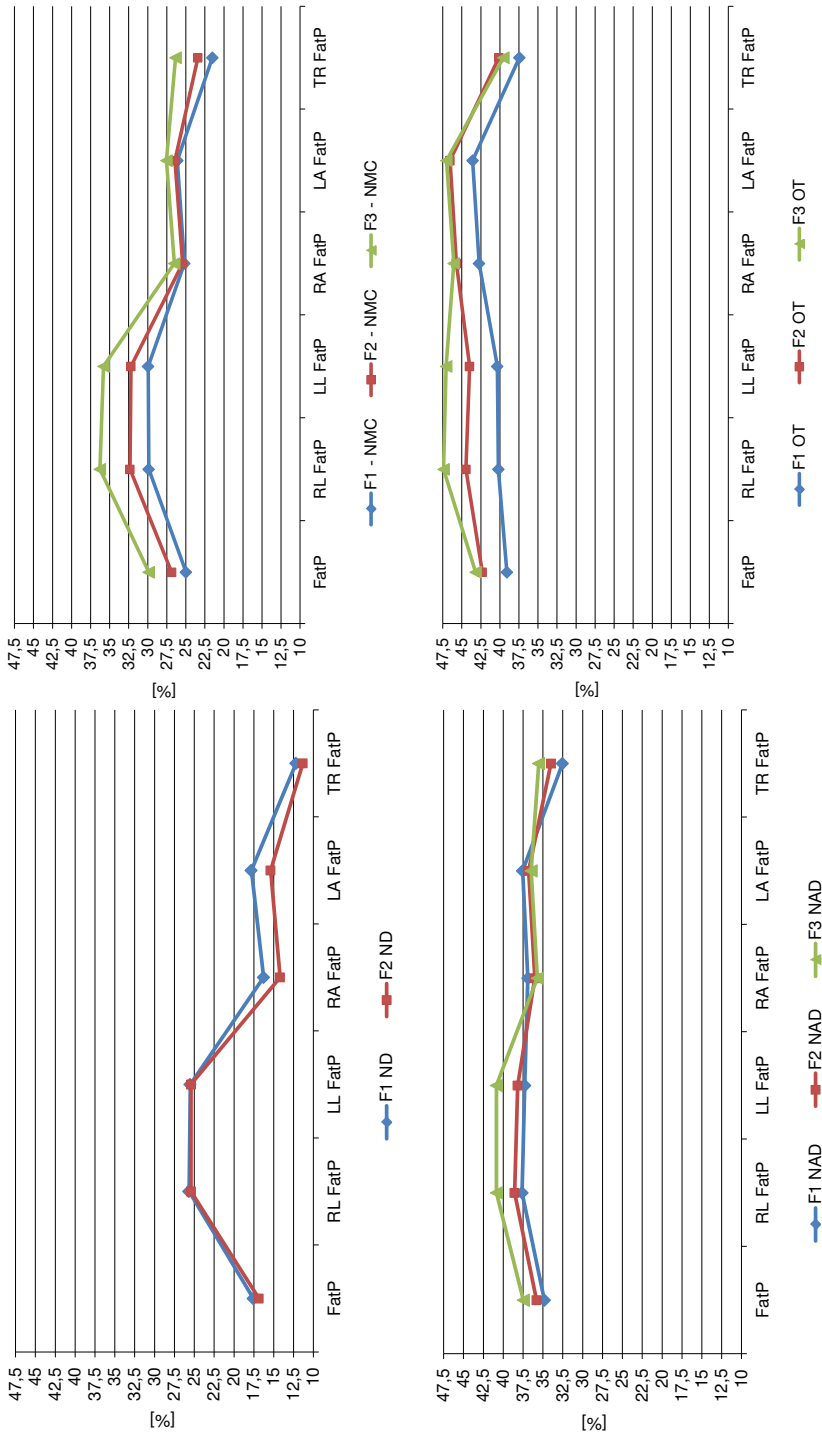
Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w wartościach komponenty tłuszczowej (%) między kobietami w wieku 15–25 lat a kobietami w wieku 25–55 lat. Z niedoborem masowym określanym na podstawie klasyfikacji WHO nie zaobserwowano kobiet w wieku 55+ lat. Wraz z wiekiem pogłębiała się różnica między procentową ilością tkanki tłuszczowej w obrębie kończyn dolnych a procentową ilością tkanki tłuszczowej tułowia i w grupie starszej wynosiła ona około 14%. Na ogólną masę tkanki tłuszczowej najistotniejszy wpływ miało otłuszczenie kończyn dolnych.

Wśród badanych kobiet z normatywną masą ciała stwierdzono zachodzące wraz z rozwojem ontogenetycznym zmiany dystrybucji tkanki tłuszczowej (ryc. 12). Grupa ta najbardziej przypominała schemat dystrybucji tkanki tłuszczowej scharakteryzowany w poprzednim rozdziale. Odnotowano jednak nieznaczne różnice międzywiekowe. Należy podkreślić, że stwierdzone zmiany były istotne statystycznie w przypadku wartości tkanki tłuszczowej ogólnej oraz kończyn dolnych i tułowia. Nie wykazano istotnych statystycznie zmian z wiekiem w zakresie tkanki tłuszczowej kończyn górnych (tab. 11). Zauważono brak różnic w grupie kobiet w wieku 15–25 lat o BMI 18,6–24,99 kg/m<sup>2</sup> w zakresie procentowej ilości tkanki tłuszczowej ogólnej oraz mierzonej segmentowo dla kończyny górnej prawej.

Tabela 10. Występowanie nieprawidłowości masy ciała badanych (wg klasyfikacji BMI)

Klasyfikacja nieprawidłowości masy ciała	Grupa G [%]			Grupa F [%]		
	G1	G2	G3	F1	F2	F3
	(7 lat) <i>n</i> = 163	(8 lat) <i>n</i> = 123	(9 lat) <i>n</i> = 71	(15–25 lat) <i>n</i> = 382	(25–55 lat) <i>n</i> = 201	(55+ lat) <i>n</i> = 170
Niedowaga	5,5	5,6	9,7	16,2	4,5	0,0
Normatywna masa ciała	73,0	78,9	69,0	69,6	59,2	17,6
Nadwaga	10,4	13,8	8,4	10,2	22,4	34,2
Otyłość	11,0	1,6	12,7	4,2	13,9	48,2





Rycina 12. Ogólna i segmentowa procentowa ilość tkanki tłuszczowej badanych kobiet (ND – niedowaga, NMC – normatywna masa ciała, NAD – nadwaga, OT – otyłość)

Tabela 11. Istotność statystyczna różnic procentowej ilości tkanki tłuszczowej badanych kobiet w zależności od wieku

	F1 a F2	F1 a F3	F2 a F3	F1 a F2	F1 a F3	F2 a F3
	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
	niedowaga			normatywna masa ciała		
FatP	NS			< 0,001	< 0,001	< 0,001
RL FatP	NS			< 0,001	< 0,001	< 0,001
LL FatP	NS	nie stwierdzono osób badanych z niedowagą w grupie F3		< 0,001	< 0,001	< 0,001
RA FatP	NS			NS	NS	NS
LA FatP	NS			NS	NS	NS
TR FatP	NS			0,006	< 0,001	0,018
	nadwaga			otyłość		
FatP	NS	0,017	NS	0,025	< 0,001	NS
RL FatP	NS	< 0,001	0,007	< 0,001	< 0,001	< 0,001
LL FatP	NS	< 0,001	0,005	0,007	< 0,001	< 0,001
RA FatP	NS	NS	NS	NS	0,010	NS
LA FatP	NS	NS	NS	NS	0,007	NS
TR FatP	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS – nieistotne statystycznie

W grupie kobiet z nadwagą (wg klasyfikacji WHO) zaobserwowano różnorodność zmian w segmentowej dystrybucji tkanki tłuszczowej zachodzących w procesie ontogenezy (ryc. 12). Schemat „klasycznego” układu charakterystycznego dla kobiet z normatywną masą ciała (procentowa ilość tkanki tłuszczowej w kończynach dolnych większa niż ilość tkanki tłuszczowej ogólnej, ilość tkanki tłuszczowej kończyn górnych porównywalna z ilością tkanki tłuszczowej ogólnej, komponenta tłuszczowa w obrębie tułowia – najmniejsza) powieliał się jedynie w przypadku kobiet po 55. roku życia.

Procentowa ilość tkanki tłuszczowej nie zmieniała się istotnie statystycznie u kobiet między 15. a 55. rokiem życia i oscylowała w granicach 35% dla ogółu (tab. 11). W grupie najstarszej wyraźnie zarysowywało się zróżnicowanie otłuszczenia w poszczególnych segmentach. Istotnie statystycznie wzrastało otłuszczenie w obrębie kończyn dolnych. Podobnie jak w grupie kobiet z normatywną masą ciała w wieku 15–25 lat, w grupie badanych z nadwagą w wieku 25–55 lat można było zauważyć brak różnic pomiędzy procentową ilością tkanki tłuszczowej ogólnej a ilością tkanki tłuszczowej segmentowej w obrębie kończyny górnej prawej.

Wśród kobiet z otyłością schemat dystrybucji całkowicie uległ zmianie. Najbardziej zbliżony rozkład występował w grupie kobiet najstarszych. Zaobserwowano jednak zmniejszenie różnic procentowej ilości tkanki tłuszczowej między wartościami w obrębie kończyn dolnych i górnych (ryc. 12).

Wśród kobiet z otyłością stwierdzono wzrost ilości obwodowej tkanki tłuszczowej. W grupie badanych z otyłością wraz z wiekiem wzrastało otłuszczenie kończyn dolnych. Nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic między grupami pod względem wartości segmentowej ilości tkanki tłuszczowej w obrębie tułowia i kończyn górnych (tab. 11).

Wyniki dotyczące poszczególnych komponent składu ciała przedstawiono w tabelach 12–15.

Na podstawie wykresu rozrzutu wartości masy tkanki tłuszczowej zaobserwowano ujemną zależność względem wieku w przypadku kobiet sklasyfikowanych na podstawie wskaźnika BMI do grupy z niedowagą (ryc. 13). W pozostałych grupach – normatywna masa ciała, nadwaga, otyłość – masa tkanki tłuszczowej wzrastała wraz z wiekiem. Tendencja wzrostowa była nieznaczna i wynosiła 4–5% w badanym przedziale wiekowym.

Odwrotną tendencję zaobserwowano w przypadku masy tkanki beztłuszczowej, której wśród kobiet z niedowagą przybywało wraz z wiekiem (ryc. 14). Zmiana ta była dodatnia i bardziej znacząca w porównaniu ze zmianą masy tkanki tłuszczowej. Wraz ze wzrostem wskaźnika BMI można było zauważyć ujemny związek między masą tkanki beztłuszczowej a wiekiem. Tendencja ta była najbardziej widoczna w przypadku kobiet z nadwagą.

Oceniając tendencje rozrzutu wartości masy tkanki tłuszczowej i beztłuszczowej względem wieku, stwierdzono, iż w badanej grupie kobiet z norma-

Tabela 12. Skład ciała badanych kobiet z niedowagą (wg WHO) w zależności od wieku

Niedowaga		F1 (15–25 lat) <i>n</i> = 62	F2 (25–55 lat) <i>n</i> = 9	F1 a F2 <i>p</i>
ogólny skład ciała	FatM [kg]	8,66 ± 1,99	8,36 ± 1,56	NS
	FFM [kg]	40,33 ± 2,63	41,04 ± 2,15	NS
RL	FatM [kg]	2,36 ± 0,25	2,32 ± 0,29	NS
	FFM [kg]	6,84 ± 0,43	6,90 ± 0,45	NS
LL	FatM [kg]	2,30 ± 0,25	2,29 ± 0,28	NS
	FFM [kg]	6,71 ± 0,42	6,71 ± 0,42	NS
RA	FatM [kg]	0,38 ± 0,10	0,33 ± 0,12	NS
	FFM [kg]	1,89 ± 0,17	1,97 ± 0,16	NS
LA	FatM [kg]	0,40 ± 0,10	0,34 ± 0,07	NS
	FFM [kg]	1,81 ± 0,17	1,89 ± 0,12	NS
TR	FatM [kg]	3,28 ± 1,35	3,07 ± 1,05	NS
	FFM [kg]	23,07 ± 1,57	23,58 ± 1,13	NS

NS – nieistotne statystycznie

W grupie F3 nie stwierdzono osób z niedowagą (BMI < 18,5) według klasyfikacji WHO.

Tabela 13. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych kobiet z normatywną masą ciała (wg WHO) w zależności od wieku

Normatywna masa ciała	F1 (15-25 lat) n = 266		F2 (25-55 lat) n = 119		F3 (55+ lat) n = 30		F1 a F2	F1 a F3	F2 a F3
							p	p	p
ogólny skład ciała	FatM [kg]	14,74 ± 4,06	16,39 ± 4,16	18,15 ± 4,12	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,040
	FFM [kg]	43,57 ± 3,67	43,93 ± 3,75	41,95 ± 3,88	NS	NS	0,023	0,023	0,011
RL	FatM [kg]	3,22 ± 0,60	3,55 ± 0,58	3,91 ± 0,60	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,003
	FFM [kg]	7,52 ± 0,71	7,39 ± 0,67	6,82 ± 0,67	NS	NS	< 0,001	< 0,001	< 0,001
LL	FatM [kg]	3,15 ± 0,57	3,47 ± 0,57	3,81 ± 0,64	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,005
	FFM [kg]	7,34 ± 0,65	7,27 ± 0,64	6,80 ± 0,67	NS	NS	< 0,001	< 0,001	< 0,001
RA	FatM [kg]	0,71 ± 0,21	0,75 ± 0,21	0,80 ± 0,21	NS	NS	0,023	NS	NS
	FFM [kg]	2,07 ± 0,25	2,15 ± 0,23	2,15 ± 0,24	0,002	0,002	NS	NS	NS
LA	FatM [kg]	0,74 ± 0,21	0,78 ± 0,22	0,83 ± 0,23	0,041	0,041	0,029	0,029	NS
	FFM [kg]	2,05 ± 0,25	2,13 ± 0,23	2,13 ± 0,24	0,001	0,001	0,080	0,080	NS
TR	FatM [kg]	6,95 ± 2,63	7,86 ± 2,72	8,82 ± 2,56	0,002	0,002	< 0,001	< 0,001	NS
	FFM [kg]	24,63 ± 1,96	25,00 ± 2,13	24,07 ± 2,17	NS	NS	NS	NS	0,036

NS – nieistotne statystycznie

Tabela 14. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych kobiet z nadwagą (wg WHO) w zależności od wieku

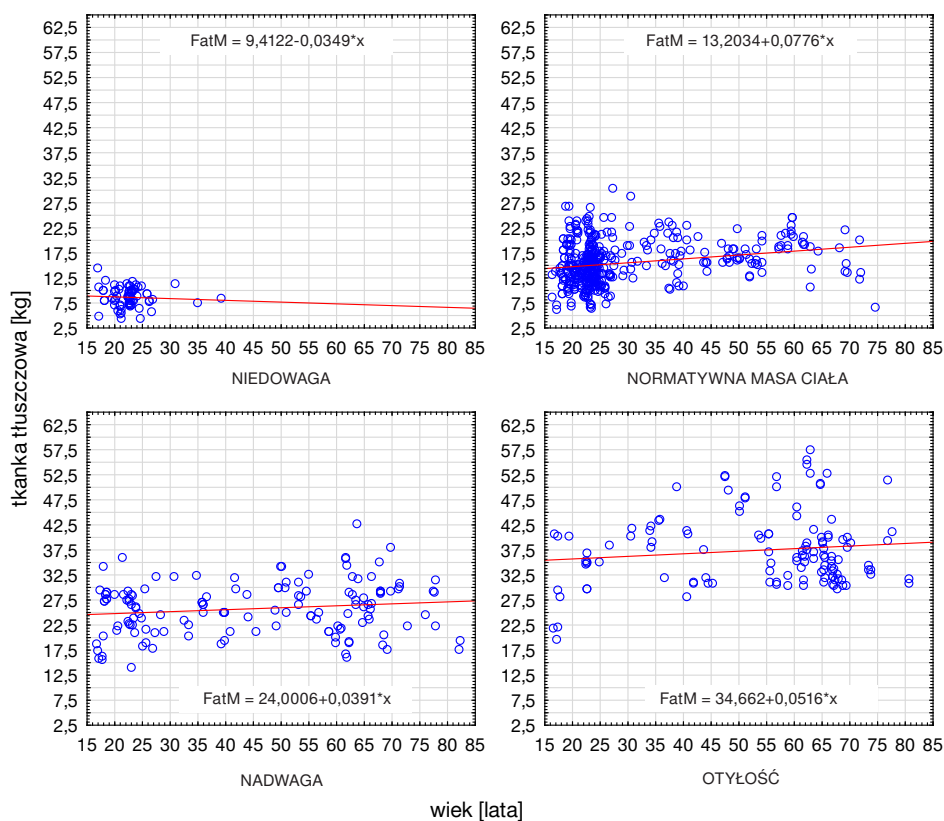
Nadwaga	F1 (15-25 lat) n = 39	F2 (25-55 lat) n = 45	F3 (55+ lat) n = 57	F1 a F2		F1 a F3		F2 a F3	
					p		p		p
ogólny skład ciała	FatM [kg]	24,94 ± 5,00	25,96 ± 4,56	26,17 ± 5,81	NS	NS	NS	NS	NS
	FFM [kg]	46,19 ± 4,60	46,38 ± 4,88	43,26 ± 5,82	NS	0,010	NS	0,005	0,005
RL	FatM [kg]	4,85 ± 0,64	5,01 ± 0,57	5,09 ± 0,78	NS	NS	NS	NS	NS
	FFM [kg]	8,01 ± 0,82	7,99 ± 0,81	7,38 ± 0,99	NS	0,002	NS	0,001	0,001
LL	FatM [kg]	4,72 ± 0,64	4,89 ± 0,64	5,03 ± 0,81	NS	0,048	NS	0,338	0,338
	FFM [kg]	7,92 ± 0,76	7,92 ± 0,75	7,30 ± 1,05	NS	0,002	NS	0,001	0,001
RA	FatM [kg]	1,30 ± 0,25	1,31 ± 0,19	1,28 ± 0,25	NS	NS	NS	NS	NS
	FFM [kg]	2,23 ± 0,30	2,33 ± 0,26	2,29 ± 0,33	NS	NS	NS	NS	NS
LA	FatM [kg]	1,39 ± 0,28	1,40 ± 0,21	1,34 ± 0,27	NS	NS	NS	NS	NS
	FFM [kg]	2,27 ± 0,30	2,36 ± 0,25	2,33 ± 0,35	NS	NS	NS	NS	NS
TR	FatM [kg]	12,70 ± 3,36	13,38 ± 3,32	13,44 ± 4,66	NS	NS	NS	NS	NS
	FFM [kg]	25,76 ± 2,53	25,79 ± 3,27	23,98 ± 4,42	NS	0,025	NS	0,024	0,024

NS – nieistotne statystycznie

Tabela 15. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych kobiet z otyłością (wg WHO) w zależności od wieku

Otyłość	F1 (15-25 lat) n = 16	F2 (25-55 lat) n = 28	F3 (55+ lat) n = 82	F1 a F2 p	F1 a F3 p	F2 a F3 p
ogólny skład ciała	FatM [kg] FFM [kg]	32,03 ± 6,64 49,11 ± 4,12	40,91 ± 6,58 55,63 ± 7,79	37,28 ± 6,88 48,68 ± 5,36	< 0,001 0,003	0,006 NS < 0,001
RL	FatM [kg] FFM [kg]	5,93 ± 0,86 8,74 ± 0,81	7,65 ± 1,25 9,55 ± 1,40	7,48 ± 1,36 8,24 ± 0,95	< 0,001 0,041	NS NS < 0,001
LL	FatM [kg] FFM [kg]	5,83 ± 0,90 8,55 ± 0,82	7,52 ± 1,19 9,59 ± 1,43	7,39 ± 1,34 8,25 ± 0,95	< 0,001 0,011	< 0,001 NS < 0,001
RA	FatM [kg] FFM [kg]	1,81 ± 0,37 2,38 ± 0,26	2,45 ± 0,53 2,90 ± 0,62	2,24 ± 0,61 2,57 ± 0,29	< 0,001 < 0,001	NS 0,008 0,015 < 0,001
LA	FatM [kg] FFM [kg]	1,93 ± 0,44 2,47 ± 0,26	2,64 ± 0,59 3,03 ± 0,62	2,43 ± 0,70 2,66 ± 0,30	< 0,001 0,001	0,007 0,019 < 0,001
TR	FatM [kg] FFM [kg]	16,55 ± 4,26 26,99 ± 2,11	20,66 ± 3,86 30,60 ± 3,95	17,76 ± 3,86 26,97 ± 3,45	0,002 0,001	NS NS < 0,001

NS – nieistotne statystycznie



Rycina 13. Równanie regresji i rozrzut wartości masy tkanki tłuszczowej względem wieku dla grup w zależności od klasyfikacji BMI (wg WHO)

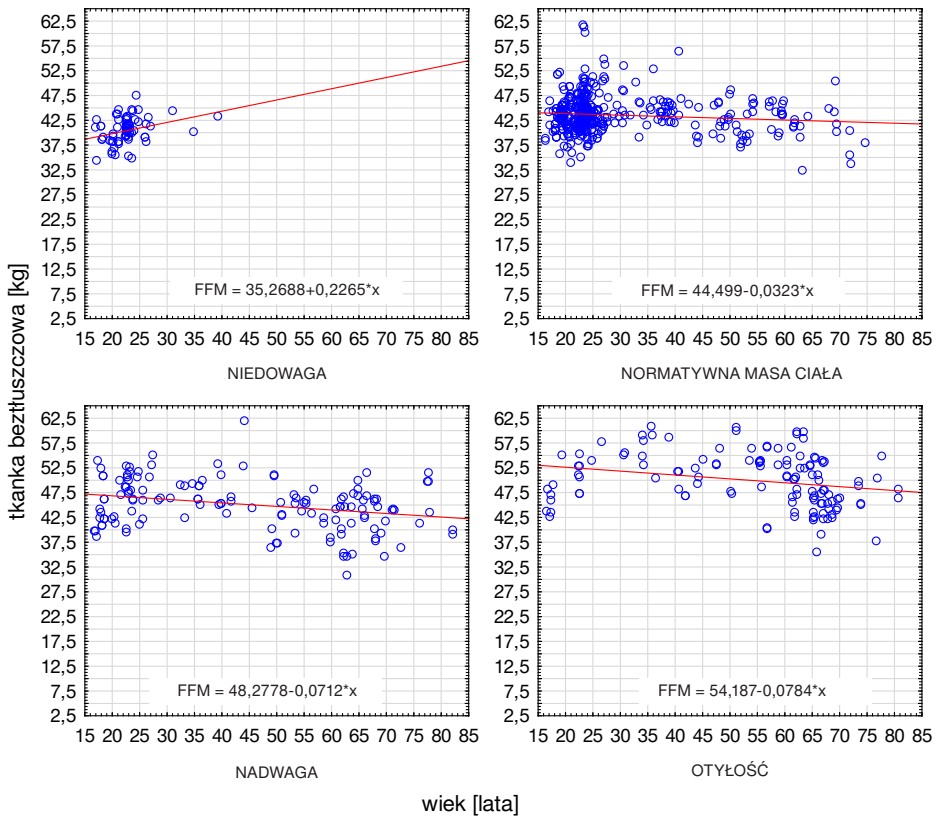
tywną i nadmierną masą ciała masa tkanki tłuszczowej wzrastała w większym stopniu niż masa tkanki beztłuszczowej, co objawiało się zwiększeniem się całkowitej masy ciała wraz z wiekiem.

W badanej grupie kobiet z niedowagą obydwie komponenty składu ciała wykazywały tendencję wzrostową.

#### 4.3. OGÓLNY I SEGMENTOWY SKŁAD CIAŁA BADANYCH DZIEWCZYNEK W ZALEŻNOŚCI OD WSKAŹNIKA BMI

Wśród dziewczynek poniżej 10. roku życia tkanka tłuszczowa zlokalizowana była przede wszystkim obwodowo. Jej poziom u badanych z niedowagą okazał się stosunkowo niski, pozostawał jednak w granicach normy dla wieku i płci (15–25%). Ogólna masa tkanki tłuszczowej mieściła się w normie także u dziewczynek z normatywną masą ciała, bez względu na wiek, oraz u dziew-





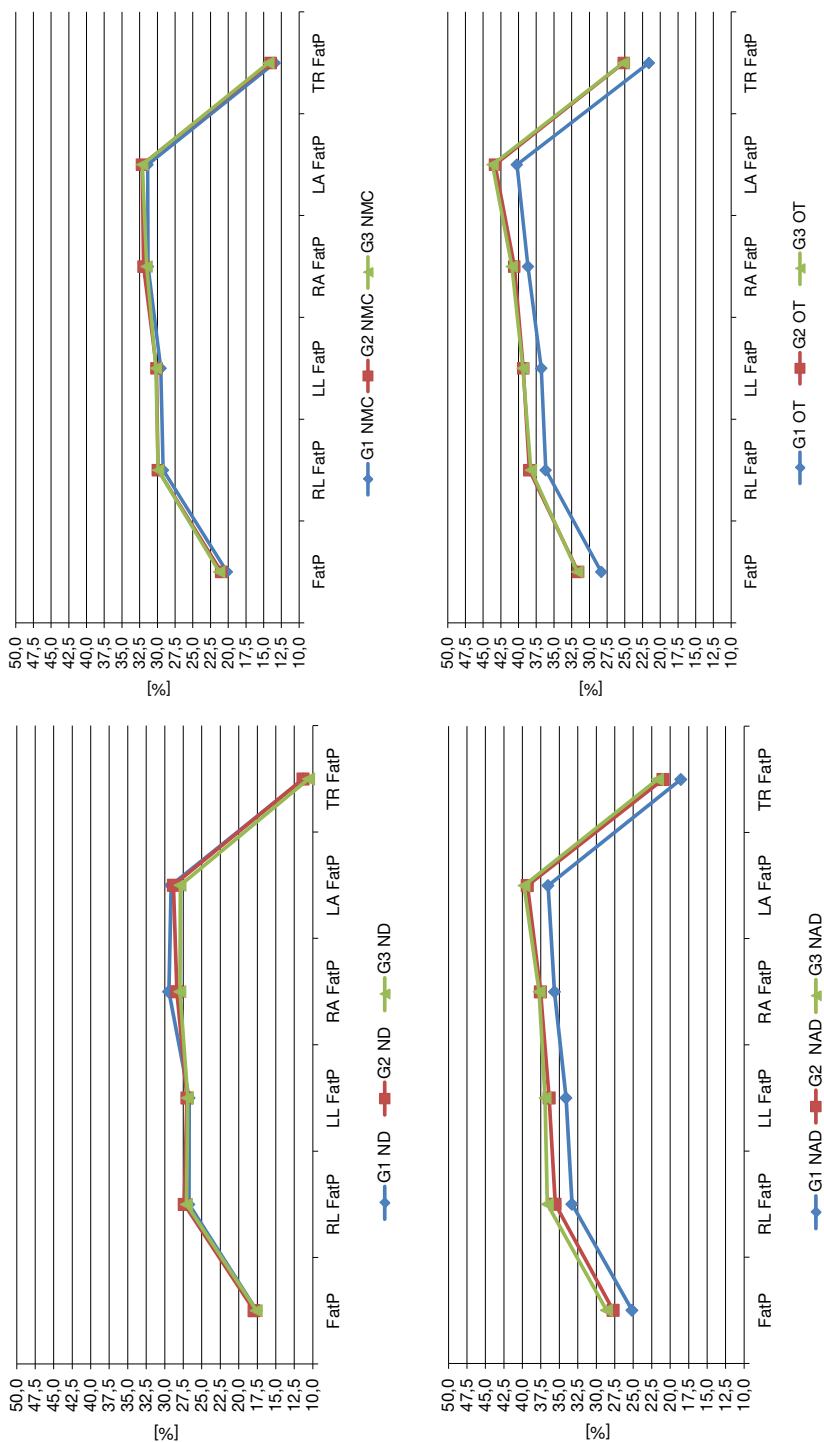
Rycina 14. Równanie regresji i rozrzut wartości masy tkanki beztuszczowej względem wieku dla grup w zależności od klasyfikacji BMI (wg WHO)

czynnik z nadwagą w grupie najmłodszej. Badane poniżej 10. roku życia zakwalifikowane do grupy z nadwagą (wyjątek stanowiła grupa najmłodsza) i otyłością miały masę tkanki tłuszczowej ogólnej przekraczającą wskazaną dla wieku normę, a jej wartość porównywalna była z normą dla wieku 40–80 lat (24–36%).

W obrębie tułowia procentowa ilość tkanki tłuszczowej w grupie dziewczynek była stosunkowo niska w porównaniu z ogólnym otłuszczeniem (ryc. 15).

Charakterystyczny układ obwodowej dystrybucji tkanki tłuszczowej u dziewczynek w wieku 7–10 lat nie uległ zmianie po uwzględnieniu klasyfikacji BMI. Podkreślić należy znaczne otłuszczenie w obrębie kończyn górnych, które było duże bez względu na wiek i wskaźnik BMI (ryc. 15).

Wraz z wiekiem zaobserwowano brak istotnych statystycznie różnic w zakresie komponenty tłuszczowej (tab. 16).



