

STUDIA I MONOGRAFIE  
AKADEMII WYCHOWANIA FIZYCZNEGO WE WROCŁAWIU

NR 138

Aleksandra Stachoń

**OTŁUSZCZENIE CIAŁA I DYSTRYBUCJA  
TŁUSZCZU PODSKÓRNEGO  
JAKO WYZNACZNIK POZIOMU SPORTOWEGO  
ZAWODNICZEK I ZAWODNIKÓW  
ZESPOŁOWYCH GIER SPORTOWYCH**

WROCŁAW 2020

#### KOMITET WYDAWNICZY

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

#### RECENZENT

Magdalena Krzykała

#### REDAKCJA I SKŁAD

Beata Irzykowska

© Copyright by Wydawnictwo AWF Wrocław, 2020

ISSN 0239-6009

ISBN 978-83-64354-52-6



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*

#### PROJEKT OKŁADKI

Agnieszka Nyklas



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

|                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Wykaz skrótów .....                                                                                                                                  | 6  |
| 1. Wstęp .....                                                                                                                                       | 7  |
| 1.1. Biologiczna rola tkanki tłuszczowej.....                                                                                                        | 7  |
| 1.2. Rodzaje tkanki tłuszczowej.....                                                                                                                 | 8  |
| 1.3. Dystrybucja tkanki tłuszczowej .....                                                                                                            | 9  |
| 1.4. Dymorfizm płciowy dystrybucji tłuszczu .....                                                                                                    | 12 |
| 1.5. Zmiany rozwojowe składu ciała .....                                                                                                             | 12 |
| 1.6. Fenotyp otyśczenia a ryzyko zdrowotne .....                                                                                                     | 13 |
| 1.7. Różne podejścia metodologiczne do analizy dystrybucji<br>tłuszczu podskórnego .....                                                             | 14 |
| 1.8. Ocena otyśczenia podskórnego u sportowców.....                                                                                                  | 19 |
| 2. Cel pracy.....                                                                                                                                    | 22 |
| 3. Materiał i metody .....                                                                                                                           | 24 |
| 4. Analiza wyników .....                                                                                                                             | 29 |
| 4.1. Koszykówka.....                                                                                                                                 | 29 |
| 4.1.1. Budowa somatyczna i wzorzec otyśczenia podskórnego<br>zawodniczek i zawodników koszykówki w zależności od płci .....                          | 29 |
| 4.1.1.1. Charakterystyka antropometryczna badanych.....                                                                                              | 29 |
| 4.1.1.2. Wielkość otyśczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego.....                                                                                 | 31 |
| 4.1.1.3. Skład tkankowy ciała .....                                                                                                                  | 34 |
| 4.1.2. Budowa somatyczna i wzorzec otyśczenia podskórnego<br>zawodniczek i zawodników koszykówki w zależności<br>od ich poziomu sportowego.....      | 34 |
| 4.1.2.1. Charakterystyka antropometryczna badanych.....                                                                                              | 34 |
| 4.1.2.2. Wielkość otyśczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego.....                                                                                 | 38 |
| 4.1.2.3. Skład tkankowy ciała .....                                                                                                                  | 42 |
| 4.1.3. Budowa somatyczna zawodniczek i zawodników koszykówki<br>w grupach różniących się wielkością otyśczenia podskórnego .....                     | 43 |
| 4.1.4. Podsumowanie .....                                                                                                                            | 47 |
| 4.2. Piłka siatkowa.....                                                                                                                             | 49 |
| 4.2.1. Budowa somatyczna i wzorzec otyśczenia podskórnego<br>zawodniczek i zawodników piłki siatkowej w zależności od płci .....                     | 49 |
| 4.2.1.1. Charakterystyka antropometryczna badanych.....                                                                                              | 49 |
| 4.2.1.2. Wielkość otyśczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego.....                                                                                 | 51 |
| 4.2.1.3. Skład tkankowy ciała .....                                                                                                                  | 54 |
| 4.2.2. Budowa somatyczna i wzorzec otyśczenia podskórnego<br>zawodniczek i zawodników piłki siatkowej w zależności<br>od ich poziomu sportowego..... | 54 |
| 4.2.2.1. Charakterystyka antropometryczna badanych.....                                                                                              | 54 |
| 4.2.2.2. Wielkość otyśczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego ....                                                                                 | 55 |
| 4.2.2.3. Skład tkankowy ciała .....                                                                                                                  | 61 |

|                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.3. Budowa somatyczna zawodniczek i zawodników piłki siatkowej<br>w grupach różniących się wielkością otluszczenia podskórnego .....              | 62  |
| 4.2.4. Podsumowanie .....                                                                                                                            | 67  |
| 4.3. Piłka ręczna.....                                                                                                                               | 68  |
| 4.3.1. Budowa somatyczna i wzorzec otluszczenia podskórnego<br>zawodniczek i zawodników piłki ręcznej w zależności od płci.....                      | 68  |
| 4.3.1.1. Charakterystyka antropometryczna badanych.....                                                                                              | 68  |
| 4.3.1.2. Wielkość otluszczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego .....                                                                              | 71  |
| 4.3.1.3. Skład tkankowy ciała.....                                                                                                                   | 73  |
| 4.3.2. Budowa somatyczna i wzorzec otluszczenia podskórnego<br>zawodniczek i zawodników piłki ręcznej w zależności<br>od ich poziomu sportowego..... | 74  |
| 4.3.2.1. Charakterystyka antropometryczna badanych.....                                                                                              | 74  |
| 4.3.2.2. Wielkość otluszczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego.....                                                                               | 77  |
| 4.3.2.3. Skład tkankowy ciała.....                                                                                                                   | 81  |
| 4.3.3. Budowa somatyczna zawodniczek i zawodników piłki ręcznej<br>w grupach różniących się wielkością otluszczenia podskórnego .....                | 82  |
| 4.3.4. Podsumowanie.....                                                                                                                             | 86  |
| 4.4. Piłka nożna.....                                                                                                                                | 88  |
| 4.4.1. Budowa somatyczna i wzorzec otluszczenia podskórnego<br>zawodniczek i zawodników piłki nożnej w zależności od płci.....                       | 88  |
| 4.4.1.1. Charakterystyka antropometryczna badanych.....                                                                                              | 88  |
| 4.4.1.2. Wielkość otluszczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego ....                                                                               | 90  |
| 4.4.1.3. Skład tkankowy ciała.....                                                                                                                   | 93  |
| 4.4.2. Budowa somatyczna i wzorzec otluszczenia podskórnego<br>zawodniczek i zawodników piłki nożnej w zależności<br>od ich poziomu sportowego.....  | 94  |
| 4.4.2.1. Charakterystyka antropometryczna badanych.....                                                                                              | 94  |
| 4.4.2.2. Wielkość otluszczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego ....                                                                               | 97  |
| 4.4.2.3. Skład tkankowy ciała.....                                                                                                                   | 100 |
| 4.4.3. Budowa somatyczna zawodniczek i zawodników piłki nożnej<br>w grupach różniących się wielkością otluszczenia podskórnego ....                  | 101 |
| 4.4.4. Podsumowanie .....                                                                                                                            | 105 |
| 4.5. Porównanie wzorca otluszczenia pomiędzy dyscyplinami .....                                                                                      | 107 |
| 5. Dyskusja.....                                                                                                                                     | 116 |
| 6. Podsumowanie i wnioski.....                                                                                                                       | 140 |
| Aneks .....                                                                                                                                          | 145 |
| Bibliografia .....                                                                                                                                   | 163 |
| Wykaz rycin i tabel .....                                                                                                                            | 179 |
| Summary .....                                                                                                                                        | 185 |

Pragnę serdecznie podziękować antropologom, z którymi prowadziłam badania: dr hab. Jadwidze Pietraszewskiej, prof. AWF; dr hab. Annie Burdukiewicz, prof. AWF oraz dr Justynie Andrzejewskiej. Dziękuję za możliwość pracy z Wami, za okazane wsparcie, wspólne dyskusje i komentarze.

*Aleksandra Stachoń*

## WYKAZ SKRÓTÓW

|                                          |                                                                                        |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| BIA                                      | bioelektryczna impedancja                                                              |
| BCM                                      | masa komórkowa                                                                         |
| BMI                                      | <i>body mass index</i>                                                                 |
| ECW                                      | woda zewnątrzkomórkowa                                                                 |
| FFM                                      | masa ciała szczupłego                                                                  |
| FM                                       | masa tłuszczu                                                                          |
| ICW                                      | woda wewnątrzkomórkowa                                                                 |
| MM                                       | masa mięśni                                                                            |
| WHR                                      | <i>waist to hip ratio</i>                                                              |
| WHtR                                     | <i>waist to height ratio</i>                                                           |
| SBFI                                     | <i>skinfold-based fat index</i> (wskaźnik otłuszczenia względnego)                     |
| SFI                                      | <i>subcutaneous fat index</i> (wskaźnik otłuszczenia podskórnego)                      |
| SFDI                                     | <i>subcutaneous fat distribution index</i> (wskaźnik dystrybucji tłuszczu podskórnego) |
| TBW                                      | woda całkowita                                                                         |
| <i>a-a</i>                               | szerokość barków                                                                       |
| <i>a-da<sub>III</sub></i>                | długość kończyny górnej                                                                |
| <i>a-r</i>                               | długość ramienia                                                                       |
| <i>B-sy</i>                              | długość kończyn dolnych do <i>symphysis</i>                                            |
| <i>B-ti</i>                              | długość podudzia ze stopą                                                              |
| <i>B-tro</i>                             | długość kończyn dolnych do <i>trochanterion</i>                                        |
| <i>B-v</i>                               | wysokość ciała                                                                         |
| <i>cl-cm</i>                             | szerokość łokcia                                                                       |
| <i>da<sub>III</sub>-da<sub>III</sub></i> | rozpiętość ramion                                                                      |
| <i>dl-dl</i>                             | szerokość barków (na mięśniach)                                                        |
| <i>epl-epm</i>                           | szerokość kolana                                                                       |
| <i>ic-ic</i>                             | szerokość bioder                                                                       |
| <i>mlt-mlf</i>                           | szerokość kostki                                                                       |
| <i>mtt-mtf</i>                           | szerokość stopy                                                                        |
| <i>mu-mr</i>                             | szerokość ręki                                                                         |
| <i>pte-ap</i>                            | długość stopy                                                                          |
| <i>r-sty</i>                             | długość przedramienia                                                                  |
| <i>spr-spu</i>                           | szerokość nadgarstka                                                                   |
| <i>sst-sy</i>                            | długość tułowia                                                                        |
| <i>sty-da<sub>III</sub></i>              | długość ręki                                                                           |
| <i>thl-thl</i>                           | szerokość klatki piersiowej                                                            |
| <i>tro-ti</i>                            | długość uda                                                                            |
| <i>tro-tro</i>                           | szerokość międzykłętarzowa                                                             |
| <i>xi-ths</i>                            | głębokość klatki piersiowej                                                            |
| Me                                       | mediana                                                                                |
| N                                        | liczebność                                                                             |
| Q1                                       | kwartyl pierwszy                                                                       |
| Q3                                       | kwartyl trzeci                                                                         |
| <i>p-value</i>                           | prawdopodobieństwo testowe                                                             |
| SD                                       | odchylenie standardowe                                                                 |
| $\bar{x}$                                | średnia arytmetyczna                                                                   |

## 1. WSTĘP

### 1.1. BIOLOGICZNA ROLA TKANKI TŁUSZCZOWEJ

Podstawową rolą tkanki tłuszczowej u wszystkich organizmów, które ją mają, jest magazynowanie energii. Energię w postaci lipidów gromadzą komórki, nawet tych najprostszych organizmów, jednak wyspecjalizowana tkanka tłuszczowa występuje tylko u kręgowców (Birsoy i in. 2013). Tkanka tłuszczowa kręgowców, w tym człowieka, zbudowana jest z komórek zawierających krople tłuszczu (adipocytów) oraz z różnych innych rodzajów komórek zawieszonych pomiędzy włóknami kolagenowymi. Są to m.in. komórki macierzyste (SVF, *stromal vascular fraction*), preadipocyty, fibroblasty, leukocyty, makrofagi oraz komórki endotelialne. W zależności od rodzaju adipocytów pełnią one specyficzne funkcje. Jedne – z reguły mniejsze – uczestniczą w termogenezie, inne – większe adipocyty – odgrywają rolę magazynującą, uczestnicząc w utrzymaniu odpowiedniego poziomu kwasów tłuszczowych w organizmie. Odkryto, że tkanka tłuszczowa działa również wydzielniczo, dzięki czemu bierze udział w regulacji homeostazy energetycznej organizmu. Jej zachowanie jest szczególnie ważne u sportowców, zarówno kobiet, jak i mężczyzn, podejmujących duże wysiłki fizyczne, często wykraczające poza przeciętne funkcje biologiczne organizmu.

Endokrynne działanie tkanki tłuszczowej, w tym też metabolizowanie steroidów płciowych, zostało szczegółowo opisane m.in. przez Skowrońską i in. (2005) oraz Siemińską (2007). Wytworzone przez tkankę tłuszczową adipokiny biorą udział w metabolizmie glukozy i lipidów, w odpowiedziach immunologicznych ustroju i kontroli ciśnienia tętniczego krwi. Uczestniczą też w procesach zakrzepowych, angiogenezie, wpływają na płodność i regulują uczucie łaknienia. Oddziałują na wątrobę, mięśnie szkieletowe, trzustkę, mózg, układ naczyniowy i rozrodczy (Siemińska 2007). Wraz ze zwiększaniem zapasów lipidów w tkance tłuszczowej nasila się produkcja leptyny, hormonu działającego na receptory w obrębie podwzgórza, hamującego łaknienie i nasilającego wytwarzanie energii. Leptyna redukuje także ekspresję genów odpowiedzialnych za lipogenezę oraz zwiększa ekspresję genów lipolitycznych, co powoduje zmniejszenie ilości nagromadzonego w organizmie tłuszczu. W ten sposób reguluje równowagę energetyczną organizmu (Siemińska 2007). Tkanka tłuszczowa wydziela oprócz leptyny również wiele innych adipokin. Adiponektyna i rezystyna wpływają na insulinowrażliwość/insulinooporność w różnych tkankach. Apelina i wisfatyna modyfikują sekrecję i działanie insuliny (Skowrońska i in. 2005). Ilość i rodzaj wydzielanych substancji zależy m.in. od lokalizacji adipocytów (w obszarze podskórnym lub trzewnym) oraz od nagromadzenia tkanki tłuszczowej. Depozyty podskórny i trzewny różnią się tym, że adipocyty w tkance tłuszczowej brzusznej zawierają więcej receptorów  $\beta$ -adrenergicznych niż komórki tkanki

podskórnej i dzięki temu aktywność metaboliczna depozytu trzewnego jest większa, czyli lipoliza jest intensywniejsza (Murawska-Ciałowicz 2017). W tkance tłuszczowej trzewnej obserwuje się też większą ekspresję receptorów androgenowych i glikokortykoidowych (Murawska-Ciałowicz 2017). Komórki macierzyste w tkance tłuszczowej wydzielają cytokiny o właściwościach hemato-poetycznych i prozapalnych, m.in. czynnik martwicy nowotworu  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), interleukina 6 (IL-6), czynnik chemotaktyczny monocytów (MCP-1), a także czynniki modyfikujące procesy krzepnięcia i fibrylizy. Substancje te mogą odgrywać ważną rolę w patogenezie powikłań mikro- i makronaczyniowych w zespole metabolicznym i cukrzycy typu 2 (Skowrońska i in. 2005, Kilroy i in. 2007).

W komórkach tkanki tłuszczowej dochodzi do ekspresji genów kodujących enzymy biorące udział w syntezie i metabolizmie hormonów steroidowych, m.in. aromatazy zależnej od cytochromu P450, różnych dehydrogenaz i hydroksylaz i innych (Kershaw i Flier 2004). Aromataza kontroluje konwersję androgenów w estrogeny: androstendionu do estronu i testosteronu do estradiolu. Dehydrogenaza 17 $\beta$ -hydroksysteroidowa uczestniczy w przekształcaniu „słabych” androgenów i estrogenów w ich „mocniejsze” metabolity: androstendionu do testosteronu i estronu do estradiolu (Meseguer i in. 2002). Poziom ekspresji tych genów zależy od lokalizacji tkanki tłuszczowej, co pozwala sądzić, że profil hormonalny może być zależny od wzorca dystrybucji tłuszczu. Ekspresja dehydrogenazy w stosunku do aromatazy jest niższa w tkance tłuszczowej podskórnej i wyższa w tkance wisceralnej (Meseguer i in. 2002, Kershaw i Flier 2004). Sportowcy, charakteryzujący się cienką warstwą tkanki tłuszczowej podskórnej w stosunku do lepiej rozwiniętego otluszczenia wisceralnego, mają dobre warunki biologiczne do produkcji testosteronu. Dotyczy to także kobiet uprawiających sport, u których ze względu na redukcję otluszczenia podskórnego, odnotowuje się z reguły niższy niż u ich nietreningujących koleżanek poziom estrogenów, a wyższy poziom testosteronu (Jasieńska i in. 2006, Mędraś i in. 2011).

Zarówno niedorozwój lub zbyt duża redukcja otluszczenia, jak i jego nadmierna akumulacja powodują zaburzenia w funkcjonowaniu organizmu na wielu poziomach. Dlatego ważne jest poznanie zmienności wzorców dystrybucji nie tylko u dorosłych kobiet i mężczyzn, ale też u dzieci, osób starszych oraz sportowców – szczególnie narażonych na zaburzenia homeostazy energetycznej ze względu na wysoki poziom aktywności fizycznej i specyficzne formy treningu sportowego.

## 1.2. RODZAJE TKANKI TŁUSZCZOWEJ

Część komórek tkanki tłuszczowej gromadzi jedną dużą kroplę tłuszczu złożoną z trójglicerydów. Komórki te mają peryferycznie położone jądro komór-

kowe oraz inne organelle komórkowe. Jest to tzw. biała tkanka tłuszczowa (WAT, *white adipose tissue*), która stanowi główny rezerwuar energii. Anatomicznie biała tkanka tłuszczowa dzieli się ze względu na lokalizację na podskórną tkankę tłuszczową (SAT, *subcutaneous adipose tissue*) i wisceralną tkankę tłuszczową, zwaną także trzewną (VAT, *visceral adipose tissue*) (Malina 1996). Podskórna tkanka tłuszczowa stanowi warstwę ochronną i charakteryzuje się różną grubością w zależności od rejonu ciała. Najcieńsza jest m.in. na stopach, a najgrubsza m.in. na pośladkach. Tkanka wisceralna jest natomiast umiejscowiona w jamie brzusznej, wokół narządów wewnętrznych. Wisceralną tkankę tłuszczową dzieli się dodatkowo na krezkową, sieciową, okołonerkową, okołogonadalną i okołosierdziową (Bjørndal i in. 2011, Choe i in. 2016).

Siemińska (2007) podaje, że pomiędzy tkanką tłuszczową trzewną i podskórną istnieją różnice morfologiczne i funkcjonalne. Adipocyty trzewne są małe, a z kolei adipocyty podskórne mogą osiągać bardzo duże rozmiary. Tkanka tłuszczowa trzewna jest metabolicznie bardziej aktywna niż podskórna. Charakteryzuje ją większa gęstość i ekspresja receptorów b3-adrenergicznych, co wyjaśnia nasiloną lipolizę i uwalnianie dużych ilości wolnych kwasów tłuszczowych. Tkanka tłuszczowa trzewna jest wrażliwa na lipolityczne działanie amin katecholowych, glikokortykoidów, hormonu wzrostu, androgenów i estrogenów. Jest częściowo oporna na wpływ insuliny, ale adipocyty trzewne ulegają działaniu insuliny w zakresie wychwytu glukozy i w warunkach nadmiernej podaży węglowodanów nasila się w nich lipogeneza (Giorgino i in. 2005). Dokładne różnice w ekspresji genów i aktywności wydzielniczej pomiędzy tkanką trzewną a tkanką podskórną opisała Siemińska (2007).

Część komórek tkanki tłuszczowej, z centralnie położonym jądrem komórkowym, kumuluje lipidy w postaci licznych małych kropli. Komórki te mają dużą liczbę mitochondriów i przez to nazywa się je brązową tkanką tłuszczową (BAT, *brown adipose tissue*). Uczestniczą w procesie termogenezy i uaktywniają się szczególnie w chłodnym otoczeniu. W badaniach pozytonową tomografią emisyjną wykryto, że tkanka ta u dorosłych osób jest zlokalizowana głównie w okolicach szyi, klatki piersiowej i nerek. U kobiet jest jej więcej niż u mężczyzn. Jest mniejsza u osób z nadwagą i otyłych, a także u osób starszych (Cypess i in. 2009). Podejrzewa się, że brązowa tkanka tłuszczowa odgrywa rolę w regulacji masy ciała.

### 1.3. DYSTRYBUCJA TKANKI TŁUSZCZOWEJ

Rozmieszczenie tkanki tłuszczowej w różnych obszarach organizmu człowieka określa się pojęciem dystrybucji tłuszczu (*fat patterning, regional fat topography*) i wyraża się często w bezwzględnej ilości tłuszczu lub relatywnej wielkości w stosunku do masy ciała lub masy różnych tkanek. Odpowiednio większą

akumulację tłuszczu podskórnego na tułowie niż na kończynach określa się jako otłuszczenie typu centralnego lub tułowiowego (*central/truncal pattern*), natomiast w przypadku zwiększonej kumulacji tłuszczu wokół talii w stosunku do bioder mówi się o androidalnym typie otłuszczenia. Typ gynoidalny otłuszczenia, zwany także pośladkowo-udowym (*gluteo-femoral pattern*) charakteryzuje się zwiększoną akumulacją tłuszczu na biodrach w stosunku do talii (Malina 1996, Stewart 2012).

Dystrybucję tłuszczu opisuje się także pod względem zróżnicowania jego zawartości w tkance podskórnej (SAT) oraz wewnątrz ciała, szczególnie w jamie brzucha (tłuszcz wisceralny, VAT). Tłuszcz podskórny może stanowić 20–70% całkowitego otłuszczenia organizmu. Jest to zależne od wieku, płci, pochodzenia etnicznego i stopnia otyłości (Wagner i Heyward 1999). Badania za pomocą rezonansu magnetycznego i tomografii komputerowej ujawniły występowanie fenotypu otłuszczenia TOFI (*thin outside – fat inside*). Pojęciem tym określa się osoby, które wydają się szczupłe, mają niewielką zawartość tłuszczu podskórnego, ale u których nadmiernie gromadzi się tłuszcz wisceralny. Takie rozłożenie tkanki tłuszczowej stanowi utajone ryzyko rozwoju cukrzycy oraz innych poważnych chorób (Thomas i in. 2012, Zdrojewicz i in. 2017). Osoby o przeciwnym fenotypie określa się jako FOTI (*fat outside – thin inside*) (Thomas i in. 2012). Różnicowanie międzyosobnicze fenotypów otłuszczenia odzwierciedlają także wyniki badań zawartości tłuszczu wykonywanych metodą antropometryczną (na podstawie grubości fałdów skórno-tłuszczowych) i metodą BIA (bioelektrycznej impedancji). Zdarza się, że u zawodników różnych dyscyplin przy podobnej grubości fałdów skórno-tłuszczowych obserwuje się różną procentową zawartość tłuszczu całkowitego ocenianą w badaniu BIA.

Dystrybucja tłuszczu różni się w zależności od wieku, płci i pochodzenia etnicznego. Wykazano również, że moment skoku pokwitaniowego, czas zakończenia dojrzewania i tempo dojrzewania płciowego wiążą się ze wzorcem dystrybucji tłuszczu u dzieci (Malina 1996, Chrzanowska i Suder 2008). Procesy ontogenetyczne, a także zmiany w sposobie odżywiania się i aktywności fizycznej powodują dynamiczną przebudowę w obrębie tkanki tłuszczowej. Jest to tzw. *adipose tissue remodeling*. Przebudowa (redystrybucja) tkanki tłuszczowej dotyczy aspektów ilościowych i jakościowych w komórkach tłuszczowych i innych rodzajach komórek zlokalizowanych w tkance tłuszczowej (*adipose tissue-resident cells*). Zmiany związane z nadwagą i otyłością objawiają się nie tylko liczbą i wielkością adipocytów (zwiększeniem objętości tkanki tłuszczowej), ale też wydzielaniem adipokin, miejscową hipoksją i różnymi przemianami tłuszczowymi (Siemińska 2007).

Poszczególne depozyty tkanki tłuszczowej różnią się między sobą strukturą, funkcją, ekspresją genów, aktywnością metaboliczną i endokrynną oraz odmiennie wpływają na funkcjonowanie narządów wewnętrznych (Siemińska

2007). Ponieważ zdolność do magazynowania trójglicerydów przez tkankę podskórną jest ograniczona, po przekroczeniu osobniczo określonego progu tłuszcz zaczyna się odkładać poza fizjologiczną lokalizacją w innych tkankach (mięśniach szkieletowych, wątrobie, trzustce). Podobnie jest w przypadku, gdy tkanka podskórna jest słabo rozwinięta lub dochodzi do jej zaniku z przyczyn chorobowych. Dlatego bardzo ważną rolą prawidłowo rozwiniętej tkanki tłuszczowej podskórnej jest ochrona organizmu przed ekotopowym odkładaniem się tłuszczu (Unger 2003). U zwierząt udowodniono szkodliwe efekty metaboliczne chirurgicznego usunięcia tkanki podskórnej (Weber i in. 2000). Usunięcie tkanki tłuszczowej podskórnej brzusznej spowodowało paradoksalnie przyrost masy tkanki tłuszczowej trzewnej, odłożenie tłuszczu w wątrobie oraz wzrost oporności insulinowej, co przypominało rozwój zespołu metabolicznego w przebiegu lipodystrofii (Weber i in. 2000). Choć podskórna tkanka tłuszczowa jest mniej aktywna metabolicznie niż depozyt wisceralny, to zmiany w jej ilości (zmiany grubości fałdów skórno-tłuszczowych) mogą skutkować zmianą warunków funkcjonowania zawodników. W tkance podskórnej jest wydzielana duża ilość leptyny, która nasila lipolizę i wytwarzanie energii (Skowrońska i in. 2005). Stąd wytwarzanie energii może być większe u zawodników charakteryzujących się grubsza podściółką tłuszczową. Z kolei silna redukcja tłuszczu podskórnego może doprowadzić do zaburzenia wytwarzania leptyny i nastawienia organizmu na oszczędzanie energii, nawet w sytuacji, gdy dostępny jest depozyt wisceralny tłuszczu. W takiej sytuacji organizm rezygnuje z procesów energochłonnych, jakimi są przede wszystkim reprodukcja, termogeneza i wzrost organizmu (Farr i in. 2015). Nie jest też w stanie wykonywać skutecznie intensywnych wysiłków fizycznych.

Ze względu na zróżnicowaną dystrybucję tłuszczu w tkance podskórnej i pozostałych depozytach badania podskórnej tkanki tłuszczowej nie u wszystkich osób będą prawidłowo wskazywać poziom otluszczenia całkowitego. Wykazano jednak, że u sportowców, pod warunkiem uwzględnienia tkanki podskórnej w różnych segmentach ciała, pomiary grubości fałdów skórno-tłuszczowych dobrze odzwierciedlają otluszczenie całkowite (Stewart i Hannan 2000). U osób wykazujących wysoki poziom aktywności fizycznej opisano fenotyp *fit-fat distribution*, w którym charakterystyczne jest większe otluszczenie kończyn, zwłaszcza dolnych, przy niskim otluszczeniu podskórnym tułowia, szczególnie brzucha (Nindl i in. 1996, Mavroeidi i Stewart 2003). Dlatego ważne jest badanie i porównywanie grubości fałdów skórno-tłuszczowych na różnych segmentach ciała, co pozwala na określenie dystrybucji podskórnej tkanki tłuszczowej. Oprócz pomiaru bezpośredniego grubości fałdów skórno-tłuszczowych, aby ocenić dystrybucję tłuszczu podskórnego stosuje się także wskaźniki konstruowane za pomocą wybranych fałdów, a także innych pomiarów antropometrycznych (Malina 1996).

Udowodniono, że u ssaków wzorec dystrybucji otluszczenia jest w pewnym stopniu cechą dziedziczną, co sugeruje, iż u podstawy zróżnicowania depozytów tłuszczu leży różne podłoże genetyczne (Birsoy i in. 2013), na które składa się wiele genów homeobox (Hoxa5, Hoxc8 and Hoxc9), a także inne geny (Gesta i in. 2006). Co ciekawe, depozyty tłuszczu różnie odpowiadają na dany status odżywienia. Podsumowując, można stwierdzić, że w toku ewolucji pojawiły się u ssaków, w tym u człowieka, różne programy komórkowe determinujące dystrybucję tłuszczu (Birsoy i in. 2013).

#### 1.4. DYMORFIZM PŁCIOWY DYSTRYBUCJI TŁUSZCZU

Kobiety mają ogólnie więcej tłuszczu w porównaniu z mężczyznami (Gallagher i in. 1996, Jackson i in. 2002), jednak u mężczyzn częściej występuje otluszczenie typu centralnego i brzuszego (nazwane typem androidalnym), co naraża ich na większe ryzyko zdrowotne (Demerath i in. 2007). Kobiety charakteryzują się mniejszą zawartością tłuszczu wisceralnego, a większą – tłuszczu podskórnego, zwłaszcza w obszarze pośladkowo-udowym (typ gynoidealny) (Komiya i in. 1992, Schreiner i in. 1996, Després i in. 2000, Demerath i in. 2007, Camhi i in. 2011). Niektóre kobiety odpowiadają brzuszemu wzorcowi otluszczenia i ustalono, że mniejsze ryzyko metaboliczne występuje u kobiet ze skłonnością do gromadzenia się tłuszczu podskórnego w okolicy pośladkowo-udowej. Nie poznano do końca mechanizmu, który kieruje płciowym zróżnicowaniem wzorca otluszczenia, wiadomo jednak, że uwidacznia się on już w dzieciństwie. Na pewno ważną rolę pełnią w nim hormony płciowe (Ridder i in. 1990, Cooke i Naaz 2004). Udowodniono, że rozkład tkanki tłuszczowej w różnych obszarach ciała u kobiet i u mężczyzn zależy od wpływu estrogenów (Gorgino i in. 2005, Tchernof i in. 2006). Zróżnicowanie płciowe w lokalizacji i znaczeniu otluszczenia omawiają w pracy przeglądowej White i Tchoukalova (2014).

#### 1.5. ZMIANY ROZWOJOWE SKŁADU CIAŁA

Fomon i in. (1982) wykazali, że dziewczynki i chłopcy przy urodzeniu nie różnią się składem ciała. Charakteryzują się podobnym uwodnieniem: woda całkowita stanowi u nich 80% masy beztłuszczowej, 61% całkowitej wody organizmu to woda zewnątrzkomórkowa, a 39% – woda wewnątrzkomórkowa. Odmienny płciowo wzorec rozwojowy uwidoczniał się w wieku około 5 lat. U 5-letnich chłopców obserwowano mniejszą zawartość tłuszczu całkowitego (14,6% w porównaniu z 16,7% u dziewczynek). Reynolds i Sontag (1950) wykazali, że u chłopców od 6 do 17 roku życia udział tłuszczu na tułowie (określony grubością tułowiowych fałdów skórno-tłuszczowych) w stosunku do całkowitej tkanki tłuszczowej podskórnej wzrasta w większym stopniu niż u dziewczynek.

U chłopców wyraźniej widoczne są też procesy redystrybucji tłuszczu (Malina i Bouchard 1988, Chrzanowska 1992, 1993, Malina i in. 1999, Kozieł i Malina 2005, Chrzanowska i Suder 2008). Zmiany rozwojowe składu ciała polegają m.in. na zmniejszeniu otłuszczenia na kończynach (bardziej otłuszczone kończyny są charakterystyczne dla mniejszych dzieci) i zwiększeniu otłuszczenia centralnego.

U chłopców bardziej widoczne są także zmiany rozwojowe w uwodnieniu organizmu: zmniejsza się u nich, wyraźniej niż u dziewczynek, udział wody zewnątrzkomórkowej na rzecz wody wewnątrzkomórkowej (Fomon i in. 1982). Wiąże się to ze zwiększeniem u płci męskiej masy komórkowej. Chumlea i in. (1984) opisywali różnice w otłuszczeniu dziewcząt i chłopców. Young i in. (1968) zaobserwowali u dziewczynek zwiększenie o 51% grubości fałdów skórno-tłuszczowych, do którego dochodzi między 9–10 a 16 rokiem życia. Zmiany ontogenetyczne podskórnej tkanki tłuszczowej i dymorfizm płciowy w młodszym wieku opisują na podstawie badań longitudinalnych populacji krakowskiej Chrzanowska i Suder (2008). Ciekawe wyniki porównania rozwoju otłuszczenia podskórnego u trenujących i nietrenujących dziewcząt w okresie dojrzewania przedstawiają Pápai i in. (2012). W obu badanych grupach grubość fałdów skórno-tłuszczowych zmniejszała się na kończynach i wzrastała na tułowie. U dziewcząt nietrenujących zaobserwowano więcej tłuszczu w górnej części tułowia, a u młodych zawodniczek – w części dolnej.

Wraz z wiekiem u obu płci zmniejsza się udział podskórnej tkanki tłuszczowej w całkowitej masie tłuszczu (Komiya i in. 1992). U kobiet w okresie menopauzalnym wzrasta zawartość tłuszczu brzuszego, co czasami umiejscawia je w androidalnym fenotypie otłuszczenia (Ley i in. 1992).

## 1.6. FENOTYP OTŁUSZCZENIA A RYZYKO ZDROWOTNE

Gołęb i in. (2012) wykazali, że otłuszczenie oceniane za pomocą wskaźników antropometrycznych obliczanych na podstawie grubości fałdów skórno-tłuszczowych, jak też przy użyciu metody BIA można traktować jako pośredni wyznacznik w diagnozowaniu kondycji biologicznej organizmu, a także ściślej – kondycji fizycznej. Liczne badania pokazały, że wzorzec dystrybucji tłuszczu w organizmie jest silniejszym predyktorem ryzyka zdrowotnego niż ogólna zawartość tłuszczu (Bouchard i in. 1993, Chan i in. 1994, Carey i in. 1997, Seidell i in. 2001, Canoy i in. 2007, Pischon i in. 2008). Bardziej niekorzystne jest akumulowanie białej tkanki tłuszczowej w rejonie wisceralnym niż podskórnym (McLaughlin i in. 2011, Kovacova i in. 2011, Neeland i in. 2012, 2015b). Gromadzenie podskórnej i wisceralnej tkanki tłuszczowej na tułowie wiąże się ze zwiększonym ryzykiem zaburzeń metabolicznych (Guo i in. 1999, Smith i in. 2001, Cnop i in. 2002), natomiast pośladkowo-udowy typ otłuszczenia niesie

mniejsze ryzyko zachorowań u obu płci (Snijder i in. 2003, 2005, Pinnick i in. 2012). Zawartość podskórnej tkanki tłuszczowej jest negatywnie skorelowana z ryzykiem miażdżycy, a jej wybiórcza redukcja przez liposukcję zwiększa ryzyko kardiovaskularne (Tilg i Moschen 2006).

Związek pomiędzy otłuszczeniem wisceralnym i arteriosklerozą jest niezależny od wieku, ogólnej otyłości i ilości tłuszczu podskórnego (Hamdy i in. 2006). Ostatnie badania wskazują na kilka biologicznych i genetycznych różnic pomiędzy tłuszczem wisceralnym i tłuszczem podskórnym. Różnice te przejawiają się w odmiennej roli obu rodzajów tkanki w patogenezie zależnych od otyłości problemów kardiometabolicznych. Tkanka tłuszczowa wisceralna i napływające do niej makrofagi produkują więcej prozapalnych cytokin, takich jak TNF-alfa i interleukina-6 (IL-6) i mniej adiponektyn. Zmiany wydzielania cytokin wywołują odporność na insulinę i istotnie wpływają na patogenезę dysfunkcji endotelialnych i postępującą arteriosklerozę (Hamdy i in. 2006). Wskaźnik akumulacji tłuszczu wisceralnego jest różny w zależności od płci i pochodzenia etnicznego – większy u białych mężczyzn, afroamerykańskich kobiet oraz Indyjczyków i Japończyków obojga płci. Takie różnice mogą wyjaśniać zmienność ryzyka kardiometabolicznego przy różnych pomiarach obwodu pasa w różnych populacjach (Hamdy i in. 2008). Powiązanie funkcjonalne tkanki tłuszczowej z układem wydzielniczym i odpornościowym jest badane od kilkunastu lat (Tilg i Moschen 2006, Niedźwiedzka-Rystwej i Deptuła 2009).

Osobne zagadnienie stanowi związek otłuszczenia podskórnego i otłuszczenia całkowitego ze stężeniem witaminy D we krwi. Udowodniono, że jest on znacznie niższy u osób otyłych, z dużą zawartością tkanki tłuszczowej (Wortsmann i in. 2000). Również u sportowców wykazano ujemną zależność między grubością fałdów skórno-tłuszczowych i zawartością tłuszczu a poziomem witaminy D we krwi (Książek i in. 2015).

Rozwój nowoczesnych technik obrazowania umożliwiających ocenę otłuszczenia wisceralnego odwrócił uwagę naukowców od tkanki podskórnej. Jednak niektóre wyniki badań wskazują na korelację pomiędzy wzorcem otłuszczenia podskórnego a ryzykiem problemów zdrowotnych, co uzasadnia poszukiwanie czynników związanych z dystrybucją podskórnej tkanki tłuszczowej (Ducimetiere i in 1986, Amati i in. 2012).

### 1.7. RÓŻNE PODEJŚCIA METODOLOGICZNE DO ANALIZY DYSTRYBUCJI TŁUSZCZU PODSKÓRNEGO

Otłuszczenie podskórne można ocenić za pomocą metod antropometrycznych, ultrasonograficznych i radiologicznych (Lobstein i in. 2004). Chociaż metody radiologiczne uważa się za najbardziej rzetelne w obliczaniu składu ciała, ich stosowanie w wielu wypadkach jest ograniczone (ekspozycja na promienio-

wanie, szczególnie u dzieci, brak możliwości transportu sprzętu pomiarowego, wysoki koszt badania, długi czas pomiaru). Należy także pamiętać, że przy próbie szacowania regionalnej zawartości tłuszczu istotną rolę odgrywa rozdzielczość obrazu, na którym ustala się granice segmentów ciała i granice tkanek (Stewart i Sutton 2012, Sottier i in. 2013). W dużych badaniach populacyjnych osób dorosłych i dzieci do oceny zróżnicowania zawartości i dystrybucji tłuszczu najczęściej stosuje się najmniej kłopotliwe, tańsze i mniej inwazyjne metody, takie jak metoda antropometryczna, ultrasonograficzna i bioelektryczna impedancja (Kyle i in. 2004, Lewitt i in. 2007). Metoda antropometryczna polega na pomiarze tkankomierzem grubości podwójnego fałdu skórno-tłuszczowego w określonych miejscach (Wolański 1975, Norton i Olds 2009). Metoda ultrasonograficzna umożliwia zobrazowanie tkanek miękkich za pomocą ultradźwięków i pomiar grubości fałdu skórno-tłuszczowego. Badanie wykonuje się, skanując ściśle określone miejsca na ciele (Wagner 2013, Störchle i in. 2017).

Aby ocenić dystrybucję tłuszczu podskórnego, porównuje się grubości poszczególnych fałdów skórno-tłuszczowych oraz wartości wskaźników obejmujących pomiary różnych fałdów. Pomiar grubości fałdu skórno-tłuszczowego dokonywany tkankomierzem obarczony jest, tak jak inne pomiary, błędem pomiarowym mogącym wpływać na interpretację wyników (Ulijaszek i Kerr 1999, Stewart i in. 2011). Błąd może dotyczyć dokładności pomiaru oraz jego rzetelności. Błąd dokładności pomiaru może wynikać z konstrukcji fałdomierza (jest wtedy dokładnie określony przez producenta) oraz z techniki pomiaru. Natomiast błąd rzetelności może wynikać z innych biologicznych czynników wpływających na zmienność wewnątrzsobniczą danego pomiaru (Ulijaszek i Kerr 1999, Carlyon i in. 2009). Powszechnie stosowaną miarą błędu pomiarowego jest TEM (*technical error of measurement*), obliczany dla pomiaru przeprowadzanego przez jedną osobę mierzącą (*intra-observer error*) lub dla kilku mierzących (*inter-observer error*). Wartości błędu pomiarowego należy uwzględniać przy interpretacji wyników badań, pamiętając, że wielkość błędu może być pozytywnie skorelowana z wielkością pomiaru. Ponadto wielkość TEM jest zależna od wieku i od specyfiki danej populacji (Ulijaszek i Kerr 1999, Carlyon i in. 2009, Stewart i in. 2011).

Oprócz pomiaru bezpośredniego grubości fałdów skórno-tłuszczowych stosuje się także wskaźniki grubości fałdów w różnych miejscach tułowia i kończyn oraz antropometryczne pomiary wybranych obwodów ciała (głównie obwodu pasa i obwodu bioder) i wskaźniki konstruowane za pomocą obwodów (Malina 1996). Udowodniono, że obwód pasa (WC, *waist circumference*) silnie koreluje z zawartością tłuszczu wisceralnego, a także tłuszczu podskórnego w rejonie brzucha, ocenianą metodą rezonansu magnetycznego (Pouliot i in. 1994, Neeland i in. 2015a). Lean i in. (1995) wyznaczyli wartość  $> 94$  cm jako zwiększony obwód pasa rzutujący na ryzyko zdrowotne. Należy być jednak ostrożnym w interpretacji tego typu wytycznych, gdyż związek obwodu pasa z ryzykiem zdro-

wotnym jest różny w różnych populacjach (Alberti i in. 2009). Ponadto bezpośredni pomiar samego obwodu nie umożliwia rozdzielenia tłuszczu trzewnego od podskórnego.

Powszechnie stosowanymi wskaźnikami pozwalającymi ocenić dystrybucję tłuszczu są: WHR (*waist to hip ratio*) oraz ICO (*index of central obesity*), znany także pod nazwą WHtR (*waist to height ratio*) (Lobstein i in. 2004, Corbatón Anchuelo i in. 2019). Lemieux i in. (1996) ustalili, że zwiększony WHR to taki, który przekracza 0,94, kiedy obwód pasa dorównuje obwodowi bioder. Takim wartościom wskaźnika towarzyszy podwyższone ryzyko zdrowotne. Wskaźnik ICO, chętnie wykorzystywany w badaniach medycznych, jest obliczany przez podzielenie obwodu pasa przez wysokość ciała (Parikh i in. 2009, Neeland i in. 2015a). Wykazano, że wskaźnik ten dobrze odzwierciedla poziom ogólnego otluszczenia ciała i otluszczenia wisceralnego (Neeland i in. 2015a, Corbatón Anchuelo i in. 2019) i może wskazywać na ryzyko chorób metabolicznych (Parikh i in. 2009).

Rolland-Cachera i in. (1990) zaproponowali wskaźnik otluszczenia *trunk/extremity ratio*, który oblicza się, dzieląc sumę fałdów skórno-tłuszczowych na tułowie (pod dolnym kątem łopatki i na kolcu biodrowym) przez sumę fałdów na kończynie górnej (na tricepsie i bicepsie). Autorzy ocenili jego zmienność u osób obu płci w wieku od 1 miesiąca do 21 roku życia. Zaraz po urodzeniu dzieci, bez względu na płeć, mają równomierną dystrybucję tłuszczu (wskaźnik bliski 1). Do około 5 roku życia średnie wartości wskaźnika zmniejszają się do około 0,7, co oznacza przewagę otluszczenia na kończynach. Po 5 roku życia wartości wskaźnika nieco wzrastają. U chłopców do około 14 roku życia dominują fałdy na kończynach, a następnie otluszczenie podskórne kończyn staje się znacznie mniejsze niż otluszczenie tułowia. U dziewcząt wskaźnik ten stale utrzymuje się na poziomie poniżej 1, a około 20 roku życia dystrybucja tłuszczu podskórnego na kończynach i na tułowie staje się mniej więcej równomierna. Zaobserwowane przez Rolland-Cachera i in. (1990) prawidłowości zostały potwierdzone w innych badaniach (Malina i Bouchard 1988, Chrzanowska 1992, 1993, Malina i in. 1999, Kozieł i Malina 2005, Chrzanowska i Suder 2008, Stachoń i in. 2015, 2016).

Chrzanowska i Suder (2008) posługiwały się wskaźnikiem TER (*trunk-extremity ratio*), który wyrażał u nich stosunek grubości trzech fałdów tułowia (pod dolnym kątem łopatki, na brzuchu, nad grzebieniem biodrowym) do trzech fałdów kończyn (nad tricepsem, nad kolanem, na podudziu) pomnożony przez 100. Wartości wskaźnika większe bądź równe 100 oznaczały otluszczenie typu centralnego, wartości mniejsze niż 100 – otluszczenie typu peryferycznego. Autorki zwróciły jednocześnie uwagę na ograniczenia stosowania tego typu wskaźników, uznając, że mogą być zależne od ogólnego otluszczenia i że

klasyfikują do jednej z dwóch grup tylko na podstawie tłuszczu podskórnego. Ograniczenia te powinny być uwzględniane przy interpretacji wyników.

Uzupełnieniem powyższych metod jest kolejny autorski wskaźnik dystrybucji uwzględniający otłuszczenie kończyn dolnych – *subcutaneous fat distribution index* (Stachoń i in. 2015, 2016):  $SFDI = [(fałd\ nad\ tricepsem + fałd\ na\ podudziu) / (fałd\ pod\ dolnym\ kątem\ łopatki + fałd\ nad\ grzebieniem\ biodrowym)] * 100$ . Wartości wskaźnika poniżej 100 oznaczają dominację otłuszczenia podskórnego na tułowie, wartości powyżej 100 – dominację otłuszczenia kończyn. Im mniejsze wartości, tym większa różnica pomiędzy otłuszczeniem tułowia i kończyn. U dorosłych kobiet i mężczyzn średnie wartości nie przekraczają 100, co oznacza, że dominuje u nich otłuszczenie na tułowie. Mało aktywne fizycznie kobiety charakteryzują się najbardziej równomierną dystrybucją tłuszczu pomiędzy tułowiem a kończynami, SFDI wynosi u nich 95 (Stachoń i in. 2016). Aktywni fizycznie mężczyźni uzyskują wartości rzędu 50–60, co oznacza mniejsze o blisko połowę otłuszczenie na kończynach niż na tułowie (Stachoń i in. 2015). Również w badaniach kobiet dystrybucja tłuszczu podskórnego okazała się istotnie związana z poziomem aktywności fizycznej. Najbardziej aktywne kobiety odznaczały się najniższymi wartościami wskaźnika SFDI, co zbliżało je do męskiego wzorca otłuszczenia (Stachoń i in. 2015, 2016).

Malina i Bouchard (1988, 1991) w swoich badaniach obejmujących osoby w wieku od 9 do 60 roku życia wykorzystali wskaźnik uwzględniający więcej fałdów, a mianowicie sumę trzech fałdów tułowia (pod dolnym kątem łopatki, na kolcu biodrowym, na brzuchu) i trzech fałdów kończyn (nad tricepsem, nad bicepsem i na podudziu). U dorosłych kobiet wskaźnik ten wynosił około 1. U mężczyzn zwiększał się wraz z wiekiem do ponad 2, a po 45 roku życia zmniejszał. Podobne zmiany wartości wskaźników otłuszczenia wraz z wiekiem u kobiet i mężczyzn opisywane były przez innych autorów (Baumgartner i Roche 1988, Carmelli i in. 1991). Według Kaplowitz i in. 1988 korelacje wskaźników otłuszczenia z wiekiem są większe u płci żeńskiej.

Relatywnej oceny otłuszczenia podskórnego w stosunku do wysokości ciała można dokonać za pomocą wskaźnika SFI (*subcutaneous fatness index*) (Stachoń i Pietraszewska 2013) oraz wskaźnika otłuszczenia względnego SBFI (*skinfold-based fat index*) (Gołąb i in. 2012). Wskaźnik SFI zawiera pomiary sześciu fałdów skórno-tłuszczowych: pod dolnym kątem łopatki, na brzuchu, nad grzebieniem biodrowym, nad tricepsem, na przedramieniu i na podudziu; w odniesieniu do wysokości ciała. U mężczyzn wykazujących średni i wysoki poziom aktywności fizycznej przeciętne wartości wskaźnika wynosiły 28–30 (Stachoń i Pietraszewska 2013). Wskaźnik SBFI uwzględnia sumę fałdów skórno-tłuszczowych pod dolnym kątem łopatki, na brzuchu, na ramieniu i podudziu; w odniesieniu do masy ciała. Przyjmuje wyższe wartości u osób charaktery-

zujących się większym otłuszczeniem podskórnym w relacji do masy ciała (Gołąb i in. 2012).

Nieco inne podejście do oceny dystrybucji tłuszczu stanowi analiza wartości wskaźnika CI (*conicity index*). Wskaźnik ten, nazywany też wskaźnikiem stożkowatości, wyraża stosunek obwodu talii do pierwiastka ilorazu wysokości i masy ciała, przy założonej stałej gęstości ciała (Valdez 1991, Mueller i in. 1996). Wyższe wartości CI uzyskują osoby odznaczające się centralnym typem otłuszczenia i zagrożone zwiększonym ryzykiem chorób sercowo-naczyniowych (Motamed i in. 2015).

Suder i Sokołowski (2014) zaproponowali do oceny dystrybucji tłuszczu wskaźnik AFDI (*aggregate fat distribution index*) opracowany z wykorzystaniem procedury unitaryzacji zerowej (metoda transformacji normalizacyjnej). Wskaźnik ten jest średnią arytmetyczną znormalizowanych zmiennych: WHR, WTR (*waist to thigh ratio*), CI oraz obwód pasa. Autorzy wykazali, że na ocenianą w ten sposób dystrybucję tłuszczu największy wpływ ma wiek oraz poziom sprawności motorycznej (Suder i Sokołowski 2014).

Podjęmowano próby oceny udziału podskórnej tkanki tłuszczowej w całkowitym otłuszczeniu organizmu, wykorzystując badania densytometryczne, a dokładnie wskaźniki SAT/FM oraz VAT/SAT (Malina i Bouchard 1992). Przy użyciu tych wskaźników wykazano, że dorośli mężczyźni mają proporcjonalnie mniejsze otłuszczenie podskórne w stosunku do ogólnej masy tłuszczu i gromadzą więcej tłuszczu wewnętrznego (VAT) niż kobiety. Kobiety akumulują proporcjonalnie więcej tłuszczu trzewnego tylko w okresie dojrzewania płciowego. Po 35–40 roku życia gromadzenie tłuszczu wisceralnego przebiega u nich wolniej niż u mężczyzn. Różnice międzypłciowe uwiadcniają się także w akumulacji tłuszczu podskórnego na tułowie (Malina i Bouchard 1992). Malina (1996) zwraca uwagę na fakt, że wartości wskaźnika VAT/SAT bywają bardzo zróżnicowane w zależności od metody szacowania, a także od płci i populacji.

W literaturze przedmiotu pojawiły się również wskaźniki bazujące na połączeniu obwodów ciała i wartości cech fizjologicznych. Na przykład *visceral adiposity index* (VAI) łączący obwód pasa i profil lipidowy badanych (Amato i in. 2010).

Fałdy skórno-tłuszczowe są też wykorzystywane jako miara otłuszczenia całkowitego za pomocą różnych równań regresji. Takie podejście może jednak generować duże błędy przy porównywaniu międzysobniczym. Przełożenie grubości fałdów na procentową zawartość tłuszczu wymaga pewnych założeń, które nie zawsze się sprawdzają, co udowodnili m.in. Clarys i in. (1987). Zakłada się na przykład, że pomiędzy otłuszczeniem podskórnym a otłuszczeniem wisceralnym istnieje stały związek, który zależy od wieku, płci, rasy i aktywności fizycznej człowieka (Lohman 1981). Przyjmuje się przy tym, że grubość poszczególnych fałdów skórno-tłuszczowych i ilość tłuszczu ogólnego zmieniają się proporcjonalnie i że masa beztłuszczowa jest relatywnie stała dla określonej wiel-

kości ciała i grubości fałdów. Do szacowania otłuszczenia całkowitego za pomocą grubości fałdów należy zawsze dobierać odpowiednie równanie regresji. Powinno być ono opracowane dla grupy, która będzie odpowiadać badanej populacji, zarówno pod względem płci, wieku, poziomu aktywności fizycznej czy nawet specyfiki dyscypliny sportu, jak i pochodzenia etnicznego. Założenia przyjmowane na podstawie badań populacji generalnej nie sprawdzają się w przypadku szacowania otłuszczenia ogólnego z wykorzystaniem równań regresji u sportowców (Stewart 2012). W tej grupie dobrym wyznacznikiem otłuszczenia jest po prostu bezpośredni pomiar grubości fałdów skórno-tłuszczowych.