Rycina 15. Ogólna i segmentowa procentowa ilość tkanki tłuszczowej badanych dziewczynek (ND – niedowaga, NMC – normatywna masa ciała, NAD – nadwaga, OT – otyłość)

Tabela 16. Istotność statystyczna różnic procentowej ilości tkanki tłuszczowej badanych dziewczynek (klasyfikacja BMI z uwzględnieniem wieku)

	G1 a G2 <i>p</i>	G1 a G3 <i>p</i>	G2 a G3 <i>p</i>	G1 a G2 <i>p</i>	G1 a G3 <i>p</i>	G2 a G3 <i>p</i>
	niedowaga			normatywna masa ciała		
FatP	NS	NS	NS	0,027	0,016	NS
RL FatP	NS	NS	NS	0,048	0,117	NS
LL FatP	NS	NS	NS	NS	NS	NS
RA FatP	NS	NS	NS	NS	NS	NS
LA FatP	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TR FatP	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	nadwaga			otyłość		
FatP	< 0,001	< 0,001	NS	0,043	NS	NS
RL FatP	< 0,001	< 0,001	NS	NS	NS	NS
LL FatP	< 0,001	< 0,001	NS	NS	NS	NS
RA FatP	0,019	NS	NS	NS	NS	NS
LA FatP	< 0,001	0,037	NS	NS	NS	NS
TR FatP	< 0,001	0,020	NS	0,042	NS	NS

NS – nieistotne statystycznie

#### 4.4. OGÓLNY I SEGMENTOWY SKŁAD CIAŁA BADANYCH W ZALEŻNOŚCI OD WSKAŹNIKA BMI Z UWZGLĘDNIENIEM WIEKU

Stosując podział klasyfikacji BMI z uwzględnieniem wieku, zaobserwowano zwiększanie się z wiekiem liczby kobiet z nadwagą i otyłością. Najwięcej badanych z nadwagą (28,4%) i otyłością (30,2%) było w grupie kobiet po 55. roku życia. Przy zastosowaniu podziału zgodnego z wiekiem odnotowano podwajanie się liczby osób z otyłością w kolejnych przedziałach wiekowych: F1 – 6%, F2 – 12,5% i F3 – 30,3%. Natomiast liczba kobiet z normatywną masą ciała określaną zgodnie ze wskaźnikiem BMI dla wieku zmniejszyła się o połowę wraz z rozwojem ontogenetycznym (tab. 17).

Badając segmentowy skład ciała, stwierdzono różnice dystrybucji tkanki tłuszczowej pomiędzy dziewczynkami a kobietami powyżej 15. roku życia. W obu grupach procentowa ilość tkanki tłuszczowej w obrębie tułowia okazała się najmniejsza, natomiast zauważalny był wzrost otłuszczenia obwodowego wraz z rozwojem ontogenetycznym. W grupie badanych ze stwierdzoną otyłością (z uwzględnieniem wieku) otłuszczenie kończyn górnych przekraczało wartość tkanki tłuszczowej w innych obszarach ciała. Najistotniejsze zmiany dotyczące wszystkich omawianych segmentów ciała zaobserwowano między grupami kobiet w wieku 15–25 lat oraz 25–55 lat.

Tabela 17. Rozkład procentowy występowania nieprawidłowości masy ciała badanych kobiet w zależności od zastosowanej klasyfikacji BMI z uwzględnieniem wieku

	Niedowaga	Normatywna masa ciała	Nadwaga	Otyłość
F1	16,5	65,0	12,5	6,0
F2	17,9	48,3	21,4	12,4
F3	7,7	33,7	28,4	30,2

Tabela 18. Istotność statystyczna różnic procentowej ilości tkanki tłuszczowej badanych kobiet (klasyfikacja BMI z uwzględnieniem wieku)

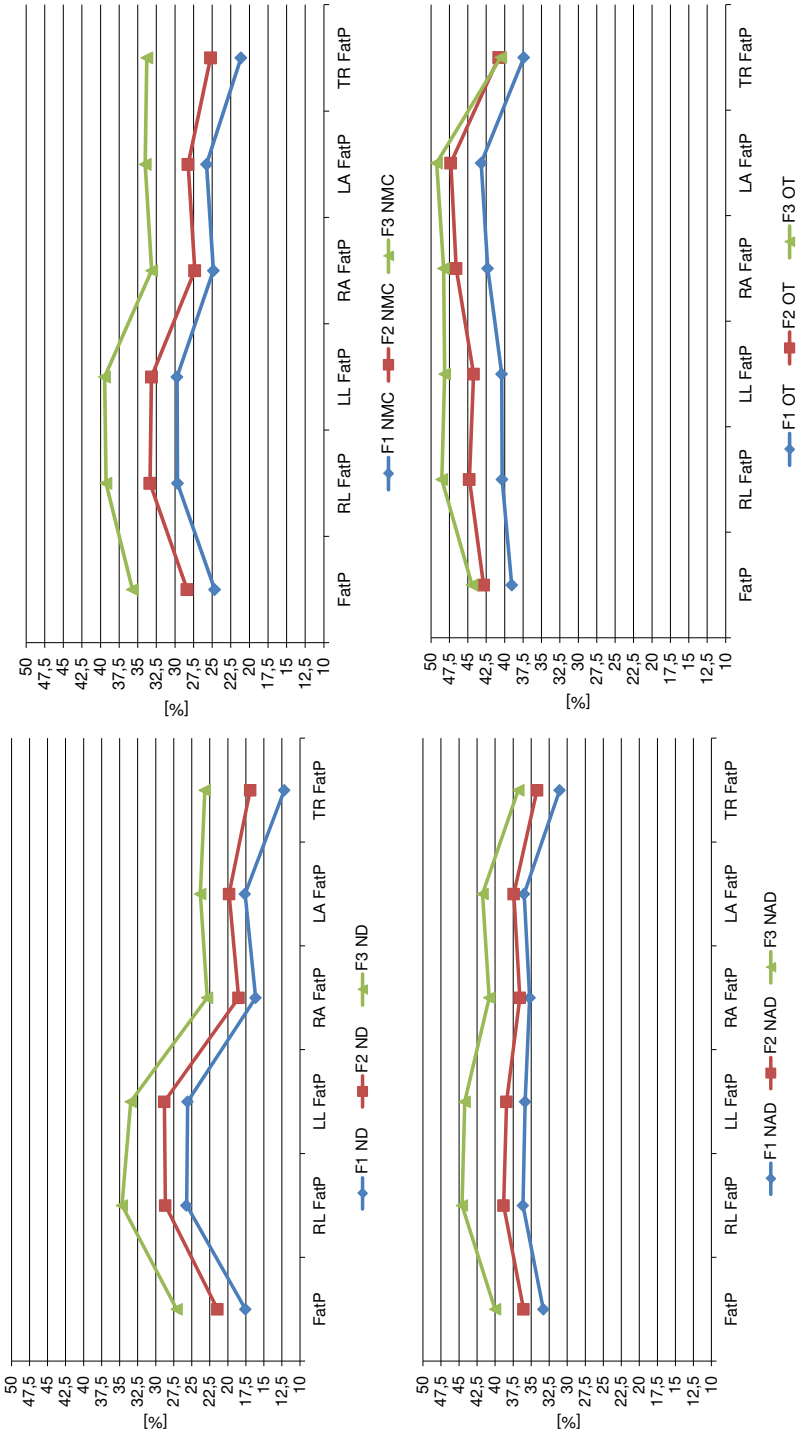
	F1 a F2	F1 a F3	F2 a F3	F1 a F2	F1 a F3	F2 a F3
	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
	niedowaga			normatywna masa ciała		
FatP	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
RL FatP	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
LL FatP	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
RA FatP	0,012	< 0,001	0,006	< 0,001	< 0,001	< 0,001
LA FatP	0,015	< 0,001	0,011	< 0,001	< 0,001	< 0,001
TR FatP	< 0,001	< 0,001	0,004	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	nadwaga			otyłość		
FatP	0,006	< 0,001	< 0,001	0,002	< 0,001	NS
RL FatP	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
LL FatP	0,002	< 0,001	< 0,001	0,002	< 0,001	< 0,001
RA FatP	NS	< 0,001	< 0,001	0,007	< 0,001	NS
LA FatP	NS	< 0,001	< 0,001	0,007	< 0,001	NS
TR FatP	0,024	< 0,001	0,048	0,022	NS	NS

NS – nieistotne statystycznie

Na podstawie wyników stwierdzono nieznaczne zmiany dystrybucji tkanki tłuszczowej u kobiet z niedowagą zachodzące z wiekiem. Schemat dystrybucji charakterystyczny był dla budowy kobiecej (ryc. 16).

Przyjmując podział BMI z uwzględnieniem wieku, zaobserwowano brak istotnych statystycznie różnic w obrębie otłuszczenia tułowia u kobiet z otyłością oraz w obrębie kończyn górnych między kobietami z nadwagą w wieku 15–25 i 25–55 lat czy też między kobietami z otyłością w wieku 25–55 lat i 55+ lat. Odnotowano także brak istotnej statystycznie różnicy w przypadku procentowej ilości tkanki tłuszczowej między kobietami z otyłością w wieku 25–55 i 55+ lat. U kobiet z niedowagą stwierdzono międzygrupowe (pomiędzy grupami wiekowymi) istotne statystycznie różnice procentowej ilości tkanki tłuszczowej segmentowej (tab. 18).

Porównując segmentowy skład ciała pod względem komponenty beztłuszczowej, nie zauważono istotnych statystycznie zmian zarówno w przypadku nie-



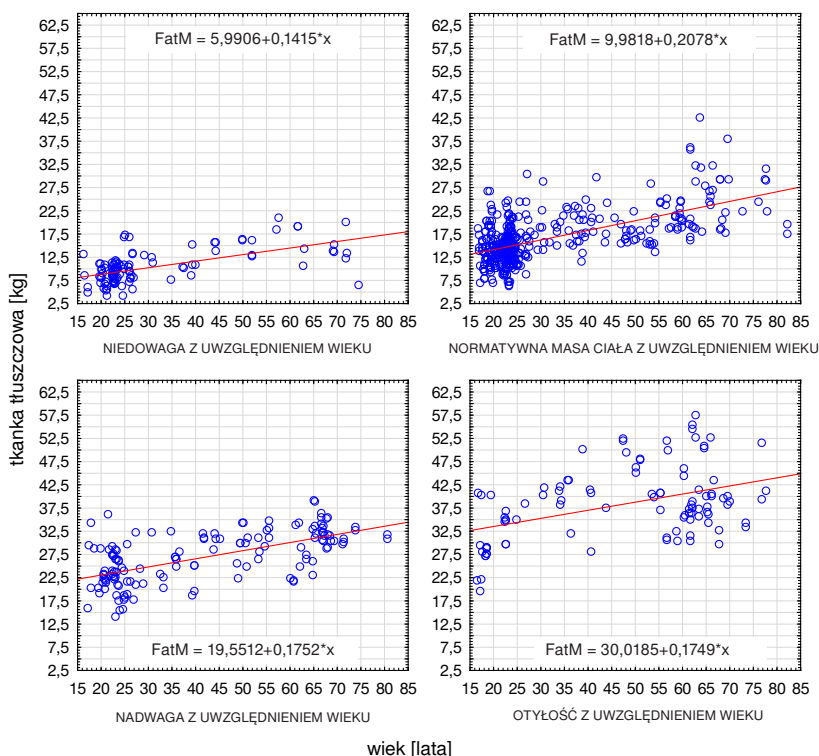
Rycina 16. Ogólna i segmentowa procentowa ilość tkanki tłuszczowej badanych kobiet w zależności od wskaźnika BMI (klasyfikacja BMI z uwzględnieniem wieku)

(ND – niedowaga, NMC – normatywna masa ciała, NAD – nadwaga, OT – otyłość)

dowagi, normatywnej masy ciała, jak i nadwagi. W grupie kobiet z otyłością stwierdzono brak istotnych statystycznie zmian pod względem masy tkanki tłuszczowej. Zmiany te dotyczyły przede wszystkim kobiet w wieku 25–55 i 55+ lat. W grupie najstarszej zaobserwowano istotne statystycznie zmniejszenie się komponenty beztłuszczowej w stosunku do grup młodszych.

Ogólny i segmentowy skład ciała w kilogramach w zależności od nieprawidłowości masy ciała z uwzględnieniem wieku przedstawiono w tabelach 19–22.

Analizując linię trendu oraz rozrzut wartości masy tkanki tłuszczowej w zależności od klasyfikacji wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku, stwierdzono równoległość rozkładu masy tkanki tłuszczowej. Dzięki zastosowaniu podziału nieprawidłowości masy ciała z uwzględnieniem wieku zaobserwowano występowanie niedowagi u kobiet w każdym wieku, a nie tylko do 40. roku życia (ryc. 17). W grupie kobiet z normatywną masą ciała odnotowano osoby zarówno z 7,5-kilogramową, jak i prawie 40-kilogramową masą tkanki tłuszczowej, co sugeruje konieczność zastosowania dodatkowych metod klasyfikacyjnych.



Rycina 17. Równanie regresji i rozrzut wartości masy tkanki tłuszczowej względem wieku dla grup w zależności od klasyfikacji BMI z uwzględnieniem wieku

Tabela 19. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych kobiet z niedowagą (wg wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku)

Niedowaga	F1 (15-25 lat) n = 63	F2 (25-55 lat) n = 36	F3 (55+ lat) n = 13	F1 a F2 p	F1 a F3 p	F2 a F3 p
ogólny skład ciała						
FatM [kg]	8,66 ± 1,97	11,67 ± 3,23	15,11 ± 4,18	< 0,001	< 0,001	0,004
FFM [kg]	40,41 ± 2,64	42,11 ± 3,21	40,05 ± 4,77	0,005	NS	NS
RL						
FatM [kg]	2,37 ± 0,28	2,83 ± 0,46	3,44 ± 0,63	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFM [kg]	6,84 ± 0,41	7,04 ± 0,57	6,43 ± 0,71	0,046	0,006	0,003
LL						
FatM [kg]	2,31 ± 0,27	2,79 ± 0,45	3,28 ± 0,61	< 0,001	< 0,001	0,004
FFM [kg]	6,71 ± 0,40	6,88 ± 0,55	6,51 ± 0,85	NS	NS	NS
RA						
FatM [kg]	0,38 ± 0,10	0,48 ± 0,15	0,62 ± 0,16	< 0,001	< 0,001	0,007
FFM [kg]	1,90 ± 0,18	2,05 ± 0,21	2,05 ± 0,30	< 0,001	0,013	NS
LA						
FatM [kg]	0,39 ± 0,10	0,51 ± 0,14	0,64 ± 0,20	< 0,001	< 0,001	0,012
FFM [kg]	1,82 ± 0,18	1,99 ± 0,20	2,01 ± 0,30	< 0,001	0,003	NS
TR						
FatM [kg]	3,27 ± 1,28	5,09 ± 2,21	7,15 ± 2,70	< 0,001	< 0,001	0,009
FFM [kg]	23,14 ± 1,60	24,18 ± 1,80	23,08 ± 2,74	0,004	NS	NS

NS – nieistotne statystycznie



Tabela 20. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych kobiet z normatywną masą ciała (wg wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku)

Normatywna masa ciała		F1 (15-25 lat) n = 252	F2 (25-55 lat) n = 97	F3 (55+ lat) n = 57	F1 a F2 p	F1 a F3 p	F2 a F3 p
ogólny skład ciała	FatM [kg]	14,40 ± 3,78	17,87 ± 4,24	23,99 ± 5,85	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	FFM [kg]	43,40 ± 3,63	44,55 ± 4,05	42,57 ± 4,49	0,011	NS	0,006
RL	FatM [kg]	3,16 ± 0,57	3,78 ± 0,59	4,71 ± 0,66	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	FFM [kg]	7,48 ± 0,69	7,51 ± 0,72	7,27 ± 0,81	NS	0,041	NS
LL	FatM [kg]	3,10 ± 0,53	3,69 ± 0,60	4,66 ± 0,72	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	FFM [kg]	7,30 ± 0,63	7,40 ± 0,66	7,15 ± 0,87	NS	NS	0,048
RA	FatM [kg]	0,69 ± 0,19	0,84 ± 0,20	1,12 ± 0,24	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	FFM [kg]	2,06 ± 0,25	2,19 ± 0,25	2,24 ± 0,25	< 0,001	< 0,001	NS
LA	FatM [kg]	0,71 ± 0,19	0,87 ± 0,22	1,17 ± 0,26	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	FFM [kg]	2,03 ± 0,25	2,18 ± 0,25	2,26 ± 0,25	< 0,001	< 0,001	NS
TR	FatM [kg]	6,75 ± 2,47	8,72 ± 2,77	12,35 ± 4,67	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	FFM [kg]	24,54 ± 1,94	25,28 ± 2,31	23,68 ± 3,88	0,003	0,016	0,002

NS – nieistotne statystycznie

Tabela 21. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych kobiet z nadwagą (wg wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku)

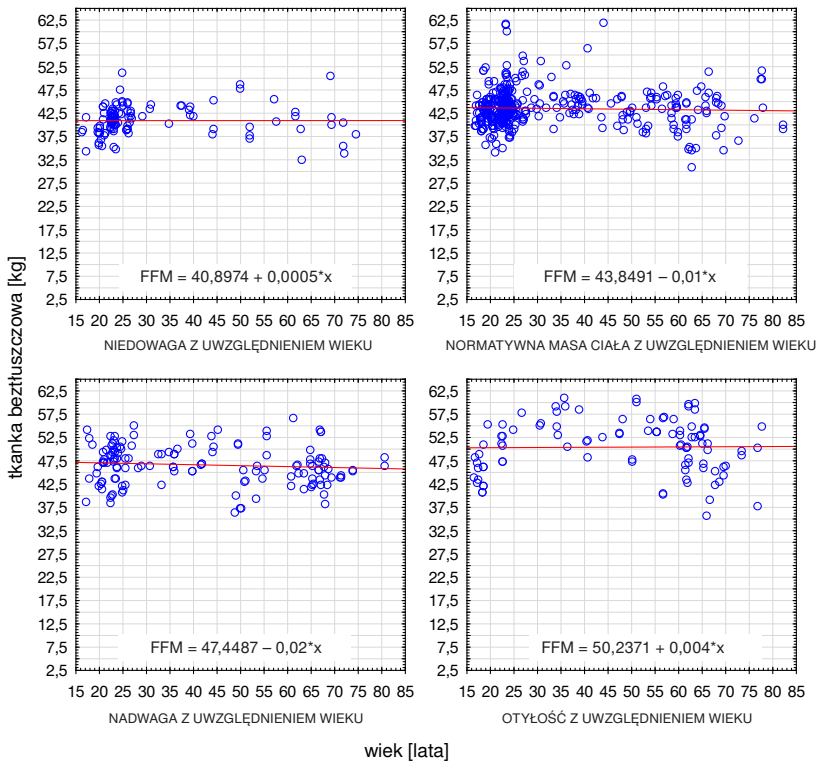
Nadwaga		F1 (15-25 lat)	F2 (25-55 lat)	F3 (55+ lat)	F1 a F2	F1 a F3	F2 a F3
		n = 45	n = 43	n = 48	p	p	p
ogólny skład ciała	FatM [kg]	23,56 ± 4,75	26,38 ± 4,71	31,04 ± 3,91	0,006	< 0,001	< 0,001
	FFM [kg]	46,71 ± 4,29	46,55 ± 4,58	46,55 ± 5,11	NS	NS	NS
RL	FatM [kg]	4,61 ± 0,62	5,10 ± 0,64	6,18 ± 0,68	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	FFM [kg]	8,12 ± 0,81	8,03 ± 0,74	7,71 ± 0,94	NS	0,025	0,076
LL	FatM [kg]	4,48 ± 0,60	4,97 ± 0,72	6,11 ± 0,69	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	FFM [kg]	8,01 ± 0,74	7,96 ± 0,70	7,71 ± 0,87	NS	NS	NS
RA	FatM [kg]	1,23 ± 0,23	1,35 ± 0,21	1,68 ± 0,22	0,013	< 0,001	< 0,001
	FFM [kg]	2,25 ± 0,26	2,34 ± 0,24	2,44 ± 0,30	NS	0,002	NS
LA	FatM [kg]	1,30 ± 0,25	1,44 ± 0,23	1,80 ± 0,25	0,007	< 0,001	< 0,001
	FFM [kg]	2,28 ± 0,27	2,37 ± 0,24	2,51 ± 0,31	NS	< 0,001	0,022
TR	FatM [kg]	11,98 ± 3,24	13,54 ± 3,35	15,30 ± 2,53	0,029	< 0,001	0,005
	FFM [kg]	26,07 ± 2,34	25,85 ± 3,16	26,22 ± 2,83	NS	NS	NS

NS – nieistotne statystycznie

Tabela 22. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych kobiet z otyłością (wg wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku)

Otyłość	F1 (15-25 lat) n = 23	F2 (25-55 lat) n = 25	F3 (55+ lat) n = 51	F1 a F2 p	F1 a F3 p	F2 a F3 p
ogólny skład ciała						
FatM [kg]	30,80 ± 5,81	42,08 ± 5,95	40,00 ± 7,33	< 0,001	< 0,001	NS
FFM [kg]	47,57 ± 4,59	56,15 ± 8,07	49,69 ± 5,83	< 0,001	NS	< 0,001
RL						
FatM [kg]	5,73 ± 0,78	7,82 ± 1,20	8,07 ± 1,42	< 0,001	< 0,001	NS
FFM [kg]	8,43 ± 0,89	9,66 ± 1,43	8,50 ± 0,97	< 0,001	NS	< 0,001
LL						
FatM [kg]	5,63 ± 0,80	7,69 ± 1,14	7,96 ± 1,41	< 0,001	< 0,001	NS
FFM [kg]	8,27 ± 0,86	9,72 ± 1,44	8,52 ± 0,99	< 0,001	NS	< 0,001
RA						
FatM [kg]	1,70 ± 0,36	2,54 ± 0,49	2,51 ± 0,63	< 0,001	< 0,001	NS
FFM [kg]	2,30 ± 0,30	2,92 ± 0,65	2,64 ± 0,31	< 0,001	< 0,001	0,010
LA						
FatM [kg]	1,83 ± 0,40	2,74 ± 0,55	2,73 ± 0,73	< 0,001	< 0,001	NS
FFM [kg]	2,38 ± 0,28	3,07 ± 0,64	2,75 ± 0,32	< 0,001	< 0,001	0,005
TR						
FatM [kg]	15,92 ± 3,68	21,30 ± 3,57	18,75 ± 4,45	< 0,001	0,010	0,015
FFM [kg]	26,20 ± 2,39	30,82 ± 4,11	27,30 ± 4,00	< 0,001	NS	< 0,001

NS – nieistotne statystycznie



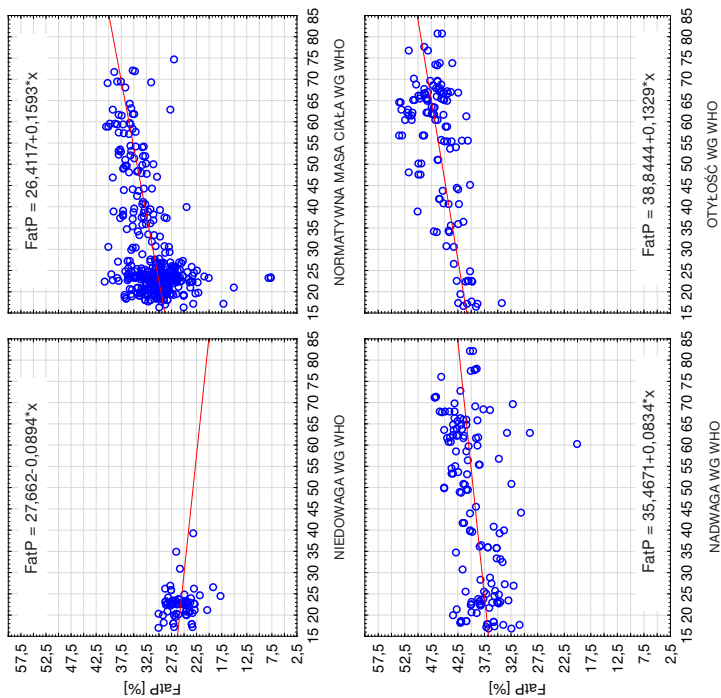
Rycina 18. Rozrzut wartości masy tkanki beztłuszczowej względem wieku dla grup badanych kobiet w zależności od klasyfikacji BMI z uwzględnieniem wieku

Linia trendu masy tkanki beztłuszczowej w przypadku podziału nieprawidłowości masy ciała z uwzględnieniem wieku utrzymywała się na jednym poziomie z wiekiem (ryc. 18). Można było zaobserwować niespełną kilogramową różnicę między ilością tkanki beztłuszczowej u kobiet z niedowagą i normalną masą ciała. W przypadku kobiet z nadwagą odnotowano nieznaczny spadek linii trendu w zakresie rozrzutu wartości masy tkanki tłuszczowej zachodzący z wiekiem.

Zróznicowane są także wykresy rozrzutu i linie trendu w przypadku procentowej ilości tkanki tłuszczowej w poszczególnych segmentach w zależności od przyjętej klasyfikacji (ryc. 19–28).

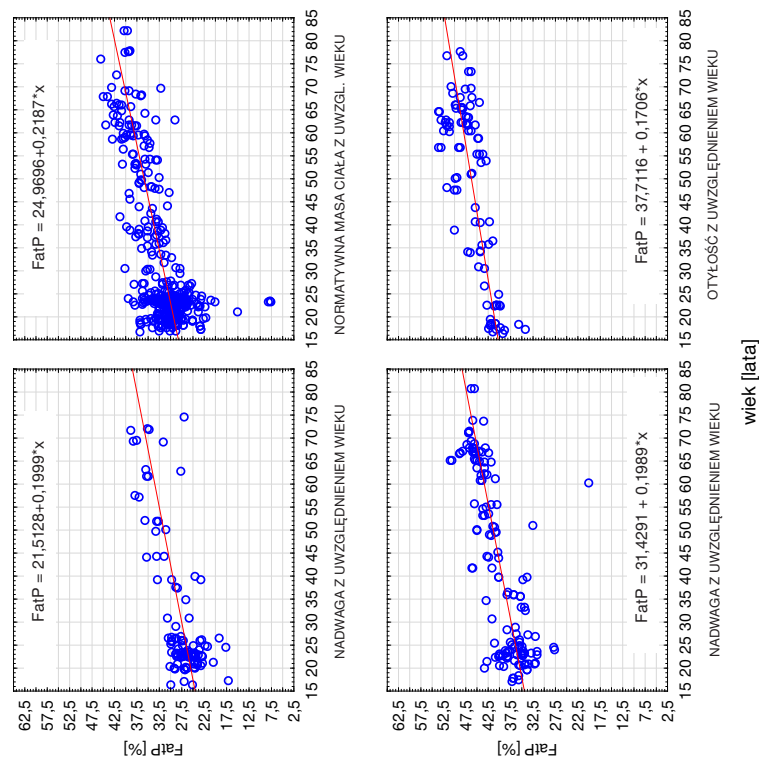
Porównując rozrzut wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej u kobiet z niedowagą, stwierdzono różnice w liczebności grupy w zależności od zastosowanej klasyfikacji nieprawidłowości masy ciała. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej u kobiet z niedowagą klasyfikowaną na podstawie wskaźnika BMI według WHO zgrupowane są w granicach 20.–30. roku życia. W przypadku klasyfikacji BMI z uwzględnieniem wieku niedowaga występowała w każdej grupie wiekowej (ryc. 19–20).