Należy pamiętać, że rozmaite podejścia metodologiczne do oceny otłuszczenia rzutują na poziom zmienności jego cech (Suder 2008, Suder i Sokołowski 2014, Day i in. 2018).

### 1.8. OCENA OTŁUSZCZENIA PODSKÓRNEGO U SPORTOWCÓW

Udowodniono wielokrotnie, że grubość fałdów skórno-tłuszczowych zależy nie tylko od płci i wieku, ale również od aktywności fizycznej i poziomu sportowego (Pápai i in. 2012, Jiménez-Pavón i in. 2013, Singh i in. 2013, Stachoń i in. 2013, 2016; Pietraszewska i in. 2016). Kruschitz i in. (2013) wskazali różnice we wzorcu otłuszczenia podskórnego pomiędzy młodymi sportowcami i nie-sportowcami. Fałdy pod łopatką i na ramieniu najwyraźniej różniły sportsmenki od dziewcząt nietreningujących. Autorzy sugerują, że wzorzec otłuszczenia podskórnego może być bardziej odpowiedni do określania typu budowy ciała (*athlete/non-athlete*) od wskaźnika BMI. Już we wcześniej publikowanych pracach wykazano, że dla sportowców charakterystyczna jest dystrybucja tłuszczu z tendencją do silnej redukcji otłuszczenia wisceralnego przy względnie stałym otłuszczeniu kończyn, szczególnie dolnych (tzw. *fit-fat distribution*) (Nindl i in. 1996, Mavroeidi i Stewart 2003). Wysoki poziom aktywności fizycznej i specyficzny trening sportowy są czynnikami mocno oddziałującymi na redukcję otłuszczenia, ale nie wszystkie regionalne depozyty tłuszczu reagują w taki sam sposób. Zaobserwowano tu pewną hierarchię w zużyciu poszczególnych depozytów tłuszczu (Rognum i in. 1982, Nindl i in. 1996). Najpierw dochodzi do zmniejszenia otłuszczenia okolic brzucha, następnie kończyn górnych, a na końcu kończyn dolnych. Rodzaj treningu może w pewnym stopniu modyfikować ten wzorzec.

Jak już wspomniano, opracowane dla populacji przeciętnej równania regresji do szacowania wielkości otłuszczenia nie są odpowiednie do określania ilości tłuszczu u sportowców (Forsyth i Sinning 1973, Stewart 2012). Wynika to głównie z tego, że zawodnicy wielu dyscyplin sportu mają bardzo cienkie fałdy skórno-tłuszczowe i powiązania pomiędzy otłuszczeniem podskórnym a ogólną zawartością tłuszczu są w różnych grupach sportowców różne. Nie bez

znaczenia jest także wpływ treningu i diety na gęstość ciała, uwodnienie organizmu i jego skład mineralny (Sinning 1996). Mając tego świadomość, badacze opracowali wiele równań regresji specyficznych dla sportowców, a także równań dedykowanych konkretnym dyscyplinom sportu, z uwzględnieniem płci zawodników (Sinning 1978, Walsh i in. 1984, Warner i in. 2004, Evans i in. 2005, Cavedon i in. 2018). Jak zauważa Sinning (1996), nie sposób podsumować wszystkich równań regresji, jakie powstały w celu szacowania zawartości tłuszczu u sportowców. Należy dołożyć jednak wszelkich starań, aby przy próbie określania zawartości tłuszczu całkowitego na podstawie fałdów skórno-tłuszczowych wybierać równania regresji odpowiednie dla testowanej osoby. Podobnie jest w przypadku ustalania poziomu otluszczenia ogólnego u sportowców na podstawie różnych wskaźników antropometrycznych (Santos i in. 2015). Przy interpretacji wyników trzeba zawsze uwzględniać ograniczenia stosowanej metody oraz to, czy zostały zachowane założenia co do rzetelnego jej stosowania.

Ocena otluszczenia na podstawie wielkości i dystrybucji podskórnej tkanki tłuszczowej zmierzonej tkankomierzem pozwala uchronić się od błędów wynikających z założeń i ograniczeń narzucanych przez inne metody. Stewart i Hannan (2000) oraz Marfell-Jones i in. (2012) wykazali, że w populacji sportowców pomiar fałdów skórno-tłuszczowych jest bardzo dobrym wskaźnikiem otluszczenia całkowitego.

Znaczenie otluszczenia ciała i dystrybucji tłuszczu, a także związanego z nimi udziału ciała szczupłego w masie ciała, dla sprawności fizycznej i osiągnięć w sporcie podkreśla wielu autorów (Bale i in. 1985, 1986, Reilly 1996, Stewart 2001, Gabbett 2005, Legaz i Eston 2005, Knechtle i in. 2009, 2011, Cavedon i in. 2018, Osiński 2019). Monitorowanie zmian składu tkankowego ciała, w tym zmian w wielkości i dystrybucji tłuszczu, nie tylko w okresie startowym, ale też w pozostałych fazach cyklu treningowego, stało się jednym z podstawowych elementów w przygotowaniu sportowca (Ackland i in. 2012, Meyer i in. 2013, Mills i in. 2017). Z jednej strony daje to informacje trenerowi oraz dietetykowi na temat skuteczności prowadzonego treningu czy programu żywieniowego, z drugiej zaś pozwala na skuteczną kontrolę kondycji biologicznej zawodnika narażonego na częste zmiany masy i składu ciała. Utrzymywanie odpowiedniego poziomu tkanki tłuszczowej w organizmie sportowca może przyczynić się do zwiększenia jego wydajności w okresie startowym. Nadmierna redukcja otluszczenia z kolei niejednokrotnie prowadzi do pojawienia się zaburzeń zdrowotnych (Skowrońska i in. 2005, Mills i in. 2017), zwłaszcza zaburzeń zdrowia reprodukcyjnego (m.in. *female athlete triad*, Yeager i in. 1993). Stewart (2012) zwraca uwagę na to, że pojęcie optymalnego poziomu tkanki tłuszczowej jest rozumiane odmiennie w kategorii zdrowia i w kategorii sportu, co może generować konflikt między koniecznością utrzymania dobrej kondycji biologicznej sportowca a dążeniem do osiągnięcia sukcesu w sporcie. Należy zawsze mieć

na uwadze, aby w dążeniu do maksymalizacji osiągnięć sportowych nie spowodować nadmiernej redukcji tkanki tłuszczowej i nie zwiększyć przez to ryzyka zdrowotnego u zawodników (Hume i Stewart 2012, Mills i in. 2017).

Ekspersi pod patronatem Komisji Medycznej Międzynarodowego Komitetu Olimpijskiego (I.O.C. Medical Commission) ze względu na ryzyko związane z długotrwałym utrzymywaniem niskiej masy ciała i niskiego poziomu otluszczenia, a także ryzyko wynikające z nagłych zmian masy ciała i składu tkankowego ciała, towarzyszące zawodnikom niektórych dyscyplin sportowych, wyróżnili trzy grupy dyscyplin, na które należy zwrócić szczególną uwagę przy tworzeniu regulacji dotyczących masy ciała zawodników (Ackland i in. 2012, Hume i Stewart 2012). Są to: sporty grawitacyjne (*gravitational sports*, m.in. biegi długodystansowe, kolarstwo górskie, skoki narciarskie), sporty z kategoriami wagowymi (*weight category sports*, m.in. sporty walki, wioślarstwo, podnoszenie ciężarów) oraz sporty estetyczne (*aesthetic sports*, m.in. łyżwiarstwo figurowe, gimnastyka, nurkowanie). Warto jednak zaznaczyć, że w wielu innych dyscyplinach sportu, także w zespołowych grach sportowych, zarówno trenerzy, jak i menedżerowie wywierają na zawodników dużą presję związaną ze stopniem ich otluszczenia. Pomimo braku jednej uniwersalnej dla sportu metody pomiaru składu ciała zawodników oraz jednolitych kryteriów oceny ich otluszczenia Międzynarodowy Komitet Olimpijski zaleca stosowanie, także poza współzawodnictwem olimpijskim, jasnych, minimalizujących ryzyko zdrowotne i opracowanych na podstawie badań naukowych, zasad utrzymywania kondycji biologicznej sportowców, w tym ich masy ciała i poziomu otluszczenia (Hume i Stewart 2012).

## 2. CEL PRACY

Celem pracy było sprawdzenie, czy istnieje związek pomiędzy wielkością otluszczenia i dystrybucją tłuszczu podskórnego a poziomem sportowym zawodniczek i zawodników zespołowych gier sportowych, takich jak koszykówka, piłka siatkowa, piłka ręczna i piłka nożna. Cechy otluszczenia zostały określone na podstawie bezpośredniego pomiaru grubości fałdów skórno-tłuszczowych w różnych miejscach ciała, wskaźników otluszczenia, a także pomiaru ogólnej zawartości tłuszczu w masie ciała. Dostępne piśmiennictwo pozwala stwierdzić, że takie podejście do oceny otluszczenia sportowców jest zasadne i korzystne z punktu widzenia kontroli procesu treningowego i dobrostanu zawodnika (Marfell-Jones i in. 2012, Stewart 2012). Różni autorzy zwracają uwagę na to, że bezpośredni, profesjonalnie wykonany pomiar grubości fałdów skórno-tłuszczowych lepiej odzwierciedla otluszczenie ciała niż szacowana na podstawie pomiaru fałdów zawartość tłuszczu w masie ciała (Marfell-Jones i in. 2012). Zawodnicy różnych dyscyplin, ze względu na wysoki poziom aktywności fizycznej, a także specyfikę prowadzonego treningu i programu żywieniowego, charakteryzują się bardzo zróżnicowaną dystrybucją tłuszczu podskórnego oraz różną dystrybucją w tkance podskórnej i pozostałych depozytach tłuszczu. Dlatego uwzględnianie dużej liczby fałdów skórno-tłuszczowych mierzonych w różnych miejscach ciała, a także stosowanie różnorodnych metod pomiaru otluszczenia pozwala zwiększyć dokładność szacowania (Stewart i Hannan 2000). Pominiecie, w przypadku pomiarów antropometrycznych, oceny otluszczenia wisceralnego może być usprawiedliwione tym, że wśród sportowców rzadko obserwuje się wysoki poziom rozwoju wspomnianego depozytu tłuszczu, wiązany ze zwiększonym ryzykiem zdrowotnym (Marfell-Jones i in. 2012). Nie bez znaczenia jest również fakt, że metoda antropometryczna w przeciwieństwie do innych sposobów szacowania otluszczenia ciała, jest nieinwazyjna, niedroga, nie wymaga dużego i ciężkiego sprzętu pomiarowego, a wykorzystuje przenośne i nieskomplikowane narzędzia pomiarowe. Ponadto nie jest konieczne specjalne przygotowanie osoby badanej. Nie ma też ograniczeń związanych ze stanem jej zdrowia.

Kolejnym celem było opracowanie tzw. map otluszczenia, czyli wykresów radarowych obrazujących wzorce otluszczenia podskórnego badanych reprezentujących różne dyscypliny i różny poziom sportowy. Mapy te mogą posłużyć trenerom, dietetykom sportowym i naukowcom różnych dziedzin do oceny stopnia rozwoju otluszczenia podskórnego w indywidualnych przypadkach, co może się przyczynić do zoptymalizowania treningu i programu żywieniowego w zespołowych grach sportowych. Powszechnie wiadomo, że profesjonalni zawodnicy i zawodniczki zespołowych gier sportowych charakteryzują się niską, w porównaniu z przeciętną populacją, zawartością tkanki tłuszczowej, co sprzyja

ich efektywności w sporcie. Pomimo niskiego poziomu odtuszczenia gracze poddawani są stałym naciskom ze strony menedżerów, trenerów i fizjoterapeutów, którzy monitorują skład tkankowy, aby zapewnić zawodnikom optymalną wydajność (Mills i in. 2017). W swoich dążeniach do zminimalizowania odtuszczenia zapominają, że organizm skutecznego gracza musi mieć zapewnione odpowiednie warunki energetyczne, zależne m.in. od właściwego składu ciała, oraz sprawne mechanizmy pozyskiwania energii z systemu tlenowego i bez-tlenowego (Svensson i Drust 2005).

Autorka postanowiła także sprawdzić, z jakimi innymi cechami budowy ciała badanych zawodniczek i zawodników zespołowych gier sportowych koreluje niski, średni bądź wysoki poziom rozwoju odtuszczenia podskórnego. Uzyskane dane pozwolą na zindywidualizowanie działań zmierzających do redukcji odtuszczenia w zależności od somatotypu sportowca.

W pracy przedstawiono ponadto charakterystyki antropometryczne badanych graczy.

Aby zrealizować założone cele, postawiono następujące pytania badawcze:

1. Czy wielkość odtuszczenia i dystrybucja podskórnej tkanki tłuszczowej są zależne od płci badanych zawodniczek i zawodników zespołowych gier sportowych?
2. Czy wielkość odtuszczenia i dystrybucja podskórnej tkanki tłuszczowej są zależne od uprawianej dyscypliny sportu?
3. Czy wielkość odtuszczenia i dystrybucja podskórnej tkanki tłuszczowej są zależne od poziomu sportowego badanych zawodniczek i zawodników?
4. Które fałdy skórno-tłuszczowe w największym stopniu różnicują badanych obojga płci prezentujących różny poziom sportowy?
5. Które z pozostałych cech somatycznych są istotnie związane z poziomem sportowym badanych zawodniczek i zawodników?
6. Z jakimi cechami budowy ciała koresponduje niski, średni oraz wysoki poziom odtuszczenia podskórnego badanych zawodniczek i zawodników?

### 3. MATERIAŁ I METODY

W pracy wykorzystano wyniki badań przekrojowych prowadzonych w latach 2008–2016 i obejmujących pomiary antropometryczne, szacowanie składu tkankowego ciała oraz wywiad u zawodniczek i zawodników reprezentujących wybrane dyscypliny sportu: piłkę siatkową, koszykówkę, piłkę nożną, piłkę ręczną. Osoby badane były w wieku 19–23 lat, większość z nich studiowała w Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. Przez wszystkie lata badania realizowano o tej samej porze roku, w październiku/listopadzie, czyli w pierwszej fazie okresu startowego. Liczebność w grupach złożonych z reprezentantów poszczególnych dyscyplin sportowych oraz w grupach płci była zróżnicowana ze względu na różną popularność analizowanych gier wśród badanych kobiet i mężczyzn (tab. 1). Kryterium włączenia do badań był co najmniej 3-letni staż zawodniczy oraz regularne uczestniczenie w treningach. Z kolei kryterium wyłączenia stanowiły choroby i urazy uniemożliwiające udział w treningach oraz wykonanie pomiarów antropometrycznych.

Tabela 1. Liczebność badanych zawodniczek i zawodników

| Dyscyplina     | N                     |
|----------------|-----------------------|
|                | (kobiety + mężczyźni) |
| Piłka siatkowa | 158 + 128             |
| Koszykówka     | 106 + 280             |
| Piłka ręczna   | 87 + 120              |
| Piłka nożna    | 46 + 482              |

Pomiary antropometryczne, w tym pomiary fałdów skórno-tłuszczowych, wykonywano techniką Martina według ustalonego, od lat praktykowanego protokołu (Martin i Saller 1959, Wolański 1975). Przeprowadzał je jeden (ten sam) trzysobowy zespół doświadczonych antropologów. Pomiarów wysokości ciała i długości poszczególnych jego segmentów dokonywano po prawej stronie ciała badanych za pomocą antropometru firmy GPM Anthropological Instruments (Siber Hegner Machinery Ltd, Szwajcaria; dokładność pomiaru 0,1 cm). Mierzono wysokość całkowitą ciała (*B-v*), długość tułowia (*sst-sy*), długość kończyny górnej (*a-da<sub>III</sub>*) i dolnej (*B-tro*). Za pomocą cyrkla kabłąkowego tej samej firmy wykonano pomiar szerokości barków (*a-a*), szerokości klatki piersiowej (*thl-thl*), głębokości klatki piersiowej (*xi-ths*), szerokości bioder (*ic-ic*), szerokości ręki (*mu-mr*) i stopy (*mtt-mtf*), a także szerokości nasady dalszej kości ramiennej (szerokość łokciowa, *cl-cm*), szerokości nasady dalszej kości udowej (szerokość kolanowa, *epl-epm*), szerokości nadgarstka (*spr-spu*) i szerokości kostki (*mlt-mlf*). Taśma antropometryczna (dokładność pomiaru 0,1 cm) posłużyła do pomiaru obwodów ramienia w spoczynku i w napięciu, obwodów klatki piersio-

wej na wysokości  $x_i$  w spoczynku, w maksymalnym wdechu i wydechu, obwodu pasa (na wysokości wcięcia talii) i bioder (przez największą wypukłość pośladków), obwodu uda i podudzia w miejscu największego przekroju. Masę ciała określano za pomocą wagi elektronicznej (dokładność pomiaru 0,1 kg).

Do oceny wzorca otłuszczenia podskórnego niezbędne było zmierzenie grubości fałdów skórno-tłuszczowych w następujących lokalizacjach: pod dolnym kątem łopatki, nad mięśniem trójęglowym ramienia (triceps), nad mięśniem dwugłowym ramienia (biceps), na przedramieniu, nad grzebieniem biodrowym, na brzuchu i na podudziu. Wykorzystano do tego tkankomierz typu Harpendenowskiego, który charakteryzuje się stałą siłą nacisku  $10 \text{ g/mm}^2$  (dokładność pomiaru 0,2 mm). Pomiary wykonywane były w pozycji stojącej.

Ocenę rzetelności pomiarów antropometrycznych przeprowadzono zgodnie z procedurą opisaną przez Uliaszka i Kerra (1999). Obliczono błąd pomiaru TEM, który dla poszczególnych fałdów skórno-tłuszczowych wynosił od 0,4 mm do 1,0 mm.

Wzorec otłuszczenia podskórnego zobrazowano za pomocą map otłuszczenia, czyli wykresów radarowych uwzględniających średnie grubości fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników na różnym poziomie sportowym (Stewart i Sutton 2012). Mapy otłuszczenia wykonano w programie Microsoft Office Excel.

Aby ocenić wzorec otłuszczenia podskórnego, obliczono również trzy wskaźniki otłuszczenia, z których dwa (SFI i SFDI) były analizowane przez autorkę we wcześniejszych pracach (Stachoń i Pietraszewska 2013, Stachoń i in. 2015, 2016), a jeden (wskaźnik otłuszczenia względnego SBFI) pochodzi z pracy Gołąb i in. (2012). Przy ogromnej liczbie znanych wskaźników antropometrycznych zdecydowano się na takie, które uwzględniają większą liczbę fałdów skórno-tłuszczowych mierzonych na różnych segmentach ciała. Pomiar większej liczby fałdów zarówno w ocenie poziomu otłuszczenia, jak i w opisie dystrybucji tkanki podskórnej, zapewnia dokładniejsze oszacowanie wielkości i dystrybucji tłuszczu w organizmie (Stewart i in. 2011, Mulholland i Rolland 2012).

Wskaźnik otłuszczenia podskórnego (SFI) pozwala na ocenę ilości podskórnej tkanki tłuszczowej w stosunku do wysokości ciała (Stachoń i Pietraszewska 2013). Do obliczenia tego wskaźnika potrzebne są wartości grubości sześciu fałdów skórno-tłuszczowych (tab. 2). Im wyższy wskaźnik, tym większe otłuszczenie badanej osoby w stosunku do jej wysokości ciała. Wskaźnikiem otłuszczenia względnego (SBFI, *skinfold-based fat index*, tab. 2) określa się otłuszczenie podskórne w relacji do masy ciała (Gołąb i in. 2012). Wskaźnik dystrybucji tłuszczu podskórnego (SFDI) informuje o rozkładzie podskórnej tkanki tłuszczowej na kończynach i tułowie (tab. 2). U dorosłych kobiet i mężczyzn średnie wartości tego wskaźnika nie przekraczają 100, co oznacza dominację otłuszczenia pod-

Tabela 2. Wzory wskaźników stosowanych w pracy

| Wskaźnik | Wzór                                                                                                                            |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SFI      | $SFI = [(F_{\text{ŁOP}} + F_{\text{RAM}} + F_{\text{PRAM}} + F_{\text{GRZEB}} + F_{\text{BRZ}} + F_{\text{PODU}}) / B-v] * 100$ |
| SBFI     | $SBFI = [(F_{\text{ŁOP}} + F_{\text{RAM}} + F_{\text{BRZU}} + F_{\text{PODU}}) / \text{masa ciała}] * 100$                      |
| SFDI     | $SFDI = [(F_{\text{RAM}} + F_{\text{PODU}}) / (F_{\text{ŁOP}} + F_{\text{GRZEB}})] * 100$                                       |
| BMI      | $BMI = \text{masa ciała [kg]} / (B-v)^2 [\text{m}^2]$                                                                           |
| WHR      | WHR = obwód pasa / obwód bioder                                                                                                 |
| WHtR     | WHtR = obwód pasa / B-v                                                                                                         |

$F_{\text{ŁOP}}$  – fałd pod dolnym kątem łopatki

$F_{\text{RAM}}$  – fałd nad tricepsem

$F_{\text{PRAM}}$  – fałd na przedramieniu

$F_{\text{GRZEB}}$  – fałd nad grzebieniem biodrowym

$F_{\text{BRZ}}$  – fałd na brzuchu

$F_{\text{PODU}}$  – fałd na podudziu

$B-v$  – wysokość ciała

skórnego na tułowiei względem kończyn (Stachoń i in. 2015, 2016). Im mniejsze wartości SFDI, tym większa różnica pomiędzy otłuszczeniem tułowia i kończyn.

U badanych sportowców obliczono również wskaźnik BMI (*body mass index*) informujący o masywności budowy ciała oraz wskaźniki WHR i WHtR opisujące rodzaj dystrybucji tkanki tłuszczowej (tab. 2).

Skład tkankowy ciała badano metodą bioelektrycznej impedancji (BIA). Rezystancję i reaktancję mierzono w pozycji leżącej za pomocą analizatora BIA-101 Anniversary Sport Edition (Akern, Włochy). Pomiarów dokonywano zgodnie z zaleceniami producenta. Procentową zawartość tłuszczu w masie ciała (FM%), procentową zawartość mięśni w masie ciała (MM%) oraz zawartość wody całkowitej (TBW%) i wody wewnątrzkomórkowej (ICW%) oszacowano, wykorzystując oprogramowanie Akern® Bodygram 1.3.1.

Metodą Heath-Carter przeprowadzono także ocenę somatotypu badanych (Carter i Heath 1990). Na podstawie pomiarów antropometrycznych, z wykorzystaniem oprogramowania Somatotype – Calculation and Analysis firmy Sweat Technologies®, obliczono trzy komponenty budowy ciała: endomorfie wyrażającą otłuszczenie ciała, mezomorfie charakteryzującą umięśnienie oraz masywność szkieletu i ektomorfie odzwierciedlającą smukłość ciała. Poziom każdego komponentu tkankowego wyrażony jest w otwartej skali, gdzie wartości 0,5–2,5 oznaczają niski poziom rozwoju danego komponentu, 3,0–5,0 – średni poziom, 5,5–7,0 – wysoki poziom, a powyżej 7,5 – bardzo wysoki poziom (Carter i Heath 1990, Carter 2002). W przypadku endomorfii skala sięga nawet powyżej 16, w przypadku mezomorfii powyżej 12, a w przypadku ektomorfii może przekraczać wartość 9.

Pomiarom towarzyszyło badanie ankietowe oraz wywiad, które pozwoliły ustalić długość stażu treningowego oraz klasę sportową zawodnika, a co za tym idzie – jego poziom sportowy. Przyjęto następującą klasyfikację grup: 1 – zawodnicy bez klasy sportowej, 2 – zawodnicy z III i II klasą sportową, 3 – zawodnicy z klasą I i mistrzowską.

Badanie zostało pozytywnie zaopiniowane przez Komisję Etyczną Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. Udział w nim był dobrowolny, uczestnicy wyrażali stosowną zgodę. Mieli wgląd do wyników badań i otrzymywali informację dotyczącą swojej budowy ciała.

Analizy statystycznej dokonano w programie R 3.4.3 (The R Foundation for Statistical Computing® 2016) oraz w programie StatSoft® Statistica 13.0. Sprawdzono rozkłady analizowanych zmiennych (test Shapiro–Wilka do zbadania normalności rozkładu). Za pomocą testu Grubbsa ustalono wartości odstające. Dla zmiennych charakteryzujących się rozkładem normalnym w grupach podzielonych ze względu na płeć i poziom sportowy obliczono średnie i odchylenia standardowe. W przypadku zmiennych, które nie miały rozkładu normalnego, obliczono medianę i kwartyle. W celu określenia istotności różnic pomiędzy analizowanymi grupami sportowców posłużono się testami parametrycznymi (*t*-Studenta, ANOVA) i nieparametrycznymi (test Kruskala–Wallisa). Aby wykazać, pomiędzy którymi grupami istnieją różnice istotne statystycznie, zastosowano test porównań wielokrotnych Gao (procedura gao-cs z biblioteki R nparcomp, Gao i in. 2008). Wyniki poszczególnych testów porównań wielokrotnych zamieszczono w aneksie. Wynikiem testu (wykonanego w programie R) jest kategoria przypisana do każdej z porównywanych grup, w ten sposób, że G1 oznacza grupę o najwyższej wartości analizowanej cechy, a G4 grupę o wartości najniższej. Grupy, które mają przypisaną taką samą kategorię G, nie różnią się istotnie pod względem średnich wartości badanej cechy.

Różnice w poziomie endomorfii, mezomorfii i ektomorfii testowano za pomocą analizy wariancji – Somatotype Analysis of Variance (SANOVA) – dostępnej w programie Somatotype – Calculation and Analysis firmy Sweat Technologies®.

Aby odpowiedzieć na pytanie, które fałdy skórno-tłuszczowe w największym stopniu różnicują poziom sportowy zawodniczek i zawodników, wykorzystano współczynnik determinacji  $\eta^2$ . Jest to tzw. miara siły efektu. Jej wartość może mieścić się w przedziale od 0 do 1. Wskaźnik pokazuje, jaki procent zmienności w zakresie zmiennej A (zmiennej zależnej) jest wyjaśniany przez zmienną B (zmienną niezależną). W wielu opracowaniach przyjęto, że siła efektu oceniana jest jako mała, gdy  $\eta^2 = 0,20$ , jako średnia – gdy  $\eta^2 = 0,50$  i jako duża – gdy  $\eta^2 = 0,80$  (Cohen 1992).

W pracy wykorzystano również hierarchiczną analizę skupień w obrębie każdej z badanych dyscyplin. Metoda ta umożliwiła podział próby na skupienia,

które znacząco różniły się między sobą pod względem poziomu otłuszczenia (maksymalna zmienność międzygrupowa), a jednocześnie osoby należące do jednego skupienia były do siebie najbardziej podobne pod względem otłuszczenia (minimalna zmienność wewnątrzgrupowa). Jako kryterium podziału na skupienia przyjęto sumę wszystkich zmierzonych fałdów skórno-tłuszczowych oraz wartości wskaźników otłuszczenia SFI i SBF1. Zabieg ten pomógł odpowiedzieć na pytania, z którymi cechami budowy ciała współwystępuje małe otłuszczenie podskórne, a z którymi – średnie i duże.

W celu sprawdzenia, czy poziom sportowy zawodniczek i zawodników wiąże się istotnie z wielkością ich otłuszczenia podskórnego, a dokładnie z przypisanym skupieniem otłuszczenia, przeprowadzono analizę frekwencji (test  $\chi^2$ ).

Dla wszystkich opisanych analiz przyjęto poziom istotności  $\alpha < 0,05$ .

## 4. ANALIZA WYNIKÓW

### 4.1. KOSZYKÓWKA

#### 4.1.1. Budowa somatyczna i wzorzec otluszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników koszykówki w zależności od płci

##### 4.1.1.1. Charakterystyka antropometryczna badanych

Charakterystyka antropometryczna zawodniczek i zawodników koszykówki została przedstawiona w tabelach 3 i 4. Dymorfizm płciowy uwidocznił się wyraźnie w wielkości ciała i masywności budowy. Masa ciała kobiet uprawiających koszykówkę była średnio o 19 kg mniejsza w porównaniu z mężczyznami (tab. 3), wysokość ciała zawodniczek była mniejsza o około 17 cm (tab. 4). Badane charakteryzowały się znacznie krótszymi kończynami dolnymi i górnymi oraz nieco krótszym tułowiem. Wszystkie odcinki funkcjonalne kończyn dolnych i górnych przyjmowały u nich mniejsze wartości niż u zawodników (tab. 4). Koszykarki odznaczały się drobniejszą budową ciała i smuklejszym szkieletem, co uwidoczniło się w wartościach wskaźnika BMI oraz WHtR (tab. 4), a także w wartościach cięciw i obwodów (tab. 4). Wymiary szerokościowo-głębokościowe klatki piersiowej okazały się u koszykarek średnio o 3–4 cm mniejsze niż u ich kolegów. Obwody klatki piersiowej też były mniejsze o 12–13 cm (tab. 4). Różnice dymorficzne w szerokości barków (*a-a* oraz *dl-dl*) sięgały 5–6 cm. Obwody kończyny górnej zawodniczek były średnio o 4–6 cm mniejsze w porównaniu z zawodnikami. Obwody kończyny dolnej okazały się mniejsze o mniej więcej 2 cm (tab. 4). U koszykarek stwierdzono również znacznie drobniejsze ręce i stopy (tab. 4). Różnica w bezwzględnej szerokości bioder okazała się nieduża, mężczyźni przy swojej większej o 17 cm wysokości ciała mieli tylko o 1,6 cm szerzej rozstawione talerze biodrowe (tab. 4).

Dystrybucja tłuszczu na wysokości pasa i na biodrach (WHR) u badanych uprawiających koszykówkę była zgodna z płcią – kobiety charakteryzowały się

Tabela 3. Masa ciała oraz wskaźniki budowy ciała zawodniczek i zawodników koszykówki

| Cechy antropometryczne | Zawodniczki<br>N = 106 | Zawodnicy<br>N = 280 | <i>p-value</i> |
|------------------------|------------------------|----------------------|----------------|
|                        | Me [Q1; Q3]            |                      |                |
| Masa ciała [kg]        | 62,00 [55,60; 66,00]   | 80,95 [74,00; 87,60] | 0,000          |
| BMI [kg/m²]            | 21,48 [20,18; 22,62]   | 23,27 [22,07; 25,02] | 0,000          |
| WHR                    | 0,72 [0,70; 0,74]      | 0,80 [0,78; 0,83]    | 0,000          |
| WHtR                   | 41,10 [39,20; 42,99]   | 43,41 [41,20; 45,50] | 0,000          |

Tabela 4. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek i zawodników koszykówki

| Cechy antropometryczne [cm]                       | Zawodniczki<br>N = 106 | Zawodnicy<br>N = 280 | <i>p-value</i> |
|---------------------------------------------------|------------------------|----------------------|----------------|
|                                                   | $\bar{x} \pm SD$       |                      |                |
| <i>B-v</i>                                        | 169,81 ± 7,30          | 186,20 ± 7,90        | 0,000          |
| <i>B-sy</i>                                       | 89,06 ± 5,26           | 97,34 ± 5,30         | 0,000          |
| <i>B-tro</i>                                      | 89,82 ± 5,27           | 98,15 ± 5,32         | 0,000          |
| <i>sst-sy</i>                                     | 49,17 ± 2,80           | 54,68 ± 3,20         | 0,000          |
| <i>a-da<sub>III</sub></i>                         | 73,23 ± 3,43           | 81,50 ± 4,12         | 0,000          |
| <i>a-r</i>                                        | 31,82 ± 1,78           | 35,38 ± 2,19         | 0,000          |
| <i>r-sty</i>                                      | 23,96 ± 1,65           | 26,67 ± 2,00         | 0,000          |
| <i>sty-da<sub>III</sub></i>                       | 17,46 ± 1,07           | 19,44 ± 1,37         | 0,000          |
| <i>tro-ti</i>                                     | 44,57 ± 3,18           | 48,09 ± 3,15         | 0,000          |
| <i>B-ti</i>                                       | 45,25 ± 2,93           | 50,05 ± 3,12         | 0,000          |
| <i>da<sub>III</sub>-da<sub>III</sub></i>          | 169,38 ± 7,73          | 188,78 ± 8,88        | 0,000          |
| <i>a-a</i>                                        | 37,19 ± 1,80           | 42,31 ± 2,32         | 0,000          |
| <i>dl-dl</i>                                      | 41,69 ± 2,04           | 47,56 ± 2,42         | 0,000          |
| <i>thl-thl</i>                                    | 25,47 ± 1,51           | 29,57 ± 2,15         | 0,000          |
| <i>xi-ths</i>                                     | 17,70 ± 1,55           | 20,70 ± 2,04         | 0,000          |
| <i>ic-ic</i>                                      | 27,56 ± 1,85           | 29,21 ± 2,07         | 0,000          |
| <i>tro-tro</i>                                    | 31,87 ± 2,37           | 33,49 ± 2,52         | 0,000          |
| <i>cl-cm</i>                                      | 6,19 ± 0,37            | 7,13 ± 0,44          | 0,000          |
| <i>spr-spu</i>                                    | 5,10 ± 0,33            | 5,87 ± 0,38          | 0,000          |
| <i>epl-epm</i>                                    | 9,08 ± 0,53            | 10,13 ± 0,58         | 0,000          |
| <i>mlt-mlf</i>                                    | 6,81 ± 0,52            | 7,81 ± 0,52          | 0,000          |
| <i>mtt-mtf</i>                                    | 9,08 ± 0,62            | 10,13 ± 0,68         | 0,000          |
| <i>pte-ap</i>                                     | 24,70 ± 1,35           | 27,71 ± 1,62         | 0,000          |
| <i>mu-mr</i>                                      | 7,59 ± 0,45            | 8,75 ± 0,49          | 0,000          |
| Obwód klatki piersiowej w spoczynku ( <i>xi</i> ) | 77,30 ± 5,00           | 89,58 ± 5,69         | 0,000          |
| Obwód klatki piersiowej we wdechu ( <i>xi</i> )   | 82,96 ± 4,67           | 95,83 ± 5,45         | 0,000          |
| Obwód klatki piersiowej w wydechu ( <i>xi</i> )   | 74,95 ± 5,20           | 87,07 ± 5,58         | 0,000          |
| Ruchomość klatki                                  | 8,01 ± 2,17            | 8,76 ± 2,30          | 0,011          |
| Obwód pasa                                        | 70,12 ± 4,77           | 81,43 ± 6,56         | 0,000          |
| Obwód ramienia w spoczynku                        | 26,45 ± 2,11           | 30,46 ± 2,58         | 0,000          |
| Obwód ramienia w napięciu                         | 28,36 ± 2,38           | 34,03 ± 2,81         | 0,000          |
| Obwód przedramienia maksymalny                    | 23,65 ± 1,43           | 27,95 ± 1,73         | 0,000          |
| Obwód bioder                                      | 97,19 ± 5,45           | 100,81 ± 5,58        | 0,000          |
| Obwód uda maksymalny                              | 56,64 ± 4,26           | 58,36 ± 4,31         | 0,001          |
| Obwód podudzia maksymalny                         | 36,03 ± 2,42           | 38,52 ± 2,55         | 0,000          |

większym otłuszczeniu bioder w stosunku do talii, natomiast u mężczyzn przewaga obwodu bioder nad talią była mniejsza. Zawodniczki miały też mniejszy obwód pasa w stosunku do wysokości ciała (WHtR) niż zawodnicy (tab. 3).

Przeciętny somatotyp zawodników płci męskiej (2,6 – 4,6 – 2,9) wskazał na przewagę mezomorfii w ich budowie ciała. Wynikało to z dużych obwodów ramienia i podudzia przy stosunkowo niedużym otłuszczeniu tych segmentów, a także z masywnych nasad kostnych. U koszykarek (z przeciętnym somatotypem 3,2 – 3,6 – 3,0) mezomorfia dominowała nieznacznie, charakteryzowały się one jednak wyższym w porównaniu z mężczyznami poziomem endomorfii ocenianej na podstawie grubości fałdów skórno-tłuszczowych, przy podobnym poziomie ektomorfii wyrażającej smukłość budowy ciała. Warto zaznaczyć, że u 30% zawodników i 28% zawodniczek koszykówki wykazano somatotypy ektomorficzne (poziom ektomorfii > 3,5).

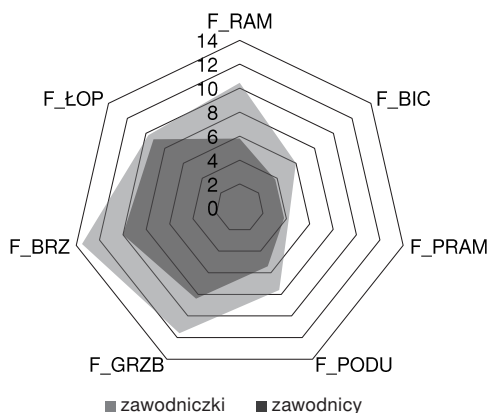
#### 4.1.1.2. Wielkość otłuszczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego

Grubość wszystkich fałdów skórno-tłuszczowych, z wyjątkiem fałdu pod dolnym kątem łopatki, była istotnie większa u kobiet niż u mężczyzn uprawiających koszykówkę (tab. 5). Największe różnice uwidoczniły się w przypadku otłuszczenia kończyny górnej. Fałdy nad tricepsem oraz nad bicipsem były niemal dwukrotnie grubsze u koszykarek. Fałd pod dolnym kątem łopatki przyjmował podobne wartości u obu płci.

Wzorzec dystrybucji otłuszczenia podskórnego u zawodniczek i zawodników koszykówki oceniono także na podstawie wykresów radarowych fałdów skórno-tłuszczowych. Przyjmowały one nieco inny kształt u obu płci, a dla koszykarek pole powierzchni wykresu było większe, co odzwierciedla większą zawartość tłuszczu podskórnego niż u zawodników (ryc. 1).

Tabela 5. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników koszykówki

| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Zawodniczki<br>N = 106 | Zawodnicy<br>N = 280 | p-value |
|------------------------------|------------------------|----------------------|---------|
|                              | Me [Q1; Q3]            |                      |         |
| Nad bicipsem                 | 6,00 [4,70; 7,90]      | 3,80 [3,00; 5,00]    | 0,000   |
| Nad tricepsem                | 10,45 [8,00; 12,00]    | 5,80 [4,20; 8,00]    | 0,000   |
| Na przedramieniu             | 4,20 [3,60; 5,20]      | 3,80 [3,20; 4,20]    | 0,000   |
| Na podudziu                  | 7,60 [6,00; 9,80]      | 5,40 [4,20; 7,20]    | 0,000   |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 9,75 [8,00; 12,00]     | 9,20 [8,00; 11,20]   | 0,165   |
| Na brzuchu                   | 13,50 [10,20; 17,20]   | 10,00 [7,20; 14,00]  | 0,000   |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 11,60 [9,00; 15,60]    | 8,40 [6,00; 12,40]   | 0,000   |



F\_RAM – fałd skórno-tłuszczowy nad tricepsem, F\_BIC – fałd skórno-tłuszczowy nad bicipsem, F\_PRAM – fałd skórno-tłuszczowy na przedramieniu, F\_PODU – fałd skórno-tłuszczowy na podudziu, F\_GRZB – fałd skórno-tłuszczowy nad grzebieniem biodrowym, F\_BRZ – fałd skórno-tłuszczowy na brzuchu, F\_ŁOP – fałd skórno-tłuszczowy pod dolnym kątem łopatki

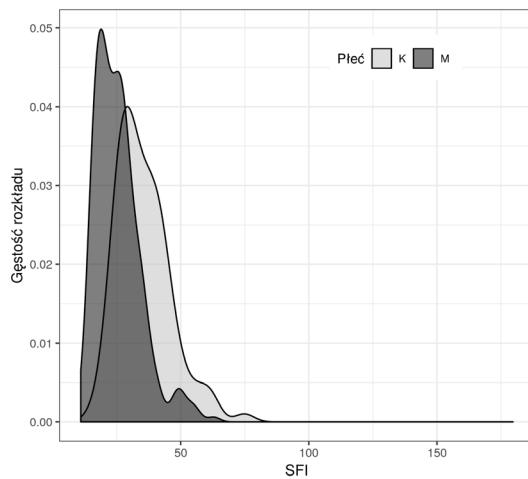
Rycina 1. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników koszykówki.  
Skala podana w mm

Dominację zawodniczek pod względem zawartości tłuszczu podskórnego potwierdziły również wartości wskaźników otłuszczenia podskórnego (tab. 6). Udział tłuszczu podskórnego u koszykarek, zarówno w stosunku do wysokości ciała (SFI), jak i masy ciała (SBFI), okazał się znacznie większy niż u koszykarzy. Wartości wskaźnika dystrybucji tłuszczu podskórnego (SFDI) wskazały, że dystrybucja tkanki tłuszczowej na kończynach i tułowie była bardziej nierównomierna u mężczyzn niż u kobiet (tab. 6). U zawodników otłuszczenie podskórne kończyn stanowiło 64% otłuszczenia tułowia, natomiast zawodniczki charakteryzowały się bardziej zrównoważonym otłuszczeniem, z 20-proc. przewagą otłuszczenia tułowia nad kończynami (tab. 6).

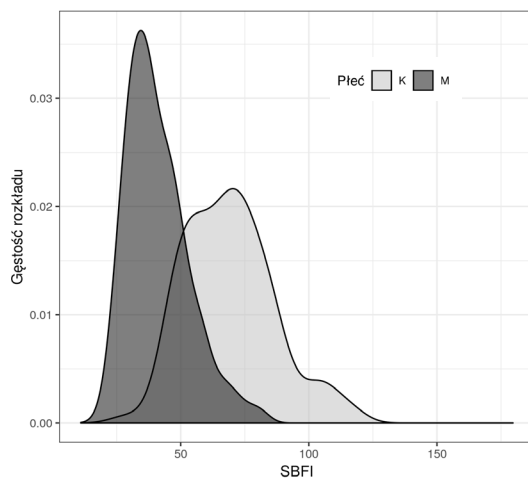
Pomimo tak dużych różnic dymorficznych w wartościach średnich wskaźników otłuszczenia wykresy rozkładu dla wszystkich trzech wskaźników otłuszczenia wykazały dużą część wspólną dla kobiet i mężczyzn (ryc. 2–4). Było to szczególnie wyraźne w przypadku wskaźnika dystrybucji tłuszczu podskórnego (SFDI).

Tabela 6. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodniczek i zawodników koszykówki

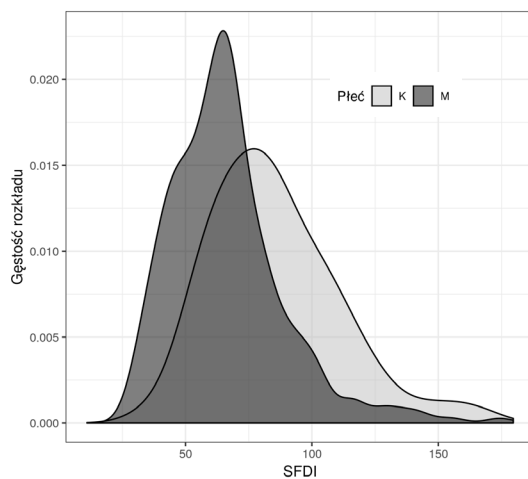
| Wskaźniki | Zawodniczki<br>N = 106 | Zawodnicy<br>N = 280 | <i>p-value</i> |
|-----------|------------------------|----------------------|----------------|
|           | Me [Q1; Q3]            |                      |                |
| SFI       | 33,05 [27,68; 41,94]   | 24,35 [18,89; 29,90] | 0,000          |
| SBFI      | 68,71 [55,08; 79,83]   | 38,63 [31,88; 47,69] | 0,000          |
| SFDI      | 81,60 [67,00; 101,09]  | 64,12 [51,01; 75,81] | 0,000          |



Rycina 2. Rozkład wartości wskaźnika SFI u zawodniczek i zawodników koszykówki



Rycina 3. Rozkład wartości wskaźnika SBFI u zawodniczek i zawodników koszykówki



Rycina 4. Rozkład wartości wskaźnika SFDI u zawodniczek i zawodników koszykówki

#### 4.1.1.3. Skład tkankowy ciała

Kobiety uprawiające koszykówkę odznaczały się wyższą o 8% zawartością tłuszczu w masie ciała (FM) w porównaniu z zawodnikami tej dyscypliny (tab. 7). Cechą dymorficzną okazał się także stan uwodnienia organizmu. U zawodniczek stwierdzono niższą o około 6% zawartość wody całkowitej (TBW), przy jednoczesnej różnicy w dystrybucji wody wewnątrz- i zewnątrzkomórkowej (tab. 7). Zawodników cechowały korzystniejsze warunki uwodnienia organizmu, zawartość wody wewnątrzkomórkowej (ICW) była u nich o blisko 20% wyższa niż wody zewnątrzkomórkowej (ECW). U kobiet różnica ta wynosiła 13%. Koszykarki charakteryzowały się przy tym mniejszym o 6% udziałem masy mięśniowej w masie ciała (MM) (tab. 7).

Tabela 7. Skład tkankowy zawodniczek i zawodników koszykówki mierzony metodą BIA

| Składniki<br>tkankowe [%] | Zawodniczki<br>N = 106 | Zawodnicy<br>N = 280 | p-value |
|---------------------------|------------------------|----------------------|---------|
|                           | $\bar{x} \pm SD$       |                      |         |
| FM                        | 27,71 ± 3,75           | 19,65 ± 4,67         | 0,000   |
| FFM                       | 72,29 ± 3,75           | 80,35 ± 4,67         | 0,000   |
| TBW                       | 52,92 ± 2,74           | 58,81 ± 3,42         | 0,000   |
| ECW                       | 43,07 ± 3,90           | 39,41 ± 4,20         | 0,000   |
| ICW                       | 56,93 ± 3,90           | 60,59 ± 4,20         | 0,000   |
| BCM                       | 55,77 ± 6,65           | 57,34 ± 8,55         | 0,045   |
| MM                        | 49,21 ± 5,64           | 55,77 ± 7,83         | 0,000   |

#### 4.1.2. Budowa somatyczna i wzorzec otluszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników koszykówki w zależności od ich poziomu sportowego

##### 4.1.2.1. Charakterystyka antropometryczna badanych

Wartości średnie masy i wysokości ciała zwiększały się istotnie w zależności od poziomu sportowego zawodniczek i zawodników koszykówki – osoby prezentujące wysoki poziom sportowy były wyższe i cięższe od badanych wykazujących niższy poziom sportowy (tab. 8–10). Jednocześnie utrzymywały one stałą masowość budowy ciała bez względu na poziom sportowy (BMI) (tab. 11, 12). W konsekwencji wzrastania wysokości i masy ciała zwiększały się też takie cechy, jak długość tułowia, długość kończyn dolnych i górnych, szerokość barków, szerokość ramion, szerokość bioder i szerokość międzykrętarzowa, a także długość odcinków funkcjonalnych kończyny górnej i dolnej (tab. 9, 10).

Tabela 8. Masa ciała zawodniczek i zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy

| Masa ciała<br>[kg] | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3])          |                                       |                                       | <i>p-value</i> |
|--------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------|
|                    | niski                                  | średni                                | wysoki                                |                |
| Zawodniczki        | <i>N</i> = 62<br>59,25 [54,50; 64,00]  | <i>N</i> = 19<br>62,90 [57,70; 68,00] | <i>N</i> = 25<br>65,70 [64,00; 70,30] | 0,000          |
| Zawodnicy          | <i>N</i> = 163<br>79,50 [72,20; 85,90] | <i>N</i> = 58<br>82,25 [76,30; 88,30] | <i>N</i> = 57<br>83,50 [79,00; 95,00] | 0,001          |

Poziom sportowy zawodników wydawał się nie mieć związku z wymiarami szerokościowo-głębokościowymi klatki piersiowej, które były u mężczyzn stałe (tab. 9). Nieco inne obserwacje poczyniono u zawodniczek. Odnotowano u nich nieznaczne zmiany w szerokości klatki piersiowej mogące wynikać z poziomu sportowego. W przypadku głębokości nie stwierdzono istotnych zmian (tab. 10). U badanych obojga płci wykazano zwiększanie się obwodu klatki piersiowej, co jednak nie wiązało się ze zwiększeniem jej ruchomości (tab. 9, 10).

U zawodników prezentujących wysoki poziom sportowy wzrastała nieznacznie szerokość ręki, długość i szerokość stopy oraz szerokości nasad kostnych, co było także konsekwencją większej wysokości ciała badanych (tab. 9, 10). Warto zauważyć, że nie wszystkie wymiary poddawały się opisanym tendencjom jednakowo u obu płci. U kobiet nie zauważono zmian szerokości łokcia, nadgarstka i stopy (tab. 10). Obwód pasa, bioder oraz obwody kończyn były znacząco mniejsze u zawodniczek nieposiadających klasy sportowej w porównaniu z pozostałymi koszykarkami (tab. 9). W przypadku obwodów ciała u mężczyzn trudno mówić o jednoznacznej tendencji. Obwody ramienia i podudzia oraz obwód bioder były większe u zawodników prezentujących wyższy poziom sportowy, natomiast nie zaobserwowano istotnych różnic w obwodzie pasa, przedramienia i uda (tab. 9).

Dystrybucja tłuszczu na wysokości talii i bioder u koszykarzy okazała się niezależna od poziomu sportowego. We wszystkich trzech grupach zawodników płci męskiej obwód pasa stanowił 80% obwodu bioder (tab. 11), w grupach kobiet było to 72% (tab. 12). Również wartości wskaźnika WHtR wykazywały różnice wynikające jedynie z dymorfizmu płciowego, a nie wiązały się z poziomem sportowym (tab. 11, 12).

Wyniki testów porównań wielokrotnych dla wszystkich opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. I, II).