KOŃCZYNA DOLNA PRAWA – KLASYFIKACJA BMI WG WHO



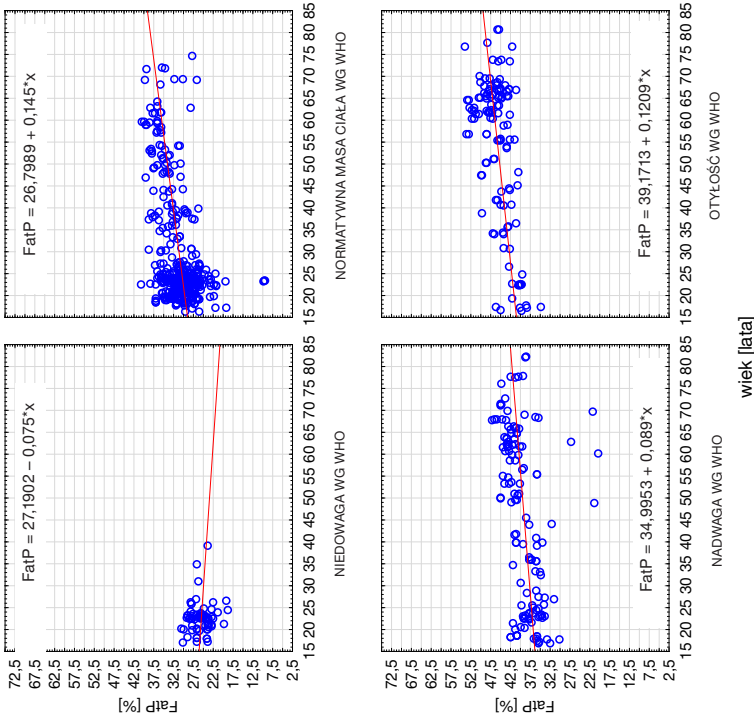
Rycina 19. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny dolnej prawej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI według WHO

KOŃCZYNA DOLNA PRAWA – KLASYFIKACJA BMI Z UWZGLĘDNIENIEM WIEKU



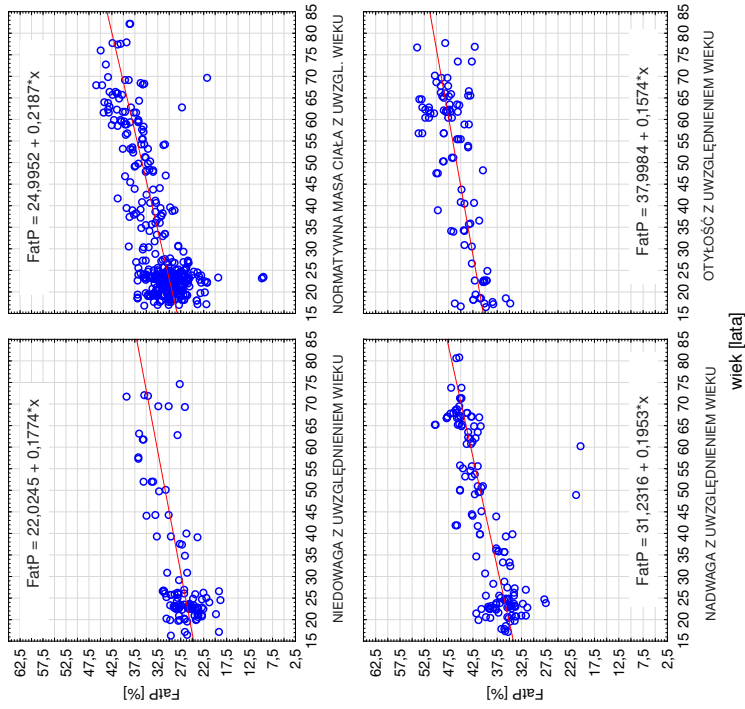
Rycina 20. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny dolnej prawej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI z uwzględnieniem wieku

KOŃCZYNA DOLNA LEWA – KLASYFIKACJA BMI WG WHO



Rycina 21. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny dolnej lewej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI według WHO

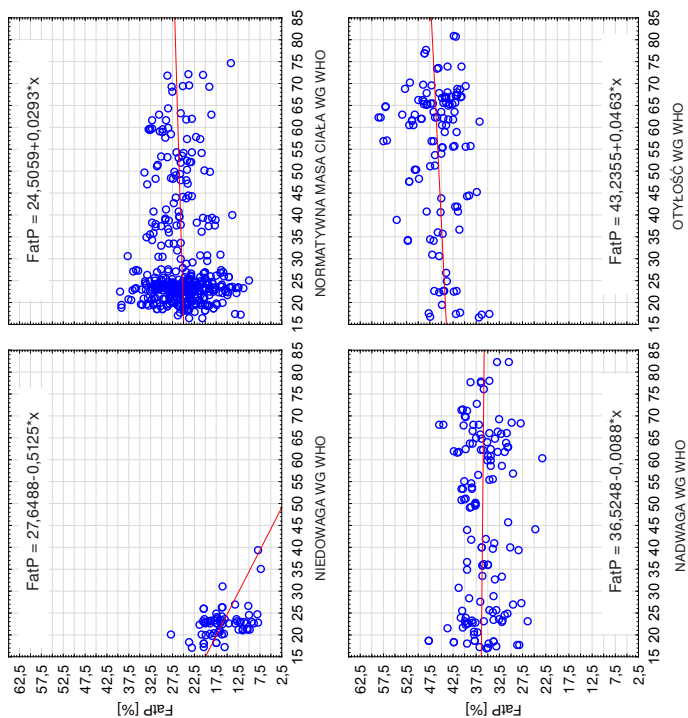
KOŃCZYNA DOLNA LEWA – KLASYFIKACJA BMI Z UWZGLĘDNIENIEM WIEKU



Rycina 22. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny dolnej lewej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI z uwzględnieniem wieku

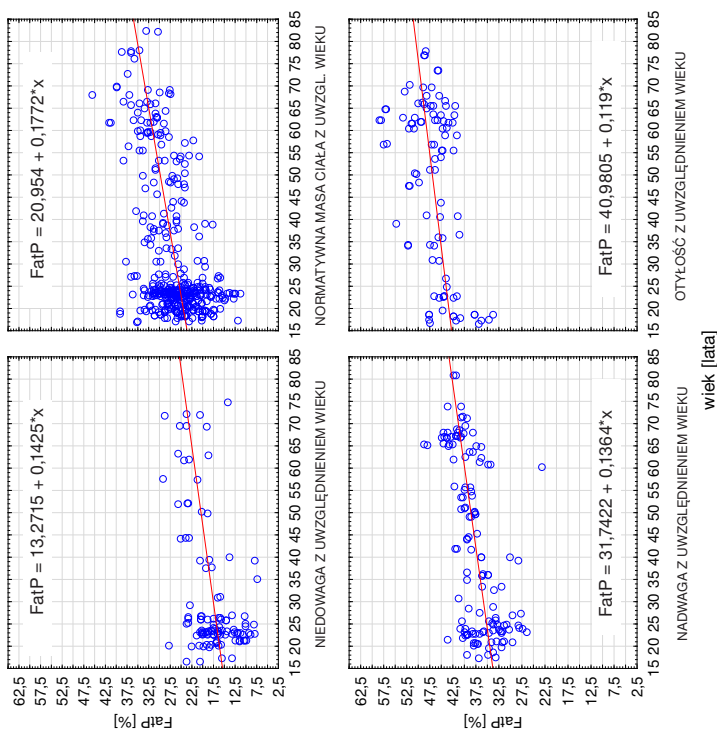


KOŃCZYNA GÓRNA PRAWA – KLASYFIKACJA BMI WG WHO



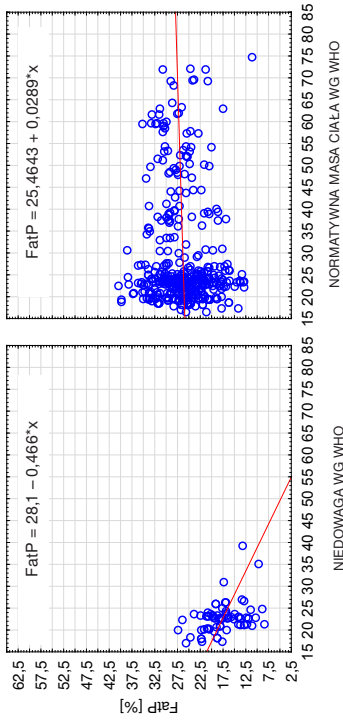
Rycina 23. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny górnej prawej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI według WHO

KOŃCZYNA GÓRNA PRAWA – KLASYFIKACJA BMI Z UWZGLĘDNIENIEM WIEKU



Rycina 24. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny górnej prawej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI z uwzględnieniem wieku

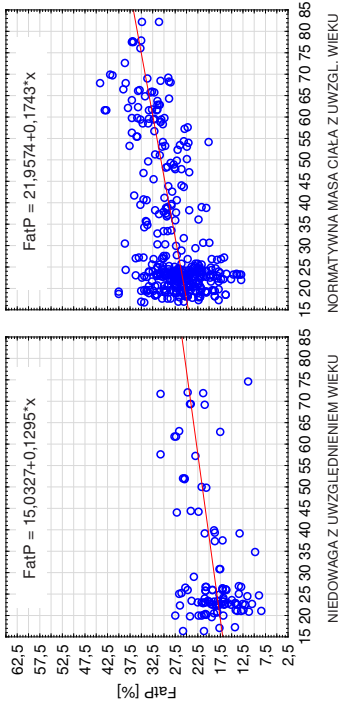
## KOŃCZYNA GÓRNA LEWA – KLASYFIKACJA BMI WG WHO



NIEDOWAGA WG WHO

NORMATYWNA MASA CIAŁA WG WHO

## KOŃCZYNA GÓRNA LEWA – KLASYFIKACJA BMI Z UWZGLĘDNIENIEM WIEKU

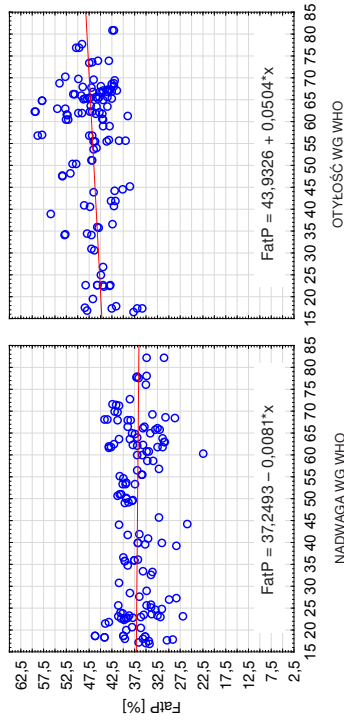


NIEDOWAGA Z UWZGLĘDNIENIEM WIEKU

NORMATYWNA MASA CIAŁA Z UWZGLĘDNIENIEM WIEKU

wiek [lata]

Rycina 25. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny górnej lewej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI według WHO

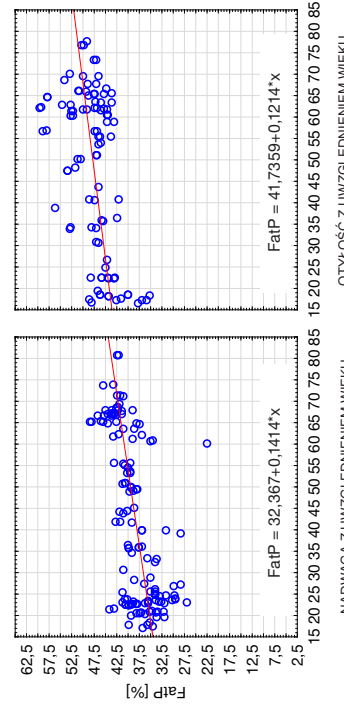


NADWAGA WG WHO

OTYŁOŚĆ WG WHO

wiek [lata]

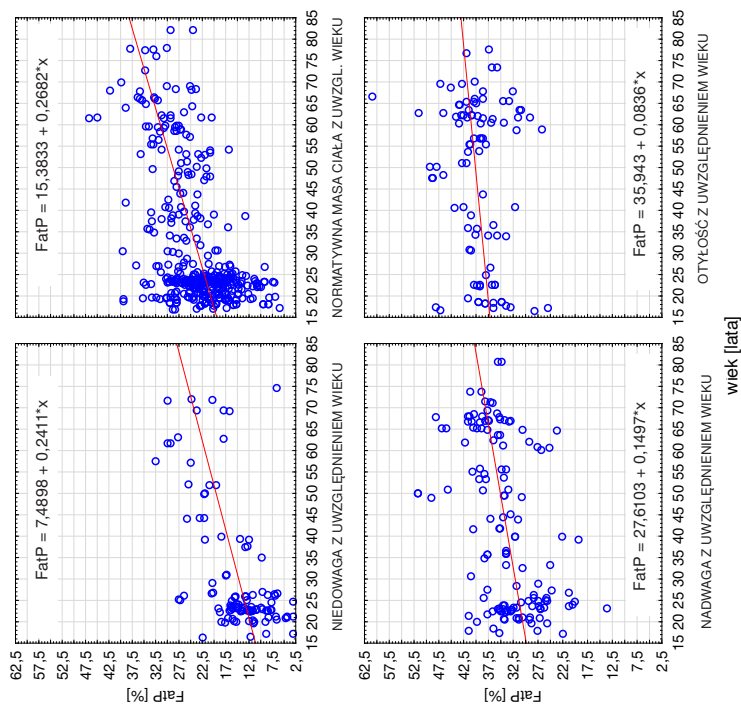
Rycina 26. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny górnej lewej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI z uwzględnieniem wieku



NADWAGA Z UWZGLĘDNIENIEM WIEKU

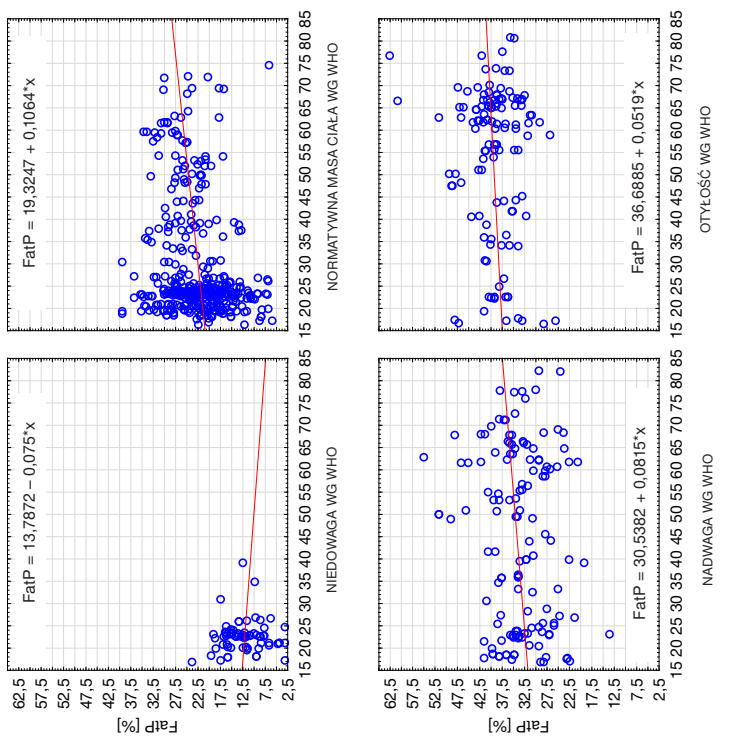
OTYŁOŚĆ Z UWZGLĘDNIENIEM WIEKU

TUŁÓW – KLASYFIKACJA BMI Z UWZGLĘDNIENIEM WIEKU



Rycina 28. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej tułowia badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI z uwzględnieniem wieku

TUŁÓW – KLASYFIKACJA BMI WG WHO



Rycina 27. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej tułowia badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI według WHO

Linia trendu rozrzutu wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej w przypadku klasyfikacji niedowagi opartej na wytycznych WHO wykazywała tendencję spadkową we wszystkich segmentach ciała badanych kobiet. Najsilniejszy spadek można było odnotować w przypadku kończyny górnej prawej (ryc. 23), najmniejszy zaś – tułowia (ryc. 27).

W odniesieniu do normatywnej masy ciała, klasyfikowanej na podstawie wskaźnika BMI według WHO, linie trendu wartości procentowej tkanki tłuszczowej miały tendencję wzrostową w przypadku kończyn dolnych (ryc. 19 i 21), z niewielkim wzrostem w kończynach górnych (ryc. 23 i 25) oraz nieznacznym spadkiem w obrębie tułowia (ryc. 27).

Obserwując linię trendu rozrzutu wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej u kobiet z nadwagą według WHO, zaobserwowano nieznaczny wzrost wartości FatP kończyn dolnych (ryc. 20 i 22) i kończyny górnej prawej (ryc. 23), kończyna górna lewa pozostawała bez zmian (ryc. 25), a wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej tułowia nieznacznie spadły (ryc. 27). U kobiet otyłych linia trendu wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej wykazywała stały, nieznaczny wzrost we wszystkich segmentach ciała. U kobiet z niedowagą, normatywną masą ciała, nadwagą i otyłością klasyfikowanych na podstawie wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku odnotowano równoległe, wzrostowe ułożenie linii trendu rozrzutu procentowej ilości tkanki tłuszczowej segmentów dystalnych (kończyn górnych i dolnych). Linie trendu FatP w obrębie tułowia u kobiet z normatywną masą ciała, nadwagą i otyłością wykazywały tendencję wzrostową zbieżną (najszybszy wzrost występował u kobiet z normatywną masą ciała) (ryc. 28). Wartości rozrzutu, równanie regresji i linie trendu procentowej ilości tkanki tłuszczowej u badanych kobiet w zależności od zastosowanego narzędzia klasyfikacji nieprawidłowości masy ciała przedstawiono na rycinach 19–28.

#### 4.5. WSKAŹNIK TŁUSZCZOWO-BEZTŁUSZCZOWY BADANYCH

Porównując przedstawione różnice w dystrybucji tkanki tłuszczowej w zależności od wieku, stwierdzono niejednoznaczność dotychczas stosowanych metod. W podziale opartym na wskaźniku BMI według klasyfikacji WHO nie bierze się pod uwagę zmian inwolucyjnych zachodzących w procesie ontogenezy. Zaproponowany podział, uwzględniający w ocenie wskaźnik BMI, zmiany zachodzące z wiekiem, nie uzależnia występowania nieprawidłowości masy ciała od istotnych statystycznie zmian komponent składu ciała. Opierając się na istotnych statystycznie korelacjach między wiekiem a BMI a komponentą tłuszczową i beztłuszczową (tab. 22–23), obliczono wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy (FFF) i zastosowano go do oceny masy ciała z uwzględnieniem czynników zależnych – wieku, wskaźnika BMI, FatM, FFM.

Tabela 23. Korelacje ( $r$ ) wartości cech antropometrycznych i komponenty tłuszczowej badanych kobiet

	Grupa G (7–10 lat) $n = 357$		Grupa F (15+ lat) $n = 753$	
	wiek $r$	BMI $r$	wiek $r$	BMI $r$
BMI	0,121*		0,568*	
FatP	0,044	0,861*	0,533*	0,909*#
RL FatP	0,033	0,817*	0,600*	0,895*
LL FatP	0,022	0,866*	0,589*	0,888*
RA FatP	-0,034	0,795*	0,446*	0,917*#
LA FatP	0,008	0,785*	0,445*	0,916*#
TR FatP	0,018	0,794*	0,485*	0,870*

\* – korelacja istotna statystycznie, # – korelacja niemal pełna

W grupie dziewczynek stwierdzono bardzo wysoką, istotną statystycznie, korelację wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej z wartością BMI. W grupie kobiet istotną statystycznie bardzo wysoką i niemal pełną (BMI/FatP, BMI/RA FatP, BMI/LA FatP) korelację odnotowano pomiędzy wartością procentowej ilości tkanki tłuszczowej a wskaźnikiem BMI. Daje to podstawy do stwierdzenia konieczności uzależnienia klasyfikacji nieprawidłowości masy ciała od składu ciała. Wartości korelacji komponenty tłuszczowej w obu grupach w odniesieniu do wskaźnika BMI były zdecydowanie wyższe w porównaniu z korelacją w odniesieniu do wieku (tab. 23).

Porównując zależność masy tkanki tłuszczowej i beztłuszczowej, zauważono bardzo wysoką, istotną statystycznie korelację między tymi komponentami a BMI. Korelacja komponent składu ciała (tłuszczowej i beztłuszczowej) z wiekiem badanych osób była słaba, choć istotna statystycznie (tab. 24). Wynika z tego, że wartość wskaźnika BMI w większym stopniu korelowała z masą tkanki tłuszczowej niż masą tkanki beztłuszczowej. W przypadku dziewczynek zaobserwowano wyższą korelację między wiekiem a masą tkanki beztłuszczowej, co może świadczyć o zmianach wzrostowych zachodzących w procesie rozwoju ontogenetycznego. Wśród kobiet korelacja wieku z masą tkanki tłuszczowej i beztłuszczowej w obrębie kończyn górnych była porównywalna i świadczyła o równomiernym wzroście obu komponent w procesie starzenia się. Stwierdzone wysokie, istotne statystycznie, korelacje między masą tkanki tłuszczowej a masą tkanki beztłuszczowej mogą być podstawą do określenia wskaźnika FFF pomocnego w tworzeniu klasyfikacji nieprawidłowości masy ciała uzależnionej nie tylko od masy i wysokości ciała, ale także od jego komponent.

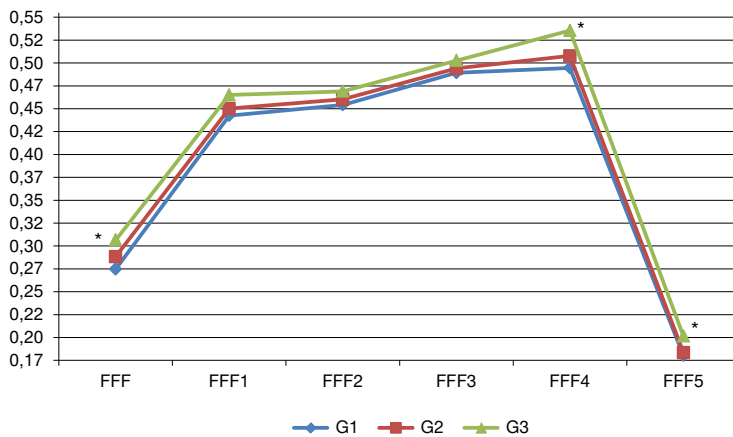
Na podstawie wartości komponent składu ciała obliczono wskaźnik FFF dla poszczególnych segmentów ciała.

Tabela 24. Korelacje ( $r$ ) pomiędzy wiekiem i BMI a segmentowymi komponentami masy ciała badanych

	Grupa G (7–10 lat) $n = 357$		Grupa F (15+ lat) $n = 753$	
	wiek $r$	BMI $r$	wiek $r$	BMI $r$
FatM	0,277*	0,923*#	0,525*	0,934*#
FFM	0,474*	0,724*	0,212*	0,550*
RL FatM	0,346*	0,895*	0,562*	0,955*#
RL FFM	0,471*	0,669*	0,100*	0,532*
LL FatM	0,333*	0,911*#	0,557*	0,950*#
LL FFM	0,478*	0,685*	0,155*	0,585*
RA FatM	0,295*	0,879*	0,489*	0,959*#
RA FFM	0,440*	0,679*	0,449*	0,676*
LA FatM	0,301*	0,890*	0,491*	0,958*#
LA FFM	0,424*	0,716*	0,477*	0,763*
TR FatM	0,196*	0,899*	0,491*	0,895*
TR FFM	0,467*	0,747*	0,223*	0,490*

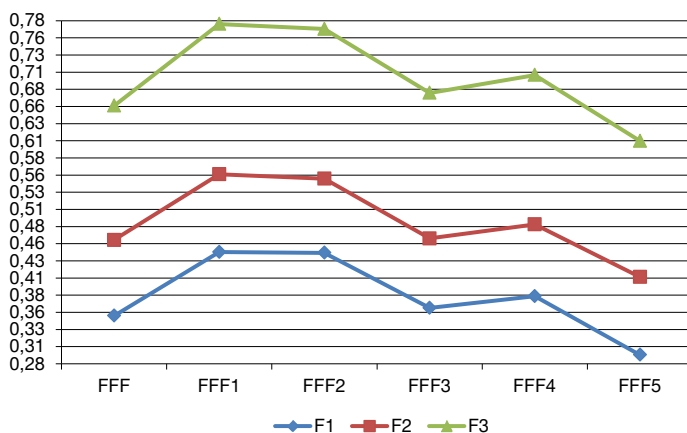
\* – korelacja istotna statystycznie, # – korelacja niemal pełna

Wartość wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego zmienia się w zależności od wieku, masy ciała oraz proporcji komponent jego składu. W grupie badanych poniżej 10. roku życia zaobserwowano asymetryczność wskaźnika w zakresie kończyny górnej dominującej. Był on niższy od strony niedominującej (lewej), co wskazuje na większą ilość tkanki beztłuszczowej (ryc. 29). W grupie dziewczynek istotne statystycznie różnice dotyczyły jedynie wskaźników określonych



\* – różnice istotne statystycznie między G1 i G3

Rycina 29. Ogólny i segmentowy wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy (FFF) badanych dziewczynek w zależności od wieku



Rycina 30. Ogólny i segmentowy wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy (FFF) badanych kobiet w zależności od wieku

Tabela 25. Porównanie wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) badanych kobiet w zależności od wieku

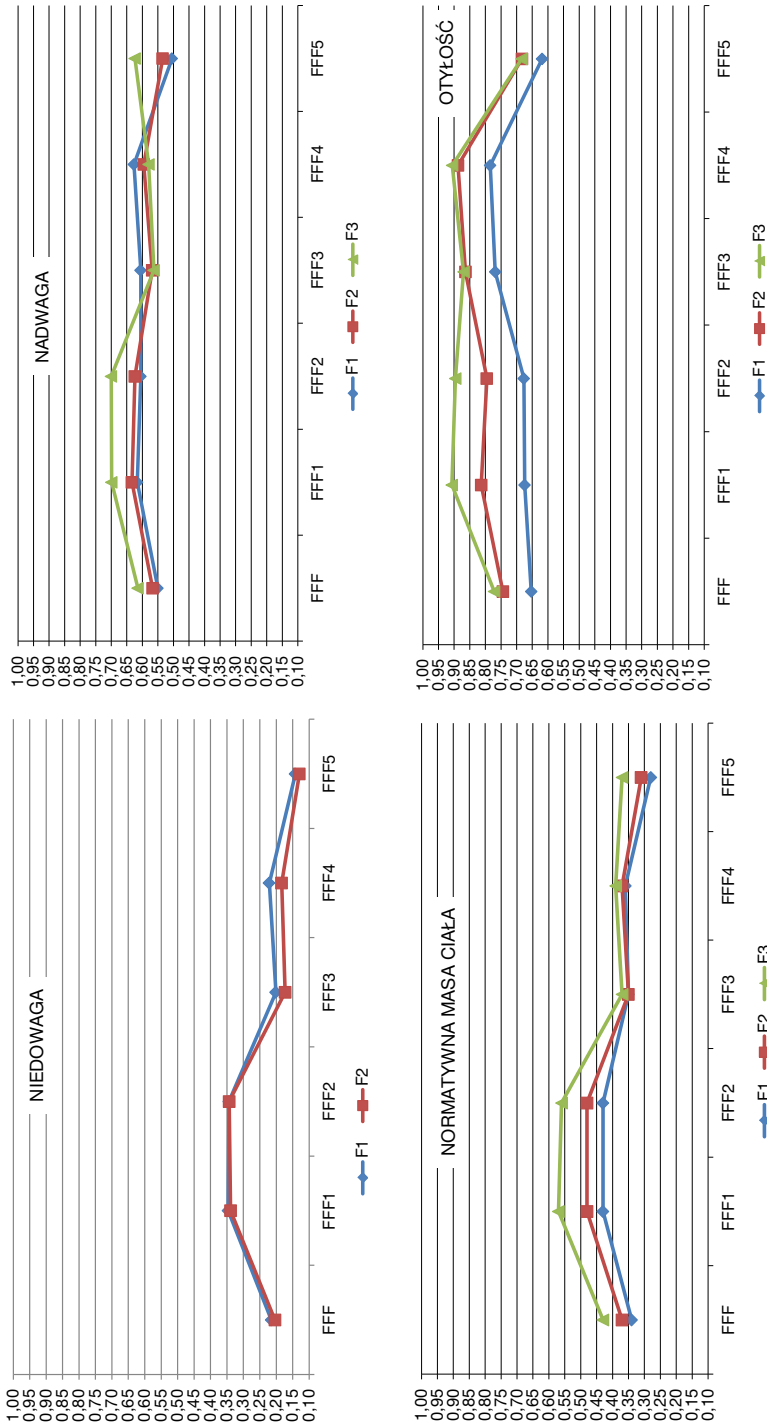
	F1 a F2	F1 a F3	F2 a F3
	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
FFF [ogólny]	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFF1 [RL]	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFF2 [LL]	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFF3 [RA]	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFF4 [LA]	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFF5 [TR]	< 0,001	< 0,001	< 0,001

dla najmłodszych i najstarszych. Świadczyć to może o zmianach przygotowujących organizm dziecka do okresu pokwitania

Wśród kobiet odnotowano wzrost wskaźnika FFF wraz z wiekiem, jednocześnie wzrost ten nie był równomierny – różnice między grupami wiekowymi wynosiły odpowiednio 0,12 i 0,19 (ryc. 30). Obliczone wskaźniki różniły się istotnie statystycznie w grupie kobiet w zależności od wieku (tab. 25). Im osoby badane były starsze, tym wskaźnik był wyższy. Świadczy to o zwiększaniu się ilości tkanki tłuszczowej przy nieznacznie zmieniającej się komponente beztłuszczowej.

Wskaźnik FFF oznaczony u kobiet z niedowagą wskazywał na przyrost tkanki tłuszczowej wraz z wiekiem (ryc. 31). Stosując podział BMI uwzględniający wiek badanych, stwierdzono, że obserwowane zmiany wskaźnika FFF były istotne statystycznie i wskazywały na potrzebę stosowania klasyfikacji wiekowej do określenia niedowagi.





Rycina 31. Zmiany wskaźnika tłuszczowo-beztuszczowego (FFF) badanych kobiet w zależności od wieku i klasyfikacji BMI według WHO

Zastosowanie wskaźnika FFF z podziałem na grupy nieprawidłowości masy ciała z uwzględnieniem wieku pozwoliło wykazać istotne statystycznie różnice między poszczególnymi grupami. Najbardziej były one widoczne w grupach z niedowagą i normatywną masą ciała, w których różnice dotyczyły każdego segmentu ciała (tab. 26AB). W grupach badanych z nadwagą wraz z wiekiem zanikała różnica w obrębie tułowia (tab. 26C). W przypadku otyłości zmiany istotne statystycznie nie zachodziły między grupą F2 (kobiety w wieku 25–55 lat) i F3 (kobiety w wieku 55+ lat) pod względem wskaźnika ogólnego oraz dotyczącego kończyn górnych i tułowia, a także między grupami F1 (kobiety w wieku 15–25 lat) i F2 w odniesieniu do tułowia (tab. 26D).

W przypadku klasyfikacji zgodnej z WHO zmiany wskaźnika FFF wraz z wiekiem były niejednoznaczne i zróżnicowane.

Uwzględniając wartości brzegowe uzyskane w badanej grupie oraz klasyfikację procentowej ilości tkanki tłuszczowej dla danego wieku (wartości referencyjne zgodne z oprogramowaniem GMON V3.1.5 dla analizatora składu ciała BC-418 MA firmy Tanita), opracowano skalę klasyfikacji masy ciała na podstawie wskaźnika FFF.