Tabela 9. Charakterystyka antropometryczna zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy

| Cechy antropometryczne [cm]                       | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                                                   | niski<br><i>N</i> = 163              | średni<br><i>N</i> = 58 | wysoki<br><i>N</i> = 59 |                |
| <i>B-v</i>                                        | 184,09 ± 6,48                        | 187,68 ± 8,32           | 190,41 ± 8,96           | 0,000          |
| <i>B-sy</i>                                       | 96,06 ± 4,66                         | 98,42 ± 5,58            | 99,65 ± 5,61            | 0,000          |
| <i>B-tro</i>                                      | 96,71 ± 4,59                         | 99,31 ± 5,57            | 100,85 ± 5,53           | 0,000          |
| <i>sst-sy</i>                                     | 54,14 ± 2,88                         | 54,89 ± 3,21            | 55,91 ± 3,74            | 0,001          |
| <i>a-da<sub>III</sub></i>                         | 80,62 ± 3,57                         | 81,95 ± 4,32            | 83,42 ± 4,53            | 0,000          |
| <i>a-r</i>                                        | 35,09 ± 2,00                         | 35,34 ± 2,01            | 36,19 ± 2,63            | 0,004          |
| <i>r-sty</i>                                      | 26,28 ± 1,81                         | 26,93 ± 1,76            | 27,50 ± 2,44            | 0,000          |
| <i>sty-da<sub>III</sub></i>                       | 19,24 ± 1,31                         | 19,67 ± 1,46            | 19,75 ± 1,38            | 0,017          |
| <i>tro-ti</i>                                     | 47,38 ± 2,87                         | 48,79 ± 3,47            | 49,30 ± 3,05            | 0,000          |
| <i>B-ti</i>                                       | 49,33 ± 2,81                         | 50,51 ± 3,04            | 51,55 ± 3,36            | 0,000          |
| <i>da<sub>III</sub>-da<sub>III</sub></i>          | 186,72 ± 7,93                        | 190,19 ± 8,95           | 193,02 ± 9,39           | 0,000          |
| <i>a-a</i>                                        | 41,98 ± 2,12                         | 42,45 ± 2,14            | 43,12 ± 2,81            | 0,005          |
| <i>dl-dl</i>                                      | 47,16 ± 2,26                         | 47,62 ± 2,13            | 48,58 ± 2,82            | 0,001          |
| <i>thl-thl</i>                                    | 29,35 ± 2,20                         | 29,89 ± 1,96            | 29,87 ± 2,15            | 0,123          |
| <i>xi-ths</i>                                     | 20,53 ± 2,08                         | 20,62 ± 1,92            | 21,24 ± 2,02            | 0,075          |
| <i>ic-ic</i>                                      | 28,84 ± 2,05                         | 29,25 ± 1,68            | 30,16 ± 2,18            | 0,000          |
| <i>tro-tro</i>                                    | 32,94 ± 2,51                         | 34,01 ± 2,27            | 34,49 ± 2,39            | 0,000          |
| <i>cl-cm</i>                                      | 7,03 ± 0,40                          | 7,21 ± 0,38             | 7,33 ± 0,51             | 0,000          |
| <i>spr-spu</i>                                    | 5,82 ± 0,37                          | 5,88 ± 0,39             | 6,00 ± 0,39             | 0,004          |
| <i>epl-epm</i>                                    | 10,04 ± 0,57                         | 10,19 ± 0,46            | 10,33 ± 0,67            | 0,003          |
| <i>mlt-mlf</i>                                    | 7,76 ± 0,53                          | 7,79 ± 0,45             | 7,95 ± 0,57             | 0,050          |
| <i>pte-ap</i>                                     | 27,39 ± 1,43                         | 28,14 ± 1,80            | 28,16 ± 1,76            | 0,000          |
| <i>mtt-mtf</i>                                    | 10,03 ± 0,65                         | 10,23 ± 0,74            | 10,30 ± 0,69            | 0,017          |
| <i>mu-mr</i>                                      | 8,66 ± 0,46                          | 8,85 ± 0,50             | 8,92 ± 0,52             | 0,000          |
| Obwód klatki piersiowej w spoczynku ( <i>xi</i> ) | 88,91 ± 5,67                         | 89,54 ± 5,23            | 91,47 ± 5,84            | 0,033          |
| Obwód klatki piersiowej we wdechu ( <i>xi</i> )   | 95,24 ± 5,07                         | 95,85 ± 5,20            | 97,42 ± 6,39            | 0,050          |
| Obwód klatki piersiowej w wydechu ( <i>xi</i> )   | 86,47 ± 5,46                         | 86,84 ± 5,25            | 88,96 ± 5,90            | 0,007          |
| Ruchomość klatki                                  | 8,78 ± 2,33                          | 9,02 ± 2,21             | 8,45 ± 2,35             | 0,417          |
| Obwód pasa                                        | 81,21 ± 6,47                         | 81,22 ± 5,40            | 82,24 ± 7,78            | 0,565          |
| Obwód ramienia w spoczynku                        | 30,25 ± 2,53                         | 30,35 ± 2,30            | 31,17 ± 2,87            | 0,049          |
| Obwód ramienia w napięciu                         | 33,74 ± 2,72                         | 33,89 ± 2,42            | 34,91 ± 3,26            | 0,023          |
| Obwód przedramienia maksymalny                    | 27,76 ± 1,70                         | 27,84 ± 1,46            | 28,39 ± 1,99            | 0,079          |
| Obwód bioder                                      | 100,15 ± 5,59                        | 100,89 ± 4,78           | 102,56 ± 5,94           | 0,017          |
| Obwód uda maksymalny                              | 58,13 ± 4,50                         | 58,35 ± 3,72            | 59,02 ± 4,33            | 0,396          |
| Obwód podudzia maksymalny                         | 38,24 ± 2,50                         | 38,59 ± 2,18            | 39,21 ± 2,93            | 0,044          |

Tabela 10. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek koszykówki prezentujących różny poziom sportowy

| Cechy antropometryczne [cm]                       | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                                                   | niski<br><i>N</i> = 62               | średni<br><i>N</i> = 19 | wysoki<br><i>N</i> = 25 |                |
| <i>B-v</i>                                        | 167,85 ± 6,64                        | 169,74 ± 6,94           | 174,72 ± 7,30           | 0,000          |
| <i>B-sy</i>                                       | 87,81 ± 5,15                         | 88,84 ± 4,92            | 92,35 ± 4,51            | 0,001          |
| <i>B-tro</i>                                      | 88,50 ± 4,98                         | 89,63 ± 5,40            | 93,24 ± 4,47            | 0,000          |
| <i>sst-sy</i>                                     | 48,82 ± 2,68                         | 48,83 ± 2,73            | 50,34 ± 2,82            | 0,049          |
| <i>a-da<sub>III</sub></i>                         | 72,42 ± 3,30                         | 72,64 ± 3,06            | 75,70 ± 2,89            | 0,000          |
| <i>a-r</i>                                        | 31,41 ± 1,55                         | 31,59 ± 1,82            | 33,00 ± 1,83            | 0,000          |
| <i>r-sty</i>                                      | 23,68 ± 1,62                         | 23,95 ± 1,77            | 24,65 ± 1,50            | 0,046          |
| <i>sty-da<sub>III</sub></i>                       | 17,33 ± 1,05                         | 17,09 ± 1,17            | 18,06 ± 0,82            | 0,002          |
| <i>tro-ti</i>                                     | 43,88 ± 3,12                         | 44,49 ± 3,02            | 46,33 ± 2,86            | 0,004          |
| <i>B-ti</i>                                       | 44,62 ± 2,85                         | 45,14 ± 3,23            | 46,91 ± 2,28            | 0,003          |
| <i>da<sub>III</sub>-da<sub>III</sub></i>          | 167,44 ± 7,04                        | 169,01 ± 7,90           | 174,49 ± 7,21           | 0,000          |
| <i>a-a</i>                                        | 36,81 ± 1,78                         | 37,03 ± 1,64            | 38,28 ± 1,60            | 0,002          |
| <i>dl-dl</i>                                      | 41,15 ± 1,85                         | 41,59 ± 1,91            | 43,10 ± 1,99            | 0,000          |
| <i>thl-thl</i>                                    | 25,28 ± 1,59                         | 25,07 ± 1,24            | 26,22 ± 1,27            | 0,013          |
| <i>xi-ths</i>                                     | 17,64 ± 1,55                         | 17,44 ± 1,33            | 18,06 ± 1,71            | 0,375          |
| <i>ic-ic</i>                                      | 27,09 ± 1,84                         | 27,49 ± 1,99            | 28,77 ± 1,11            | 0,000          |
| <i>tro-tro</i>                                    | 31,44 ± 2,38                         | 32,15 ± 2,34            | 32,72 ± 2,18            | 0,048          |
| <i>cl-cm</i>                                      | 6,16 ± 0,40                          | 6,25 ± 0,41             | 6,21 ± 0,25             | 0,659          |
| <i>spr-spu</i>                                    | 5,06 ± 0,34                          | 5,03 ± 0,32             | 5,23 ± 0,26             | 0,056          |
| <i>epl-epm</i>                                    | 9,00 ± 0,49                          | 8,99 ± 0,65             | 9,33 ± 0,46             | 0,024          |
| <i>mlt-mlf</i>                                    | 6,73 ± 0,49                          | 6,86 ± 0,41             | 6,97 ± 0,63             | 0,133          |
| <i>pte-ap</i>                                     | 24,35 ± 1,34                         | 24,78 ± 1,20            | 25,52 ± 1,13            | 0,000          |
| <i>mtt-mtf</i>                                    | 8,87 ± 0,60                          | 9,13 ± 0,62             | 9,25 ± 0,59             | 0,020          |
| <i>mu-mr</i>                                      | 7,50 ± 0,42                          | 7,53 ± 0,49             | 7,86 ± 0,39             | 0,003          |
| Obwód klatki piersiowej w spoczynku ( <i>xi</i> ) | 76,11 ± 4,76                         | 78,72 ± 6,12            | 79,17 ± 3,90            | 0,013          |
| Obwód klatki piersiowej we wdechu ( <i>xi</i> )   | 81,95 ± 4,41                         | 83,88 ± 6,23            | 84,74 ± 3,22            | 0,025          |
| Obwód klatki piersiowej w wydechu ( <i>xi</i> )   | 73,84 ± 4,94                         | 76,39 ± 7,04            | 76,50 ± 3,38            | 0,008          |
| Ruchomość klatki                                  | 8,11 ± 2,13                          | 7,49 ± 2,53             | 8,00 ± 2,0              | 0,522          |
| Obwód pasa                                        | 69,03 ± 5,04                         | 70,91 ± 4,87            | 72,23 ± 3,03            | 0,002          |
| Obwód ramienia w spoczynku                        | 25,91 ± 2,07                         | 27,09 ± 2,38            | 27,31 ± 1,59            | 0,005          |
| Obwód ramienia w napięciu                         | 27,89 ± 2,53                         | 28,70 ± 2,41            | 29,28 ± 1,66            | 0,037          |
| Obwód przedramienia maksymalny                    | 23,35 ± 1,52                         | 24,12 ± 1,43            | 24,04 ± 0,94            | 0,034          |
| Obwód bioder                                      | 95,99 ± 5,55                         | 97,62 ± 5,88            | 99,84 ± 3,83            | 0,010          |
| Obwód uda maksymalny                              | 55,54 ± 4,18                         | 57,65 ± 4,05            | 58,60 ± 3,84            | 0,004          |
| Obwód podudzia maksymalny                         | 35,33 ± 2,40                         | 36,39 ± 2,50            | 37,52 ± 1,62            | 0,000          |

Tabela 11. Wskaźniki budowy ciała zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki                | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                          | niski<br><i>N</i> = 163       | średni<br><i>N</i> = 58 | wysoki<br><i>N</i> = 59 |                |
| BMI [kg/m <sup>2</sup> ] | 23,17 [21,89; 25,30]          | 23,23 [22,47; 24,92]    | 23,41 [22,09; 24,98]    | 0,866          |
| WHR                      | 0,80 [0,78; 0,83]             | 0,80 [0,78; 0,82]       | 0,79 [0,77; 0,82]       | 0,101          |
| WHtR                     | 43,73 [42,35; 46,05]          | 42,91 [41,12; 45,17]    | 43,03 [40,65; 44,90]    | 0,064          |

Tabela 12. Wskaźniki budowy ciała zawodniczek koszykówki prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki                | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                          | niski<br><i>N</i> = 62        | średni<br><i>N</i> = 19 | wysoki<br><i>N</i> = 25 |                |
| BMI [kg/m <sup>2</sup> ] | 20,88 [19,54; 22,54]          | 21,53 [20,89; 22,78]    | 21,52 [21,23; 22,65]    | 0,112          |
| WHR                      | 0,72 [0,69; 0,75]             | 0,72 [0,71; 0,74]       | 0,72 [0,71; 0,74]       | 0,712          |
| WHtR                     | 40,90 [38,97; 43,09]          | 41,67 [39,52; 42,94]    | 40,87 [39,26; 42,96]    | 0,738          |

#### 4.1.2.2. Wielkość otluszczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego

W przypadku mężczyzn uprawiających koszykówkę nie zaobserwowano związku pomiędzy grubością fałdów skórno-tłuszczowych a poziomem sportowym (tab. 13). Podobnie było wśród kobiet, z wyjątkiem fałdu na ramieniu (nad tricepsem), który okazał się cieńszy u zawodniczek na wyższym poziomie sportowym (tab. 14). Warto zauważyć, że u większości zawodników płci

Tabela 13. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy

| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                              | niski<br><i>N</i> = 163       | średni<br><i>N</i> = 58 | wysoki<br><i>N</i> = 59 |                |
| Nad bicepsem                 | 3,60 [3,00; 4,30]             | 4,40 [3,40; 7,60]       | 3,60 [3,00; 5,00]       | 0,062          |
| Nad tricepsem                | 6,00 [4,30; 8,00]             | 5,30 [4,20; 8,00]       | 6,20 [4,40; 8,20]       | 0,677          |
| Na przedramieniu             | 3,60 [3,20; 4,20]             | 3,90 [3,20; 4,60]       | 3,80 [3,20; 4,20]       | 0,709          |
| Na podudziu                  | 5,20 [4,00; 7,20]             | 6,00 [4,40; 8,00]       | 6,00 [4,60; 7,00]       | 0,252          |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 9,40 [8,00; 11,20]            | 9,20 [8,00; 11,00]      | 8,80 [7,60; 10,80]      | 0,327          |
| Na brzuchu                   | 10,00 [7,00; 14,20]           | 10,10 [7,40; 13,00]     | 10,00 [7,40; 15,00]     | 0,940          |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 9,20 [6,00; 13,20]            | 8,20 [6,20; 12,00]      | 7,80 [5,80; 11,20]      | 0,116          |

Tabela 14. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek koszykówki prezentujących różny poziom sportowy

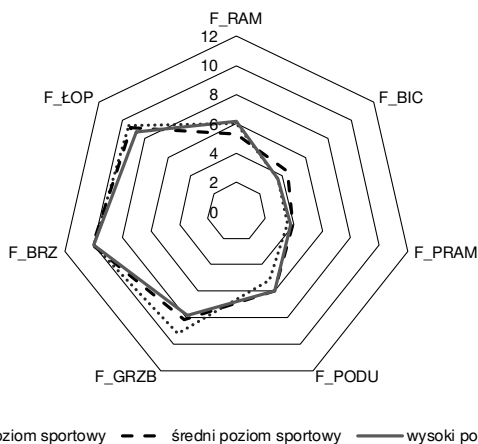
| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                              | niski<br><i>N</i> = 62        | średni<br><i>N</i> = 19 | wysoki<br><i>N</i> = 25 |                |
| Nad bicipsem                 | 5,60 [3,60; 7,80]             | 7,80 [4,80; 8,20]       | 6,40 [4,40; 7,60]       | 0,365          |
| Nad tricipsem                | 11,00 [8,80; 13,00]           | 10,80 [8,90; 11,80]     | 8,20 [7,00; 11,00]      | 0,038          |
| Na przedramieniu             | 4,30 [3,40; 5,20]             | 4,80 [4,20; 5,65]       | 4,00 [3,60; 4,80]       | 0,163          |
| Na podudziu                  | 7,50 [6,00; 10,00]            | 8,00 [7,00; 9,70]       | 8,00 [6,00; 9,20]       | 0,750          |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 10,00 [8,00; 12,20]           | 10,20 [8,70; 12,70]     | 9,00 [8,00; 11,00]      | 0,461          |
| Na brzuchu                   | 12,60 [9,80; 17,00]           | 15,40 [12,00; 17,40]    | 13,40 [11,00; 16,80]    | 0,180          |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 11,00 [8,80; 15,60]           | 12,00 [9,70; 15,70]     | 11,60 [9,20; 15,40]     | 0,837          |

męskiej grubość fałdów skórno-tłuszczowych na kończynach nie przekraczała 8 mm, a u zawodniczek – 12 mm. Grubość fałdów na tułowi była tylko nieco większa. Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. III).

Z obserwacji wzorca otluszczenia podskórnego na mapach fałdów skórno-tłuszczowych wynika, że wielkość otluszczenia podskórnego była w grupach koszykarzy różniących się poziomem sportowym podobna (ryc. 5). Analogicznie było u kobiet (ryc. 6). Warto odnotowania jest jednak to, że pole powierzchni wykresu dla badanych prezentujących wysoki poziom sportowy okazało się mniejsze niż dla osób na średnim poziomie, co wskazuje na ich mniejsze otluszczenie podskórne. Tendencji tej nie wykazano wśród badanych na najniższym poziomie sportowym, ale należy zaznaczyć, że sportowcy z tej grupy charakteryzowali się jednocześnie najmniejszymi wymiarami ciała, co opisano na początku rozdziału.

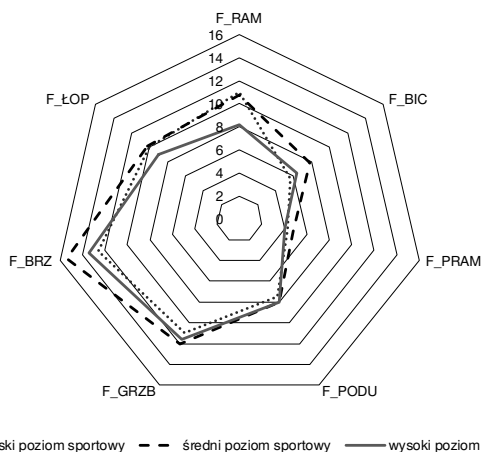
W celu zweryfikowania, które fałdy skórno-tłuszczowe w największym stopniu różniły zawodników o odmiennym poziomie sportowym, obliczono tzw. miarę siły efektu (wyrażoną współczynnikiem  $\eta^2$ ). Analizy potwierdziły brak istotnego związku grubości fałdów skórno-tłuszczowych z poziomem sportowym u obu płci (tab. 15). Wartości  $\eta^2$  nie przekraczają 0,12, co oznacza, że maksymalnie 12% zmienności grubości fałdów skórno-tłuszczowych, a konkretnie fałdu nad bicipsem, może być wyjaśnione przez poziom sportowy. W przypadku fałdu nad tricipsem, który był istotnie cieńszy u profesjonalnych zawodniczek, tylko 4% jego zmienności może być wyjaśnione poziomem sportowym.

W odniesieniu do względnej wielkości otluszczenia podskórnego ocenianej za pomocą wskaźników otluszczenia (SFI, SBFI) także nie odnotowano różnic



F\_RAM – fałd skórno-tłuszczowy nad tricepsem, F\_BIC – fałd skórno-tłuszczowy nad bicipsem, F\_PRAM – fałd skórno-tłuszczowy na przedramieniu, F\_PODU – fałd skórno-tłuszczowy na podudziu, F\_GRZB – fałd skórno-tłuszczowy nad grzebieniem biodrowym, F\_BRZ – fałd skórno-tłuszczowy na brzuchu, F\_ŁOP – fałd skórno-tłuszczowy pod dolnym kątem łopatki

Rycina 5. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodników koszykówki. Skala podana w mm



F\_RAM – fałd skórno-tłuszczowy nad tricepsem, F\_BIC – fałd skórno-tłuszczowy nad bicipsem, F\_PRAM – fałd skórno-tłuszczowy na przedramieniu, F\_PODU – fałd skórno-tłuszczowy na podudziu, F\_GRZB – fałd skórno-tłuszczowy nad grzebieniem biodrowym, F\_BRZ – fałd skórno-tłuszczowy na brzuchu, F\_ŁOP – fałd skórno-tłuszczowy pod dolnym kątem łopatki

Rycina 6. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek koszykówki. Skala podana w mm

między zawodnikami prezentującymi różny poziom sportowy (tab. 16). Warto jednak zaznaczyć, że spośród badanych mężczyzn to ci najlepiej wytrenowani charakteryzowali się najcieńszymi fałdami, zarówno w stosunku do wysokości, jak i masy ciała. Analizując wartości wskaźnika dystrybucji tłuszczu (SFDI), zauważono redystrybucję podskórnej tkanki tłuszczowej zależną od poziomu sportowego mężczyzn; im wyższy poziom, tym mniejsza przewaga otłuszczenia tułowia nad otłuszczeniem kończyn (tab. 16), przy stałych wartościach wskaź-

Tabela 15. Miara siły efektu poziomu sportowego dla zmienności fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników koszykówki

| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Zawodniczki<br>N = 106 |                | Zawodnicy<br>N = 280 |                |
|------------------------------|------------------------|----------------|----------------------|----------------|
|                              | $\eta^2$               | <i>p-value</i> | $\eta^2$             | <i>p-value</i> |
| Nad bicipsem                 | 0,09                   | 0,365          | 0,12                 | 0,001          |
| Nad tricipsem                | 0,04                   | 0,016          | 0,00                 | 0,511          |
| Na przedramieniu             | 0,01                   | 0,403          | 0,00                 | 0,725          |
| Na podudziu                  | 0,01                   | 0,587          | 0,01                 | 0,233          |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 0,01                   | 0,517          | 0,00                 | 0,984          |
| Na brzuchu                   | 0,03                   | 0,143          | 0,00                 | 0,953          |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 0,00                   | 0,940          | 0,01                 | 0,185          |

Tabela 16. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                      |                      | <i>p-value</i> |
|-----------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
|           | niski<br>N = 163              | średni<br>N = 58     | wysoki<br>N = 59     |                |
| SFI       | 25,08 [18,62; 30,07]          | 24,93 [18,90; 30,32] | 22,61 [18,89; 28,48] | 0,552          |
| SBFI      | 39,90 [32,26; 48,27]          | 38,32 [31,41; 49,66] | 36,42 [31,50; 44,62] | 0,309          |
| SFDI      | 63,74 [48,78; 72,41]          | 64,96 [53,85; 78,82] | 69,61 [53,33; 92,42] | 0,012          |

Tabela 17. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodniczek koszykówki prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                      |                      | <i>p-value</i> |
|-----------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
|           | niski<br>N = 62               | średni<br>N = 19     | wysoki<br>N = 25     |                |
| SFI       | 33,00 [27,62; 42,81]          | 36,60 [32,22; 40,42] | 30,61 [26,59; 39,10] | 0,218          |
| SBFI      | 72,22 [58,52; 84,55]          | 69,65 [65,16; 75,33] | 55,04 [49,06; 72,12] | 0,006          |
| SFDI      | 83,46 [70,71; 104,30]         | 84,23 [64,64; 92,63] | 73,21 [60,47; 88,24] | 0,147          |

ników podskórnego otłuszczenia względnego. U kobiet uprawiających koszykówkę te powiązania były nieco inne. Poziom sportowy zawodniczek wydawał się nie mieć związku z wielkością otłuszczenia podskórnego względem wysokości ciała (SFI) ani z dystrybucją tłuszczu podskórnego na tułowie i kończynach (SFDI; tab. 17). Jednak grubość fałdów skórno-tłuszczowych względem masy ciała (SBFI) okazała się wyraźnie mniejsza u zawodniczek na wysokim poziomie sportowym (tab. 17). Spośród badanych koszykarek to te prezentujące najwyższy poziom wyszkolenia miały najcieńsze fałdy w stosunku do wyso-

kości ciała. Odnaczały się też największą przewagą otłuszczenia podskórnego tułowia nad otłuszczeniem kończyn, co wiązało się m.in. z wykazaną powyżej redukcją otłuszczenia podskórnego ramienia (tab. 14).

Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. III).

#### 4.1.2.3. Skład tkankowy ciała

Zawodnicy płci męskiej prezentujący najwyższy poziom sportowy charakteryzowali się największą redukcją zawartości tłuszczu w masie ciała w porównaniu z zawodnikami niższych klas sportowych (tab. 18). Wiazało się to również z obserwowaną u nich większą o 2,5% zawartością ciała szczupłego/masy beztłuszczowej, większą o ponad 3% zawartością mięśni oraz lepszym stanem uwodnienia (większa zawartość wody całkowitej). Rozkład wody wewnątrzkomórkowej oraz zewnątrzkomórkowej był podobny we wszystkich trzech grupach zawodników, bez względu na poziom sportowy (tab. 18).

Tabela 18. Skład tkankowy zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy

| Składniki<br>tkankowe [%] | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                           | niski<br><i>N</i> = 163              | średni<br><i>N</i> = 58 | wysoki<br><i>N</i> = 57 |                |
| FM                        | 20,21 ± 4,48                         | 20,32 ± 5,08            | 17,88 ± 4,16            | 0,012          |
| FFM                       | 79,79 ± 4,48                         | 79,68 ± 5,08            | 82,12 ± 4,16            | 0,012          |
| TBW                       | 58,41 ± 3,28                         | 58,33 ± 3,70            | 60,12 ± 3,05            | 0,012          |
| ECW                       | 39,24 ± 4,43                         | 39,97 ± 3,55            | 39,28 ± 4,24            | 0,632          |
| ICW                       | 60,76 ± 4,43                         | 60,03 ± 3,55            | 60,72 ± 4,24            | 0,632          |
| BCM                       | 57,09 ± 9,23                         | 55,85 ± 7,69            | 59,13 ± 7,59            | 0,188          |
| MM                        | 54,98 ± 8,31                         | 53,94 ± 7,56            | 58,08 ± 6,22            | 0,032          |

Zupełnie inaczej kształtowały się wyniki analiz składu ciała zawodniczek koszykówki. Nie wykazano u nich związku zawartości składników tkankowych z poziomem sportowym (tab. 19). U wszystkich koszykarek, bez względu na poziom ich wytrenowania, odnotowano typowo kobiecą zawartością tłuszczu w masie ciała – około 28% – oraz dobry stan uwodnienia organizmu i prawidłowe proporcje wody wewnątrzkomórkowej do wody zewnątrzkomórkowej (tab. 19).

Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. IV).

Tabela 19. Skład tkankowy zawodniczek koszykówki prezentujących różny poziom sportowy

| Składniki tkankowe [%] | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                        | niski<br><i>N</i> = 62               | średni<br><i>N</i> = 19 | wysoki<br><i>N</i> = 25 |                |
| FM                     | 27,45 ± 4,78                         | 28,25 ± 2,35            | 27,79 ± 2,17            | 0,851          |
| FFM                    | 72,55 ± 4,78                         | 71,75 ± 2,35            | 72,21 ± 2,17            | 0,851          |
| TBW                    | 53,10 ± 3,50                         | 52,52 ± 1,70            | 52,86 ± 1,60            | 0,851          |
| ECW                    | 42,12 ± 4,53                         | 43,80 ± 3,64            | 44,30 ± 2,25            | 0,196          |
| ICW                    | 57,88 ± 4,52                         | 56,20 ± 3,64            | 55,70 ± 2,25            | 0,196          |
| BCM                    | 57,55 ± 7,62                         | 55,14 ± 3,68            | 52,91 ± 5,49            | 0,102          |
| MM                     | 50,73 ± 6,33                         | 48,40 ± 3,09            | 46,96 ± 5,09            | 0,115          |

#### 4.1.3. Budowa somatyczna zawodniczek i zawodników koszykówki w grupach różniących się wielkością otłuszczenia podskórnego

Podjęto próbę odpowiedzi na pytanie, jaką budowę somatyczną mają zawodniczki i zawodnicy, u których odnotowano najmniejsze otłuszczenie podskórne, a jaką osoby, u których zaobserwowano grubsze fałdy skórno-tłuszczowe w pomiarach bezwzględnych oraz względem wysokości i masy ciała. Metodą *k*-średnich wyodrębniono 3 skupienia mężczyzn oraz 3 skupienia kobiet istotnie różniących się od siebie otłuszczeniem podskórnym. Klasy otłuszczenia (małe, średnie, duże) utworzono na podstawie bezwzględnej i względnej ilości tłuszczu podskórnego: suma fałdów skórno-tłuszczowych, wskaźniki SFI i SBFI. Badani w skupieniach nie różnili się istotnie długością stażu treningowego – zarówno w skupieniach zawodniczek, jak i zawodników mediana stażu wynosiła 7,0–8,0 lat.

Mężczyźni w skupieniu o najmniejszym otłuszczeniu podskórnym charakteryzowali się najcieńszymi fałdami skórno-tłuszczowymi oraz najniższymi wartościami wskaźników SBFI (średnio 30,65) i SFI (średnio 17,65). Mieli mniejszą masę ciała i smuklejszy szkielet kończyn dolnych (*epl-epm*) (tab. 20). Niskiej zawartości tłuszczu podskórnego odpowiadała również niska zawartość tłuszczu ogólnego w masie ciała mierzona metodą BIA (17%). U zawodników zaobserwowano wysoką zawartość procentową masy mięśni sięgającą przeciętnie 57%. Odnotowano u nich także najmniejszy obwód pasa w stosunku do bioder oraz do wysokości ciała, co dodatkowo potwierdziło mały stopień otłuszczenia. W analizie somatotypu koszykarzy tego skupienia wykazano niski poziom endomorfii, średni poziom mezomorfii oraz średni poziom ektomorfii, ale warto zaznaczyć, że na tle innych grup zawodników byli oni jednak dość smukli (tab. 20).