Biorąc pod uwagę wyniki przedstawionych badań, można wyciągnąć następujące wnioski:

- Wskaźnik BMI badanych kobiet zmieniał się istotnie statystycznie w procesie ontogenezy.
- Zastosowana klasyfikacja WHO, która nie uwzględnia zmian zachodzących w organizmie człowieka, powoduje statystyczne podwyższenie odsetka kobiet z nadwagą i otyłością po 25. roku życia. Wśród badanych kobiet w wieku 55+ ( $n = 170$ ) blisko 50% miało stwierdzoną otyłość według klasyfikacji WHO. Jeśli przyjąć zmiany wysokości ciała oraz klasyfikację BMI uwzględniającą wiek, w tej samej grupie osób otyłych będzie ich tylko 30%. Wśród kobiet w wieku 25–55 lat najistotniejsza zmiana pojawiła się w przypadku niedowagi: odpowiednio 4,5% (wg WHO) i 8% (zgodnie z klasyfikacją uwzględniającą wiek). W obu tych grupach wiekowych odsetek osób z normatywną masą ciała, z uwzględnieniem wieku w klasyfikacji BMI, wzrastał o 9% (grupa 25–55 lat) i 15% (grupa 55+).
- Wraz z rozwojem osobniczym zmieniała się dystrybucja tkanki tłuszczowej. U kobiet z normatywną masą ciała obserwowano równomierny przyrost komponenty tłuszczowej i beztłuszczowej. W przypadku nadwagi i otyłości przyrost masy następował obwodowo.
- Rozmieszczenie tkanki tłuszczowej zmieniało się wraz z klasyfikacją BMI – u osób z niedowagą komponenta tłuszczowa gromadziła się głównie w obrębie kończyn dolnych i stanowiła 160% w stosunku do ogólnej tkanki tłuszczowej, u osób z otyłością – średnio 113%, przyjmując za 100% ogólną masę tkanki tłuszczowej oznaczoną dla całego organizmu.
- Wraz z rozwojem ontogenetycznym, a także wzrostem masy ciała następowała zmiana proporcji komponent składu ciała.

Tabela 26. Porównanie istotności statystycznej wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) między grupami wiekowymi w zależności od przyjętej klasyfikacji BMI (A – niedowaga, B – normatywna masa ciała, C – nadwaga, D – otyłość)

A

	Niedowaga wg WHO			Niedowaga z uwzględnieniem wieku			
	F1 a F2	F1 a F3	F2 a F3	F1 a F2	F1 a F3	F2 a F3	
	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	
FFF	NS			< 0,001	< 0,001	< 0,001	
FFF1	NS			< 0,001	< 0,001	< 0,001	
FFF2	NS	w grupie F3 nie stwierdzono			< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFF3	NS	niedowagi			0,025	< 0,001	0,007
FFF4	NS			0,016	< 0,001	0,014	
FFF5	NS			< 0,001	< 0,001	0,002	

B

	Normatywna masa ciała wg WHO			Normatywna masa ciała z uwzględnieniem wieku		
	F1 a F2	F1 a F3	F2 a F3	F1 a F2	F1 a F3	F2 a F3
	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
FFF	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFF1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFF2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFF3	NS	NS	NS	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFF4	NS	NS	NS	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFF5	0,011	< 0,001	0,014	< 0,001	< 0,001	< 0,001

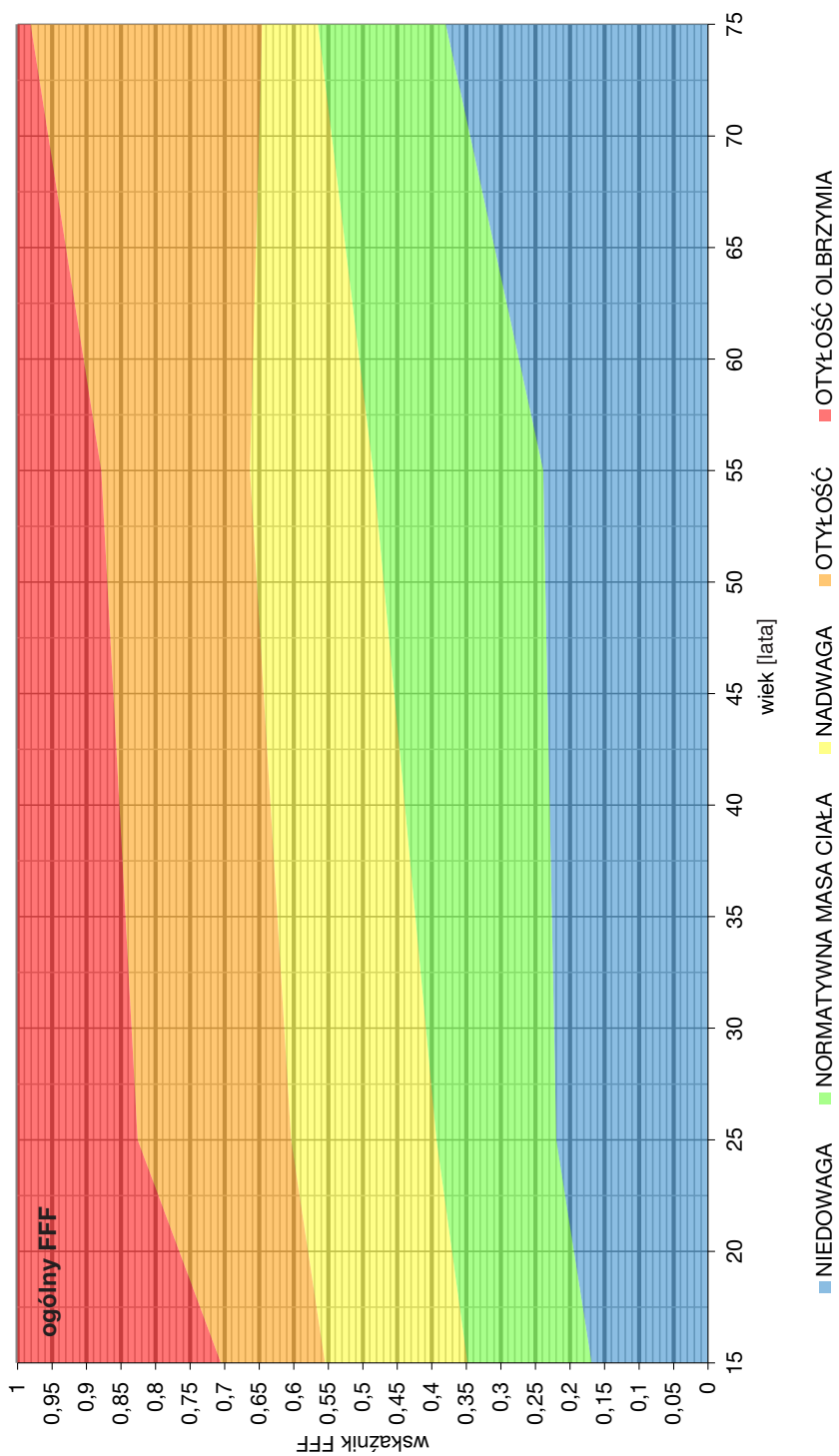
C

	Nadwaga wg WHO			Nadwaga z uwzględnieniem wieku		
	F1 a F2	F1 a F3	F2 a F3	F1 a F2	F1 a F3	F2 a F3
	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
FFF	NS	0,042	NS	0,005	< 0,001	< 0,001
FFF1	NS	< 0,001	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFF2	NS	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFF3	NS	NS	NS	NS	< 0,001	< 0,001
FFF4	NS	NS	NS	0,049	< 0,001	< 0,001
FFF5	NS	NS	NS	0,018	< 0,001	NS

D

	Otyłość wg WHO			Otyłość z uwzględnieniem wieku		
	F1 a F2	F1 a F3	F2 a F3	F1 a F2	F1 a F3	F2 a F3
	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
FFF	0,039	0,011	NS	0,001	< 0,001	NS
FFF1	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFF2	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
FFF3	NS	NS	NS	0,001	< 0,001	NS
FFF4	NS	0,034	NS	0,002	< 0,001	NS
FFF5	NS	NS	NS	0,022	NS	NS

NS – nieistotne statystycznie



Rycina 32. Siatka centylowa dla ogólnego wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) badanych kobiet w zależności od wieku

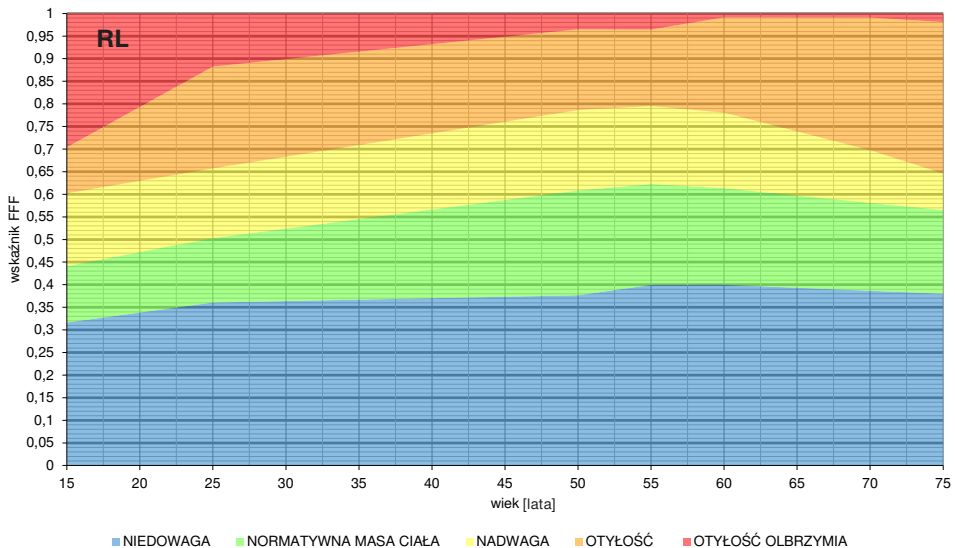
Biorąc pod uwagę wyciągnięte z badań wnioski, posłużono się wieloczynnikowym regresyjnym narzędziem matematycznym w celu określenia zakresów wskaźnika FFF do oceny masy ciała. Opracowano podział grupy badanej z uwzględnieniem algorytmu Steinhausa (Pilawski 1998). Zastosowany podział nie uwzględnia dziewczynek, gdyż dla tej grupy wiekowej istnieją siatki centylowe dla BMI dostosowane do wieku badanych. Wykorzystując przedstawiony podział, opracowano „siatki” dla wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego – uwzględniające wiek badanego, jego BMI oraz procentową ilość tkanki tłuszczowej.

W celu odczytania klasyfikacji należy się posłużyć wartością ogólnego wskaźnika (FFF – oś rzędnych) i wiekiem osoby badanej (metrykalnym – oś odciętych) (ryc. 32).

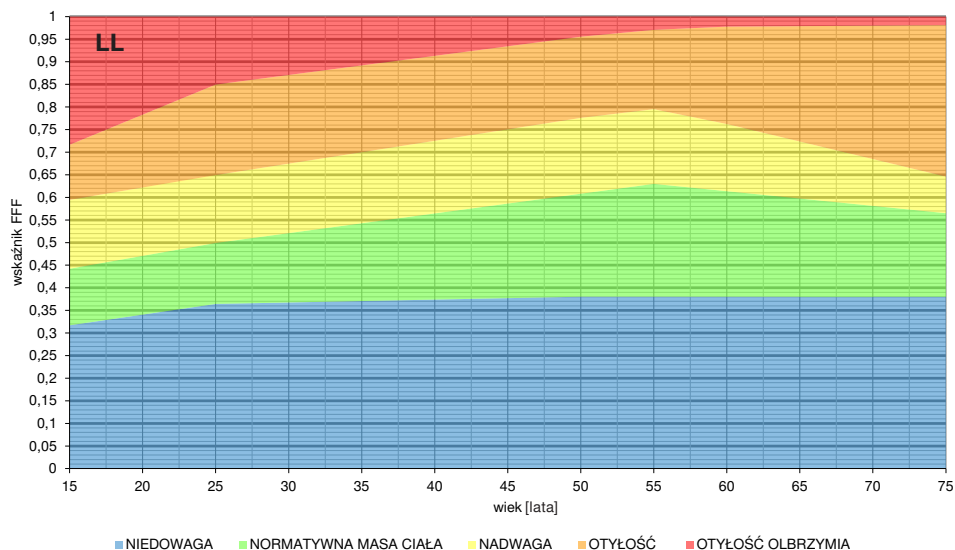
Zastosowanie ogólnego wskaźnika FFF pozwoli określić występowanie nieprawidłowości masy ciała w zależności od wieku. Może być on użyty w badaniach przesiewowych do ogólnej klasyfikacji. Jednak w przypadku działań profilaktycznych wskazana jest pełna diagnostyka w celu oszacowania i zlokalizowania nieprawidłowości w dystrybucji tkanki tłuszczowej.

Na podstawie przeprowadzonych badań opracowano siatki centylowe dla segmentowych wskaźników tłuszczowo-beztłuszczowych (ryc. 33–37).

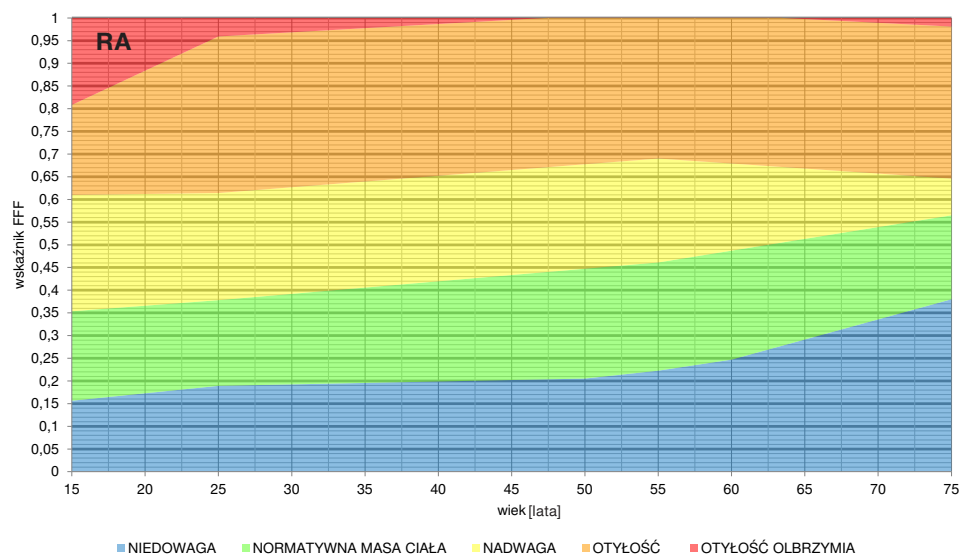
Za pomocą wskaźnika FFF można określić zmiany dystrybucji tkanki tłuszczowej w zależności od wieku i wskaźnika BMI. Korzystając z siatek centylowych dla ogólnego wskaźnika FFF, można stwierdzić występowanie nieprawidłowości



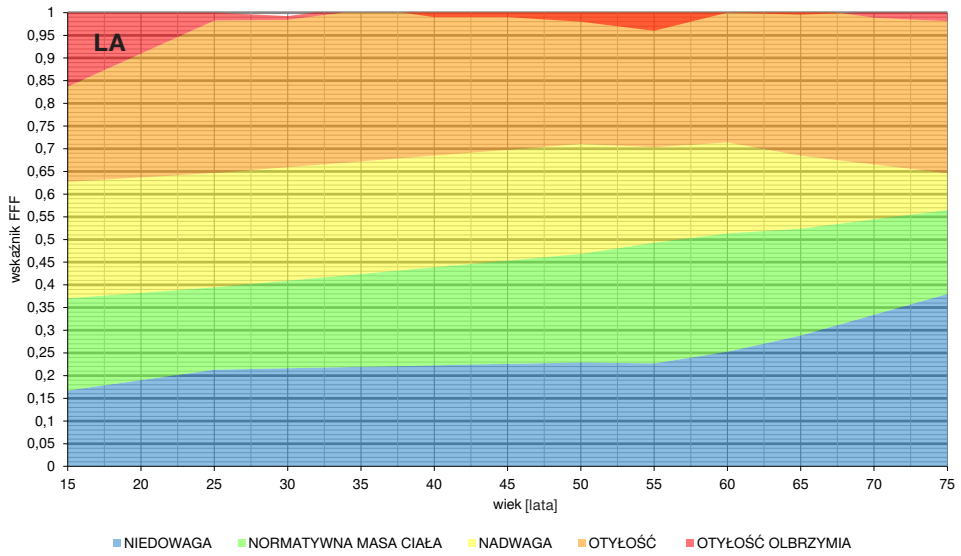
Rycina 33. Siatki centylowe dla wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego kończyny dolnej prawej (FFF1) badanych kobiet w zależności od wieku



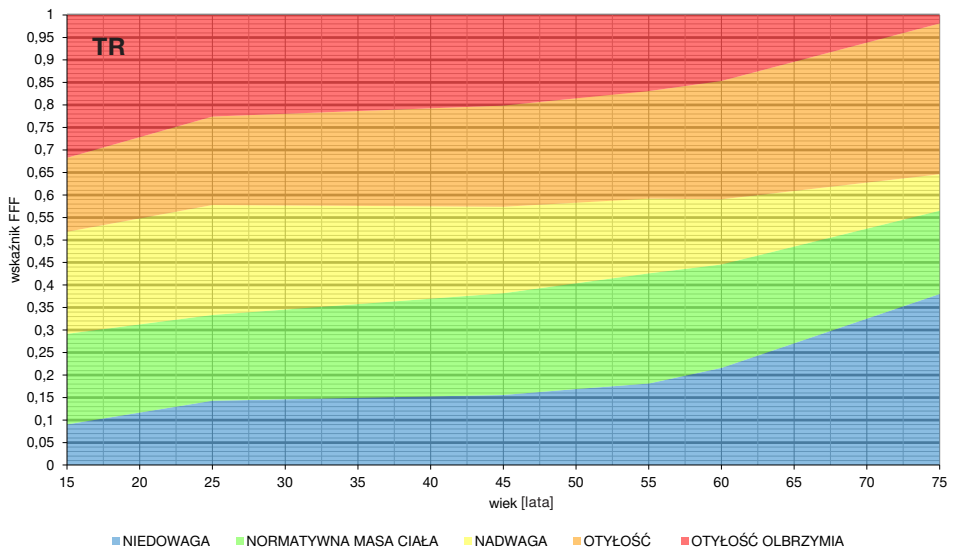
Rycina 34. Siatki centylowe dla wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego kończyny dolnej lewej (FFF2) badanych kobiet w zależności od wieku



Rycina 35. Siatki centylowe dla wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego kończyny górnej prawej (FFF3) badanych kobiet w zależności od wieku



Rycina 36. Siatki centylowe dla wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego kończyny górnej lewej (FFF4) badanych kobiet w zależności od wieku



Rycina 37. Siatki centylowe dla wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego tułowia (FFF5) badanych kobiet w zależności od wieku



wości masy ciała. W celu pełnej diagnostyki, ukierunkowanej na terapię, niezbędne jest oszacowanie dystrybucji tkanki tłuszczowej. Stosowanie siatek centylowych dla segmentowego wskaźnika FFF wymaga precyzji. Aby usprawnić diagnostykę, zaproponowano ujęcie segmentowego wskaźnika FFF w zależności od wskaźnika ogólnego. Do oceny zależności posłużono się wzorem:

$$\%FFF(N) = \frac{FFF(N)}{FFF} \cdot 100,$$

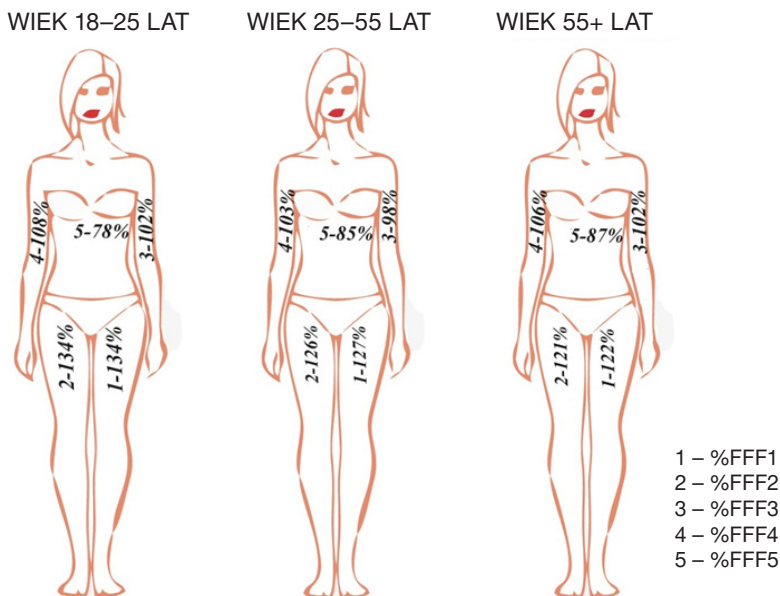
gdzie:

N = 1–5 wskaźnik dla poszczególnego segmentu ciała:

- 1 – kończyna dolna prawa (FFF1),
- 2 – kończyna dolna lewa (FFF2),
- 3 – kończyna górna prawa (FFF3),
- 4 – kończyna górna lewa (FFF4),
- 5 – tułów (FFF5).

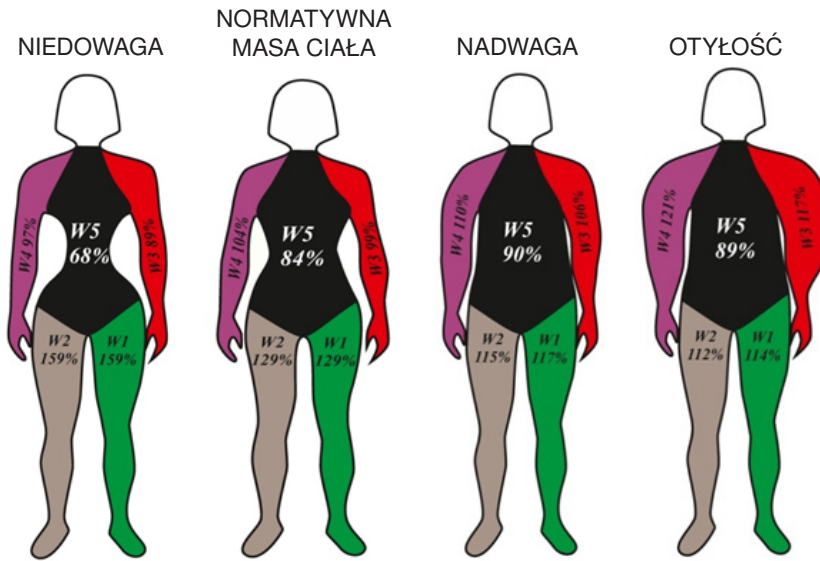
Równanie 4. Wzór na porównanie segmentowego wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego z ogólnym (FFF)

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono zmiany dystrybucji tkanki tłuszczowej w zależności od wieku badanych. Dotyczą one przede wszystkim ilości tkanki tłuszczowej w obrębie kończyn dolnych. Zwiększyło się także otłuszczenie kończyn górnych (ryc. 38).

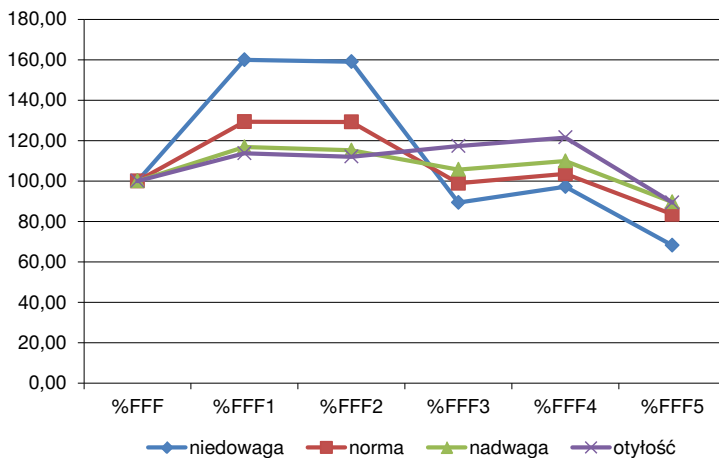


Rycina 38. Dystrybucja tkanki tłuszczowej w zależności od wieku (opracowanie własne)

Badania pozwoliły również na odnotowanie zmian segmentowych dystrybucji tkanki tłuszczowej w zależności od wskaźnika BMI. U kobiet, u których wskaźnik ten wskazywał na niedowagę, tkanka tłuszczowa umiejscowiona była przede wszystkim w obrębie kończyn dolnych (160% w porównaniu z tkanką tłuszczową ogólną). Wraz ze wzrostem wskaźnika BMI zaobserwowano obni-



Rycina 39. Dystrybucja tkanki tłuszczowej w zależności od nieprawidłowości masy ciała badanych kobiet: W1 – %FFF1, W2 – %FFF2, W3 – %FFF3, W4 – %FFF4, W5 – %FFF5 (opracowanie własne)



Rycina 40. Procentowy wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy (%FFF) w zależności od klasyfikacji masy ciała badanych

Tabela 27. Różnice procentowego wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (%FFF) w zależności od wieku i nieprawidłowości masy ciała badanych kobiet

	F1 a F2 <i>p</i>	F1 a F3 <i>p</i>	F2 a F3 <i>p</i>	F1 a F2 <i>p</i>	F1 a F3 <i>p</i>	F2 a F3 <i>p</i>
	niedowaga			normatywna masa ciała		
%FFF1	0,011	0,045	NS	NS	< 0,001	0,018
%FFF2	0,029	0,009	NS	0,041	< 0,001	NS
%FFF3	0,028	0,017	NS	< 0,001	< 0,001	0,025
%FFF4	0,024	0,001	NS	< 0,001	< 0,001	0,008
%FFF5	0,002	< 0,001	NS	0,005	< 0,001	0,008
	nadwaga			otyłość		
%FFF1	NS	0,038	0,019	NS	0,002	0,003
%FFF2	NS	0,025	0,030	NS	0,003	0,002
%FFF3	0,007	0,002	NS	NS	NS	NS
%FFF4	0,021	0,002	NS	NS	NS	NS
%FFF5	NS	NS	0,033	NS	NS	NS

NS – nieistotnie statystycznie

żanie się procentowego wskaźnika FFF. Warto zauważyć, że w procentowym ujęciu %FFF w obrębie tułowia nie wykazano istotnych statystycznie różnic zachodzących podczas wzrostu masy ciała. Świadczy to o równomiernym wzroście komponenty tłuszczowej i beztłuszczowej. W zakresie kończyn górnych odnotowano przewagę wzrostu tkanki tłuszczowej nad beztłuszczową (ryc. 39).

Zmiany wskaźnika FFF, a co za tym idzie, dystrybucji tkanki tłuszczowej, zachodziły nie tylko w zależności od przyrostu masy ciała, ale także w procesie rozwoju ontogenetycznego (ryc. 40).

Największe i najistotniejsze różnice w dystrybucji tkanki tłuszczowej zauważono między kobietami z normatywną masą ciała w wieku 25–55 lat a badanymi w wieku 55+ lat (tab. 27). Najmniej zmian zaobserwowano w przypadku badanych z otyłością, u których różnice dotyczyły jedynie wskaźnika ogólnego (%FFF) oraz wskaźnika dla kończyny dolnej prawej (%FFF2).

## 5. DYSKUSJA

Określając problem nieprawidłowości masy ciała, najczęściej powołujemy się na wskazania Światowej Organizacji Zdrowia z lat 1995–2015. Dokonuje ona regularnie populacyjnej oceny stanu zdrowia, w tym także masy ciała. Opracowuje ogólne standardy wykorzystywane do globalnej charakterystyki problemu nieprawidłowości masy ciała. Opierając się na wynikach przedstawionych w raportach o stanie zdrowia ludności różnych krajów, można zauważyć znaczną rozbieżność w liczebności osób z problemem nadwagi i otyłości. Wykorzystanie zaproponowanej przez WHO (2000a, 2004) klasyfikacji BMI pozwala zauważyć, że aż 80% mieszkańców płci żeńskiej Tonga i Samoa ma otyłość, czyli wartość wskaźnika BMI przekraczającą  $30 \text{ kg/m}^2$ , a 50% kwalifikuje się do operacyjnego leczenia otyłości. Jednocześnie, posługując się tym samym narzędziem, badacze stwierdzają, że problem otyłości nie występuje w ogóle w Wietnamie. Różnice te wynikają z cech charakterystycznych dla osób rdzennie zamieszkujących dany rejon świata. Nie można porównywać mieszkańców Grenlandii przystosowanych do życia w zimnym klimacie z mieszkańcami centralnej Afryki, gdyż uwarunkowania geograficzne terenów, jakie zamieszkują, doprowadziły do przystosowania się organizmu do warunków zewnętrznych poprzez optymalizację budowy i proporcji komponent ich składu ciała. Nie tylko obszar geograficzny, z którego pochodzi badany, ma wpływ na ocenę masy ciała. Także jakość życia, jego standard oraz warunki socjalno-bytowe wpływają na możliwość wystąpienia nadwagi i otyłości. Największy odsetek osób z nadwagą i otyłością wywołaną nieprawidłowym stylem życia odnotowuje się w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. Według Mikoś i wsp. (2010) w latach 2007–2008 w USA było aż 73% osób z ponadnormatywną masą ciała, a liczba ta, w porównaniu z latami osiemdziesiątymi XX wieku, podwoiła się. Wśród dzieci w wieku 6–11 lat problem ten narasta dynamiczniej: z 6,5% do 19,5% w porównywalnym przedziale czasu (Mikoś i wsp. 2010). Przytoczone wielkości oparte zostały na klasyfikacji WHO, a co za tym idzie, nie uwzględniają wieku badanych osób, zwłaszcza w przypadku dorosłych. Wśród dzieci zastosowano siatki centyłowe dla wieku, dlatego dane są bardziej precyzyjne. Nie wszyscy autorzy zgadzają się ze stosowaniem siatek centyłowych, gdyż zostały oparte na ogólnej masie ciała i nie wzięto w nich pod uwagę wartości tkanki tłuszczowej. Tomaszewski i wsp. (2013) zaobserwowali, iż 44% badanych dziewczynek pomimo prawidłowego wskaźnika BMI miało nieprawidłowy skład ciała, a komponenta tłuszczowa wskazywała na nadwagę. Pod znakiem zapytania pozostają także same siatki centyłowe wykorzystywane do badań. W niniejszej pracy zastosowano narzędzia opracowane dla poszczególnych województw (projekt OLAF) w celu oceny badanych dziewczynek na tle populacji jak najbardziej adekwatnej do ich miejsca zamieszkania (Kułaga i wsp. 2010, 2011).

Obecnie problematyczne staje się nie tylko zwiększanie się odsetka osób z nadmierną masą ciała, ale także ich diagnozowanie. Według Stupnickiego (2015) stosowanie surowych wartości BMI nie odzwierciedla w pełni problemu nadwagi i otyłości. W swojej pracy podkreśla on rolę komponenty tłuszczowej w szacowaniu prawidłowości masy ciała. Według autora masa ciała determinowana jest między innymi czynnikami środowiskowymi i składa się z części fizjologicznej oraz tzw. balastowej. Pierwsza składowa zależy od czynników genetycznych, podobnie jak wysokość ciała, druga zaś wpływa na możliwość wystąpienia nadwagi i otyłości; na niej powinny być oparte wskaźniki klasyfikujące nieprawidłowości masy ciała (Stupnicki 2015). Pomimo licznych uwag na temat stosowania BMI do klasyfikacji nadwagi i otyłości jest to metoda najczęściej używana. Wynika to z opracowanych standardów dla płci i uogólnień stosowanych przez WHO. Według badań przeprowadzonych przez tę organizację na populacji polskiej w latach 2000–2001 w Polsce było 20% kobiet z otyłością (BMI > 30). Odsetek ten jest średnio wysoki przy niespełna 50% kobiet z podwyższoną masą ciała. Jednak, jeśli przyjrzymy się rozkładowi procentowemu dla danego wieku, zauważymy (tab. 28), że w grupie najstarszej około 40% badanych ma otyłość, czyli dwukrotnie więcej niż wynosi średnia, zaś 73% przekracza normatywną masę ciała. W przypadku grupy najmłodszych (19–29 lat) badanych kobiet z BMI > 25 odsetek ten kształtuje się odpowiednio na poziomie 3,4% i 15% (WHO 2015).

Podobne wyniki uzyskano w niniejszej pracy. Klasyfikując ponad 700 kobiet według WHO, odnotowano, że w najmłodszej grupie jedynie 14% (F1 – 53 osoby z 383) miało ponadnormatywną masę ciała, zaś po 55. roku życia liczba ta wzrastała do 82% (F3 – odpowiednio 140/170). Jak widać na podstawie przeprowadzonych badań, grupa ta powiększyła się sześciokrotnie. Uzyskana różnica nie może wynikać jedynie z nieprawidłowego stylu życia, a szczególnie z obniżonej aktywności fizycznej i niewłaściwej diety. Z jednej strony dla przedziału wiekowego 19–29 lat otyłość jest problemem marginalnym (4,2%), z drugiej zaś (grupa starsza) normatywna masa ciała staje się rzadkością (17,6%), nie wspominając już o osobach z niedowagą, które w ogóle nie są wyodrębniane w powyższej grupie. Jednocześnie poszerzając diagnostykę o skład ciała, zaobserwować można, iż w młodszej grupie kobiet z ponadnormatywną ilością tkanki tłuszczowej było znacznie więcej, niż wskazywałyby na to wskaźnik BMI. Podobne wyniki otrzymali w swoich badaniach Nevill i wsp. (2010), którzy zaobserwowali u kobiet w wieku 24,8–31,7 roku, że wskaźnik BMI nie różnicuje otyłości, zwłaszcza wśród osób czynnie uprawiających sport.

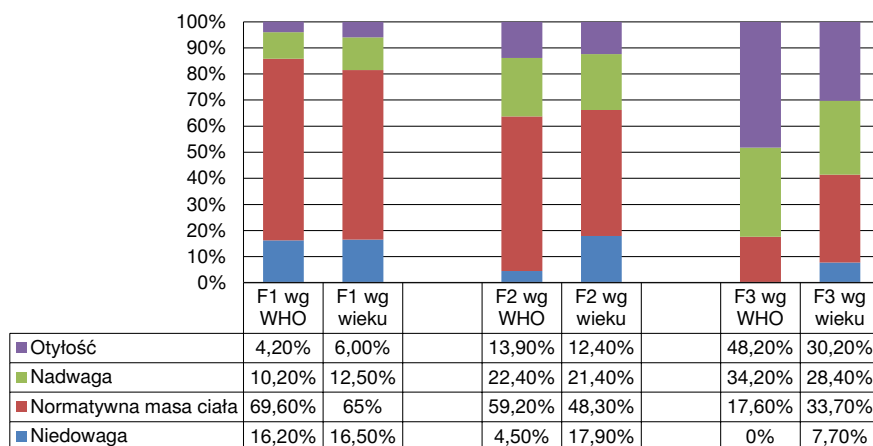
Wybór wskaźnika BMI do oceny masy ciała podyktowany był jego wysoką korelacją z komponentą tłuszczową. Trudności w interpretacji zaczynają się w przypadku osób „niestandardowych”, takich jak sportowcy, osoby starsze, otyłe, z tak zwanym androidalnym typem budowy, dzieci itp. Zaproponowana

Tabela 28. Procentowa liczba kobiet w populacji polskiej w zależności od klasyfikacji BMI na podstawie klasyfikacji WHO (Ostrowska 2013, zmodyfikowana)

Lata	Zakres wieku badanych [lata]	Wskaźnik BMI			
		% < 18,5	% 18,5–24,99	% > 24,99	
				25,0–29,99	≥ 30
2011–2013	19–29	11,0	73	14,7	
				11,3	3,7
	30–39	4,1	66,1	29,8	
				22,7	7,1
	40–49	1,6	50,4	48,1	
				35	13,1
	50–59	1,5	37,1	61,4	
				37,4	24
	60–100	1	31	68	
				42	29,3
	19–100	3,2	48,2	48,6	
				28,7	19,9

klasyfikacja BMI według WHO (tab. 28) zalicza do jednej grupy osoby po 18. roku życia, nie uwzględniając ich odmienności wynikających z wieku, dystrybucji tkanki tłuszczowej ani aktywności fizycznej. Nie można porównywać składu ciała osoby 20-letniej z 60- czy 70-latką, gdyż tkanka tłuszczowa pełni u nich całkowicie odmienną rolę. Dla osób starszych komponenta tłuszczowa jest podstawowym magazynem „utrzymującym” prawidłowy poziom komponenty beztłuszczowej, zaś dla osób młodych, zwłaszcza kobiet, jest niezbędna do pełnienia funkcji wynikających z płci: regularne miesiączkowanie, możliwości reprodukcji i utrzymania ciąży, prawidłowa gospodarka hormonalna (Villareal i wsp. 2005; Goulart i Rexrode 2007; Kaczmarek 2007; Kotwas i wsp. 2008; Żołądź i wsp. 2015).

Pięciokrotny wzrost (73%) nadwagi i otyłości w grupie najstarszych kobiet w porównaniu z grupą 19–29-latków ( $\approx 15\%$ ) może mieć różne przyczyny. Zwiększenie długości życia, podwyższenie jego standardów ze szczególnym uwzględnieniem opieki medycznej, zmniejszenie aktywności fizycznej, nieprawidłowe odżywianie się – zwłaszcza spożywanie produktów wysoko przetworzonych oraz tzw. fast foodów itp. – dają oczywiście wyższą masę ciała, ale nie na taką skalę. Obecnie większość statystyk oceny masy ciała opiera się na klasyfikacji nieuwzględniającej zmian zachodzących w ontogenezie. W niniejszej pracy stwier-



Rycina 41. Porównanie występowania nieprawidłowości masy ciała w zależności od zastosowanego kryterium BMI: według WHO, z uwzględnieniem wieku (badania własne – patrz tab. 10 i 17)

dzono wysoką korelację wieku i wskaźnika BMI. Różnica liczby osób uczestniczących w badaniach zakwalifikowanych do grupy z nieprawidłowością masy ciała zmienia się z wiekiem badanych.

Różnice te najbardziej widoczne są w grupie kobiet w wieku 55+ lat i wynoszą w przypadku otyłości aż 20%. Przy przyjęciu klasyfikacji uwzględniającej wiek badanych w grupie kobiet w wieku 25–55 lat zmiany dotyczą przede wszystkim dolnej granicy normatywnej masy ciała (ryc. 41). W odniesieniu do nadwagi i otyłości zauważyć można podwojenie liczby dotkniętych nimi osób w stosunku do wcześniejszego przedziału wiekowego. Przy porównaniu kolejnego progu wiekowego, przy przyjęciu klasyfikacji WHO, zauważalny jest wzrost o 400% liczby osób z otyłością, przy zastosowaniu klasyfikacji z uwzględnieniem wieku badanych wzrost jest podobny jak w przypadku wcześniejszych progów – 6% → 12,4% → 30,2% (ryc. 41) – odsetek osób z otyłością z kolejnym progiem podwaja się w stosunku do niższego progu wiekowego.

Pamiętać należy, że wskaźnik BMI opracowany został do szacowania ryzyka występowania chorób cywilizacyjnych w danej populacji, nie zaś do oceny indywidualnej masy ciała. Niedoskonałość jego klasyfikacji jest powszechnie znana, dlatego poszukiwane są nowe narzędzia. Stosowane wcześniej metody oparte na pomiarach obwodowych – wskaźnik Rohrera czy wskaźnik WHR – wydają się niezetelne w kwestii określenia nieprawidłowości masy ciała. Miejscowe pomiary, jak w przypadku WHR, nie dają obrazu dystrybucji tkanki tłuszczowej i błędnie klasyfikują do grup z nadmierną masą ciała osoby czynnie uprawiające sport czy o androidalnym typie budowy (Lutosławska i wsp. 2014). Zaproponowany przez Bergmana i wsp. (2010) wskaźnik BAI, oparty na obwodzie



bioder oraz wysokości ciała, obarczony jest dużym błędem, szczególnie w odniesieniu do ludzi młodych, czynnych sportowo oraz osób starszych, u których komponenta tłuszczowa zaczyna dominować w obrębie tułowia. Przyjmując wskaźnik BAI za klasyfikujący do nieprawidłowości masy ciała, wybrano z badanej grupy 22 kobiety w przedziale wiekowym 20–39 lat. Przy zastosowaniu klasyfikacji BMI zgodnej z wytycznymi WHO (1995, 2000a, b, 2004, 2015; James i wsp. 2002) w grupie tej odnotowano 12 kobiet z normatywną masą ciała, 4 z nadwagą i 6 z otyłością.

Przyjmując klasyfikację BAI (Bergman i wsp. 2011) (posłużono się kalkulatorem wartości BAI), u 2 kobiet stwierdzono występowanie otyłości, zaś 4 zakwalifikowano do nadwagi, a 16 do normatywnej masy ciała. BAI uwzględnia wiek, jednak oparcie tego wskaźnika na pomiarach obwodowych zaburza całkowicie klasyfikację. Podkreślić należy, iż w tej właśnie grupie bliższe prawdy klasyfikacyjnej było BMI potwierdzone przez procentową ilość tkanki tłuszczowej (8 osób  $\text{FatP} > 35\%$ ) oraz przez wartość WHR wskazującą na otyłość androidalną u 5 osób. W przypadku wskaźnika BAI ogromną rolę w klasyfikacji nieprawidłowości masy ciała odgrywa typ budowy (Bergman i wsp. 2011). U osób o budowie typu „jabłko” obwód bioder nie nosi znamion nadwagi czy otyłości, a z medycznego punktu widzenia typ androidalny jest groźniejszy niż powszechny u kobiet typ gynoidalny.

Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają na określenie zmian zachodzących w dystrybucji tkanki tłuszczowej w procesie ontogenezy. Rozwój osobniczy dziewczynek w wieku wczesnoszkolnym charakteryzuje się wprost proporcjonalnym wzrostem komponenty tłuszczowej i beztłuszczowej, co potwierdza brak istotnych statystycznie różnic w procentowej ilości tkanki tłuszczowej. Dziewczynki do osiągnięcia wieku pokwitaniowego odznaczają się obwodową dystrybucją tkanki tłuszczowej oraz znacznie mniejszym otłuszczeniem w obrębie tułowia. Schemat dystrybucji jest stały i nie zmienia się w badanym okresie rozwojowym ani pod względem wieku, ani klasyfikacji nieprawidłowości masy ciała. W przypadku badanych kobiet schemat dystrybucji tkanki tłuszczowej uzależniony jest przede wszystkim od dwóch czynników – wieku oraz masy ciała. W rozwoju ontogenetycznym, bez uwzględnienia nieprawidłowości masy ciała, rozkład tkanki tłuszczowej jest charakterystyczny dla budowy typu gynoidalnego – tkanka tłuszczowa zlokalizowana jest przede wszystkim w okolicy kończyn dolnych, najmniejsze zaś otłuszczenie obserwuje się w obrębie tułowia. Jeśli na podział wiekowy nałoży się podział uwzględniający nieprawidłowości masy ciała, następuje zmiana schematu dystrybucji tkanki tłuszczowej. Zauważalne jest obwodowe otłuszczenie, a u kobiet najstarszych z otyłością powiela się schemat budowy typowy dla dzieci. Rozkład tkanki tłuszczowej, a przede wszystkim różnice między grupami wiekowymi są znacznie bardziej istotne w przypadku, gdy w klasyfikacji uwzględnimy podział BMI zgodny z wiekiem.

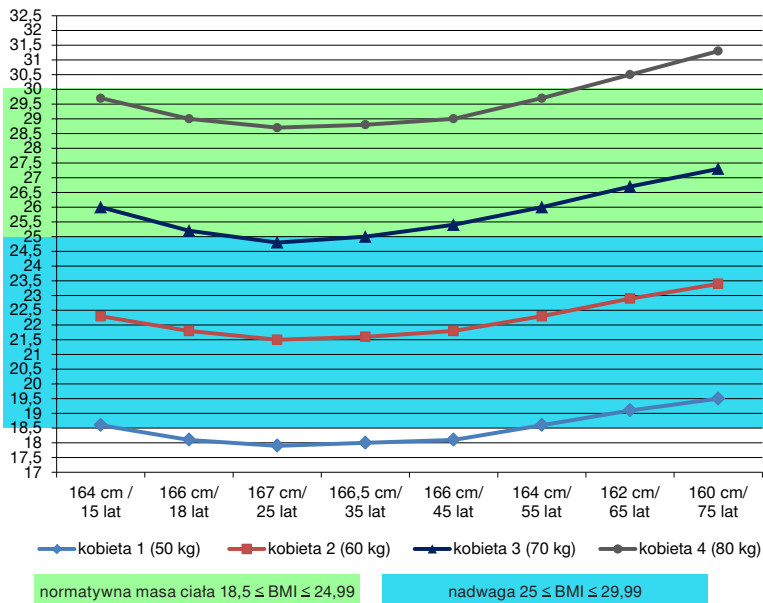
Nakładając siatki centylowe wskaźnika BMI, zależne od wieku, oraz mając na uwadze zmiany zachodzące podczas rozwoju ontogenetycznego, można udoskonalić klasyfikację nieprawidłowości masy ciała. Przy zastosowaniu dotychczasowej klasyfikacji wskaźnika BMI zauważono, że w badanej grupie niedowaga występuje tylko wśród kobiet poniżej 40. roku życia. Przyjęcie klasyfikacji z uwzględnieniem wieku w najstarszej grupie, podobnie jak we wcześniejszych progach wiekowych, pozwoliło odnotować nieznaczną liczbę osób z niedowagą. W przypadku klasyfikacji zgodnej z zasadami ustalonymi przez WHO (1995, 2000a, b, 2004, 2015; James i wsp. 2002) osoby w wieku 55+ lat o najniższym wskaźniku BMI ( $18,9 \text{ kg/m}^2$ ) kwalifikowane są do normatywnej masy ciała bez uwzględnienia zmniejszenia się wysokości ciała. Wielu autorów zaobserwowało podobne zjawisko w swoich badaniach i zastosowało przesunięcie wskaźnika BMI dla osób starszych (60+ lat) do normatywnych jego wartości  $24\text{--}29 \text{ kg/m}^2$ , podkreślając podwyższony wskaźnik umieralności w tej grupie wiekowej przy wskaźniku BMI  $< 25 \text{ kg/m}^2$  (Kotwas i wsp. 2008; Ożga i Małgorzewicz 2013; Osiński 2016).

Przy założeniu stałej masy ciała można zaobserwować wzrost wskaźnika BMI z wiekiem, dający jednocześnie nieadekwatną kwalifikację nieprawidłowości masy ciała stosowaną przez WHO (1995, 2000a, b, 2004, 2015; James i wsp. 2002). Daje to „pozorny” wzrost nadwagi i otyłości przy stałej masie ciała. Zależność wskaźnika BMI od wysokości ciała powoduje jego niedoskonałość. W badaniach longitudinalnych przeprowadzonych przez Zajac-Gawlak i Groffik (2010) zaobserwowano 3,3-proc. obniżenie się wysokości ciała w stosunku do pomiaru w wieku 20 lat. Jednocześnie autorki porównywały różne grupy wiekowe kobiet (50–64, 65–74, > 75 lat) i stwierdziły istotnie statystycznie różne wartości zmian, jakie zaszły w wysokości ciała w zależności od pomiarów dokonanych w wieku 20 lat (odpowiednio 2,17%, 3,38%, 3,80%). Różnorodność zmian wskazywać może na ciągłość procesu zmniejszania się wysokości ciała w procesie ontogenezy (Zajac-Gawlak i Groffik 2010). Do podobnych wniosków doszli badacze, którzy oceniali zmiany wysokości ciała między innymi maratończyków. Obliczając BMI biegacza o masie ciała 58 kg i wysokości ciała 168 cm przed biegiem, otrzymujemy wartość  $20,55 \text{ kg/m}^2$ , po zakończeniu maratonu (2–5 godz.) BMI badanego ma wartość  $21,56 \text{ kg/m}^2$ . Zmiana nie jest wynikiem „odcięcia” części ciała, lecz intensywnego wysiłku fizycznego. Po około 7 godzinach wypoczynku wysokość ciała powracała u badanych do wartości sprzed biegu (Monkiewicz i wsp. 1989). Nie tylko aktywność fizyczna wpływa na zmiany wysokości ciała. Nieprawidłowości postawy ciała wynikające ze zmian w zakresie kręgosłupa mają wpływ na obniżenie się wysokości ciała określanej w pozycji stojącej, a wielkość tych zmian uzależniona jest od stopnia bocznego skrzywienia kręgosłupa lub degeneracji krążków międzykręgowych.

Podobnym problemem może okazać się jednostronne skrócenie kończyny dolnej czy pozycja zgięciowa kończyn dolnych wywołana nieprawidłowym napięciem mięśniowym. Nieprecyzyjne zdiagnozowanie nieprawidłowości masy ciała może mieć negatywne skutki w opracowaniu i prowadzeniu programów fizjoterapeutycznych. Nadwaga i otyłość jako czynniki ryzyka wystąpienia chorób zwyrodnieniowych i bólowych kręgosłupa powodują ograniczenie dalszego poszukiwania właściwych przyczyn powstania zmian chorobowych. Założenie, iż wyższy wskaźnik BMI, zwłaszcza u kobiet po 55. roku życia, to jedyna przyczyna bólu, jest uogólnieniem i może doprowadzić do pogłębienia się dysfunkcji u rehabilitowanego pacjenta.

Przy założeniu symulacyjnym stałej, niezminiającej się na przestrzeni lat masy ciała dla czterech kobiet (kobieta 1 – 50 kg masy ciała, kobieta 2 – 60 kg, kobieta 3 – 70 kg, kobieta 4 – 80 kg) obliczono wskaźnik BMI w zależności od zmieniającej się wysokości ciała wraz ze zmianą wieku (zmiany wysokości ciała oparto na badaniach, które przeprowadzili Guo i wsp. 1999 oraz Hughes i wsp. 2001).

Zgodnie z uzyskanymi symulacyjnymi wynikami jedynie kobieta, u której założono masę ciała w środku przedziału wskaźnika BMI, zgodnie z klasyfikacją WHO, nie zmieniła kwalifikacji do grupy (normatywna masa ciała) wraz z upływem lat (ryc. 42). U wszystkich kobiet poddanych symulacji zaobserwowano wzrost wskaźnika BMI o  $1,5 \text{ kg/m}^2$  pomiędzy 25. a 75. rokiem życia. Jednocześnie najniższą wartość wskaźnika kobiety objęte symulacją uzyskały około 25. roku życia.



Rycina 42. Symulacyjna wartość wskaźnika BMI względem wieku (opracowanie własne)

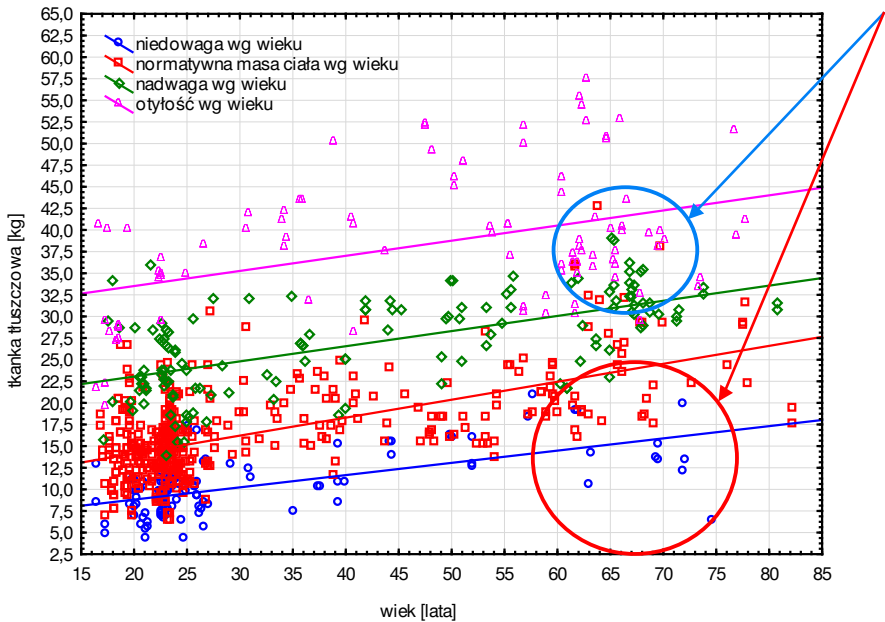
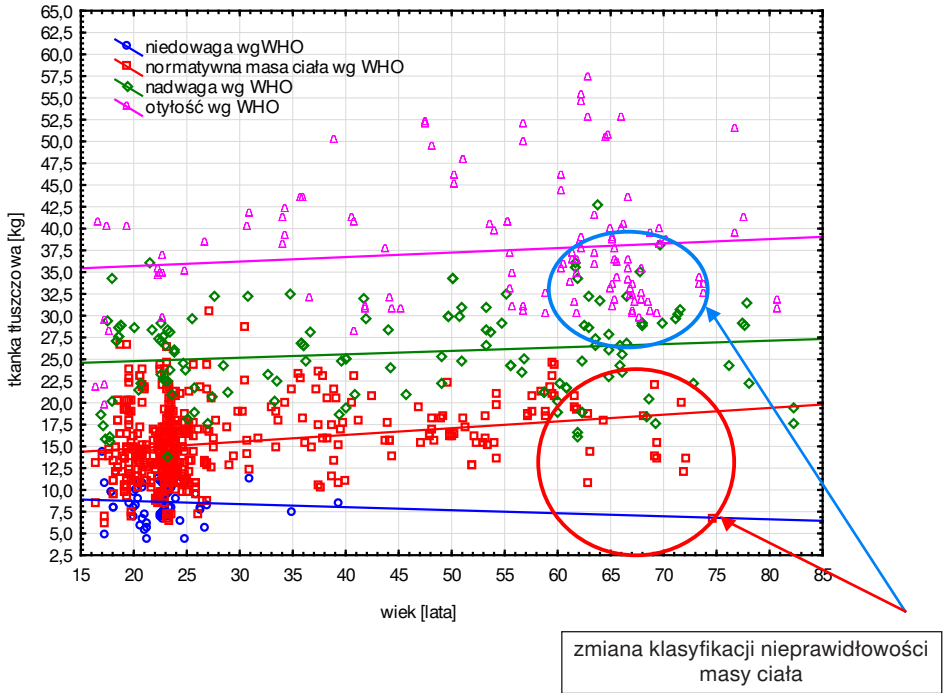
Przeprowadzona symulacja wskazuje na konieczność zastosowania przelicznika wiekowego dla wartości wskaźnika BMI. Zastosowanie surowych danych masy i wysokości ciała nie odzwierciedla struktury ciała. Niedoskonałość BMI można zaobserwować, posługując się inną wartością opisującą masę ciała. W składzie ciała jednym z elementów charakteryzujących jego masę jest tkanka tłuszczowa, której nadmiar powoduje nadwagę i otyłość, a niedobór – niedowagę. Biorąc pod uwagę ilość tkanki tłuszczowej, zaobserwowano przesunięcie klasyfikacyjne niedowagi szczególnie w grupie kobiet najstarszych. Przy zastosowaniu podziału BMI z uwzględnieniem wieku kobiety z niskim poziomem tkanki tłuszczowej i niskim wskaźnikiem BMI mogą być kwalifikowane do osób z niedowagą. Jednocześnie w grupie do 25. roku życia do osób z normatywną masą ciała kwalifikują się kobiety z komponentą tłuszczową > 25%. Zmiany klasyfikacji przedstawiono na rycinach 43–44.

Można zatem założyć, że dostosowanie wskaźnika BMI do wieku pozwoli doszacować jego wartości. Nie jest to jednak właściwe założenie, gdyż analizując rozrzut wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej we wszystkich grupach wiekowych, można zaobserwować kobiety zaliczone do grupy z nadwagą, podczas gdy ich komponenta tłuszczowa nie przekracza 20% tkanki tłuszczowej, co może wskazywać na osobę silnie umięśnioną – typ sportowca. Stosowany wskaźnik BMI nie uwzględnia struktury ciała, obliczany jest tylko na podstawie wysokości i masy – wskazuje jedynie na proporcje między nimi. Zastosowane wartości klasyfikacyjne opracowane zostały na dużych populacjach i opierają się na wzorcowej budowie ciała. Aby zaproponowane normy odzwierciedlały rzeczywiste wyniki, powinny być stosowane jedynie dla osób z normatywną masą tkanki tłuszczowej wyrażoną w procentach i określoną dla wieku (Stupnicki 2015). Wymaga to jednak prowadzenia ciągłych badań populacyjnych i szacowania zmian zachodzących w procesie ontogenezy. Opracowanie wzorca anatomicznego nie jest łatwym zadaniem przy obecnych możliwościach przemieszczania się ludności, dlatego wzorce populacyjne są trudne do określenia.

Dobór metody BIA do badań własnych podyktowany był jego uniwersalnością. Metoda pomiarowa oparta na bioimpedancji elektrycznej z racji wykorzystywanej zasady fizycznej (oporności tkanek na przepływ prądu) jest nieinwazyjna, bezpieczna dla badanego, łatwa do zastosowania, a sprzęt – analizator składu ciała – jest stosunkowo niedrogi i prosty w obsłudze. Jednak poprzez swoją „łatwość” i dostępność bywa niewłaściwie wykorzystywana (Beddoe i Hill 1985; Hinghofferr-Szalkay 1998; Bolanowski i wsp. 2005; Szczawińska i wsp. 2006; Lewitt i wsp. 2007; Socha i wsp. 2010).

Wielu autorów na podstawie swoich badań podkreśla, że analizy przeprowadzone metodą BIA ogólnego powinny być używane w celach przesiewowych do oceny populacji, zaś do pełnej medyczno-chirurgicznej oceny składu ciała

Rycina 43. Rozrzut wartości masy tkanki tłuszczowej przy klasyfikacji BMI według WHO



Rycina 44. Rozrzut wartości masy tkanki tłuszczowej przy klasyfikacji BMI z uwzględnieniem wieku

stosować należy metody wysokospecjalistyczne oparte na podwójnej absorpcjometrii (DXA) (Liu i wsp. 2005; Helba, 2009; Jakubowska-Pietkiewicz 2009; Kuen-Chang i wsp. 2011; Leahy i wsp. 2012). W wyniku zastosowania zjawiska oporności, w przypadku metody BIA dla całego ciała niedoszacowane są wartości komponenty mięśniowej, czyli tak zwane ciało szczupłe (Stupnicki 2010; Baumgard i wsp. 2012). Niedoszacowanie to staje się istotniejsze wraz ze wzrostem otłuszczenia w obrębie tułowia (typ androidalny, wiek). Wyniki uzyskane metodą BIA różnią się między sobą w zależności od użytego narzędzia pomiarowego. Obecnie najczęściej stosowane są narzędzia w wersji bi- i tetrapolarnej (Socha i wsp. 2010). Bipolarne wykorzystywane są do oceny szacunkowej i nie dają one powtarzalnych i wiarygodnych wyników. Są małe, lekkie i przenośne, co umożliwia zastosowanie budowy i składu ciała w każdych warunkach, dlatego stały się narzędziami pomiarowymi dla osób pracujących w fitness klubach do pozornego podwyższenia standardu pracy trenerów personalnych. Stosowanie takich urządzeń bez połączenia ich z pełną, wiarygodną oceną może okazać się niekorzystne dla organizmu.