Tabela 20. Charakterystyka antropometryczna zawodników koszykówki w skupieniach o różnym poziomie otluszczenia podskórnego

| Cechy               | Otluszczenie podskórne ( $\bar{x} \pm SD$ oraz Me [Q1; Q3]) |                           |                       | <i>p-value</i> |
|---------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------|
|                     | małe<br><i>N</i> = 125                                      | średnie<br><i>N</i> = 113 | duże<br><i>N</i> = 39 |                |
| SFI                 | 17,65 [15,90; 19,18]                                        | 26,75 [24,16; 29,60]      | 39,31 [35,71; 48,76]  | 0,000          |
| SBFI                | 30,65 [27,43; 33,06]                                        | 43,12 [37,89; 47,44]      | 60,65 [55,82; 68,84]  | 0,000          |
| Suma fałdów [mm]    | 34,40 [30,40; 37,40]                                        | 51,00 [47,20; 55,80]      | 72,20 [65,20; 86,60]  | 0,000          |
| <i>B-v</i> [cm]     | 187,00 ± 7,49                                               | 185,65 ± 8,11             | 185,30 ± 8,87         | 0,325          |
| Masa ciała [kg]     | 78,00 [72,00; 84,30]                                        | 81,90 [74,90; 90,0]       | 86,40 [80,90; 99,10]  | 0,000          |
| <i>cl-cm</i> [cm]   | 7,10 ± 0,36                                                 | 7,14 ± 0,49               | 7,21 ± 0,50           | 0,443          |
| <i>epl-epm</i> [cm] | 10,02 ± 0,55                                                | 10,14 ± 0,58              | 10,34 ± 0,62          | 0,003          |
| WHR                 | 0,79 [0,77; 0,82]                                           | 0,80 [0,78; 0,82]         | 0,83 [0,80; 0,85]     | 0,000          |
| WHtR                | 42,09 [39,97; 43,72]                                        | 43,67 [42,06; 45,53]      | 47,59 [45,03; 49,47]  | 0,000          |
| SFDI                | 63,93 [55,58; 75,18]                                        | 64,71 [47,83; 77,50]      | 64,35 [45,29; 77,64]  | 0,685          |
| FM [%]              | 17,19 ± 3,33                                                | 20,13 ± 3,82              | 26,36 ± 4,33          | 0,000          |
| MM [%]              | 57,02 ± 7,78                                                | 55,40 ± 7,68              | 49,68 ± 5,64          | 0,000          |
| Somatotyp           | 1,8 – 4,2 – 3,4                                             | 2,8 – 4,8 – 2,7           | 4,2 – 5,4 – 2,0       | 0,000          |

Skupienie mężczyzn o średnim otluszczeniu podskórnym, charakteryzujących się średniej grubości fałdami skórno-tłuszczowymi, a także średnimi wartościami wskaźników SBFI (43,12) i SFI (26,75), składało się z zawodników o średniej masie ciała i nieco masywniejszym szkielecie kończyn dolnych (tab. 20). Średniej zawartości tłuszczu podskórnego odpowiadała średnia zawartość tłuszczu całkowitego w masie ciała mierzona metodą BIA (20,13%) oraz średnia zawartość mięśni (55,10%). Zawodnicy w tym skupieniu mieli nieco większy obwód pasa w stosunku do wysokości ciała (tab. 20). Pod względem somatotypu zostali umiejscowieni pośrodku, pomiędzy dwoma pozostałymi skupieniami. Stwierdzono średni poziom endomorfii, średni poziom mezomorfii i średni ektomorfii. Umięśnienie i szkielet okazały się nieco bardziej rozwinięte niż u mężczyzn najszczuplejszych. Badani w tym skupieniu byli też nieco bardziej masywni.

Zawodnicy, u których stwierdzono największe otluszczenie podskórne, czyli najgrubsze fałdy skórno-tłuszczowe, i najwyższe wartości wskaźników SBFI i SFI (dwukrotnie wyższe niż w grupie najszczuplejszych koszykarzy), byli też najciężsi i mieli najmasywniejszy szkielet kończyn dolnych (szerokie kolano). Największemu otluszczeniu podskórnemu towarzyszyła także najwyższa zawartość tłuszczu w masie ciała, przekraczająca nawet 30% (średnio 26%). Zaobserwowano również niższą procentową zawartość mięśni – średnio 51%. Najbardziej otluszczeni zawodnicy charakteryzowali się ponadto największym obwodem pasa w stosunku do bioder oraz do wysokości ciała (tab. 20).

Poziom rozwoju endomorfii i mezomorfii okazał się u nich największy w porównaniu z koszykarkami w pozostałych skupieniach. Byli też dość masywni (tab. 20).

Dystrybucja tłuszczu podskórnego na tułowie i kończynach (wyrażona wskaźnikiem SFDI), a także wysokość ciała zawodników były podobne we wszystkich skupieniach (tab. 20).

Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. V).

Nie zaobserwowano wyraźnego związku pomiędzy wielkością otluszczenia podskórnego (wyrażoną jako klasa otluszczenia) a poziomem sportowym koszykarzy, co stanowi potwierdzenie opisanych wcześniej analiz (por. tab. 13, 16). Analiza frekwencji zawodników na różnym poziomie sportowym nie wykazała istotnych różnic w strukturze poszczególnych skupień (tab. 21). Warto jednak zwrócić uwagę na grupę zawodników prezentujących najwyższy poziom wytrenowania, spośród których największy odsetek znalazł się w skupieniu osób o najmniejszym otluszczeniu podskórnym. Do skupienia o największym otluszczeniu podskórnym zaliczono jedynie 7% zawodników prezentujących najwyższy poziom sportowy i ponad dwukrotnie więcej graczy spośród koszykarzy pozostających na średnim i niskim poziomie wyszkolenia.

Tabela 21. Analiza frekwencji w grupach zawodników koszykówki różniących się poziomem sportowym i wielkością otluszczenia podskórnego

| Poziom sportowy | Otłuszczenie podskórne                    |                           |                       | <i>p-value</i> |
|-----------------|-------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------|
|                 | małe<br><i>N</i> = 126                    | średnie<br><i>N</i> = 114 | duże<br><i>N</i> = 40 |                |
|                 | Częstość w kategoriach poziomu sportowego |                           |                       |                |
| Niski           | 44,1%                                     | 40,4%                     | 15,5%                 | 0,682          |
| Średni          | 44,8%                                     | 37,9%                     | 17,2%                 |                |
| Wysoki          | 48,3%                                     | 44,8%                     | 6,9%                  |                |

Inaczej niż u mężczyzn, małe otluszczenie podskórne, ustalone na podstawie niskich wartości wskaźników SBFI (54,1) i SFI (26,7) i najmniejszej sumy fałdów skórno-tłuszczowych, ujawniło się u zawodniczek o największej wysokości ciała, bez względu na ich masę ciała oraz masywność szkieletu (tab. 22). Koszykarki zaliczone do tego skupienia charakteryzowały się także mniejszym obwodem talii w stosunku do bioder (WHR) i w stosunku do wysokości ciała (WHtR), przez co dystrybucja tłuszczu na biodrach i talii miała u nich bardziej kobiecy charakter niż w przypadku badanych w pozostałych skupieniach. U najszcuplejszych zawodniczek odnotowano też najmniejszą zawartość tłuszczu w masie ciała w pomiarze metodą BIA (blisko 27%). Z analizy somatotypu

Tabela 22. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek koszykówki w skupieniach o różnym poziomie otluszczenia podskórnego

| Cechy               | Otluszczenie podskórne ( $\bar{x} \pm SD$ oraz Me [Q1; Q3]) |                          |                        | <i>p-value</i> |
|---------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|----------------|
|                     | małe<br><i>N</i> = 46                                       | średnie<br><i>N</i> = 50 | duże<br><i>N</i> = 10  |                |
| SFI                 | 26,66 [25,16; 28,60]                                        | 38,80 [35,88; 42,51]     | 56,93 [52,58; 61,66]   | 0,000          |
| SBFI                | 54,07 [49,06; 59,54]                                        | 75,22 [69,42; 81,98]     | 104,51 [98,95; 107,58] | 0,000          |
| Suma fałdów [mm]    | 46,05 [41,80; 50,60]                                        | 66,50 [59,40; 71,40]     | 94,40 [86,60; 102,90]  | 0,000          |
| <i>B-v</i> [cm]     | 171,86 $\pm$ 7,54                                           | 168,78 $\pm$ 7,11        | 165,49 $\pm$ 4,86      | 0,017          |
| Masa ciała [kg]     | 60,10 [54,60; 65,00]                                        | 62,80 [58,00; 67,00]     | 64,80 [60,60; 69,00]   | 0,168          |
| <i>cl-cm</i> [cm]   | 6,17 $\pm$ 0,33                                             | 6,20 $\pm$ 0,42          | 6,23 $\pm$ 0,37        | 0,842          |
| <i>epl-epm</i> [cm] | 9,01 $\pm$ 0,54                                             | 9,09 $\pm$ 0,52          | 9,32 $\pm$ 0,53        | 0,232          |
| WHR                 | 0,71 [0,68; 0,73]                                           | 0,73 [0,70; 0,75]        | 0,75 [0,71; 0,81]      | 0,008          |
| WHtR                | 39,41 [38,12; 41,23]                                        | 41,55 [39,88; 43,56]     | 46,32 [43,48; 47,47]   | 0,000          |
| SFDI                | 84,23 [66,67; 101,49]                                       | 81,26 [69,39; 101,83]    | 82,36 [66,32; 88,02]   | 0,948          |
| FM [%]              | 26,84 $\pm$ 3,56                                            | 27,37 $\pm$ 3,46         | 31,75 $\pm$ 3,40       | 0,014          |
| MM [%]              | 49,74 $\pm$ 6,81                                            | 49,19 $\pm$ 4,94         | 47,70 $\pm$ 5,37       | 0,752          |
| Somatotyp           | 2,6 – 3,2 – 3,5                                             | 3,7 – 4,0 – 2,6          | 5,1 – 4,5 – 1,6        | 0,000          |

wynika, że miały one najslabiej rozwiniętą endomorfie oraz mezomorfie, w porównaniu z koszykarkami innych skupień, i były najsmuklejsze (tab. 22).

Zawodniczki, które cechowały się średnim otluszczeniem podskórnym, tzn. uzyskały średnie wartości wskaźników otluszczenia podskórnego SBFI (75,2) i SFI (38,8) oraz średnią sumę fałdów skórno-tłuszczowych, odznaczały się również średnią wysokością ciała oraz pośrednimi wartościami wskaźników dystrybucji tłuszczu na biodrach i w talii (WHR i WHtR) (tab. 22). Zawartość tłuszczu w masie ciała była u nich podobna jak u zawodniczek szczuplejszych. Spośród komponentów somatotypu dominowała u nich mezomorfia, przy średnio rozwiniętej endomorfii i średnio masywnej budowie ciała (tab. 22).

Koszykarki, u których zaobserwowano duże otluszczenie podskórne, czyli najwyższe wartości SBFI (104,9) i SFI (56,9), oraz największą sumę fałdów skórno-tłuszczowych, miały mniejszą wysokość ciała, bez względu na ich masę ciała, oraz mniej masywny szkielet (tab. 22). Zawodniczki te charakteryzowały się także nieznacznie większym obwodem talii w stosunku do bioder (WHR) i w stosunku do wysokości ciała (WHtR). Dystrybucja tłuszczu utrzymywała się na poziomie pośrednim – pomiędzy rozkładem typowo kobiecym a typowo męskim. Większemu otluszczeniu podskórnemu towarzyszyła zdecydowanie większa zawartość procentowa tłuszczu w masie ciała (blisko 32%). W ich somatotypie dominowała endomorfia, która była znacznie bardziej rozwinięta niż u kobiet w pozostałych skupieniach. Stwierdzono też najwyższej rozwiniętą mezomorfie i najniższy poziom ektomorfii – były masywne (tab. 22).

Nie zaobserwowano u koszykarek związku pomiędzy wielkością otluszczenia podskórnego a dystrybucją tłuszczu na tułowie i kończynach (wskaźnik SFDI), ani też masą ciała, masywnością szkieletu i zawartością mięśni w masie ciała (tab. 22). Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz podano w aneksie (tab. V).

Analiza frekwencji, podobnie jak w przypadku mężczyzn, potwierdziła brak wyraźnego związku pomiędzy poziomem sportowym zawodniczek koszykówki a wielkością ich otluszczenia podskórnego (tab. 23). Warto zauważyć jednak, że w grupie koszykarek na wysokim poziomie sportowym zdecydowana większość (60%) znalazła się w skupieniu o małym otluszczeniu podskórnym. Nie wyłoniło się w tej grupie zawodniczek z dużymi wartościami tej cechy (tab. 23).

Tabela 23. Analiza frekwencji w grupach zawodniczek koszykówki różniących się poziomem sportowym i wielkością otluszczenia podskórnego

| Poziom sportowy | Otluszczenie podskórne                    |                          |                       | <i>p-value</i> |
|-----------------|-------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|
|                 | małe<br><i>N</i> = 46                     | średnie<br><i>N</i> = 50 | duże<br><i>N</i> = 10 |                |
|                 | Częstość w kategoriach poziomu sportowego |                          |                       |                |
| Niski           | 41,9%                                     | 45,2%                    | 12,9%                 | 0,115          |
| Średni          | 26,3%                                     | 63,2%                    | 10,5%                 |                |
| Wysoki          | 60,0%                                     | 40,0%                    | 0%                    |                |

#### 4.1.4. Podsumowanie

Budowa ciała, w tym wielkość otluszczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego, osób uprawiających koszykówkę zależała przede wszystkim od płci. Zaobserwowane różnice dymorficzne w wymiarach ciała i składzie tkankowym okazały się naturalne i biologicznie uzasadnione. Koszykarki były o niecałe 10% niższe oraz aż o 23% lżejsze od zawodników płci męskiej, miały drobniejszą budowę ciała i smuklejszy szkielet. Nieduże różnice dymorficzne zaobserwowano w bezwzględnej szerokości bioder. Dystrybucja tłuszczu w tej grupie sportowców była zgodna z płcią – kobiety charakteryzowało większe otluszczenie bioder w stosunku do talii, natomiast u mężczyzn przewaga obwodu bioder nad talią była mniejsza. Zawodniczki miały również węższą talię w stosunku do wysokości ciała niż mężczyźni. U zawodników różnica w nagromadzeniu tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie była znacznie większa niż u zawodniczek, u których stwierdzono bardziej równomierne rozłożenie podściółki tłuszczowej na kończynach i tułowie. Wzorzec otluszczenia podskórnego oceniany za pomocą map otluszczenia przybierał nieco inny kształt

u obu płci, a grubość wszystkich fałdów skórno-tłuszczowych, z wyjątkiem fałdu pod dolnym kątem łopatki, okazał się istotnie większy u koszykarek niż u ich kolegów, co uwidoczniło się także w większym polu powierzchni wykresu radarowego dla kobiet. Dominację koszykarek w zawartości tłuszczu podskórnego potwierdziły nieco wyższe w stosunku do mężczyzn wartości wskaźnika SFI oraz znacznie wyższe wartości SBFI. Zawodniczki charakteryzowały się też wyższą o 8% zawartością tłuszczu całkowitego w masie ciała. U mężczyzn wykazano natomiast większą zawartość masy mięśniowej oraz korzystniejsze warunki uwodnienia organizmu. Przeciętny somatotyp koszykarzy to: 2,6 – 4,6 – 2,9, przeciętny somatotyp koszykarek to: 3,2 – 3,6 – 3,0.

Poziom sportowy zawodniczek i zawodników koszykówki istotnie wiązał się z wielkością ciała, jednak korelacje w przypadku poszczególnych cech somatycznych przebiegały nieco inaczej u każdej płci. Ogólnie badani prezentujący wyższy poziom sportowy odznaczali się większą wysokością i masą ciała, a co za tym idzie – uzyskiwali wyższe wyniki związane z długością tułowia i kończyn oraz szerokością barków, ramion, bioder i szerokością międzykłętarzową. Odnotowano u nich także nieznacznie większą szerokość ręki, długość i szerokość stopy oraz szerokość łokcia i kolana. Jednocześnie zawodnicy i zawodniczki utrzymywali stałą masywność budowy ciała (BMI), bez względu na reprezentowany poziom sportowy.

Nie stwierdzono związku między poziomem sportowym a grubością fałdów skórno-tłuszczowych (z wyjątkiem fałdu na ramieniu u kobiet) ani względną wielkością otluszczenia podskórnego ocenianą za pomocą wskaźnika SFI. Warto zauważyć jednak, że grubość fałdów skórno-tłuszczowych u większości badanych była nieduża. Wzorzec otluszczenia podskórnego oceniany na podstawie map pozostawał stały w grupach płci, bez względu na poziom sportowy zawodniczek i zawodników. Nie odnotowano także zależności między dystrybucją tłuszczu na wysokości talii i bioder a poziomem wytrenowania. We wszystkich trzech grupach zawodników płci męskiej obwód pasa stanowił 80% obwodu bioder, w grupach kobiet było to 72%. Również wartości wskaźnika WHtR pozostawały jedynie pod wpływem dymorfizmu płciowego.

Wielkość otluszczenia podskórnego oceniana za pomocą wskaźnika SBFI nie różniła zawodników prezentujących różny poziom sportowy. W przypadku kobiet wartość SBFI była wyraźnie mniejsza u zawodniczek najlepiej wytrenowanych. U mężczyzn odnotowano redystrybucję podskórnej tkanki tłuszczowej: im wyższy poziom sportowy zawodnika, tym mniejsza przewaga otluszczenia tułowia nad otluszczeniem kończyn (SFDI). Wśród zawodniczek poziom sportowy wydawał się nie mieć związku z dystrybucją tłuszczu podskórnego na tułowie i kończynach.

Ogólna zawartość tłuszczu w masie ciała szacowana metodą BIA wiązała się istotnie z poziomem sportowym tylko w przypadku mężczyzn. Zawodnicy

prezentujący najwyższy poziom charakteryzowali się zdecydowanie większą redukcją zawartości tłuszczu (mniej niż 18%) niż ich koledzy posiadający niższe klasy sportowe (ponad 20%). Łączyło się to również z obserwowaną u nich wyższą o ponad 3% zawartością mięśni oraz lepszym stanem uwodnienia. W przypadku zawodniczek koszykówki we wszystkich trzech grupach wyróżnionych ze względu na poziom sportowy stwierdzono typowo kobiecą zawartość tłuszczu w masie ciała (około 28%) oraz dobry stan uwodnienia organizmu.

## 4.2. PIŁKA SIATKOWA

### 4.2.1. Budowa somatyczna i wzorzec otłuszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników piłki siatkowej w zależności od płci

#### 4.2.1.1. Charakterystyka antropometryczna badanych

Różnice dymorficzne wśród osób uprawiających piłkę siatkową uwidoczniły się we wszystkich analizowanych wymiarach ciała. Mężczyźni byli średnio o 17 kg ciężsi (tab. 24) oraz o 13 cm wyżsi (tab. 25) od kobiet. Mieli dłuższy tułów, dłuższe kończyny górne i dolne z ich odcinkami funkcjonalnymi (ramię, przedramię, ręka, udo, podudzie, stopa). Rozpiętość ramion siatkarzy była średnio o 15 cm większa niż siatkarek (tab. 25). Zawodnicy charakteryzowali się także większą o mniej więcej 4 cm szerokością barków oraz podobnie szerszą i głębszą klatką piersiową. Znacznie mniejsze różnice dymorficzne, o około 1 cm, zaobserwowano w bezwzględnym pomiarze szerokości bioder oraz szerokości międzykrętarzowej (tab. 25). Siatkarze mieli też szerszy łokieć, nadgarstek, kolano oraz kostkę, a także szerszą stopę i rękę (tab. 25). Dominowali nad zawodniczkami również w wielkości obwodów ciała: obwód klatki piersiowej, zarówno w spoczynku, jak i we wdechu i wydechu, okazał się większy o 11–12 cm (zaobserwowano w związku z tym także większą ruchomość klatki piersiowej), a obwód pasa – średnio o około 10 cm. Jedynie w obwodzie bioder stwierdzono

Tabela 24. Masa ciała oraz wskaźniki budowy ciała zawodniczek i zawodników piłki siatkowej

| Cechy antropometryczne   | Zawodniczki<br>N = 158 | Zawodnicy<br>N = 128 | <i>p-value</i> |
|--------------------------|------------------------|----------------------|----------------|
|                          | Me [Q1; Q3]            |                      |                |
| Masa ciała [kg]          | 62,60 [56,60; 71,00]   | 80,00 [75,10; 87,00] | 0,000          |
| BMI [kg/m <sup>2</sup> ] | 21,14 [20,00; 22,66]   | 23,46 [22,07; 24,79] | 0,000          |
| WHR                      | 0,72 [0,70; 0,75]      | 0,82 [0,80; 0,84]    | 0,000          |
| WHtR                     | 0,41 [0,39; 0,43]      | 0,44 [0,42; 0,46]    | 0,000          |

tylko nieznaczną różnicę (2,5 cm). Różnica pomiędzy obwodem ramienia w spoczynku a obwodem ramienia w napięciu była u siatkarzy prawie dwukrotnie większa (tab. 25).

Tabela 25. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek i zawodników piłki siatkowej

| Cechy antropometryczne [cm]              | Zawodniczki<br>N = 158 | Zawodnicy<br>N = 128 | p-value |
|------------------------------------------|------------------------|----------------------|---------|
|                                          | $\bar{x} \pm SD$       |                      |         |
| B-v                                      | 172,45 ± 8,25          | 185,31 ± 6,45        | 0,000   |
| B-sy                                     | 90,69 ± 6,02           | 97,02 ± 4,55         | 0,000   |
| B-tro                                    | 91,50 ± 5,91           | 97,56 ± 4,72         | 0,000   |
| sst-sy                                   | 50,27 ± 3,12           | 54,02 ± 3,10         | 0,000   |
| a-da <sub>III</sub>                      | 74,83 ± 4,32           | 80,87 ± 3,78         | 0,000   |
| a-r                                      | 32,47 ± 2,22           | 34,80 ± 2,58         | 0,000   |
| r-sty                                    | 24,68 ± 1,84           | 26,80 ± 1,81         | 0,000   |
| sty-da <sub>III</sub>                    | 17,67 ± 1,23           | 19,31 ± 1,33         | 0,000   |
| tro-ti                                   | 45,08 ± 3,63           | 47,44 ± 3,59         | 0,000   |
| B-ti                                     | 46,47 ± 3,18           | 50,16 ± 2,56         | 0,000   |
| da <sub>III</sub> -da <sub>III</sub>     | 172,97 ± 9,17          | 188,63 ± 7,30        | 0,000   |
| a-a                                      | 37,68 ± 2,28           | 42,09 ± 2,04         | 0,000   |
| dl-dl                                    | 42,00 ± 2,29           | 47,49 ± 2,25         | 0,000   |
| thl-thl                                  | 25,82 ± 1,74           | 29,69 ± 2,11         | 0,000   |
| xi-ths                                   | 17,74 ± 1,93           | 20,31 ± 1,92         | 0,000   |
| ic-ic                                    | 28,46 ± 2,20           | 28,99 ± 1,97         | 0,037   |
| tro-tro                                  | 32,37 ± 2,45           | 33,20 ± 2,27         | 0,004   |
| cl-cm                                    | 6,25 ± 0,41            | 7,13 ± 0,48          | 0,000   |
| spr-spu                                  | 5,19 ± 0,40            | 5,89 ± 0,37          | 0,000   |
| epl-epm                                  | 9,26 ± 0,60            | 10,12 ± 0,53         | 0,000   |
| mlt-mlf                                  | 6,91 ± 0,50            | 7,78 ± 0,43          | 0,000   |
| mtt-mtf                                  | 9,26 ± 0,67            | 10,09 ± 0,65         | 0,000   |
| pte-ap                                   | 25,10 ± 1,56           | 27,58 ± 1,50         | 0,000   |
| mu-mr                                    | 7,79 ± 0,44            | 8,73 ± 0,51          | 0,000   |
| Obwód klatki piersiowej w spoczynku (xi) | 78,27 ± 5,43           | 89,38 ± 5,34         | 0,000   |
| Obwód klatki piersiowej we wdechu (xi)   | 83,89 ± 5,13           | 96,01 ± 5,38         | 0,000   |
| Obwód klatki piersiowej w wydechu (xi)   | 75,32 ± 5,34           | 86,68 ± 5,13         | 0,000   |
| Ruchomość klatki                         | 8,78 ± 2,44            | 9,28 ± 2,26          | 0,050   |
| Obwód pasa                               | 71,38 ± 5,51           | 81,87 ± 5,95         | 0,000   |
| Obwód ramienia w spoczynku               | 26,64 ± 2,25           | 30,21 ± 2,31         | 0,000   |
| Obwód ramienia w napięciu                | 28,51 ± 2,27           | 33,91 ± 2,55         | 0,000   |
| Obwód przedramienia maksymalny           | 23,92 ± 1,48           | 28,12 ± 1,63         | 0,000   |
| Obwód bioder                             | 97,69 ± 5,82           | 100,05 ± 5,41        | 0,000   |
| Obwód uda maksymalny                     | 56,88 ± 4,14           | 58,34 ± 4,32         | 0,005   |
| Obwód podudzia maksymalny                | 35,95 ± 2,40           | 38,09 ± 2,80         | 0,000   |

Wartości wskaźnika wagowo-wzrostowego pozwoliły zauważyć, że siatkarze byli masywniejsi od siatkarek (większe wartości BMI). Mieli relatywnie większy obwód pasa – zarówno w stosunku do obwodu bioder (WHR), jak i wysokości ciała (WHtR) (tab. 26), co wskazuje na to, że dystrybucja tłuszczu w talii i na biodrach u badanych była zgodna z płcią.

W przeciętnym somatotypie zawodników (2,4 – 4,6 – 2,9) wykazano przewagę mezomorfii w budowie ciała. Wynika to z dużych obwodów ramienia i podudzia przy stosunkowo niedużym otluszczeniu tych segmentów, a także z masywnych nasad kostnych. U siatkarek (3,3 – 3,5 – 3,2) mezomorfia dominowała nieznacznie, za to dało się zauważyć wyższy, w porównaniu z mężczyznami, poziom endomorfii ocenianej na podstawie grubości fałdów skórno-tłuszczowych oraz nieco wyższy poziom ektomorfii wyrażającej smukłość budowy ciała. Warto zaznaczyć, że u 30% zawodników oraz aż 37% zawodniczek piłki siatkowej rozpoznano somatotypy ektomorficzne (poziom ektomorfii > 3,5).