Dotychczasowe metody bi- i tetrapolarne „zamykają” obwód bioelektryczny między parzystymi kończynami, czyli kończyna górna prawa – kończyna dolna prawa lub kończyna górna prawa – kończyna górna lewa, dając możliwość oceny oporności i wykorzystania wyników do określenia ogólnego składu ciała. Rozwój techniki pozwolił na wprowadzenie podziału ciała na segmenty. Zostało to zastosowane w segmentowym analizatorze składu ciała opartym na bioimpedancji elektrycznej. Podział ciała na tak zwane cylindry (ryc. 5, s. 24) oraz wprowadzenie większej liczby elektrod do odczytu oporności (ośmioelektrodowy analizator składu ciała) pozwala na pełne oszacowanie dystrybucji tkanki tłuszczowej. Urządzenie pomiarowe jest stosunkowo niedrogię i łatwe w obsłudze, zainstalowano w nim także program komputerowy do odczytu danych, jednak wartości referencyjne zawarte w programie są określone na niesprecyzowanej grupie badanych (błąd twórców programu), a dla segmentowego składu ciała nie mają wartości normatywnych. Dlatego wielu autorów porównuje metodę BIA do wzorcowej DXA lub do tradycyjnych pomiarów fałdów i obliczania otłuszczenia na podstawie algorytmu Slaughtera. Fuller i wsp. (2002a, b), badając dzieci w wieku szkolnym dostępnymi metodami, potwierdzili prawidłowość stosowania segmentowej bioimpedancji elektrycznej jako porównywalnej pod względem skuteczności diagnostycznej z pozostałymi.

Organ i Bradham (1994) stwierdzili, iż do celów diagnostycznych powinien być brany pod uwagę segmentowy skład ciała, gdyż dzięki zastosowaniu algorytmu matematycznego, w którym do szacowania komponenty wykorzystywana jest oporność tkanki i długość odcinka, staje się on bardziej precyzyjny. Niektórzy autorzy podkreślają jednak niedoszacowanie segmentowego składu ciała w obrębie tułowia (Baumgard i wsp. 1998; Ishiguro i wsp. 2006). Błędne



oznaczenie polega na nieuwzględnieniu „inności” mięśni trzewnych w porównaniu ze szkieletowymi. Niewłaściwe wielkości procentowej ilości tkanki tłuszczowej oznaczane są także u osób ze znaczną otyłością i starszych.

Uwzględniając skład ciała, podjęto próbę szacowania nieprawidłowości masy ciała na podstawie stosunku masy mięśniowej do tkanki tłuszczowej (MT). Szczawińska i wsp. (2006) do obliczenia wskaźnika MT wykorzystali szacunkową ilość tkanki tłuszczowej (%) i beztłuszczowej (%) wyliczonej na podstawie grubości fałdów tłuszczowych. McCarthy i wsp. (2014) do analizy składu ciała posłużyli się analizatorem składu ciała BC-418MA firmy Tanita. Pierwotnie oszacowali jego przydatność, porównując wyniki uzyskane za pomocą urządzenia z wynikami DXA na tej samej grupie badanej, następnie dokonali analizy komponenty tłuszczowej i beztłuszczowej. Do określenia wskaźnika „muscle to fat” (MT) użyli jednak masy mięśni szkieletowych, która nie jest precyzyjnie wskazywana w zastosowanym analizatorze. Wprowadzając wskaźnik MT, autorzy zaproponowali klasyfikację nieprawidłowości masy ciała. Jest ona bardzo ogólna i niesprecyzowana, oparta na przedziałach wartościowych. Szczawińska i wsp. (2006) nie stosują bariery wiekowej dla wskaźnika, uwzględniają jednak różnice między osobami trenującymi i nietrenującymi. McCarthy i wsp. (2014) określili podstawowe siatki centylowe dla dzieci w zależności od wieku i płci. Upowszechnienie wskaźnika MT nie jest łatwe, gdyż w przypadku Szczawińskiej i wsp. powracamy do trudnych do wykonania pomiarów fałdów tłuszczowych, zaś w przypadku McCarthy’ego i wsp. opieramy się na przewidywanej masie mięśni szkieletowych. Obecnie dostępny program (GMON 3.2.) do obsługi analizatora składu ciała BC-418MA szacuje jedynie przewidywaną masę mięśniową, a obliczana jest ona matematycznie przez odjęcie od masy tkanki beztłuszczowej suchej masy kostnej, zaś wartość przewidywanej masy mięśniowej uwzględnia wszystkie pozostałe tkanki i narządy oraz wodę zawartą w organizmie. Aby zatem można było zastosować wskaźnik McCarthy’ego i wsp., należy doprecyzować wartość masy mięśni szkieletowych (SSM) (Szczawińska i wsp. 2006; McCarthy i wsp. 2014). Przekształcając wskaźnik MT, wzięto pod uwagę masę tkanki tłuszczowej i beztłuszczowej do wyliczenia wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF). Użycie do wskaźnika wartości w kilogramach, a nie procentach pozwoliło na doprecyzowanie masy ciała, która także określana jest zgodnie z jednostkami SI w kilogramach. Obie wartości są podstawowymi danymi przedstawianymi w każdym analizatorze składu ciała, co pozwala na zastosowanie dowolnego narzędzia pomiarowego i skutkuje uniwersalnością wskaźnika FFF. Dzięki segmentowej analizie składu ciała można również określić wartości wskaźnika FFF dla poszczególnych segmentów ciała, co może być wykorzystane do oceny procesu terapeutycznego, podczas którego istotna jest zmiana komponenty tłuszczowej w beztłuszczową.

Budując siatki dla wskaźnika FFF ogólnego i segmentowego, posłużono się algorytmem Steinhausa (Pilawski 1998), który jest jednym z narzędzi regresji wieloczynnikowej. Precyzując grupę poprzez kolejne podziały na podgrupy na podstawie występowania określonej cechy, stworzono siatki uwzględniające wiek badanych, ich masę i wysokość ciała, wskaźnik BMI oraz otłuszczenie ogólne i segmentowe. W dotychczas stosowanych kwalifikacjach nieprawidłowości masy ciała nie brano pod uwagę tak wielu czynników różnicujących, dlatego wskazana metoda może okazać się precyzyjniejsza w stosunku do obecnych. Aby można ją było wykorzystać do oceny populacyjnej, wymaga jednak kolejnych analiz na większej grupie.

Nauka o budowie ciała nie zajmuje się tylko jego nieprawidłowościami wynikającymi z nadmiernej masy, poszukuje także dziedzin, w których można wykorzystać określoną budowę (np. ergonomia do planowania miejsc prac). Budowa ciała, jej somatotyp i komponenty istotne są na przykład przy kwalifikacji do określonych dziedzin sportu. Dotychczas przedstawione klasyfikacje (BMI, BAI, WHR) obarczone były dużym błędem, szczególnie przy ocenie osób trenujących. Patrząc na zawodników NBA przez pryzmat wskaźnika BMI, można niesłusznie sądzić, że jest to rozgrywka ludzi otyłych lub z nadwagą, gdyż ich masa ciała znacznie przekracza 100 kg przy wysokości około 2 m. Problemem jest nie tylko zmieniająca się wysokość ciała, ale także znaczna masa mięśniowa niezbędna do uprawiania danej dyscypliny sportowej. W przypadku osób uprawiających kulturystykę, szczególnie przed zawodami czy pokazami, wartość wskaźnika BMI wskazuje na otyłość (czasami nawet III stopnia), gdyż przy ocenie nie jest brana pod uwagę proporcja tkanki tłuszczowej do beztłuszczowej, a jedynie stosunek masy ciała do jego wysokości. Przykładem mogą być badania własne wykonane na grupie przygotowującej się do pokazów kulturystycznych (badania w opracowaniu). Dwóch mężczyzn o tej samej masie ciała (100 kg) i podobnej wysokości (186 cm i 180 cm) na podstawie klasyfikacji BMI zostało zakwalifikowanych odpowiednio do nadwagi i otyłości. Jednocześnie u badanych przeprowadzono ocenę składu ciała i stwierdzono tkankę tłuszczową na poziomie 15%, co jest normatywną wartością dla mężczyzn w badanym wieku. Ocena komponent pozwalała na pełną diagnostykę ich struktury ciała i określenie nieprawidłowości masy ciała.

Odwrotne błędy klasyfikacyjne dotyczą biegaczy długodystansowych i chodźarzy. Ich BMI wskazuje na niedowagę, a nawet, w przypadku zastosowania poszerzonej klasyfikacji, na niedożywienie. Jest to jednak wynik nieadekwatny do stanu rzeczywistego, gdyż nie uwzględnia się w nim wartości tkanki tłuszczowej. Do najczęściej stosowanych metod kwalifikacji do określonej dyscypliny sportowej należy typologia według Sheldona (Heath i Carter 1967). Technika ta, dając dokładny obraz ciała człowieka, jest czasochłonna i wymaga pełnej znajomości cech charakterystycznych dla danego somatotypu. Jest metodą stosunkowo starą i obecnie zastępuje się ją innymi, dokładniejszymi narzędziami.



W celu określenia typu budowy ciała obecnie wykonuje się badania obwodowe – WHR czy pomiary fałdów skórno-tłuszczowych (Sempolska i wsp. 2003; Kowal 2011; Chwałczyńska i wsp. 2017a, b). Pomiary te mogą być obciążone dużym błędem zależnym od kwalifikacji i doświadczenia osoby badającej. Posługiwanie się jednokierunkowym pomiarem uwzględniającym jedynie stosunek masy do wysokości ciała albo tylko komponenty tłuszczowej jest niewystarczający. Wykazano to w badaniach własnych w grupie młodzieży w wieku 15–17 lat, u której klasyfikacja z zastosowaniem centyla BMI nie pokrywała się z klasyfikacją z uwzględnieniem ilości tkanki tłuszczowej (Chwałczyńska i wsp. 2017a, b).

Proponowany w niniejszej pracy wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy opiera się na stosunku ilości masy tłuszczowej do beztłuszczowej, co pozwala na uniknięcie nieścisłości w przypadku np. sportowców wyczynowych. Wskaźnik przydatny jest w badaniu osób po 15.–18. roku życia. U dzieci młodszych wartości wskaźnika BMI przyrównane do centyla dla populacji najbliższej oraz procentowa ilość tkanki tłuszczowej (szacowanie otyłości ukrytej) określają problem nieprawidłowości masy ciała. Wynika to z braku różnic między grupami wiekowymi w przypadku wskaźnika FFF. Dzieci w wieku 7–10 lat rozwijają się intensywnie i bardzo indywidualnie, dlatego przyjęta norma (centyl BMI oraz zakres normatywny tkanki tłuszczowej) pozwala na szacowanie adekwatne do stanu rzeczywistego.

Wskaźnik FFF może być wykorzystany do oceny zmian zachodzących w procesie terapeutycznym, treningowym czy redukcyjnym masy ciała. Segmentowy wskaźnik może być także zastosowany do kwalifikowania pacjentów do zabiegów medycznych. Bardzo niski obwodowy wskaźnik FFF (FFF1 i/lub 2, FFF3 i/lub 4) przy normatywnym ogólnym wskaźniku FFF może sugerować predyspozycje do obrzęku chłonnego.

W dotychczasowej ocenie postępów programów terapeutycznych nie uwzględniano zmian masy ciała, gdyż nie były one adekwatne do procesu terapeutycznego. Masa ciała nie musi ulegać zmianie w procesie terapeutycznym, ważne jest dla postępów terapii, leczenia czy fizjoterapii, aby wskaźnik (w obrębie leczonego obszaru ciała) obniżał swoją wartość, co będzie oznaczało zmianę proporcji komponent masy ciała. Dla terapeuty istotny jest przyrost masy beztłuszczowej przy utrzymywaniu się prawidłowego poziomu wody wewnątrz- i zewnątrzkomórkowej.

Wskaźnik FFF ogólny, a szczególnie segmentowy – obwodowy – może być wykorzystany do oceny degeneracji masy mięśniowej u osób ze schorzeniami neurologicznymi oraz o podłożu ortopedyczno-urazowym. Oceniając skład ciała przed rozpoczęciem programu terapeutycznego i po jego zakończeniu (lub zakończeniu pewnego etapu), można określić postępy reedukacji masy mięśniowej

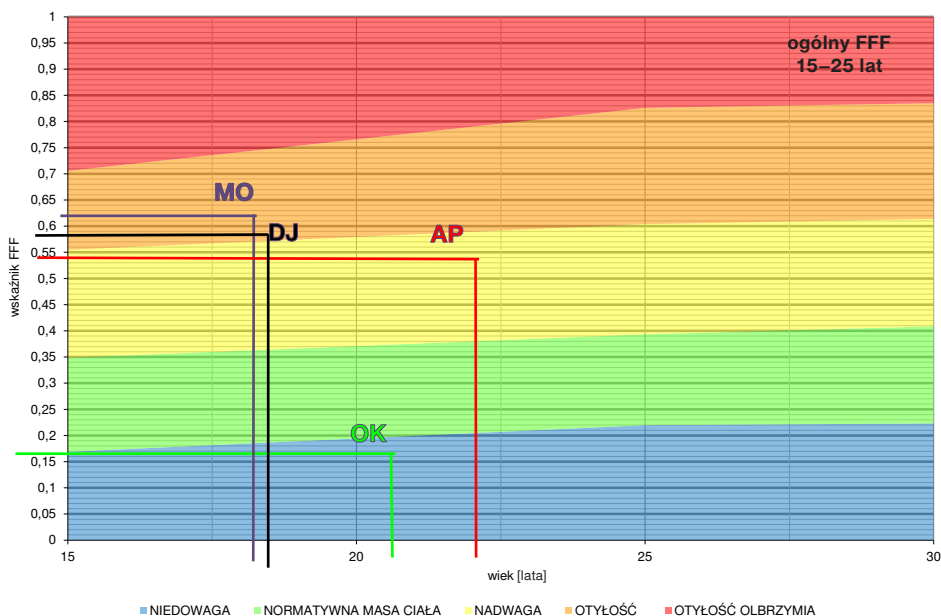
poprzez ocenę wskaźnika dla danego segmentu ciała objętego zmianami chorobowo-urazowymi (patrz opis przypadków: P.D., lat 47; pacjent W.W.).

Pojęcie masy ciała nie jest nowe. Dotychczas opierano się na nim jako na surowej wartości, łącząc ją z wysokością ciała (BMI), obwodami na różnych poziomach czy grubością fałdów skórno-tłuszczowych. Takie ujęcie jest bardzo ogólne i daje jedynie obraz różnic populacyjnych. Jednak dla fizjoterapeutów, lekarzy czy osób zajmujących się pojedynczym pacjentem/klientem (trenerów, selekcyonerów sportowych, trenerów personalnych) istotne nie są dane ogólne czy obraz osoby na tle populacji danej płci, ale precyzyjne doszacowanie nieprawidłowości wynikających z budowy ciała. Zastosowanie wskaźnika FFF dostosowanego do wieku może stworzyć nowe możliwości oceny pracy specjalisty w zakresie ciała człowieka.

### Opis przypadków – wykorzystanie wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego

Grupa F1 – kobiety w wieku 15–25 lat:

- badana D.J.: kobieta, urodzona 06.04.1998 r., wiek w chwili badania – 18,5 roku, masa ciała – 77 kg, wysokość ciała – 162 cm, na podstawie analizy składu ciała obliczono wskaźnik FFF = 0,575; kobieta na podsta-

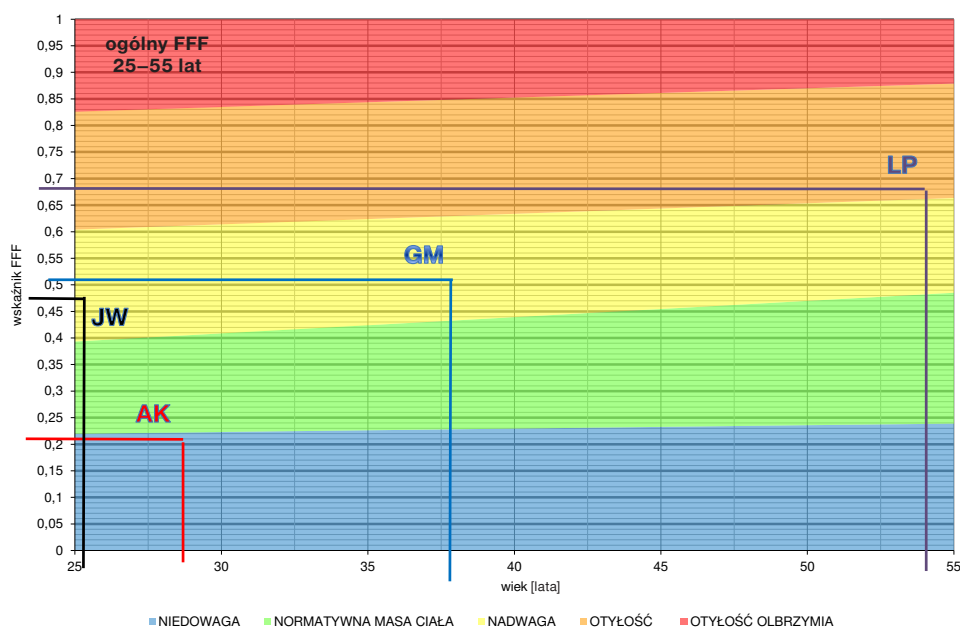


Rycina 45. Wartości wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) dla wybranych przykładów z grupy kobiet w wieku 15–25 lat

- wie wskaźnika BMI ( $29,3 \text{ kg/m}^2$ ) zakwalifikowana według standardów WHO do osób z nadwagą, na podstawie wskaźnika FFF dostosowanego do wieku – otyłość (ryc. 45);
- badana A.P.: kobieta, urodzona 19.08.1994 r., wiek w chwili badania – 22 lata, masa ciała – 65 kg, wysokość ciała – 165 cm, na podstawie analizy składu ciała obliczono wskaźnik FFF = 0,540, na podstawie wskaźnika BMI ( $24,2 \text{ kg/m}^2$ ) zakwalifikowana według standardów WHO do osób z normatywną masą ciała, na podstawie wskaźnika FFF dostosowanego do wieku – nadwaga (ryc. 45);
  - badana M.O.: kobieta, urodzona 19.09.1998 r., wiek w chwili badania – 18,1 roku, masa ciała – 76,6 kg, wysokość ciała 162 cm, na podstawie analizy składu ciała obliczono wskaźnik FFF = 0,626, na podstawie wskaźnika BMI ( $29,2 \text{ kg/m}^2$ ) zakwalifikowana według standardów WHO do osób z nadwagą, na podstawie wskaźnika FFF dostosowanego do wieku – otyłość (ryc. 45);
  - badana O.K.: kobieta, urodzona 09.06.1995 r., wiek w chwili badania – 21,4 roku, masa ciała – 50 kg, wysokość ciała – 157 cm, na podstawie analizy składu ciała obliczono wskaźnik FFF = 0,157, na podstawie wskaźnika BMI ( $20,3 \text{ kg/m}^2$ ) zakwalifikowana według standardów WHO do osób z normatywną masą ciała, na podstawie wskaźnika FFF dostosowanego do wieku – niedowaga (ryc. 45).

Grupa F2 – kobiety w wieku 25–55 lat:

- badana J.W.: kobieta urodzona 27.07.1991 r., wiek w chwili badania – 25,2 roku, masa ciała – 61,8 kg, wysokość ciała – 160 cm, na podstawie analizy składu ciała obliczono wskaźnik FFF = 0,471, na podstawie wskaźnika BMI ( $24,1 \text{ kg/m}^2$ ) zakwalifikowana według standardów WHO do osób z normatywną masą ciała; na podstawie wskaźnika FFF dostosowanego do wieku – nadwaga (ryc. 46);
- badana L.P.: kobieta, urodzona 30.07.1962 r., wiek w chwili badania – 54,2 roku, masa ciała – 65,8 kg, wysokość ciała – 156 cm, na podstawie analizy składu ciała obliczono wskaźnik FFF = 0,674, na podstawie wskaźnika BMI ( $27 \text{ kg/m}^2$ ) zakwalifikowana według standardów WHO do osób z nadwagą, na podstawie wskaźnika FFF dostosowanego do wieku – otyłość (ryc. 46);
- badana A.K.: kobieta, urodzona 08.01.1988 r., wiek w chwili badania – 28,8 roku, masa ciała – 45,8 kg, wysokość ciała – 157 cm, na podstawie analizy składu ciała obliczono wskaźnik FFF = 0,201, na podstawie wskaźnika BMI ( $18,6 \text{ kg/m}^2$ ) zakwalifikowana według standardów WHO do osób z normatywną masą ciała, na podstawie wskaźnika FFF dostosowanego do wieku – niedowaga (ryc. 46);

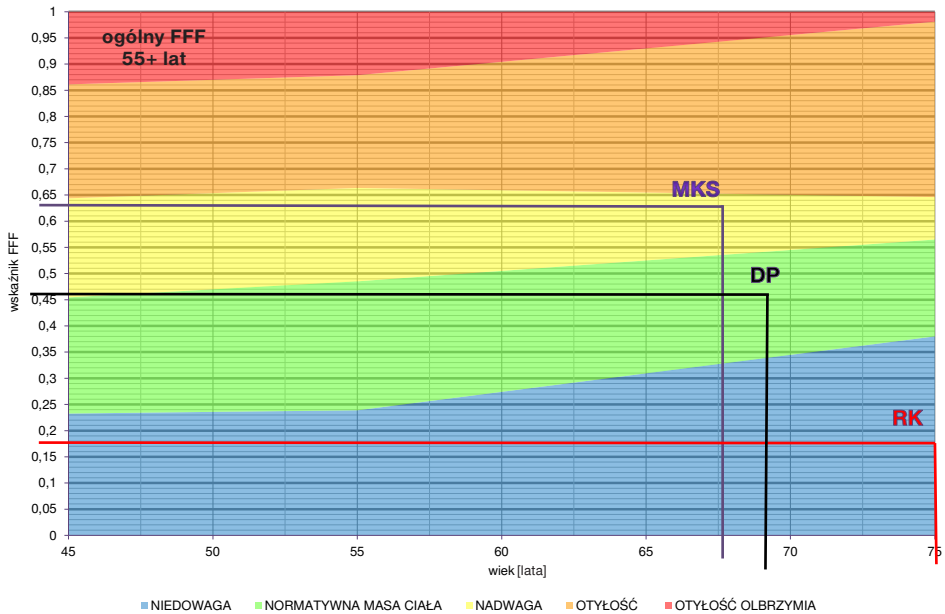


Rycina 46. Wartości wskaźnika tłuszczowo-beztuszczowego (FFF) dla wybranych przykładów z grupy kobiet w wieku 25-55 lat

- badana G.M.: kobieta, urodzona 08.01.1979 r., wiek w chwili badania - 37,8 roku, masa ciała - 62,8 kg, wysokość ciała - 164 cm, na podstawie analizy składu ciała obliczono wskaźnik FFF = 0,517, na podstawie wskaźnika BMI ( $23,3 \text{ kg/m}^2$ ) zakwalifikowana według standardów WHO do osób z normatywną masą ciała, na podstawie wskaźnika FFF dostosowanego do wieku - nadwaga (ryc. 46).

Grupa F3 - kobiety po 55 roku życia:

- badana D.P.: kobieta, urodzona 29.09.1947 r., wiek w chwili badania - 69,1 roku, masa ciała - 64,8 kg, wysokość ciała - 160 cm, na podstawie analizy składu ciała obliczono wskaźnik FFF = 0,458, na podstawie wskaźnika BMI ( $25,3 \text{ kg/m}^2$ ) zakwalifikowana według standardów WHO do osób z nadwagą, na podstawie wskaźnika FFF dostosowanego do wieku - normatywna masa ciała (ryc. 47);
- badana R.K.: kobieta, urodzona 22.07.1941 r., wiek w chwili badania - 75,3 roku, masa ciała - 44,4 kg, wysokość ciała - 151 cm, na podstawie analizy składu ciała obliczono wskaźnik FFF = 0,171, na podstawie wskaźnika BMI ( $19,5 \text{ kg/m}^2$ ) zakwalifikowana według standardów WHO do osób z normatywną masą ciała, na podstawie wskaźnika FFF dostosowanego do wieku - niedowaga (ryc. 47);



Rycina 47. Wartości wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) dla wybranych przykładów z grupy kobiet w wieku 55+ lat

- badana M.K.S.: kobieta, urodzona 09.01.1949 r, wiek w chwili badania – 67,8 roku, masa ciała – 87,3 kg, wysokość ciała – 165 cm, na podstawie analizy składu ciała obliczono wskaźnik FFF = 0,625, na podstawie wskaźnika BMI ( $32,1 \text{ kg/m}^2$ ) zakwalifikowana według standardów WHO do osób z otyłością, na podstawie wskaźnika FFF dostosowanego do wieku – nadwaga (ryc. 47).

Podstawową formą wykorzystania wskaźnika FFF może być klasyfikacja nieprawidłowości masy ciała do celów przesiewowych czy opisów populacyjnych. Przykład porównania kwalifikacji do określonej grupy nieprawidłowości masy ciała przedstawiono w tabeli 29.

Tabela 29. Porównanie klasyfikacji nieprawidłowości masy ciała w zależności od zastosowanego narzędzia oceny

Inicjały	Wiek badanych [lata]	BMI [ $\text{kg/m}^2$ ]	FatP	FFF	Klasyfikacja			
					BMI wg WHO	BMI wg wieku	wg FatP	wg FFF
W.I.	23	26,3	30,3	0,43	nadwaga	nadwaga	norma	nadwaga
H.A.	49	28,6	48,0	0,91	nadwaga	nadwaga	wysoka	otyłość
P.S.	67	28,9	43,6	0,77	nadwaga	norma	wysoka	otyłość
B.J.	69	23,8	21,4	0,27	norma	niedowaga	obniżona	niedowaga

W przypadku badanych H.A. i P.S. na końcową ocenę wpłynęła bardzo wysoka procentowa ilość tkanki tłuszczowej. Według klasyfikacji WHO u tych badanych stwierdzono nadwagę, jednak ponad 40-proc. ilość tkanki tłuszczowej wskazuje na ukrytą otyłość. Celem dalszej diagnozy i terapii należy posłużyć się segmentowym wskaźnikiem, aby określić program terapeutyczny poprzez zastosowanie kierowanej aktywności fizycznej i diety redukcyjnej. W przypadku najstarszej badanej (B.J.) zaobserwowano obniżoną masę ciała oraz niski, podprogowy procent tkanki tłuszczowej wskazujący na niedowagę. Jednak na podstawie klasyfikacji WHO badana została włączona do grupy z normatywną masą ciała. Wykorzystując proponowaną klasyfikację, można zaliczyć badaną do grupy z niedowagą i skierować ją do uczestnictwa w programie profilaktycznym mającym na celu wzmocnienie komponenty beztłuszczowej niezbędnej w dalszym procesie starzenia się. Jednocześnie u badanej należy oszacować wskaźniki segmentowe w celu uzupełnienia wstępnej diagnozy.

Wskaźnik FFF może być również wykorzystany do oceny efektów programów profilaktycznych i terapeutycznych stosowanych nie tylko w normalizacji masy ciała, ale także w postępowaniu profilaktycznym i terapeutycznym w fizjoterapii.

Przykładem może być 49-letnia pacjentka (P.D.) z bólami kręgosłupa i uciskiem na nerw kulszowy dającym objawy bólowe z osłabieniem siły mięśniowej lewej kończyny dolnej. U badanej wykonano pomiary przed rozpoczęciem terapii i obliczono wskaźniki dla poszczególnych segmentów ciała (tab. 30). Pacjentce zlecono program terapeutyczny obejmujący ćwiczenia wzmacniające kończyny dolne oraz przeciwbólowe stosowane w przypadku zmian dyskopatycznych okolicy lędźwiowej kręgosłupa. Program zakładał codzienne ćwiczenia ze wzrastającym obciążeniem kończyny lewej do osiągnięcia układu ćwiczeniowego uwzględniającego stosunek liczby powtórzeń 10:15 (10 powtórzeń kończyna dolna prawa, 15 powtórzeń kończyna dolna lewa). Po zakończeniu trwającego 3 miesiące programu przeprowadzono ponowne badania segmentowego składu ciała w celu kontroli subiektywnych odczuć pacjentki (tab. 30).

Obserwując wyniki badanej P.D., można zaobserwować zmiany komponent składu ciała po programie terapeutycznym. Zmiany te są zauważalne dopiero w przypadku porównania procentowej ilości tkanki tłuszczowej przed progra-

Tabela 30. Wyniki pomiarów pacjentki P.D. przed zabiegami fizjoterapeutycznymi i po ich zakończeniu

	Masa ciała [kg]	BMI	FatP [%]	FFF	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5
P.D. bad. I	61,7	27,8	41,2	0,70	0,71	0,23	0,63	0,68	0,96
P.D. bad. II	62,2	28	35,7	0,55↑	0,73	0,48↑↑	0,60	0,65	0,44↓↓

↑ – wzrost wartości, ↑↑ – znaczny wzrost wartości, ↓↓ – znaczny spadek wartości

mem terapeutycznym i po jego zakończeniu. Jednocześnie sama ilość tkanki tłuszczowej nie obrazuje zmian, jakie nastąpiły w segmentach ciała objętych zmianami chorobowymi. Dotychczas poprawa funkcjonowania ustalana była na podstawie testów określających siłę grup mięśniowych. Zastosowanie wskaźnika FFF dla poszczególnych segmentów ciała umożliwiło pełną ocenę komponent składu ciała i ich wzajemnego stosunku.

Z przedstawionych przykładów wynika, że wskaźnik FFF może być wykorzystany w przyszłości do oceny występowania obrzęków chłonnych w kończynach górnych u kobiet po mastektomii oraz kończynach dolnych w przypadku zmian angiologicznych. Porównanie ilości komponenty tłuszczowej i beztłuszczowej kończyn po stronie obrzęku ze stroną przeciwną może być podstawą do wykrycia wstępnej fazy obrzęku chłonnego. Na tym etapie niezauważalne są jeszcze zmiany obwodowe, zmienia się natomiast struktura wewnętrzna poprzez poszerzenie przestrzeni międzytkankowych, a co za tym idzie, zwiększenie ilości wody w zmienionych chorobowo segmentach ciała. Woda wewnątrzkomórkowa wpływa na zmianę komponenty beztłuszczowej, zwiększając jej masę, ta zaś oddziałuje na zmianę wskaźnika FFF. W badaniach własnych przeprowadzonych w grupie kobiet po mastektomii, u których metodą fotooptyczną określono miejscowy skład ciała na poziomie 1/2 ramienia po stronie operowanej i nieoperowanej, stwierdzono różnicę komponenty tłuszczowej (Chwałczyńska i wsp. 2008; Bolanowski i wsp. 2011; Chwałczyńska i Bolanowski 2012). Wśród kobiet po mastektomii przeprowadzono badania występowania obrzęku chłonnego na przestrzeni dwóch lat. Z grupy 31 badanych u 17 w drugim badaniu (po roku) stwierdzono obrzęk chłonny po stronie operowanej. Porównując masę tkanki beztłuszczowej u kobiet z obrzękiem odnotowanym w pierwszym badaniu, zaobserwowano większą masę tkanki beztłuszczowej po stronie operowanej niż po stronie nieoperowanej. Zależności tej nie stwierdzono u badanych, u których nie wystąpił obrzęk chłonny. Wskaźnik FFF może, jak z tego wynika, być zastosowany do oceny komponenty beztłuszczowej strony operowanej w stosunku do nieoperowanej w celu określenia grupy ryzyka pojawienia się obrzęku chłonnego. Wskaźnik FFF może być także wykorzystany do zgodnego z wiekiem i stanem zdrowia oszacowania problemu nadwagi czy otyłości, co ma istotny wpływ na jakość życia kobiet po mastektomii (Czerniak i wsp. 2012).

U pacjenta W.W. w wieku 33 lat ze zdiagnozowanym stwardnieniem zanikowym bocznym przy prowadzonej zleconej przez lekarza rehabilitacji zaobserwowano spadek masy ciała i 40-proc. spadek wskaźnika FFF na przestrzeni około 4 miesięcy przy utrzymującej się procentowej ilości tkanki tłuszczowej. Zastosowanie wskaźnika pozwoliło na ocenę skuteczności fizjoterapii i potwierdzenie pożądanego z perspektywy leczenia utrzymywania się stałej masy tkanki beztłuszczowej.

Wykorzystując wskaźnik FFF w badaniach własnych w autorskim programie profilaktyki nadwagi i otyłości u dzieci w wieku wczesnoszkolnym zaobserwo-



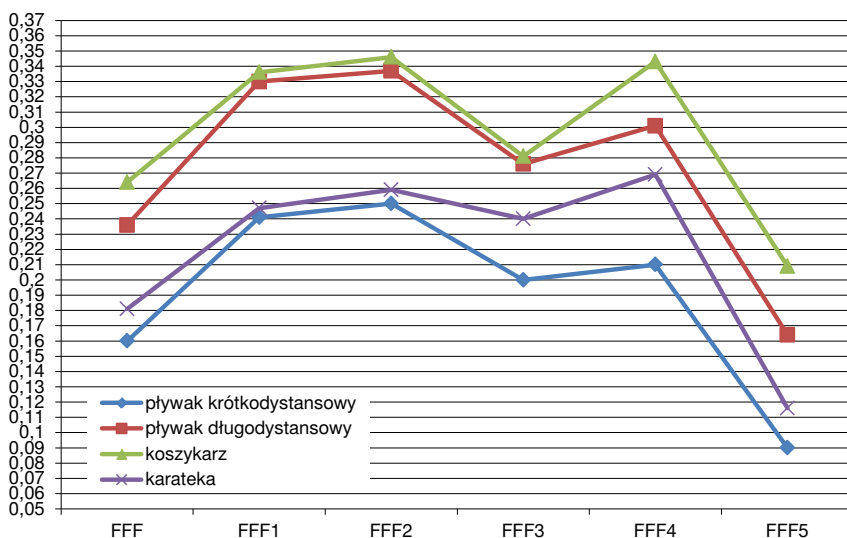
wano korzystne zmiany w zależności od długości programu terapeutycznego\*. Istotną rolę odegrał wskaźnik w kwalifikacji dzieci do programu, pozwalając włączyć do niego także dzieci z otyłością ukrytą, które wcześniej nie były kwalifikowane do odpowiednich zajęć ani programów profilaktyczno-terapeutycznych. Problem nadwagi ukrytej jest dość istotny w wieku wczesnoszkolnym. Brak profilaktyki w tym okresie może doprowadzić do pojawienia się nadwagi i otyłości w wieku późniejszym. Przykładem może być dziecko (S.W.) badane w ciągu 3 kolejnych lat jako 7-, 8- i 9-latek. W wieku 7 lat, kwalifikowane na podstawie BMI do normatywnej masy ciała z graniczną górną wartością procentowej ilości tkanki tłuszczowej dla wieku, uzyskało wskaźnik FFF = 0,25 – średni dla wieku. Nieobjęte opieką, w wieku 9 lat na podstawie wskaźnika BMI zostało zaliczone do normatywnej masy ciała, jednak na podstawie pomiarów tkanki tłuszczowej stwierdzono nadwagę ukrytą: tkanka tłuszczowa o 6% przekraczała górną normę dla wieku (15–25%), jednocześnie wskaźnik FFF wynosił 0,35, czyli znacznie powyżej średniego wyniku dla danego wieku.

Przedstawiając wielokierunkowość zastosowania wskaźnika FFF, można określić jego znaczną uniwersalność i dużą przydatność w procesie biomonitoringu oraz kontroli przebiegu procesów profilaktyczno-terapeutycznych stosowanych w wybranych działach kinezyterapii. Wskaźnik ten może być także dobrym narzędziem do oceny składu ciała sportowca; okazuje się też pomocny w doskonaleniu organizmu do podjęcia nowych wyzwań sportowych. Wskaźnik FFF może znaleźć zastosowanie do określenia predyspozycji zawodniczych do poszczególnych dyscyplin sportowych.

Posługując się segmentowym wskaźnikiem FFF można zaobserwować różnice wśród juniorów różnych dyscyplin. Przebadano grupę pływaków krótkodystansowych (dystanse startowe 25 m – 50 m – 100 m – 200 m) i długodystansowych (dystanse startowe 400 m – 800 m – 1500 m) w wieku 14–15 lat, koszykarzy w wieku 17 lat oraz 16-latków uprawiających karate kyokushin. W grupie pływaków najniższe wartości wskaźnika FFF stwierdzono u krótkodystansowców i różniły się one istotnie w porównaniu z wartościami uzyskanymi u długodystansowców oraz koszykarzy (najwyższe wartości). Różnicy tej nie zauważono na poziomie BMI, gdyż u wszystkich badanych sportowców była ona podobna i mieściła się w granicach normy oznaczonej przez centyle dla wieku.

---

\* Wstępne wyniki badań wpływu programu profilaktycznego zostały przedstawione jako wystąpienie: Chwałczyńska A., Gruszka K., Jędrzejewski G., Rutkowski T., Sobiech K.A., *The influence of a therapeutic programme on the body composition, physical fitness and the body surface temperature in over and underweight children at the early-school age. Pilot studies* podczas 5<sup>th</sup> Annual World of Gene Convention, 4<sup>th</sup> Annual World Congress of Endobolism 2014 i 3<sup>rd</sup> Annual World Congress of Diabetes 2014 w Haikou, Chiny, 13–16.11.2014.



Rycina 48. Wartości uśrednione wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) ogólnego i segmentowego dla osób uprawiających różne dyscypliny sportu

Można zatem na podstawie wartości wskaźnika FFF określić predyspozycje do uprawiania sportu, stwierdzenie to wymaga jednak badań uzupełniających\*. Oznaczając segmentowe wskaźniki FFF, uzyskuje się także obraz asymetryczności badanego sportowca. Dzięki porównaniu strony prawej i lewej można ustalić dysproporcje w masie mięśniowej. W przedstawionych badaniach zaobserwowano, iż wszyscy badani byli praworęczni, nie tylko w zakresie małej motoryki, ale także podczas uprawiania sportu. Wartości uśrednione wskaźnika FFF ogólnego i segmentowego dla osób uprawiających różne dyscypliny przedstawiono na rycinie 48.

Analiza opisanego we wstępie problemu, dotyczącego nawet 90% ludności – nieprawidłowej masy ciała – oczekuje zatem nowego spojrzenia, badawczej korekty przy użyciu omawianego wskaźnika FFF.

\* Dane uzyskane w badaniach własnych, w przygotowaniu do druku.

## 6. WNIOSKI

Dotychczas stosowane metody oceny masy ciała są niesatysfakcjonujące, gdyż opierają się przede wszystkim na wartościach wysokości i masy ciała.

Zaproponowany wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy (FFF) wydaje się precyzyjniejszy w ocenie ogólnej masy ciała od dotychczas stosowanych metod. Opracowanie siatek oraz segmentowych wskaźników pozwala na nowatorskie zastosowanie tego narzędzia do oceny dystrybucji komponent tłuszczowych i beztłuszczowych, w ocenie postępów terapeutycznych i treningowych.

1. Segmentowy skład ciała kobiet oraz proporcje komponent zmieniają się wraz z rozwojem ontogenetycznym, zależą również od nieprawidłowości masy ciała.

2. Przedstawiony wskaźnik FFF, oparty na wieku, proporcjach komponent składu ciała oraz procentowej ilości tkanki tłuszczowej, pozwala precyzyjniej określić występowanie nieprawidłowości masy ciała kobiet i zakwalifikować badaną do grupy z niedowagą, normatywną masą ciała, nadwagą czy otyłością niż dotychczas stosowane metody.

3. Wskaźnik FFF stanowi dobre narzędzie oceny procesu fizjoterapeutycznego opartego na reedukacji siły mięśniowej i może być narzędziem pomocniczym w diagnostyce fizjoterapeutycznej.

4. Wskaźnik FFF poprzez uwzględnienie tłuszczowej i beztłuszczowej komponenty składu ciała może zostać użyty do oceny programu terapeutyczno-treningowego.

## BIBLIOGRAFIA

- Barnes J.T., Elder C.L., Craig L., Pujol T.J. (2004) Overweight and obese adults: pathology and treatment. *Strength and Conditioning Journal*, 26 (3), 10–76.
- Batra P., Kapoor R. (2015) Electrical Bioimpedance: Methods and Applications. *International Conference of Advance Research and Innovation*, 3 (4), 702–704.
- Baumgart M., Brzeska P., Sokołowska E., (2012) Zmiany postawy ciała u dzieci w wieku przedszkolnym w ciągu roku. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego*, 28 (771), 205–213.
- Baumgartner R.N., Ross R., Heymsfield S.B. (1998) Does adipose tissue influence bioelectric impedance in obese men and women? *Journal of Applied Physiology*, 84 (1), 257–262.
- Beddoe A.H., Hill G.L. (1985) Clinical measurement of body composition using in vivo activation analysis. *Journal of Parenteral Enteral Nutrition*, 9, 504–520.
- Bergman R.N., Stefanovski D., Buchanan T.A., Sumner A.E., Reynolds J.C., Sebring N.G., Xiang A.H., Watanabe R.M. (2011) A Better Index of Body Adiposity. *Obesity* (Silver Spring), 19 (5), 1083–1089.
- Beyerlein A., Toschke A.M., Schaffrath Rosario A., von Kries R. (2011) Risk factors for obesity: further evidence for stronger effects on overweight children and adolescents compared to normal-weight subjects. *PLoS One*, 6 (1), e15739.
- Biała U., Pająk A., Kaczmarczyk-Chałas K., Głuszek J., Tendera M., Więckiewicz A., Kuriata P., Wyrzykowski B. (2005) Częstość występowania nadwagi i otyłości u kobiet i mężczyzn w wieku 20–74 lat. Wyniki programu WOBASZ. *Kardiologia Polska*, 63 (6), supl. 4, 1–4.
- Blundell J.E., Cooling J. (2000) Routes to obesity: phenotypes, food choices and activity. *British Journal of Nutrition*, 83, Suppl. 1, 33–38.
- Bolanowski M., Chwałczyńska A., Pluskiewicz W. (2011) Bone quantitative ultrasound at hand phalanges of women following breast cancer surgery. *Gynecological Endocrinology*, 27 (12), 1048–1051.
- Bolanowski M., Pluskiewicz W., Syrycka J., Chwałczyńska A. (2016) Quantitative ultrasound at the hand phalanges in adolescent girls is related to their overall physical fitness. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 25 (2), 279–284.
- Bolanowski M., Zazdrożna-Śliwka B., Zatońska K. (2005) Badanie składu ciała – metody i możliwości zastosowania w zaburzeniach hormonalnych. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*, 1 (1), 20–25.
- Bryl W., Miczke A., Pupek-Musialik D. (2005) Nadciśnienie tętnicze i otyłość – narastający problem wieku rozwojowego. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*, 1 (1), 26–29.
- Burdukiewicz A. (1995) Zmienność postawy ciała dzieci wrocławskich od 7 do 15 lat w badaniach longitudinalnych. *Studia i Monografie AWF we Wrocławiu*, 46.
- Burdukiewicz A., Pietraszewska J., Andrzejewska J., Piojda T., Stachoń A. (2015) Postawa a skład ciała dziewcząt w wieku pokwitania. *Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego i Narodowego Instytutu Leków w Warszawie*, 13 (3), 232–243.
- Cader J. (1987) Ocena stopnia zaawansowania nieżyty błony śluzowej. Rozprawa doktorska. AM, Wrocław.

- Cash S.W., Beresford S.A.A., Henderson J.A., McTiernan A., Xiao L., Wang C.Y., Patrick D.L. (2012) Dietary and physical activity behaviours related to obesity-specific quality of life and work productivity: baseline results from a worksite trial. *British Journal of Nutrition*, 108 (6), 1134–1142.
- Cha K., Shin S., Shon Ch., Choi S., Wilmore D.W. (1997) Evaluation of segmental bioelectrical impedance analysis (SBIA) for measuring muscle distribution. *JICHPER SD-ASIA*, 11–14.
- Chumlea W.-C., Baumgartner R.-N., Roche A.-F. (1988) Specific resistivity used to estimate fat-free mass from segmental body measures of bioelectric impedance. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 48 (1), 7–15.
- Chumlea W.M.C., Choh A., Lee M., Towne B., Sherwood R.J., Duren D., Czerwinski S., Siervogel R.M. (2009) The first seriatim study into old age for weight, stature and BMI: the fels longitudinal study. *The Journal of Nutrition, Health and Aging*, 13 (1), 3–5.
- Church T.S., Thomas D.M., Tudor-Locke C., Katzmarzyk P.T., Earnest C.P., Rodarte R.Q., Martin C.K., Blair S.N., Bouchard C. (2011) Trends over 5 decades in U.S. Occupation-related physical activity and their associations with obesity. *PLoS One*, 6 (5), e19657 [Published: May 25, 2011].
- Chwałczyńska A., Bembenek A. (2010) Ocena świadomości dziewcząt w wieku gimnazjalnym dotycząca jadłowstrętu psychicznego. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*, 6 (3), 118–123.
- Chwałczyńska A., Bolanowski M. (2012) Występowanie obniżonej masy kostnej u kobiet z obrzękiem chłonnym leczonych z powodu raka piersi. *Przegląd Menopauzalny*, 16 (6), 463–467.
- Chwałczyńska A., Foryś K. (2012) Styl życia a zaburzenia odżywiania dzieci i młodzieży uczestniczących w turnusie rehabilitacyjnym w „Uzdrowisku Szczawno-Jedlina” SA. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*, 8 (3), 73–79.
- Chwałczyńska A., Górska-Kłęk L. (2008) Ilość tkanki tłuszczowej u kobiet trenujących i ćwiczących – badania wstępne. [W:] A. Kuder, K. Perkowski, D. Śledziwski (red.), Kierunki doskonalenia treningu i walki sportowej: diagnostyka. T. 5. PTNKF, Warszawa, 203–206.
- Chwałczyńska A., Gruszka K., Jędrzejewski G., Rutkowski T., Sobiech K.A. (2014) The influence of a therapeutic programme on the body composition, physical fitness and the body surface temperature in over and underweight children at the early-school age. Pilot studies. 5<sup>th</sup> Annual World of Gene Convention, 4<sup>th</sup> Annual World Congress of Endobolism 2014 i 3<sup>rd</sup> Annual World Congress of Diabetes 2014. Haikou, 13–16.11.2014.
- Chwałczyńska A., Jędrzejewski G., Lewandowski Z., Jonak W., Sobiech K.A. (2017a) Physical fitness of secondary school adolescents in relation to the body weight and the body composition classification according to BIA (part II). *The Journal of Sports Medicine And Physical Fitness*, 57 (3), 244–251.
- Chwałczyńska A., Jędrzejewski G., Socha M., Jonak W., Sobiech K.A. (2017b) Physical fitness of secondary school adolescents in relation to the body weight and the body composition. Classification according to WHO (part I). *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57 (3), 252–259.

- Chwałczyńska A., Pawłowska K., Socha M. (2008) Metody oznaczania obrzęku chłonnego u kobiet po mastektomii. *Przegląd Flebologiczny*, 16 (3–4), 119–124.
- Chwałczyńska A., Pluskiewicz W., Syrycka J., Bolanowski M. (2013) Quantitative ultrasound at the hand phalanges in adolescent boys in relation to their pubertal development and physical efficiency. *Endokrynologia Polska*, 649 (5), 353–357.
- Coin A., Sergi G., Minicuci N., Giannini S., Barbiero E., Manzato E., Pedrazzoni M., Minisola S., Rossini M., Del Puente A., Zamboni M., Inelmen E.M., Enzi G. (2008) Fat-free mass and fat mass reference values by dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) in a 20–80 year-old Italian population. *Clinical Nutrition*, 27 (1), 87–94.
- Cole T.J. (1979) A method for assessing age-standardized weight-for-height in children seen cross-sectionally. *Annales Human Biology*, 6 (3), 249–268.
- Corvera S., Burkart A., Kim J.Y., Christianson J., Wang Z., Scherer P.E. (2006) Keystone meeting summary: ‘Adipogenesis, obesity, and inflammation add diabetes mellitus and the control of cellular energy metabolism’, January 21–26, 2006, Vancouver, Canada. *Genes & Development*, 20, 2193–2201.
- Czajka K., Kochan K. (2012) BMI a wybrane zachowania zdrowotne uczniów szkół podstawowych i gimnazjalnych. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 93 (3), 551–557.
- Czerniak U., Bręczewski G., Kaiser A., Sokołowski M., Tomczak M. (2013) Polish National Cadet Wrestling Team for 2010 Youth Olympic Games (YOG) – social, somatic and psychological characteristics. *Archives of Budo Science of Martial Arts and Extreme Sports*, 9, 61–68.
- Czerniak U., Demuth A., Krzykała M., Ziółkowska-Łajp E. (2012) Body fat and quality of life in women treated for breast cancer. *Studies in Physical Culture and Tourism*, 19 (1), 21–24.
- Davis N.J., Shishodia H., Taqui B., Dumfeh C., Wylie-Rosett J. (2007) Resident physician attitudes and competence about obesity treatment: need for improved education. *Medical Education Online*, 13, 5.
- Dietz W.H. (2004) Overweight in childhood and adolescence. *New England Journal of Medicine*, 350 (9), 855–857.
- Duda J. (2015) Budowa i skład ciała człowieka w aspekcie starzenia. [W:] A. Marchewka, Z. Dąbrowski, J.A. Żołądź (red.), *Fizjologia starzenia się. Profilaktyka i rehabilitacja*. WN PAN, Warszawa, 60–87.
- Eisenkölbl J., Kartasurya M., Widhalm K. (2001) Underestimation of percentage fat mass measured by bioelectrical impedance analysis compared to dual energy X-ray absorptiometry method in obese children. *European Journal Clinical Nutrition*, 55 (6), 423–429.
- Erermis S., Cetin N., Tamar M., Bukusoglu N., Akdeniz F., Goksen D. (2004) Is obesity a risk factor for psychopathology among adolescents? *Pediatrics International*, 46 (3), 296–301.
- Esco M.R., Snarr R.L., Leatherwood M.D., Chamberlain N.A., Redding M.L., Flatt A.A., Moon J.R., Williford H.N. (2015) Comparison of total and segmental body composition using DXA and multifrequency bioimpedance in collegiate female athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 29 (4), 918–925.
- Felińczak A., Hama F. (2011) Występowanie zjawiska nadwagi i otyłości wśród dzieci i młodzieży we Wrocławiu. *Pielęgniarstwo i Zdrowie Publiczne*, 1 (1), 11–18.



- Fildes A., Charlton J., Rudisill C., Littlejohns P., Prevost A.T., Gulliford M.C. (2015) Probability of an obese person attaining normal body weight: cohort study using electronic health records. *American Journal of Public Health*, 105 (9), e54–59.
- Flegal K.M., Carroll M.D., Kit B.K., Ogden C.L. (2012) Prevalence of obesity and trends in the distribution of body mass index among US adult, 1999–2010. *JAMA*, 307 (5), 491–497.
- Forbes G.B. (1999) Longitudinal changes in adult fat-free mass: influence of body weight. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70 (6), 1025–1031.
- Fuller N.J., Fewtrell M.S., Dewit O., Elia M., Wells J.C. (2002a) Segmental bioelectrical impedance analysis in children aged 8–12 y: 1. The assessment of whole-body composition. *International Journal of Obesity Related Metabolic Disorders*, 26 (5), 684–691.
- Fuller N.J., Fewtrell M.S., Dewit O., Elia M., Wells J.C. (2002b) Segmental bioelectrical impedance analysis in children aged 8–12 y: 2. The assessment of regional body composition and muscle mass. *International Journal of Obesity Related Metabolic Disorders*, 26 (5), 692–700.
- Gawlik A., Zachurzok-Buczyńska A., Małecka-Tendera E. (2009) Powikłania otyłości u dzieci i młodzieży. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*, 5 (1), 19–27.
- Goulart A.C., Rexrode K.M. (2007) Health consequences of obesity in the elderly: a review. *Current Cardiovascular Risk Report*, 1 (4), 340–347.
- Guo S.S., Zeller Ch., Chumlea W.C., Siervogel R.M. (1999) Aging, body composition, and lifestyle: the Fels Longitudinal Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70 (3), 405–411.
- Harrell J.S., Jessup A., Greene N. (2006) Changing our future: obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. *Journal of Cardiovascular Nursing*, 1 (4), 322–330.
- Hayes R.M., Thompson L.M., Gress T., Cottrell L., Pino I., Gilkerson Ch.L., Flesher S.L. (2015) Effects of a brief physical activity program on young students' physical fitness. *Clinical Pediatrics*, 54 (12), 1145–1152.
- Heath B.H., Carter J.E.L. (1967) A modified somatotype method. *American Journal of Physical Anthropology*, 27, 54–74.
- Helba M., Binkovitz L.A. (2009) Pediatric body composition analysis with dual-energy X-ray absorptiometry. *Pediatric Radiology*, 39 (7), 647–656.
- Hinghofferr-Szalkay H. (1998) Ernährungsstatus und Körperzusammensetzung. *Österreichische Ärztezeitung*, 44 (19), 48, 53–55.
- Horodyński J. (1975) Metoda komputerowego doboru leków w przypadku schizofrenii i depresji w oparciu o algorytm Steinhausa. Rozprawa habilitacyjna. AM, Wrocław.
- Hossain P., Kavar B., El Nahas M. (2007) Obesity and diabetes in the developing world – a growing challenge. *New England Journal of Medicine*, 356 (3), 213–215.
- Hughes V.A., Frontera W.R., Roubenoff R., Evans W.J., Fiatarone Singh M.A. (2002) Longitudinal changes in body composition in older men and women: role of body weight change and physical activity. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76 (2), 473–481.



- Hughes V.A., Frontera W.R., Wood M., Evans W.J., Dallal G.E., Roubenoff R., Fiatarone Singh M.A. (2001) Longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity, and health. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, 56A (5), 209–217.
- International Obesity Task Force (2004) Childhood Report. IASO Newsletter, 6, 10–11.
- International Obesity Task Force (2010) Strategic Plan for IOTF. [www.worldobesity.org](http://www.worldobesity.org) [luty 2016].
- Ishiguro N., Kanehisa H., Miyatani M., Masuo Y., Fukunaga T. (2006) Applicability of segmental bioelectrical impedance analysis for predicting trunk skeletal muscle volume. *Journal of Applied Physiology*, 100, 572–578.
- Jakubowska-Pietkiewicz E., Prochowska A., Fendler W., Szadkowska A. (2009) Comparison of body fat measurement methods in children. *Pediatric Endocrinology, Diabetes and Metabolism*, 15, 4, 246–250.
- James W.P.T., Chen C., Inoue S. (2002) Appropriate Asian body mass indices? *Obesity Review*, 3, 139.
- Janiszewski R., Orawiec R., Nowak S. (2015) Ocena składu ciała, otłuszczenia ogólnego i dystrybucji tkanki tłuszczowej u kobiet w procesie starzenia. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 96 (2), 517–522.
- Janssen I., Katzmarzyk P.T., Srinivasan S.R., Chen W., Malina R.M., Bouchard C., Berenson G.S. (2005) Utility of Childhood BMI in the Prediction of Adulthood Disease: Comparison of National and International References. *Obesity Research*, 13 (6), 1106–1115.
- Januszewski J., Mleczek E. (2006) Wskaźnik wagowo-wzrostowy Queteleta II – BMI a sprawność fizyczna i morfologiczna badane w konwencji zdrowia u dziewcząt z Małopolski. *Antropomotoryka*, 35, 33–50.
- Jarowaja J.M., Jarygin W.N., Ulissowa T.N. (2003) Definicja i typy rozwoju osobniczego. W.N. Jarygina (red.), *Biologia*. PZWL, Warszawa, 169–171.
- Jasiel-Wojculewicz H., Chrostowska M., Narkiewicz K. (2007) Otyłość – niektóre aspekty epidemiologiczne i rokownicze. *Kardiologia na co Dzień*, 3 (2), 79–83.
- Kaczmarek M. (2001) Poznańskie badania longitudinalne. Rozwój fizyczny chłopców i dziewcząt. *Monografie Instytutu Antropologii UAM w Poznaniu*, 9.
- Kaczmarek M. (2007) Variation in BMI in middle-aged Poles and associated demographic, social and lifestyle factors. *Human Ecology*, 15, 91–99.
- Karmowski A. (1987) Ocena wczesnej efektywności brachyterapii raka szyjki macicy w analizie komputerowej wybranych wskaźników biochemicznych. Rozprawa habilitacyjna. AM, Wrocław.
- Kelly T., Yang W., Chen S.C., Reynolds K., He J. (2008) Global burden of obesity in 2005 and projections to 2030. *International Journal of Obesity*, 32, 1431–1437.
- Kempiński R. (2016) Otyłość – epidemiologia, powikłania, leczenie. [W:] E. Poniewierska (red.), *Dietetyka kliniczna*. UM, Wrocław, 31–35.
- Kotwas M., Mazurek A., Wrońska A., Kmieć Z. (2008) Patogeneza i leczenie otyłości u osób w podeszłym wieku. *Forum Medycyny Rodzinnej*, 2 (6), 435–444.
- Kowal M., Cichocka B.A., Woronkiewicz A., Pilecki M.W., Sobiecki J., Kryst K. (2011) Międzypokoleniowe zmiany w budowie ciała i akceleracja pokwitania u dzieci i młodzieży w wieku 7–15 lat z populacji wielkomiejskiej w świetle uwarunkowań psychosocjalnych. Red. M. Kowal, B.A. Cichocka. AWF, Kraków, Monografie, 5.

- Kowal M., Woronkowicz A., Kryst K., Sobiecki J., Pilecki M.W. (2016) Sex differences in prevalence of overweight and obesity, and in extent of overweight index, in children and adolescents (3–18 years) from Kraków, Poland in 1983, 2000 and 2010. *Public Health Nutrition*, 19 (6), 1035–1046.
- Krzyżaniak A., Krawczyński M., Walkowiak J. (2000) Wskaźniki proporcji wagowo-wzrostowych w populacji dzieci i młodzieży miasta Poznania. *Pediatrics Praktyczna*, 8, 355–364.
- Kucharska K., Niemczyk S. (2009) Metody oceny ilości tkanki tłuszczowej u osób z przewlekłą chorobą nerek. *Nefrologia i Dializoterapia Polska*, 13 (2), 75–78.
- Kuen-Chang H., Hsueh-Kuan L., Chun-Hao C., Tsong-Rong J., Yu-Yawn C., Ming-Feng K. (2011) The validity and accuracy in foot-to-foot bioelectrical impedance analysis measuring models referenced by dual-energy X-ray absorptiometry in body composition in standing position. *African Journal of Biotechnology*, 10 (16), 3222–3231.
- Kułaga Z., Litwin M., Tkaczyk M., Palczewska I., Zajączkowska M., Zwolińska D., Krynicki T., Wasilewska A., Moczulska A., Morawiec-Knysak A., Barwicka K., Grajda A., Gurzkowska B., Napieralska E., Pan H. (2011) Polish 2010 growth references for school-aged children and adolescents. *European Journal of Pediatrics*, 170 (5), 599–609.
- Kułaga Z., Rózdżyńska A., Palczewska I., Grajda A., Gurzkowska B., Napieralska E., Litwin M., Grupa Badaczy OLAF (2010) Siatki centylowe wysokości, masy ciała i wskaźnika masy ciała dzieci i młodzieży w Polsce – wyniki badania OLAF. *Standardy Medyczne. Pediatrics*, 7, 690–700.
- Kyle U.G., Genton L., Hans D., Karsegard L., Slosman D.O., Pichard C. (2001) Age-related differences in fat-free mass, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 18 and 94 years. *European Journal of Clinical Nutrition*, 55 (8), 663–672.
- Langdon K.D., Clarke J., Corbett D. (2011) Long-term exposure to high fat diet is bad for your brain: exacerbation of focal ischemic brain injury. *Neuroscience*, 182, 82–87.
- Leahy S., O'Neill C., Sohun R., Jakeman P. (2012) A comparison of dual energy X-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis to measure total and segmental body composition in healthy young adults. *European Journal of Applied Physiology*, 112 (2), 589–595.
- Lee J.S., Visser M., Tylavsky F.A., Kritchevsky S.B., Schwartz A.V., Sahyoun N., Harris T.B., Newman A.B., Health ABC Study (2010) Weight loss and regain and effects on body composition: the health, aging, and body composition study. *The Journals of Gerontology*, 65A (1), 78–83.
- Levine J.A., McCrady S.K., Lanningham-Foster L.M., Kane P.H., Foster R.C., Manohar C.U. (2008) The role of free-living daily walking in human weight gain and obesity. *Diabetes*, 57 (3), 548–554.
- Lewitt A., Mądro E., Krupienicz A. (2007) Podstawy teoretyczne i zastosowania analizy impedancji bioelektrycznej (BIA). *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*, 3 (4), 79–84.
- Lin K.W., Lam C. (2011) Screening for obesity in children and adolescents. *American Family Physician*, 83 (6), 737–738.