#### 4.2.1.2. Wielkość otluszczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego

Kobiety i mężczyźni uprawiający piłkę siatkową różnili się istotnie grubością wszystkich fałdów skórno-tłuszczowych, z wyjątkiem fałdu pod dolnym kątem łopatki, dla którego uzyskano takie same wartości u obu płci (tab. 26). Kobiety charakteryzowały się grubszą podściółką tłuszczową, co było szczególnie widoczne na ramieniu, a także na brzuchu i grzebieniu biodrowym (tab. 26).

Analizując mapy otluszczenia podskórnego siatkarek i siatkarzy, stwierdzono, że wykres radarowy przyjmuje u obu płci nieco inny kształt. U kobiet pole powierzchni wykresu okazało się większe, co świadczyło o większym otluszczeniu podskórnym (ryc. 7). Również wartości średnie wskaźników otluszczenia potwierdziły większą relatywną zawartość podskórnej tkanki tłuszczowej

Tabela 26. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników piłki siatkowej

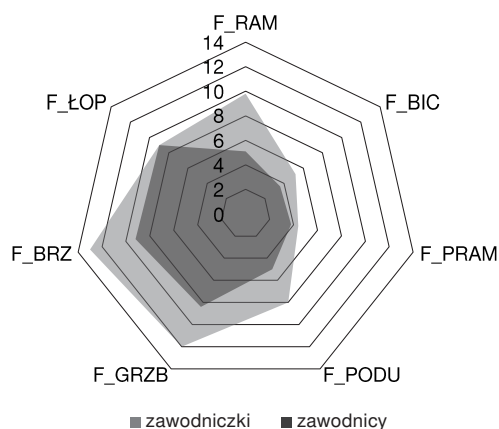
| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Zawodniczki<br>N = 158 | Zawodnicy<br>N = 128 | p-value |
|------------------------------|------------------------|----------------------|---------|
|                              | Me [Q1; Q3]            |                      |         |
| Nad bicipsem                 | 5,20 [4,10; 7,20]      | 3,60 [3,00; 5,00]    | 0,000   |
| Nad tricipsem                | 9,80 [7,30; 12,00]     | 5,10 [3,90; 7,40]    | 0,000   |
| Na przedramieniu             | 4,40 [3,70; 5,40]      | 3,80 [3,20; 4,40]    | 0,000   |
| Na podudziu                  | 8,00 [5,80; 10,00]     | 5,00 [4,00; 7,20]    | 0,000   |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 9,00 [8,00; 11,70]     | 9,00 [7,80; 11,00]   | 0,196   |
| Na brzuchu                   | 13,00 [10,20; 16,50]   | 9,20 [7,00; 13,50]   | 0,000   |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 12,00 [9,00; 15,90]    | 8,40 [6,40; 11,00]   | 0,000   |

Tabela 27. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodniczek i zawodników piłki siatkowej

| Wskaźniki | Zawodniczki<br>N = 158 | Zawodnicy<br>N = 128  | <i>p-value</i> |
|-----------|------------------------|-----------------------|----------------|
|           | Me [Q1; Q3]            |                       |                |
| SFI       | 32,93 [27,29; 39,25]   | 22,64 [19,16; 29,46]  | 0,000          |
| SBFI      | 64,45 [54,00; 75,37]   | 36,82 [31,76; 48,97]  | 0,000          |
| SFDI      | 79,68 [67,89; 93,33]   | 58,21 [49,44; 76,87 ] | 0,000          |

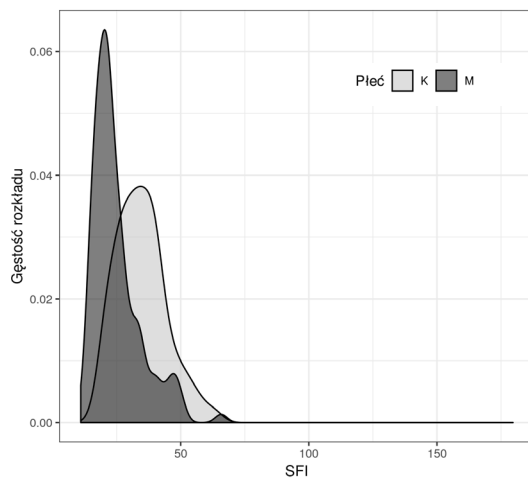
u zawodniczek. Miały one więcej podskórnej tkanki tłuszczowej zarówno w odniesieniu do ich masy, jak i wysokości ciała (tab. 27). Na podstawie wartości wskaźnika dystrybucji podskórnej tkanki tłuszczowej (SFDI) ustalono, że siatkarki cechowało bardziej zrównoważone otłuszczenie podskórne na tułowie i kończynach, zawodnicy mieli natomiast prawie dwukrotnie mniejsze otłuszczenie podskórne na kończynach niż na tułowie. U kobiet różnica pomiędzy otłuszczeniem podskórnym tułowia i kończyn wynosiła około 20%.

Pomimo tak dużych różnic dymorficznych w wartościach średnich wskaźników otłuszczenia warto zauważyć, że wykresy rozkładu dla wszystkich trzech wskaźników otłuszczenia podskórnego mają dużą część wspólną dla kobiet i mężczyzn (ryc. 8–10).

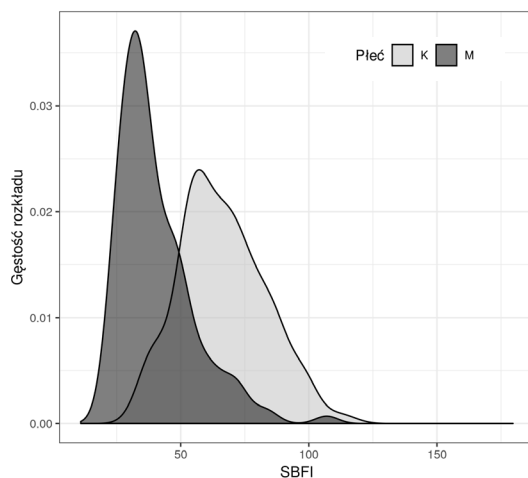


F\_RAM – fałd skórno-tłuszczowy nad tricepsem, F\_BIC – fałd skórno-tłuszczowy nad bicipsem, F\_PRAM – fałd skórno-tłuszczowy na przedramieniu, F\_PODU – fałd skórno-tłuszczowy na podudziu, F\_GRZB – fałd skórno-tłuszczowy nad grzebieniem biodrowym, F\_BRZ – fałd skórno-tłuszczowy na brzuchu, F\_ŁOP – fałd skórno-tłuszczowy pod dolnym kątem łopatki

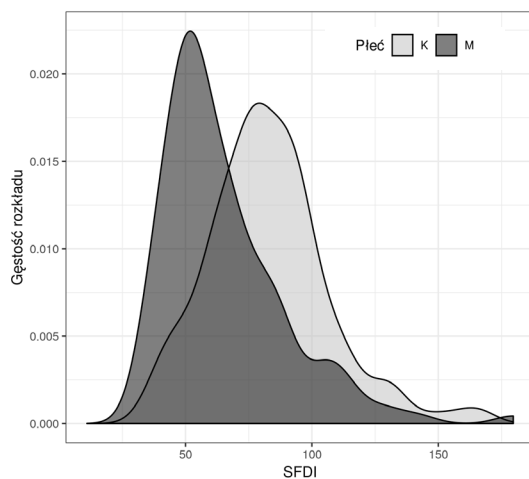
Rycina 7. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników piłki siatkowej.  
Skala podana w mm



Rycina 8. Rozkład wartości wskaźnika SFI u zawodniczek i zawodników piłki siatkowej



Rycina 9. Rozkład wartości wskaźnika SBFI u zawodniczek i zawodników piłki siatkowej



Rycina 10. Rozkład wartości wskaźnika SFDI u zawodniczek i zawodników piłki siatkowej

#### 4.2.1.3. Skład tkankowy ciała

W odniesieniu do wszystkich analizowanych składników tkankowych ciała odnotowano dymorfizm płciowy (tab. 28). Zawodniczki charakteryzowały się większą o 7% zawartością tłuszczu całkowitego w masie ciała szacowaną za pomocą metody BIA. Zawodnicy odznaczali się z kolei większą zawartością masy beztłuszczowej, w tym większą o prawie 8% zawartością masy mięśniowej, a także korzystniejszymi warunkami uwodnienia organizmu. U siatkarki zaobserwowano większą o blisko 5% zawartość wody całkowitej niż u siatkarek. Proporcje zawartości wody wewnątrzkomórkowej do wody zewnątrzkomórkowej u zawodników wynosiły 60:40; u zawodniczek 56:44.

Tabela 28. Skład tkankowy zawodniczek i zawodników piłki siatkowej mierzony metodą BIA

| Składniki tkankowe [%] | Zawodniczki<br>N = 158 | Zawodnicy<br>N = 128 | p-value |
|------------------------|------------------------|----------------------|---------|
|                        | $\bar{x} \pm SD$       |                      |         |
| FM                     | 27,34 ± 4,24           | 20,06 ± 4,59         | 0,000   |
| FFM                    | 72,66 ± 4,24           | 79,94 ± 4,59         | 0,000   |
| TBW                    | 53,18 ± 3,10           | 58,52 ± 3,36         | 0,000   |
| ECW                    | 43,83 ± 3,09           | 40,31 ± 3,71         | 0,000   |
| ICW                    | 56,17 ± 3,09           | 59,68 ± 3,71         | 0,000   |
| BCM                    | 53,94 ± 6,17           | 57,14 ± 7,57         | 0,000   |
| MM                     | 47,99 ± 5,74           | 55,50 ± 7,67         | 0,000   |

#### 4.2.2. Budowa somatyczna i wzorzec otluszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników piłki siatkowej w zależności od ich poziomu sportowego

##### 4.2.2.1. Charakterystyka antropometryczna badanych

Wartości średnie masy i wysokości ciała (tab. 29, 31) u zawodniczek były zależne od ich poziomu sportowego. Siatkarze, bez względu na poziom sportowy, charakteryzowali się podobną wysokością i masą ciała (tab. 29, 30). Cechowała ich też podobna masywność budowy wyrażona wskaźnikiem BMI (tab. 32).

Siatkarki prezentujące wysoki poziom sportowy były masywniejsze od swoich koleżanek nieposiadających klasy sportowej (tab. 33). Warto zaznaczyć, że prawie wszystkie analizowane wymiary ciała różniły się istotnie pomiędzy grupami zawodniczek wyłonionymi ze względu na poziom sportowy (tab. 31). Konsekwencją większej wysokości i masy ciała była też większa długość tułowia,

Tabela 29. Masa ciała zawodniczek i zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy

| Masa ciała<br>[kg] | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                      |                      | <i>p-value</i> |
|--------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
|                    | niski                         | średni               | wysoki               |                |
| Zawodniczki        | <i>N</i> = 70                 | <i>N</i> = 42        | <i>N</i> = 46        | 0,000          |
|                    | 58,00 [54,40; 62,80]          | 63,50 [59,00; 72,25] | 70,05 [63,70; 74,00] |                |
| Zawodnicy          | <i>N</i> = 63                 | <i>N</i> = 45        | <i>N</i> = 20        | 0,386          |
|                    | 79,60 [72,00; 85,40]          | 81,50 [76,10; 87,00] | 79,00 [75,50; 87,30] |                |

długość kończyn dolnych i górnych oraz szerokość barków, szerokość bioder i szerokość międzykłątwarowa (tab. 31). U zawodniczek prezentujących wysoki poziom sportowy większa była również długość i szerokość odcinków funkcjonalnych kończyny górnej i dolnej (tab. 31). Klatka piersiowa u dobrze wytrenowanych siatkarek charakteryzowała się większą szerokością, obwodem i ruchomością. Obwody kończyn również okazały się u nich większe niż u zawodniczek o niższych kwalifikacjach (tab. 31). Tendencji tej nie poddała się jedynie głębokość klatki piersiowej. U mężczyzn uprawiających piłkę siatkową i prezentujących różny poziom sportowy zaobserwowano tylko niewielkie różnice w długości kończyn dolnych, a także masywności szkieletu kończyn (tab. 30). Zawodnicy bez klasy sportowej charakteryzowali się krótszymi kończynami dolnymi i smuklejszym szkieletem. Innych różnic w wielkościach poszczególnych części ciała u siatkarki nie stwierdzono.

Dystrybucja tłuszczu w okolicach talii i bioder była u siatkarek i siatkarki niezależna od ich poziomu sportowego. U mężczyzn we wszystkich trzech grupach obwód pasa stanowił 82% obwodu bioder (tab. 33), natomiast u kobiet – 72–73% (tab. 34). Również wartości wskaźnika WHtR pozostawały jedynie pod wpływem dymorfizmu płciowego – nie wiązały się z poziomem sportowym badanych (tab. 32, 33). Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. VI, VII).

#### 4.2.2.2. Wielkość otluszczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego

W przypadku mężczyzn uprawiających piłkę siatkową nie zaobserwowano związku pomiędzy grubością fałdów skórno-tłuszczowych a poziomem sportowym (tab. 34). Inaczej było wśród siatkarek: fałdy skórno-tłuszczowe na ramieniu, na podudziu, a także pod dolnym kątem łopatki okazały się istotnie cieńsze u zawodniczek prezentujących wysoki poziom sportowy (tab. 35). Warto zauważyć, że u większości mężczyzn grubość fałdów skórno-tłuszczowych na

Tabela 30. Charakterystyka antropometryczna zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy

| Cechy antropometryczne [cm]                       | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                                                   | niski<br><i>N</i> = 63               | średni<br><i>N</i> = 45 | wysoki<br><i>N</i> = 20 |                |
| <i>B-v</i>                                        | 184,56 ± 6,53                        | 185,85 ± 6,23           | 186,45 ± 6,75           | 0,423          |
| <i>B-sy</i>                                       | 95,80 ± 4,50                         | 98,19 ± 4,48            | 98,18 ± 4,06            | 0,013          |
| <i>B-tro</i>                                      | 96,35 ± 4,83                         | 98,85 ± 4,10            | 98,41 ± 4,94            | 0,017          |
| <i>sst-sy</i>                                     | 54,12 ± 3,47                         | 53,82 ± 2,66            | 54,26 ± 2,94            | 0,909          |
| <i>a-da<sub>III</sub></i>                         | 80,24 ± 4,04                         | 81,65 ± 3,41            | 80,78 ± 3,27            | 0,079          |
| <i>a-r</i>                                        | 34,46 ± 3,13                         | 35,21 ± 2,05            | 34,79 ± 1,53            | 0,385          |
| <i>r-sty</i>                                      | 26,71 ± 1,51                         | 26,88 ± 2,25            | 26,75 ± 1,60            | 0,544          |
| <i>sty-da<sub>III</sub></i>                       | 19,12 ± 1,00                         | 19,56 ± 1,75            | 19,25 ± 1,03            | 0,215          |
| <i>tro-ti</i>                                     | 46,68 ± 3,81                         | 48,37 ± 3,12            | 47,65 ± 3,51            | 0,053          |
| <i>B-ti</i>                                       | 49,67 ± 2,42                         | 50,48 ± 2,79            | 50,76 ± 2,06            | 0,132          |
| <i>da<sub>III</sub>-da<sub>III</sub></i>          | 187,36 ± 7,12                        | 190,54 ± 6,53           | 188,27 ± 8,17           | 0,075          |
| <i>a-a</i>                                        | 41,92 ± 1,97                         | 42,29 ± 2,23            | 42,16 ± 1,80            | 0,646          |
| <i>dl-dl</i>                                      | 47,34 ± 2,34                         | 47,64 ± 2,23            | 47,63 ± 2,06            | 0,762          |
| <i>thl-thl</i>                                    | 29,57 ± 2,19                         | 29,79 ± 2,16            | 29,72 ± 1,72            | 0,870          |
| <i>xi-ths</i>                                     | 19,96 ± 2,06                         | 20,61 ± 1,98            | 20,75 ± 1,08            | 0,130          |
| <i>ic-ic</i>                                      | 28,84 ± 2,08                         | 29,02 ± 1,88            | 29,25 ± 1,75            | 0,717          |
| <i>tro-tro</i>                                    | 32,92 ± 2,33                         | 33,31 ± 2,23            | 33,86 ± 2,15            | 0,268          |
| <i>cl-cm</i>                                      | 7,06 ± 0,43                          | 7,21 ± 0,54             | 7,11 ± 0,39             | 0,030          |
| <i>spr-spu</i>                                    | 5,86 ± 0,35                          | 5,92 ± 0,41             | 5,87 ± 0,32             | 0,556          |
| <i>epl-epm</i>                                    | 10,03 ± 0,59                         | 10,16 ± 0,47            | 10,27 ± 0,42            | 0,050          |
| <i>mlt-mlf</i>                                    | 7,70 ± 0,48                          | 7,81 ± 0,35             | 7,96 ± 0,41             | 0,056          |
| <i>pte-ap</i>                                     | 27,31 ± 1,58                         | 27,84 ± 1,40            | 27,79 ± 1,42            | 0,152          |
| <i>mtt-mtf</i>                                    | 10,02 ± 0,68                         | 10,20 ± 0,60            | 10,06 ± 0,67            | 0,361          |
| <i>mu-mr</i>                                      | 8,68 ± 0,57                          | 8,79 ± 0,45             | 8,69 ± 0,48             | 0,522          |
| Obwód klatki piersiowej w spoczynku ( <i>xī</i> ) | 88,95 ± 6,26                         | 89,87 ± 4,15            | 89,47 ± 4,71            | 0,795          |
| Obwód klatki piersiowej we wdechu ( <i>xī</i> )   | 96,04 ± 6,07                         | 96,11 ± 4,53            | 95,66 ± 5,11            | 0,953          |
| Obwód klatki piersiowej w wydechu ( <i>xī</i> )   | 86,35 ± 5,55                         | 87,03 ± 4,89            | 87,00 ± 4,82            | 0,774          |
| Ruchomość klatki                                  | 9,68 ± 2,07                          | 9,08 ± 2,55             | 8,66 ± 2,10             | 0,161          |
| Obwód pasa                                        | 81,31 ± 6,82                         | 82,32 ± 4,85            | 82,58 ± 5,42            | 0,755          |
| Obwód ramienia w spoczynku                        | 30,20 ± 2,30                         | 30,33 ± 2,32            | 30,25 ± 2,38            | 0,959          |
| Obwód ramienia w napięciu                         | 33,66 ± 2,50                         | 34,15 ± 2,60            | 34,17 ± 2,67            | 0,549          |
| Obwód przedramienia maksymalny                    | 27,99 ± 1,90                         | 28,23 ± 1,27            | 28,04 ± 1,51            | 0,889          |
| Obwód bioder                                      | 99,88 ± 5,81                         | 99,97 ± 5,37            | 100,82 ± 4,21           | 0,801          |
| Obwód uda maksymalny                              | 57,72 ± 4,52                         | 58,92 ± 4,06            | 58,56 ± 4,39            | 0,525          |
| Obwód podudzia maksymalny                         | 37,75 ± 2,95                         | 38,45 ± 2,69            | 38,27 ± 2,59            | 0,571          |

Tabela 31. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy

| Cechy antropometryczne [cm]                       | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                                                   | niski<br><i>N</i> = 70               | średni<br><i>N</i> = 42 | wysoki<br><i>N</i> = 46 |                |
| <i>B-v</i>                                        | 168,44 ± 6,49                        | 172,44 ± 7,01           | 178,95 ± 7,70           | 0,000          |
| <i>B-sy</i>                                       | 88,17 ± 5,11                         | 89,90 ± 5,35            | 95,42 ± 5,18            | 0,000          |
| <i>B-tro</i>                                      | 88,96 ± 5,08                         | 90,92 ± 5,02            | 96,11 ± 5,18            | 0,000          |
| <i>sst-sy</i>                                     | 49,15 ± 3,08                         | 50,75 ± 2,43            | 50,91 ± 3,20            | 0,004          |
| <i>a-da<sub>III</sub></i>                         | 72,51 ± 3,19                         | 74,81 ± 3,68            | 78,06 ± 4,31            | 0,000          |
| <i>a-r</i>                                        | 31,29 ± 1,71                         | 32,42 ± 1,93            | 34,11 ± 2,05            | 0,000          |
| <i>r-sty</i>                                      | 23,94 ± 1,48                         | 24,59 ± 1,63            | 25,75 ± 2,03            | 0,000          |
| <i>sty-da<sub>III</sub></i>                       | 17,29 ± 1,20                         | 17,80 ± 1,29            | 18,20 ± 1,11            | 0,001          |
| <i>tro-ti</i>                                     | 43,94 ± 3,53                         | 44,43 ± 3,23            | 47,49 ± 2,95            | 0,000          |
| <i>B-ti</i>                                       | 44,98 ± 2,61                         | 46,63 ± 3,20            | 48,54 ± 2,81            | 0,000          |
| <i>da<sub>III</sub>-da<sub>III</sub></i>          | 168,60 ± 7,25                        | 172,43 ± 8,16           | 179,42 ± 9,14           | 0,000          |
| <i>a-a</i>                                        | 36,82 ± 1,93                         | 37,78 ± 1,99            | 39,08 ± 2,20            | 0,000          |
| <i>dl-dl</i>                                      | 40,99 ± 2,12                         | 42,64 ± 2,39            | 43,10 ± 1,74            | 0,000          |
| <i>thl-thl</i>                                    | 25,36 ± 1,90                         | 26,03 ± 1,71            | 26,25 ± 1,25            | 0,010          |
| <i>xi-ths</i>                                     | 17,28 ± 2,07                         | 17,95 ± 1,99            | 17,93 ± 1,41            | 0,111          |
| <i>ic-ic</i>                                      | 27,43 ± 1,57                         | 28,66 ± 2,27            | 29,82 ± 2,23            | 0,000          |
| <i>tro-tro</i>                                    | 31,49 ± 2,18                         | 32,21 ± 2,43            | 33,91 ± 2,15            | 0,000          |
| <i>cl-cm</i>                                      | 6,13 ± 0,46                          | 6,25 ± 0,38             | 6,42 ± 0,29             | 0,001          |
| <i>spr-spu</i>                                    | 5,03 ± 0,34                          | 5,20 ± 0,32             | 5,40 ± 0,35             | 0,000          |
| <i>epl-epm</i>                                    | 9,05 ± 0,59                          | 9,10 ± 0,48             | 9,66 ± 0,52             | 0,000          |
| <i>mlt-mlf</i>                                    | 6,69 ± 0,43                          | 6,85 ± 0,41             | 7,28 ± 0,47             | 0,000          |
| <i>pte-ap</i>                                     | 24,53 ± 1,37                         | 24,97 ± 1,39            | 26,14 ± 1,49            | 0,000          |
| <i>mtt-mtf</i>                                    | 9,00 ± 0,66                          | 9,28 ± 0,63             | 9,65 ± 0,52             | 0,000          |
| <i>mu-mr</i>                                      | 7,64 ± 0,49                          | 7,85 ± 0,34             | 7,94 ± 0,37             | 0,001          |
| Obwód klatki piersiowej w spoczynku ( <i>xi</i> ) | 76,82 ± 5,01                         | 78,96 ± 5,78            | 79,44 ± 4,58            | 0,004          |
| Obwód klatki piersiowej we wdechu ( <i>xi</i> )   | 82,22 ± 4,98                         | 84,86 ± 5,44            | 85,81 ± 4,28            | 0,001          |
| Obwód klatki piersiowej w wydechu ( <i>xi</i> )   | 74,08 ± 5,07                         | 75,86 ± 5,48            | 76,18 ± 4,23            | 0,003          |
| Ruchomość klatki                                  | 8,19 ± 2,45                          | 9,11 ± 2,50             | 9,29 ± 2,24             | 0,045          |
| Obwód pasa                                        | 69,81 ± 5,83                         | 72,16 ± 5,39            | 72,93 ± 4,54            | 0,012          |
| Obwód ramienia w spoczynku                        | 25,79 ± 2,13                         | 26,81 ± 2,19            | 28,10 ± 1,88            | 0,000          |
| Obwód ramienia w napięciu                         | 27,63 ± 2,09                         | 28,76 ± 2,02            | 29,73 ± 2,18            | 0,000          |
| Obwód przedramienia maksymalny                    | 23,38 ± 1,50                         | 24,26 ± 1,37            | 24,50 ± 1,23            | 0,000          |
| Obwód bioder                                      | 94,89 ± 5,11                         | 99,44 ± 5,93            | 100,76 ± 4,68           | 0,000          |
| Obwód uda maksymalny                              | 54,89 ± 3,80                         | 58,07 ± 3,85            | 59,12 ± 3,40            | 0,000          |
| Obwód podudzia maksymalny                         | 35,02 ± 2,39                         | 36,47 ± 2,20            | 36,86 ± 2,20            | 0,000          |

Tabela 32. Wskaźniki budowy ciała zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki                | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                          | niski<br><i>N</i> = 63        | średni<br><i>N</i> = 45 | wysoki<br><i>N</i> = 20 |                |
| BMI [kg/m <sup>2</sup> ] | 23,45 [21,32; 24,94]          | 23,55 [22,36; 24,52]    | 23,36 [22,50; 24,69]    | 0,936          |
| WHR                      | 0,82 [0,78; 0,84]             | 0,82 [0,80; 0,84]       | 0,82 [0,80; 0,84]       | 0,927          |
| WHtR                     | 44,0 [42,0; 46,00]            | 44,00 [43,0; 45,0]      | 44,0 [42,0; 47,0]       | 0,869          |

Tabela 33. Wskaźniki budowy ciała zawodniczek piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki                | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                          | niski<br><i>N</i> = 70        | średni<br><i>N</i> = 42 | wysoki<br><i>N</i> = 46 |                |
| BMI [kg/m <sup>2</sup> ] | 20,49 [19,46;21,99]           | 21,10 [20,38;23,74]     | 21,58 [20,40;23,12]     | 0,035          |
| WHR                      | 0,72 [0,70;0,76]              | 0,72 [0,70;0,74]        | 0,73 [0,71;0,74]        | 0,703          |
| WHtR                     | 41,00 [39,00;43,00]           | 41,00 [40,00;43,00]     | 41,87 [39,00;42,00]     | 0,349          |

Tabela 34. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy

| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                              | niski<br><i>N</i> = 63        | średni<br><i>N</i> = 45 | wysoki<br><i>N</i> = 20 |                |
| Nad bicepsem                 | 3,60 [3,20; 5,00]             | 3,60 [3,00; 4,80]       | 3,90 [3,10; 5,30]       | 0,929          |
| Nad tricepsem                | 5,80 [4,20; 7,60]             | 5,00 [3,80; 7,50]       | 4,70 [3,60; 6,40]       | 0,253          |
| Na przedramieniu             | 3,80 [3,00; 4,60]             | 3,80 [3,20; 4,20]       | 3,90 [3,00; 4,40]       | 0,951          |
| Na podudziu                  | 5,10 [4,00; 7,60]             | 5,20 [4,20; 8,00]       | 4,80 [4,20; 6,40]       | 0,720          |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 9,00 [8,00; 11,20]            | 9,00 [7,80; 10,00]      | 9,60 [7,40; 11,00]      | 0,561          |
| Na brzuchu                   | 10,00 [7,80; 14,20]           | 9,00 [7,00; 13,00]      | 7,90 [5,20; 12,00]      | 0,160          |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 8,40 [7,00; 11,00]            | 8,60 [7,00; 11,20]      | 7,00 [6,40; 10,50]      | 0,809          |

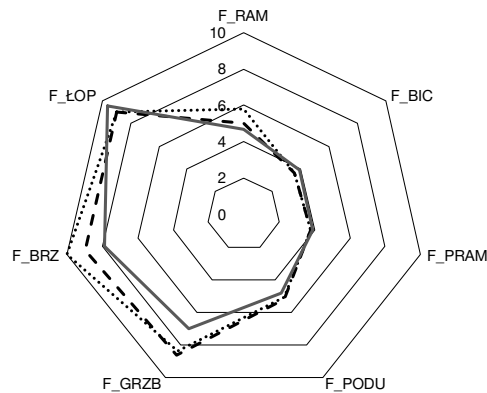
kończynach nie przekraczała 6 mm, a u kobiet – 11 mm. Grubość fałdów na tułowi była nieznacznie większa. Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. VIII).