- Liu L.-F., Roberts R., Moyer-Mileur L., Samson-Fang L. (2005) Determination of body composition in children with cerebral palsy: bioelectrical impedance analysis and anthropometry vs. dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal American Dietetic Association*, 105 (5), 794–797.
- Lobstein T., Baur L., Uauy R. (2004) Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obesity Reviews*, 5 (1), 4–85.
- Lundman B. (1967) *Geographische Anthropologie. Rassen und Völker der Erde*, Stuttgart.
- Lutosławska G., Malara M., Tomaszewski P., Mazurek K., Czajkowska A., Kęska A., Tkaczyk J. (2014) Relationship between the percentage of body fat and surrogate indices of fatness in male and female Polish active and sedentary students *Journal of Physiological Anthropology*, 33 (1), 10. <http://www.jphysiolanthropol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1880-6805-33-10> [15.03.2016].
- Majerczak J., Żołądź J.A. (2015) Starzenie się mięśni szkieletowych człowieka. [W:] A. Marchewka, Z. Dąbrowski, J.A. Żołądź (red.), *Fizjologia starzenia się. Profilaktyka i rehabilitacja*. WN PAN, Warszawa, 243–252.
- Malczyk E. (2016) Przegląd metod badawczych stosowanych do oceny stanu odżywienia dzieci i młodzieży w Polsce w latach 2005–2015. *Annales Academiae Medicae Silesiensis* (online), 70, 80–83.
- Malinowski A. (1987) Rozwój układów i narządów. Czynniki wpływające na rozwój biologiczny. [W:] L. Lewandowska-Borówka (red.), *Norma biologiczna a rozwój somatyczny człowieka*. IWZZ, Warszawa, 41–96.
- Malinowski A., Bożyłow W. (1997) *Podstawy antropometrii. Metody, techniki, normy*. WN PWN, Warszawa–Łódź.
- Malinowski A., Łuczak B. (1999) Zmiany proporcji budowy ciała w rozwoju pourodzeniowym, uwagi o rozwoju układów i narządów. [W:] H. Wróblewska (red.), *Wstęp do antropologii i ekologii człowieka*. UŁ, Łódź, 312–325.
- Mazur A. (2011a) Epidemiologia nadwagi i otyłości u dzieci na świecie, w Europie i w Polsce. *Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego i Narodowego Instytutu Leków w Warszawie*, 2, 158–163.
- Mazur J. (2011b) *Zdrowie i zachowania zdrowotne młodzieży szkolnej na podstawie badań HBSC 2010*. Ośrodek Rozwoju Edukacji, Instytut Matki i Dziecka, Warszawa.
- Mazur J., Małkowska-Szkutnik A. (2010) Wyniki badań HBSC 2010. Raport techniczny. Problem nadwagi i otyłości w Polsce wśród dzieci i młodzieży – dane epidemiologiczne. [http://www.parpa.pl/images/file/hbsc\\_rap1-2010.pdf](http://www.parpa.pl/images/file/hbsc_rap1-2010.pdf) [marzec 2016].
- McCarthy H.D., Samani-Radia D., Jebb S.A., Prentice A.M. (2014) Skeletal muscle mass reference curves for children and adolescents. *Pediatric Obesity*, 9 (4), 249–259.
- Mialich M.S., Martinez E.Z., Garcia R.W.D., Jordao Jr A.A. (2011) New body mass index adjusted for fat mass (BMIfat) by the use of electrical impedance. *International Journal of Body Composition Research*, 9 (2), 65–72.
- Mialich M.S., Martinez E.Z., Jordao Jr A.A. (2014) Application of body mass index adjusted for fat mass (BMIfat) obtained by bioelectrical impedance in adults. *Nutrición Hospitalaria*, 30 (2), 417–424.
- Mikoś M., Mikoś M., Mikoś H., Obara-Moszyńska M., Niedziela M. (2010) Nadwaga i otyłość u dzieci i młodzieży. *Nowiny Lekarskie*, 79 (5), 397–402.

- Mleczek E., Szmigiel C. (2011) Otyłość i nadwaga dzieci i młodzieży z Krakowa na tle wyników badań rówieśników z innych populacji. *Antropomotoryka*, 54, 81–98.
- Monkiewicz M., Ignasiak Z., Sobiech K.A., Trojanowski I., Nowacka I. (1989) Zmiany morfologiczne i biochemiczne u maratończyków. *Człowiek – Populacja – Środowisko*, 6 (34), 69–78.
- Nawarycz T., Ostrowska-Nawarycz L. (2007) Rozkłady centylowe obwodu pasa u dzieci i młodzieży. *Pediatrics Polska*, 87 (5–6), 418–424.
- Nevill A.M., Winter E.M., Ingham S., Watts A., Metsios G.S., Stewart A.D. (2010) Adjusting athletes' body mass index to better reflect adiposity in epidemiological research. *Journal of Sports Sciences*, 28 (9), 1009–1016.
- Newman A.B., Lee J.S., Visser M., Goodpaster B.H., Kritchevsky S.B., Tyllavsky F.A., Nevitt M., Harris T.B. (2005) Weight change and the conservation of lean mass in old age: the Health, Aging and Body Composition Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82 (4), 872–878.
- Oblacińska A., Wrocławska M., Woynarowska B. (1997) Częstość występowania nadwagi i otyłości w populacji w wieku szkolnym w Polsce oraz opieka zdrowotna nad uczniami z tym zaburzeniem. *Pediatrics Polska*, 72, 241–245.
- Obuchowicz A. (2005) Epidemiologia nadwagi i otyłości — narastającego problemu zdrowotnego w populacji dzieci i młodzieży. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*, 1 (3), 9–12.
- Organ L.W., Bradham G.B., Gore D.T., Lozier S.L. (1994) Segmental bioelectrical impedance analysis: theory and application of a new technique. *Journal of Applied Physiology*, 77 (1), 98–112.
- Osiński W. (2003a) Aktywność fizyczna w optymalizacji masy i składu ciała. [W:] W. Osiński (red.), *Antropomotoryka*. AWF, Poznań, 273–286.
- Osiński W. (2003b) Rozwój motoryczny człowieka w procesie ontogenezy. [W:] W. Osiński (red.), *Antropomotoryka*. AWF, Poznań, 51–78.
- Osiński W. (2016) Nadwaga i otyłość oraz należna masa ciała. [W:] W. Osiński (red.), *Nadwaga i otyłość. Aktywność fizyczna w profilaktyce i terapii*. PZWL, Warszawa, 29–45.
- Ostrowska A. (2013) Zdrowie i jego zagrożenia. Raport Polki 2013. Fundacja MSD dla zdrowia kobiet. [www.fzk.org.pl](http://www.fzk.org.pl) [dostęp: 02.02.2017].
- Ożga M., Małgorzewicz S. (2013) Ocena stanu odżywienia osób starszych. *Geriatrics*, 7, 98–103.
- Palczewska I., Niedźwiecka Z. (1999) Siatki centylowe do oceny rozwoju somatycznego dzieci i młodzieży. Instytut Matki i Dziecka, Warszawa.
- Park S.Y., Kwon K.Y., Kim J.H., Choi H.H., Han K.H., Han J.H. (2014) Association between appendicular fat mass and metabolic risk factors. *Korean Journal of Family Medicine*, 35 (4), 182–189.
- Pietraszewska J. (2011) Zmienność rozwojowa struktury morfologicznej jako wyznacznik możliwości funkcjonalnych dzieci i młodzieży w wieku 7–14 lat. Wyniki wrocławskich badań longitudinalnych wiejskich populacji. *Studia i Monografie AWF we Wrocławiu*, 103.
- Pilawski B. (1998) Niektóre znaki zapytania dotyczące metod leczenia. [W:] B. Pilawski (red.), *Cierniste ścieżki w działalności kadry kierowniczej. Biblioteka menadżera i służby pracowniczej*. Bydgoszcz, 184–245.

- Plewa M., Markiewicz A. (2006) Aktywność fizyczna w profilaktyce i leczeniu otyłości. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*, 2 (1), 30–37.
- Przybylska D., Kurowska M., Przybylski P. (2012) Otyłość i nadwaga w populacji rozwojowej. *Hygeia Public Health*, 47 (1), 28–35.
- Raport HBSC 2013–2014 (2016) Growing up unequal: gender and socioeconomic differences in young people's health and well-being. [W:] Health policy for children and adolescents, NO. 7 Health behaviour in school-aged children (hbse) study: international report from the 2013/2014 Survey Growing up unequal: gender and socioeconomic differences in young people's health and well-being. Health behaviour in school-aged children (hbse) study: international report from the 2013/2014 Survey. [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0003/303438/HBSC-No7-Growing-up-unequal-full-report.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/303438/HBSC-No7-Growing-up-unequal-full-report.pdf?ua=1) [20.12.2016].
- Raport UNICEF – Dzieci w Polsce, dane, liczby, statystyki (2013) Polski Komitet Narodowy UNICEF. <https://www.unicef.pl/Co-robimy/Publikacje/Dzieci-w-Polsce> [luty 2016].
- Reilly J.J., Methven E., McDowell Z.C., Hacking B., Alexander D., Stewart L., Kelnar C.J.H. (2003) Health consequences of obesity. *Archives of Disease in Childhood*, 88, 748–752.
- Rodriguez P.N., Bermudez E.F., Rodrigues G.S., Spina M.A., Zeni S.N., Friedman S.M., Exeni R.A. (2008) Body composition by simple anthropometry, bioimpedance and DXA in preschool children: interrelationships among methods. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 106 (2), 102–109.
- Rossi A., Fantin., Di Francesco V., Guariento S., Giuliano K., Fontana G., Micciolo R., Solerte S.B., Bosello O., Zamboni M. (2008) Body composition and pulmonary function in the elderly: a 7-year longitudinal study. *International Journal of Obesity*, 32 (9), 1423–1430.
- Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 29.12.2014 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ramowych planów nauczania w szkołach publicznych. Dz.U., 2014, poz. 1993, § 1, p. 2.
- Schlegel-Zawadzka M. (2015) Leczenie żywieniowe pacjentów jako proces postępowania terapeutycznego. *Medicina Internacia Revuo*, 26 (105), 198–207.
- Sempolska K., Stupnicki R. (2007) Relative fat content in young women with normal BMI but differing in the degree of physical activity. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 58 (1), 333–338.
- Sempolska K., Wit B., Stupnicki R. (2003) Analysis of the relationship between Body Mass Index and relative fat content. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Sectio D – Medicine*, 58 (13), 86–90.
- Siniarska A., Wolański N. (2005) Zmiany tempa rozwoju w ontogenezie człowieka i metody jego badania. *Studia Ecologiae et Bioethicae*, 3, 43–81.
- Slaughter M.H., Lohman T.G., Boileau R.A., Horswill C.A., Stillman R.J., van Loan M.D., Bembien D.A. (1988) Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology*, 60 (5), 709–723.
- Socha M., Bolanowski M., Jonak W., Górską-Kłęk L., Chwałczyńska A., Stanisławska M. (2008a) Otyłość ogólna i dystrybucja tkanki tłuszczowej u kobiet po mastektomii. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*, 4 (1), 7–12.



- Socha M., Jonak W., Bolanowski M., Chwałczyńska A. (2008b) Przydatność wybranych wskaźników budowy ciała i fałdów skórno-tłuszczowych w określaniu poziomu otyłości ogólnego młodych mężczyzn. *Wychowanie Fizyczne i Sport*, 52 (4), 181–184.
- Socha M., Karimińska K., Chwałczyńska A. (2010) Porównanie zawartości tkanki tłuszczowej u młodych nieotyłych kobiet i mężczyzn oznaczonej metodą bioimpedancji (wersja bi- i tetrapolarna) i metodą fotooptyczną. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*, 6 (1), 18–25.
- Stachoń A., Pietraszewska J., Burdukiewicz A., Andrzejewska J. (2013) Wpływ aktywności fizycznej na poziom otyłości młodych kobiet. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 19 (2), 188–192.
- St-Onge M.-P., Gallagher D. (2010) Body composition changes with aging: the cause or the result of alterations in metabolic rate and macronutrient oxidation? *Nutrition*, 26 (2), 152–155.
- Strouhal E., Reisenauer R. (1963) A contribution to the anthropology of the recent Egyptian population. *Anthropologie*, 1 (3), 3–33.
- Stupnicki R. (2015) Relacje wagowo-wzrostowe i stosowanie wskaźnika BMI u dzieci i młodzieży. *Zeszyty Naukowe WSKFiT*, 10, 41–47.
- Sweeting H.N. (2007) Measurement and definitions of obesity in childhood and adolescence: a field guide for the uninitiated. *Nutrition Journal*, 9, 345–356.
- Szatkowska A., Bodalski J. (2003) Otyłość u dzieci i młodzieży. *Przewodnik Lekarza*, 6 (9), 54–58.
- Szczawińska I., Ponikowska I., Chojnowski J., Grabowska T. (2006) Some of the anthropometric indexes in obese former sportsmen. *Balneologia Polska*, 2, 106–110.
- Szymocha M., Bryła M., Maniecka-Bryła I. (2009) Epidemia otyłości w XXI wieku. *Zdrowie Publiczne*, 119 (2), 207–212.
- Tanner J.M. (1963) The regulation of human growth. *Child Development*, 34 (4), 817–847.
- Tatarczuk J., Solan J., Nowacka-Chiari E. (2008) Charakterystyka wskaźnika smukłości dzieci i młodzieży w wieku 11–18 lat uprawiających różne dyscypliny sportu w województwie lubuskim. [W:] G. Olchowik (red.), *Dobrostan a rozwój i zdrowie dzieci i młodzieży*. Neuro-Centrum, Lublin, 131–151; 211–226.
- Tatoń J., Czech A., Bernas M. (2007) Otyłość. Zespół metaboliczny. PZWL, Warszawa.
- Tomaszewski P., Stupnicki R., Milde K. (2013) Body Mass Index – proposed norms for children and youths. *Papers on Anthropology*, 22, 203–213.
- Villareal D.T., Apovian C.M., Kushner R.F., Klein S., American Society for Nutrition, NAASO, The Obesity Society (2005) Obesity in older adults: technical review and position statement of the American Society for Nutrition and NAASO, the Obesity Society. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82 (5), 923–934.
- Weiss R., Dziura J., Burgert T.S., Tamborlane W.V., Taksali S.E., Yeckel C.W., Allen K.A., Lopez M.L., Savoye M., Morrison J., Shervin R.S., Caprio S. (2004) Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. *New England Journal of Medicine*, 350, 2362–2374.
- Wilborn C., Beckham J., Campbell B., Harvey T., Galbreath M., La Bounty P., Nassar E., Wismann J., Kreider R. (2005) Obesity: prevalence, theories, medical conse-

- quences, management, and research directions. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2 (2), 4–31.
- Witanowska J., Obuchowicz A., Warmuz-Wancisiewicz A. (2007) Wpływ czynników rodzinnych i środowiskowych na stan odżywienia dzieci przed okresem pokwitania, mieszkających na Górnym Śląsku. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*, 3 (3), 39–44.
- Wolański N. (2012) Rozwój biologiczny człowieka. Podstawy auksologii, gerontologii i promocji zdrowia. WN PWN, Warszawa.
- World Health Organization (1995) Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee. WHO Technical Report Series 854. Geneva, World Health Organization, 2.
- World Health Organization (2000a) Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. WHO Technical Report Series 894. Geneva: World Health Organization, 3.
- World Health Organization (2000b) WHO/IASO/IOTF. The Asia-Pacific perspective: redefining obesity and its treatment. Health Communications Australia, Melbourne.
- World Health Organization Expert consultation (2004) Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *The Lancet*, 336 (9403), 157–163.
- World Health Organization (2015) Obesity and overweight. Fact sheet N°311; physical activity. Fact sheet N°385, WHO healthy diet. Fact sheet N°394, Updated January 2015.
- Woynarowska B. (2013) Rozwój fizyczny oraz motoryczny dzieci i młodzieży. [W:] W. Kubicka, H. Ziółkowska, R. Grenda (red.), *Pediatrics*. T. 1. PZWL, Warszawa, 1–29.
- Wójcik Ł. (2015) Opracowanie wyników wrocławskiego testu sprawności fizycznej (listopad 2014 – maj 2015). <http://fundacjainfinity.pl/wp-content/uploads/2015/12/Test-przedszkolaka-wyniki.pdf> [luty 2016].
- Wytyczne UE dotyczące aktywności fizycznej. Zalecane działania polityczne wspierające aktywność fizyczną wpływającą pozytywnie na zdrowie (2008) [http://ec.europa.eu/assets/eac/sport/library/policy\\_documents/eu-physical-activity-guidelines-2008\\_pl.pdf](http://ec.europa.eu/assets/eac/sport/library/policy_documents/eu-physical-activity-guidelines-2008_pl.pdf), 6–8 [luty 2016].
- Yamauchi J., Kurihara T., Yoshikawa M., Taguchi S., Hashimoto T. (2015) Specific characterization of regional storage fat in upper and lower limbs of young healthy adults. *Springer Plus*, 4, 402–409.
- Yanovski J., Yanovski S.Z. (1999) Recent advances in basic obesity research. *JAMA*, 282 (16), 1504–1506.
- Zajęc-Gawlak I., Groffik D. (2010) Ubytki wysokości ciała jako składowa inwolucyjnych zmian w budowie somatycznej kobiet i mężczyzn po 50. roku życia. *Gerontologia Polska*, 18 (4), 183–193.
- Zarzeźna-Baran M., Jędrzejczyk T., Bandurska E., Sztorc J., Wengler L. (2013) Programy podejmujące przeciwdziałanie nadwadze i otyłości u dzieci i młodzieży realizowane w Gdańsku. *Antropomotoryka*, 23 (62), 83–89.

## WYKAZ RYCIN I TABEL

### RYCINY

1. Zmiany wysokości ciała kobiet w zależności od wieku.....	14
2. Zmiany składników ciała kobiet w zależności od wieku .....	15
3. Typy budowy ciała według wskazań antropometrycznych .....	17
4. Typy budowy ciała według Sheldona .....	18
5. Metoda bioimpedancji elektrycznej.....	24
6. Przykładowy segmentowy rozkład tkanki tłuszczowej i beztłuszczowej u osoby z otyłością.....	25
7. Przykład zastosowania algorytmu Steinhausa dla grupy kobiet w wieku 15–25 lat.....	37
8. Ogólna i segmentowa ilość tkanki tłuszczowej [%] badanych dziewczynek w zależności od wieku .....	39
9. Ogólna i segmentowa ilość tkanki tłuszczowej [%] badanych kobiet w zależności od wieku .....	39
10. Równanie regresji i rozrzut wartości masy tkanki tłuszczowej (FatM) [kg] z linią trendu w zależności od wieku.....	43
11. Równanie regresji i rozrzut wartości masy tkanki tłuszczowej (FFM) [kg] z linią trendu w zależności od wieku.....	43
12. Ogólna i segmentowa procentowa ilość tkanki tłuszczowej badanych kobiet....	45
13. Równanie regresji i rozrzut wartości masy tkanki tłuszczowej względem wieku dla grup w zależności od klasyfikacji BMI (wg WHO) .....	51
14. Równanie regresji i rozrzut wartości masy tkanki beztłuszczowej względem wieku dla grup w zależności od klasyfikacji BMI (wg WHO).....	52
15. Ogólna i segmentowa procentowa ilość tkanki tłuszczowej badanych dziewczynek.....	53
16. Ogólna i segmentowa procentowa ilość tkanki tłuszczowej badanych kobiet w zależności od wskaźnika BMI (klasyfikacja BMI z uwzględnieniem wieku).....	56
17. Równanie regresji i rozrzut wartości masy tkanki tłuszczowej względem wieku dla grup w zależności od klasyfikacji BMI z uwzględnieniem wieku....	57
18. Rozrzut wartości masy tkanki beztłuszczowej względem wieku dla grup badanych kobiet w zależności od klasyfikacji BMI z uwzględnieniem wieku....	62
19. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny dolnej prawej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI według WHO .....	63
20. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny dolnej prawej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI z uwzględnieniem wieku .....	63
21. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny dolnej lewej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI według WHO .....	64



22. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny dolnej lewej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI z uwzględnieniem wieku .....	64
23. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny górnej prawej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI według WHO .....	65
24. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny górnej prawej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI z uwzględnieniem wieku .....	65
25. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny górnej lewej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI według WHO .....	66
26. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej kończyny górnej lewej badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI z uwzględnieniem wieku .....	66
27. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej tułowia badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI według WHO .....	67
28. Wartości procentowej ilości tkanki tłuszczowej tułowia badanych kobiet z uwzględnieniem nieprawidłowości masy ciała zgodnie z klasyfikacją BMI z uwzględnieniem wieku .....	67
29. Ogólny i segmentowy wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy (FFF) badanych dziewczynek w zależności od wieku.....	70
30. Ogólny i segmentowy wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy (FFF) badanych kobiet w zależności od wieku .....	71
31. Zmiany wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) badanych kobiet w zależności od wieku i klasyfikacji BMI według WHO.....	72
32. Siatka centylowa dla ogólnego wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) badanych kobiet w zależności od wieku .....	75
33. Siatki centylowe dla wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) kończyny dolnej prawej badanych kobiet w zależności od wieku .....	76
34. Siatki centylowe dla wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) kończyny dolnej lewej badanych kobiet w zależności od wieku .....	77
35. Siatki centylowe dla wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) kończyny górnej prawej badanych kobiet w zależności od wieku .....	77
36. Siatki centylowe dla wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) kończyny górnej lewej badanych kobiet w zależności od wieku .....	78
37. Siatki centylowe dla wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) tułowia badanych kobiet w zależności od wieku .....	78
38. Dystrybucja tkanki tłuszczowej w zależności od wieku .....	79
39. Dystrybucja tkanki tłuszczowej w zależności od nieprawidłowości masy ciała badanych kobiet.....	80
40. Procentowy wskaźnik tłuszczowo-beztłuszczowy (%FFF) w zależności od klasyfikacji masy ciała badanych.....	80
41. Porównanie występowania nieprawidłowości masy ciała w zależności od zastosowanego kryterium BMI: według WHO, z uwzględnieniem wieku .....	85

42. Symulacyjna wartość wskaźnika BMI względem wieku .....	88
43. Rozrzut wartości masy tkanki tłuszczowej przy klasyfikacji BMI według WHO .....	90
44. Rozrzut wartości masy tkanki tłuszczowej przy klasyfikacji BMI z uwzględnieniem wieku .....	90
45. Wartości wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) dla wybranych przykładów z grupy kobiet w wieku 15–25 lat.....	95
46. Wartości wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) dla wybranych przykładów z grupy kobiet w wieku 25–55 lat.....	97
47. Wartości wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) dla wybranych przykładów z grupy kobiet w wieku 55+ lat.....	98
48. Wartości uśrednione wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) ogólnego i segmentowego dla osób uprawiających różne dyscypliny sportu .....	102

## TABELLE

1. Klasyfikacja wskaźnika BMI według WHO .....	16
2. Dane antropometryczne badanej grupy ( $\bar{x} \pm SD$ ) .....	29
3. Klasyfikacja BMI z uwzględnieniem wieku badanych kobiet na podstawie programu GMON 3.1.5, wykorzystywanego w analizatorze składu ciała BC-418 MA firmy Tanita.....	34
4. Klasyfikacja ilości tkanki tłuszczowej z uwzględnieniem wieku badanych kobiet na podstawie programu GMON 3.1.5.....	34
5. Istotność statystyczna różnic między procentową ilością tkanki tłuszczowej ogólnej i segmentowej w zależności od wieku badanych .....	40
6. Ogólny skład ciała w zależności od wieku badanych.....	41
7. Porównanie składu ciała w obrębie kończyn dolnych w zależności od wieku badanych .....	41
8. Porównanie składu ciała w obrębie kończyn górnych w zależności od wieku badanych .....	42
9. Porównanie składu ciała w obrębie tułowia w zależności od wieku badanych .....	42
10. Występowanie nieprawidłowości masy ciała badanych (wg klasyfikacji BMI).....	44
11. Istotność statystyczna różnic procentowej ilości tkanki tłuszczowej badanych kobiet w zależności od wieku .....	46
12. Skład ciała badanych kobiet z niedowagą (wg WHO) w zależności od wieku .....	47
13. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych kobiet z normatywną masą ciała (wg WHO) w zależności od wieku.....	48
14. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych kobiet z nadwagą (wg WHO) w zależności od wieku .....	49
15. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych kobiet z otyłością (wg WHO) w zależności od wieku .....	50

---

16. Istotność statystyczna różnic procentowej ilości tkanki tłuszczowej badanych dziewczynek (klasyfikacja BMI z uwzględnieniem wieku).....	54
17. Rozkład procentowy występowania nieprawidłowości masy ciała badanych kobiet w zależności od zastosowanej klasyfikacji BMI z uwzględnieniem wieku .....	55
18. Istotność statystyczna różnic procentowej ilości tkanki tłuszczowej badanych kobiet (klasyfikacja BMI z uwzględnieniem wieku).....	55
19. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych kobiet z niedowagą (wg wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku) .....	58
20. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych kobiet z normatywną masą ciała (wg wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku) .....	59
21. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych kobiet z nadwagą (wg wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku) .....	60
22. Ogólny i segmentowy skład ciała badanych kobiet z otyłością (wg wskaźnika BMI z uwzględnieniem wieku) .....	61
23. Korelacje ( <i>r</i> ) wartości cech antropometrycznych i komponenty tłuszczowej badanych kobiet.....	69
24. Korelacje ( <i>r</i> ) pomiędzy wiekiem i BMI a segmentowymi komponentami masy ciała badanych.....	70
25. Porównanie wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) badanych kobiet w zależności od wieku .....	71
26. Porównanie istotności statystycznej wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (FFF) między grupami wiekowymi w zależności od przyjętej klasyfikacji BMI.....	74
27. Różnice procentowego wskaźnika tłuszczowo-beztłuszczowego (%FFF) w zależności od wieku i nieprawidłowości masy ciała badanych kobiet.....	81
28. Procentowa liczba kobiet w populacji polskiej w zależności od klasyfikacji BMI na podstawie klasyfikacji WHO.....	84
29. Porównanie klasyfikacji nieprawidłowości masy ciała w zależności od zastosowanego narzędzia oceny.....	98
30. Wyniki pomiarów pacjentki P.D. przed zabiegami fizjoterapeutycznymi i po ich zakończeniu.....	99

## SUMMARY

### Fat-Fat Free age-related index as a new tool for body mass assessment

The growing percentage of people with excess body weight is becoming a 21<sup>st</sup> century problem. According to the latest World Health Organization (WHO) data, the issue affects every other adult and every fourth child. WHO developed normative values for the body mass index (BMI) for the purposes of classification. In the case of children, they are adapted to age and gender (centile charts), and in the case of adults (people over the age of 18), the same criteria are used, regardless of the subjects' age and gender. The methods applied for body mass assessment are based on the ratio of body weight to height and do not take into account body composition or fat distribution.

The main objective of the study was to develop an indicator enabling the assessment of body weight depending on the subject's age, the occurrence of body weight irregularities, and the possibility to determine the effectiveness of physical activity courses in the therapeutic or prophylactic process aiming to improve body composition components.

In order to develop an indicator considering the contents of fat mass and lean mass, it was necessary to assess the segmental body composition of women, depending on age and BMI.

In total, 1191 females aged 6.5–82 years were tested. The subjects were divided by age into three groups: group G ( $n = 357$ ) – girls aged 6.513–9.789 years, in whom there were no outward signs of the start of the pubertal period; group N ( $n = 81$ ) – girls aged 10–15 years tested in the pubertal period; group F ( $n = 753$ ) – subjects in whom the end of the pubertal period was diagnosed, women aged 15+.

The subjects had the segmental body composition indicated with the use of an eight-electrode body composition analyser BC-418 MA produced by Tanita. On the basis of the segmental body composition, the Fat-Fat Free (FFF) index was calculated.

The study revealed changes in the segmental body composition occurring with the ontogenetic development. With age, the amount of fat tissue changes statistically significantly. In the case of the average values for age, the distribution of body fat tissue is not significantly affected. Taking into account the body mass classification applied so far, statistically significant differences were observed in terms of body fat distribution in underweight, normal body weight, overweight, and obese women. In underweight women, the adipose tissue is located primarily in the legs. In women with standard weight, the fat tissue balances peripherally. Together with the increase in body weight, the body fat mass rises primarily in the upper limbs. The FFF index varies with age and body weight.

The study indicated that the segmental body composition depended on age, and the proportions of the components changed with the ontogenetic development and the irregularities in the body weight. On the basis of the algorithm developed by Steinhaus, the centile charts for the FFF index values were developed. The FFF index is a good tool to assess the physiotherapeutic process based on muscle strength re-education and can be applied as an auxiliary tool in the physiotherapeutic diagnosis. Owing to the consideration of lean tissue, the FFF index can be used for training program evaluation, as well as for the qualification to particular sports disciplines.