Wzorzec otłuszczenia podskórnego na mapach fałdów skórno-tłuszczowych siatkarzy był w grupach mężczyzn różniących się poziomem sportowym podobny (ryc. 11). Pomimo braku istotnych statystycznie różnic uwidoczniła się

jednak tendencja do redukcji otluszczenia podskórnego tułowia przy stałym otluszczeniu podskórnym kończyn. U siatkarek wykresy radarowe również były podobne, ale w polach ich powierzchni zauważalne są różnice, co pozwalało wnioskować, że wzorec otluszczenia podskórnego wiązał się z poziomem sportowym (ryc. 12). Warte zaznaczenia jest także to, że pole powierzchni wykresu dla zawodniczek i zawodników najwyższego poziomu sportowego było mniejsze, co świadczy o mniejszym otluszczeniu podskórnym.

Tabela 35. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy

| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                              | niski<br><i>N</i> = 70        | średni<br><i>N</i> = 42 | wysoki<br><i>N</i> = 46 |                |
| Nad bicipsem                 | 5,00 [4,00; 6,80]             | 6,00 [5,00; 7,90]       | 4,70 [4,20; 6,80]       | 0,196          |
| Nad tricipsem                | 10,10 [8,00; 12,00]           | 11,00 [8,00; 13,20]     | 8,00 [6,80; 10,00]      | 0,001          |
| Na przedramieniu             | 4,40 [3,40; 5,20]             | 4,80 [4,00; 5,40]       | 4,40 [3,80; 5,30]       | 0,637          |
| Na podudziu                  | 7,20 [5,80; 9,00]             | 9,10 [6,70; 12,40]      | 8,00 [5,40; 10,00]      | 0,009          |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 9,20 [8,20; 12,00]            | 9,30 [8,00; 13,00]      | 8,30 [7,70; 10,35]      | 0,049          |
| Na brzuchu                   | 13,70 [11,00; 17,20]          | 13,30 [10,20; 17,80]    | 12,00 [9,40; 15,00]     | 0,145          |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 12,15 [8,40; 16,80]           | 13,00 [10,00; 18,40]    | 10,90 [7,90; 13,20]     | 0,106          |

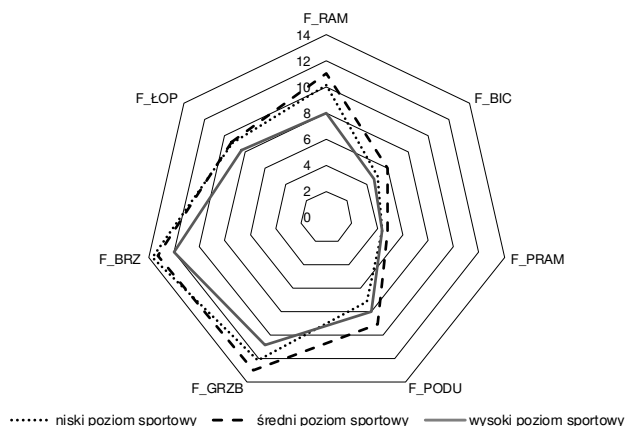


..... niski poziom sportowy    - - - średni poziom sportowy    — wysoki poziom sportowy

F\_RAM – fałd skórno-tłuszczowy nad tricipsem, F\_BIC – fałd skórno-tłuszczowy nad bicipsem, F\_PRAM – fałd skórno-tłuszczowy na przedramieniu, F\_PODU – fałd skórno-tłuszczowy na podudziu, F\_GRZB – fałd skórno-tłuszczowy nad grzebieniem biodrowym, F\_BRZ – fałd skórno-tłuszczowy na brzuchu, F\_tOP – fałd skórno-tłuszczowy pod dolnym kątem łopatki

Rycina 11. Mapa otluszczenia podskórnego zawodników piłki siatkowej.

Skala podana w mm



F\_RAM – fałd skórno-tłuszczowy nad tricepsem, F\_BIC – fałd skórno-tłuszczowy nad bicipsem, F\_PRAM – fałd skórno-tłuszczowy na przedramieniu, F\_PODU – fałd skórno-tłuszczowy na podudziu, F\_GRZB – fałd skórno-tłuszczowy nad grzebieniem biodrowym, F\_BRZ – fałd skórno-tłuszczowy na brzuchu, F\_LOP – fałd skórno-tłuszczowy pod dolnym kątem łopatki

Rycina 12. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek piłki siatkowej.

Skala podana w mm

W celu zweryfikowania, które fałdy skórno-tłuszczowe w największym stopniu różnią zawodników o odmiennym poziomie sportowym, obliczono tzw. miarę siły efektu ( $\eta^2$ ). Analizy współczynnika determinacji  $\eta^2$  potwierdziły brak istotnego związku grubości fałdów skórno-tłuszczowych z poziomem sportowym mężczyzn (tab. 36). Wśród siatkarek wartości  $\eta^2$  nie przekraczały 0,10, co oznacza, że maksymalnie 10% zmienności grubości fałdów skórno-tłuszczowych, a dokładnie fałdów na podudziu i na ramieniu, może być wyjaśnione przez poziom sportowy zawodniczek (tab. 36).

Wielkość otłuszczenia podskórnego oceniana za pomocą wskaźników otłuszczenia (SFI, SBF1) wydaje się nie różnić mężczyzn prezentujących różny poziom

Tabela 36. Miara siły efektu poziomu sportowego dla zmienności fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników piłki siatkowej

| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Zawodniczki<br>N = 158 |         | Zawodnicy<br>N = 128 |         |
|------------------------------|------------------------|---------|----------------------|---------|
|                              | $\eta^2$               | p-value | $\eta^2$             | p-value |
| Nad bicipsem                 | 0,05                   | 0,108   | 0,00                 | 0,890   |
| Nad tricepsem                | 0,08                   | 0,002   | 0,01                 | 0,533   |
| Na przedramieniu             | 0,01                   | 0,642   | 0,00                 | 0,814   |
| Na podudziu                  | 0,10                   | 0,000   | 0,01                 | 0,505   |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 0,03                   | 0,070   | 0,02                 | 0,383   |
| Na brzuchu                   | 0,02                   | 0,169   | 0,02                 | 0,219   |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 0,04                   | 0,056   | 0,00                 | 0,905   |

sportowy (tab. 37). W przypadku siatkarek relatywna wielkość odtuszczenia podskórnego zmniejszała się istotnie u zawodniczek prezentujących wysoki poziom (tab. 38). Analizując wartości wskaźnika dystrybucji tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie (SFDI), zauważono, że nie zależała ona od poziomu sportowego badanych (tab. 37, 38), była zróżnicowana jedynie ze względu na płeć. Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. VIII).

Tabela 37. Wskaźniki odtuszczenia podskórnego u zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|-----------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|           | niski<br><i>N</i> = 63        | średni<br><i>N</i> = 45 | wysoki<br><i>N</i> = 20 |                |
| SFI       | 22,41 [19,91; 30,80]          | 22,92 [19,19; 27,48]    | 21,97 [17,84; 27,54]    | 0,840          |
| SBFI      | 38,21 [32,77; 51,25]          | 34,98 [30,36; 48,47]    | 34,21 [31,90; 46,75]    | 0,488          |
| SFDI      | 61,29 [50,00; 78,18]          | 55,68 [49,40; 78,65]    | 56,25 [48,57; 67,06]    | 0,631          |

Tabela 38. Wskaźniki odtuszczenia podskórnego u zawodniczek piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|-----------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|           | niski<br><i>N</i> = 70        | średni<br><i>N</i> = 42 | wysoki<br><i>N</i> = 46 |                |
| SFI       | 35,61 [27,53; 40,71]          | 33,80 [28,68; 40,35]    | 30,28 [23,39; 35,01]    | 0,031          |
| SBFI      | 70,60 [61,64; 79,64]          | 66,40 [55,13; 79,72]    | 55,78 [41,34; 62,46]    | 0,000          |
| SFDI      | 78,95 [64,34; 92,86]          | 84,38 [76,04; 94,25]    | 77,88 [68,93; 92,21]    | 0,589          |

#### 4.2.2.3. Skład tkankowy ciała

W odniesieniu do składu tkankowego ciała, w tym zawartości procentowej tłuszczu w masie ciała, nie wykazano związku z poziomem sportowym badanych (tab. 39, 40). Wartości średnie poszczególnych komponentów były zróżnicowane jedynie dymorficznie (por. tab. 28). W obrębie jednej płci okazały się we wszystkich trzech grupach wyłonionych ze względu na poziom sportowy bardzo podobne (tab. 39, 40). Wyjątek stanowiła jedynie ilość masy mięśniowej u siatkarek, która była większa u zawodniczek o wysokim poziomie sportowym (tab. 40). Rozkład wody wewnątrz- i zewnątrzkomórkowej również był podobny we wszystkich grupach zawodniczek i zawodników (tab. 39, 40), bez względu na ich wyszkolenie. Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. IX).

Tabela 39. Skład tkankowy zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy

| Składniki tkankowe [%] | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                        | niski<br><i>N</i> = 63               | średni<br><i>N</i> = 45 | wysoki<br><i>N</i> = 20 |                |
| FM                     | 20,34 ± 4,74                         | 19,54 ± 4,54            | 20,22 ± 4,34            | 0,751          |
| FFM                    | 79,66 ± 4,74                         | 80,46 ± 4,54            | 79,78 ± 4,34            | 0,751          |
| TBW                    | 58,32 ± 3,47                         | 58,91 ± 3,33            | 58,41 ± 3,17            | 0,744          |
| ECW                    | 40,67 ± 3,57                         | 39,97 ± 3,87            | 39,65 ± 4,10            | 0,752          |
| ICW                    | 59,33 ± 3,57                         | 60,03 ± 3,87            | 60,35 ± 4,10            | 0,752          |
| BCM                    | 56,87 ± 7,67                         | 58,17 ± 6,14            | 56,84 ± 9,69            | 0,277          |
| MM                     | 55,05 ± 7,50                         | 56,84 ± 7,27            | 55,05 ± 9,03            | 0,330          |

Tabela 40. Skład tkankowy zawodniczek piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy

| Składniki tkankowe [%] | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                        | niski<br><i>N</i> = 70               | średni<br><i>N</i> = 42 | wysoki<br><i>N</i> = 46 |                |
| FM                     | 27,09 ± 4,39                         | 28,09 ± 5,07            | 27,14 ± 3,39            | 0,584          |
| FFM                    | 72,91 ± 4,39                         | 71,91 ± 5,07            | 72,86 ± 3,39            | 0,584          |
| TBW                    | 53,36 ± 3,21                         | 52,63 ± 3,72            | 53,33 ± 2,48            | 0,578          |
| ECW                    | 44,33 ± 2,85                         | 43,24 ± 3,33            | 43,52 ± 3,15            | 0,254          |
| ICW                    | 55,67 ± 2,85                         | 56,76 ± 3,33            | 56,48 ± 3,15            | 0,254          |
| BCM                    | 52,50 ± 6,09                         | 53,56 ± 7,07            | 56,06 ± 5,15            | 0,051          |
| MM                     | 47,06 ± 5,78                         | 47,24 ± 6,94            | 49,86 ± 4,26            | 0,050          |

#### 4.2.3. Budowa somatyczna zawodniczek i zawodników piłki siatkowej w grupach różniących się wielkością otłuszczenia podskórnego

W celu odpowiedzi na pytanie, u których zawodników piłki siatkowej należało spodziewać się większego otłuszczenia podskórnego, a u których mniejszego, przeprowadzono analizę skupień metodą *k*-średnich. Wyodrębniono 3 skupienia zawodników oraz 3 skupienia zawodniczek istotnie różniących się od siebie otłuszczeniem podskórnym. Klasy otłuszczenia utworzono na podstawie bezwzględnej i względnej ilości tłuszczu podskórnego: sumy fałdów skórno-tłuszczowych oraz wskaźników SFI i SBFI. Skupienia nie różniły się istotnie, jeśli chodzi o staż treningowy badanych.

W skupieniu mężczyzn o najmniejszym otłuszczeniu podskórnym, u których odnotowano najcieńsze fałdy skórno-tłuszczowe oraz najniższe wartości wskaźników SBFI (31,9) i SFI (19,2), znaleźli się zawodnicy najwyżsi, ale o najmniejszej masie ciała oraz najsmuklejszym szkielecie kończyn dolnych (tab. 41).

Niskiej zawartości tłuszczu podskórnego odpowiadała równie niska zawartość tłuszczu całkowitego w masie ciała mierzona metodą BIA, wynosząca średnio 18%. Zawodnicy z tego skupienia charakteryzowali się także najmniejszym obwodem pasa w stosunku do bioder oraz do wysokości ciała. Najniższe wartości wskaźnika dystrybucji tłuszczu podskórnego (SFDI) wskazywały na dużą różnicę w wielkości otluszczenia na kończynach i na tułowie. W somatotypie najszcuplejszych pod względem otluszczenia podskórnego zawodników stwierdzono niski poziom endomorfii, średni poziom mezomorfii i średnią ektomorfii (tab. 41).

Skupienie siatkarzy o średnim otluszczeniu podskórnym – charakteryzujących się średniej grubości fałdami skórno-tłuszczowymi, a także średnimi wartościami wskaźników SBFI (48,2) i SFI (27,5) – składało się z zawodników o średniej masie ciała, średniej wysokości ciała i nieco masywniejszym szkielecie kończyn dolnych (tab. 41). Średniej zawartości tłuszczu podskórnego odpowiadała średnia zawartość tłuszczu całkowitego w masie ciała mierzona metodą BIA (21,2%). Odnotowano też nieco większy obwód pasa w stosunku do wysokości ciała (wskaźnik WHtR), w porównaniu z tym obserwowanym w skupieniu najszcuplejszych siatkarzy, oraz nieco bardziej otluszczone kończyny w stosunku do tułowia (wskaźnik SFDI, tab. 41). Pod względem komponentów somatotypu dominowała mezomorfia, która okazała się nieznacznie większa niż u szczuplejszych siatkarzy. Poziom endomorfii i ektomorfii był zbliżony i wskazywał na średnie otluszczenie i średnią masywność ciała (tab. 41).

Zawodnicy, u których zaobserwowano największe otluszczenie podskórne, czyli najgrubsze fałdy skórno-tłuszczowe i najwyższe wartości wskaźników SBFI i SFI (ponad dwukrotnie wyższe niż w grupie najszcuplejszych zawodników), byli też najciężsi i najniżsi. Oznaczali się najbardziej masywnym szkieletem kończyn dolnych oraz największym obwodem pasa w stosunku do bioder i wysokości ciała (tab. 41). Dystrybucja tłuszczu podskórnego na tułowie i na kończynach (SFDI) okazała się bardziej zrównoważona niż u badanych w dwóch pozostałych skupieniach. Największemu otluszczeniu podskórnemu towarzyszyła także najwyższa zawartość tłuszczu ogólnego w masie ciała przekraczająca nawet 30% (średnio 26%). Analiza somatotypu wykazała, że najbardziej otluszczeni siatkarze charakteryzowali się najwyższym poziomem endomorfii, dość wysokim poziomem mezomorfii (wyrażającej umięśnienie i masywność szkieletu) oraz niskim poziomem ektomorfii – byli dość masywni (tab. 41).

Warto zauważyć, że umięśnienie zawodników wyrażone procentową zawartością mięśni w masie ciała było podobne we wszystkich trzech grupach siatkarzy, bez względu na ich otluszczenie podskórne (tab. 41).

Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. X).

Tabela 41. Charakterystyka antropometryczna zawodników piłki siatkowej w skupieniach o różnym otłuszczeniu podskórnym

| Cechy               | Otłuszczenie podskórne ( $\bar{x} \pm SD$ oraz Me [Q1; Q3]) |                          |                       | <i>p-value</i> |
|---------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|
|                     | małe<br><i>N</i> = 78                                       | średnie<br><i>N</i> = 36 | duże<br><i>N</i> = 14 |                |
| SFI                 | 19,19 [16,87;21,63]                                         | 27,54 [25,78;31,95]      | 46,56 [40,99;47,87]   | 0,000          |
| SBFI                | 31,90 [27,37;34,85]                                         | 48,24 [42,60;50,91]      | 69,18 [63,00;77,29]   | 0,000          |
| Suma fałdów [mm]    | 36,20 [31,40; 40,10]                                        | 51,60 [48,50; 60,10]     | 80,70 [74,40; 88,40]  | 0,000          |
| <i>B-v</i> [cm]     | 186,67 $\pm$ 6,21                                           | 184,91 $\pm$ 6,50        | 180,68 $\pm$ 5,90     | 0,006          |
| Masa ciała [kg]     | 77,80 [74,60; 84,80]                                        | 81,10 [76,05; 85,75]     | 87,25 [82,50; 95,50]  | 0,005          |
| <i>cl-cm</i> [cm]   | 7,17 $\pm$ 0,35                                             | 7,07 $\pm$ 0,47          | 7,01 $\pm$ 0,39       | 0,060          |
| <i>epl-epm</i> [cm] | 10,02 $\pm$ 0,49                                            | 10,23 $\pm$ 0,56         | 10,30 $\pm$ 0,58      | 0,048          |
| WHR                 | 0,81 $\pm$ 0,04                                             | 0,82 $\pm$ 0,04          | 0,84 $\pm$ 0,04       | 0,045          |
| WHtR                | 43,08 [41,00; 44,00]                                        | 44,85 [44,00; 46,00]     | 48,63 [48,00; 52,00]  | 0,000          |
| SFDI                | 55,55 [47,55;64,71]                                         | 64,05 [50,53;85,23]      | 76,15 [63,60;100,35]  | 0,001          |
| FM [%]              | 18,04 $\pm$ 4,09                                            | 21,22 $\pm$ 3,25         | 26,02 $\pm$ 4,14      | 0,000          |
| MM [%]              | 56,48 $\pm$ 8,41                                            | 54,26 $\pm$ 6,87         | 53,80 $\pm$ 4,86      | 0,332          |
| Somatotyp           | 1,8 – 4,3 – 3,3                                             | 2,7 – 4,8 – 2,6          | 4,1 – 5,7 – 1,4       | 0,000          |

Nie zaobserwowano wyraźnego związku pomiędzy wielkością otłuszczenia podskórnego a poziomem sportowym u siatkarzy. Na podstawie analizy frekwencji zawodników na różnym poziomie wytrenowania w skupieniach otłuszczenia nie wykazano istotnych różnic w strukturze poszczególnych skupień (tab. 42). Należy jednak zwrócić uwagę na grupę zawodników o największym otłuszczeniu podskórnym – zdecydowana większość z nich reprezentowała niski poziom sportowy.

Tabela 42. Analiza frekwencji w grupach zawodników piłki siatkowej różniących się poziomem sportowym i wielkością otłuszczenia podskórnego

| Poziom sportowy | Otłuszczenie podskórne                    |                          |                       | <i>p-value</i> |
|-----------------|-------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|
|                 | małe<br><i>N</i> = 78                     | średnie<br><i>N</i> = 36 | duże<br><i>N</i> = 14 |                |
|                 | Częstość w kategoriach poziomu sportowego |                          |                       |                |
| Niski           | 58,7%                                     | 25,4%                    | 15,9%                 | 0,287          |
| Średni          | 60,9%                                     | 34,8%                    | 4,3%                  |                |
| Wysoki          | 71,4%                                     | 19,0%                    | 9,6%                  |                |

Wśród siatkarek, tak samo jak u mężczyzn uprawiających piłkę siatkową, małe otluszczenie podskórne – określone przez najniższe wartości wskaźników SBFI (54,0) i SFI (26,8) oraz najmniejszą sumę fałdów skórno-tłuszczowych – odnotowano u kobiet wyższych i jednocześnie lżejszych (tab. 43). Zawodniczki z tego skupienia charakteryzowały się także smuklejszym szkieletem kończyn górnych, mniejszym obwodem talii w stosunku do wysokości ciała (WHtR) oraz bardziej zrównoważonym otluszczeniem tułowia i kończyn (SFDI). Stwierdzono u nich także najmniejszą zawartość tłuszczu w masie ciała (średnio 25%). Analiza somatotypu wskazała na niski poziom endomorfii, średni poziom mezomorfii oraz średnią smukłość. Siatkarki należące do tego skupienia okazały się jednak najsmuklejsze (tab. 43).

Zawodniczki, u których zaobserwowano średnie otluszczenie podskórne (SBFI = 72,7; SFI = 38,3), charakteryzowały się mniejszą wysokością ciała niż zawodniczki szczuplejsze, ale miały podobną do nich masę ciała (tab. 43). Średniemu otluszczeniu podskórnemu towarzyszyła średnia zawartość tłuszczu w masie ciała (28%). Siatkarki miały smuklejszy niż ich koleżanki o większym otluszczeniu podskórnym szkielet kończyn górnych oraz pośredni obwód pasa w stosunku do wysokości ciała (WHtR). Wskaźnik dystrybucji tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie (SFDI) także przyjmował wartości przeciętne. W somatotypie wykazano średni poziom endomorfii, średni poziom mezomorfii i nieco większą masywność ciała (tab. 43).

Tabela 43. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek piłki siatkowej w skupieniach o różnym poziomie otluszczenia podskórnego

| Cechy               | Otluszczenie podskórne ( $\bar{x} \pm SD$ oraz Me [Q1; Q3]) |                          |                       | <i>p-value</i> |
|---------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|
|                     | małe<br><i>N</i> = 71                                       | średnie<br><i>N</i> = 69 | duże<br><i>N</i> = 18 |                |
| SFI                 | 26,78 [22,51; 29,65]                                        | 38,30 [35,19; 40,82]     | 52,07 [49,56; 56,00]  | 0,000          |
| SBFI                | 54,01 [49,76; 57,72]                                        | 72,72 [66,55; 80,99]     | 95,94 [83,86; 98,89]  | 0,000          |
| Suma fałdów [mm]    | 46,00 [40,80; 52,40]                                        | 64,40 [60,40; 70,00]     | 89,50 [85,00; 94,80]  | 0,000          |
| <i>B-v</i> [cm]     | 175,26 $\pm$ 8,01                                           | 170,36 $\pm$ 7,77        | 172,22 $\pm$ 8,36     | 0,002          |
| Masa ciała [kg]     | 62,00 [56,00; 70,00]                                        | 61,00 [57,30; 66,00]     | 72,25 [69,00; 75,00]  | 0,001          |
| <i>cl-cm</i> [cm]   | 6,29 $\pm$ 0,41                                             | 6,15 $\pm$ 0,37          | 6,43 $\pm$ 0,52       | 0,020          |
| <i>epl-epm</i> [cm] | 9,23 $\pm$ 0,61                                             | 9,18 $\pm$ 0,64          | 9,52 $\pm$ 0,53       | 0,114          |
| WHR                 | 0,72 [0,70; 0,74]                                           | 0,72 [0,70; 0,75]        | 0,73 [0,71; 0,78]     | 0,140          |
| WHtR                | 39,66 [38,46; 41,21]                                        | 41,67 [40,00; 43,30]     | 44,11 [41,85; 47,94]  | 0,000          |
| SFDI                | 86,11 [74,07; 95,83]                                        | 78,66 [65,22; 94,49]     | 67,44 [61,40; 77,40]  | 0,026          |
| FM [%]              | 25,38 $\pm$ 3,53                                            | 28,35 $\pm$ 3,96         | 32,45 $\pm$ 2,92      | 0,000          |
| MM [%]              | 48,90 $\pm$ 5,71                                            | 46,82 $\pm$ 5,70         | 47,91 $\pm$ 5,75      | 0,195          |
| Somatotyp           | 2,4 – 3,1 – 3,9                                             | 3,7 – 3,7 – 2,9          | 5,1 – 4,6 – 1,9       | 0,000          |

U siatkarek odznaczających się największym otłuszczeniem podskórnym (SBFI = 95,9; SFI = 52,1) stwierdzono mniejszą wysokość ciała, w porównaniu z zawodniczkami najszcuplejszymi, oraz największą masę ciała. Miały też najbardziej masywny szkielet (tab. 43). Obwód pasa w stosunku do wysokości ciała (WHtR) okazał się u nich największy, największa też była różnica pomiędzy otłuszczeniem podskórnym kończyn i tułowia (SFDI). Największemu otłuszczeniu podskórnemu towarzyszyła największa zawartość tłuszczu ogólnego w masie ciała (32,5%). W analizie somatotypu wykazano dość wysoki poziom endomorfii, zdecydowanie wyższy niż u siatkarek w pozostałych skupieniach poziom mezomorfii (podobny do obserwowanego mężczyzn) oraz niski poziom ektomorfii. Badane były dość masywne (tab. 43).

Wśród zawodniczek piłki siatkowej reprezentujących różne skupienia nie odnotowano różnic w obwodzie pasa w stosunku do obwodu bioder (WHR). Siatkarki we wszystkich skupieniach charakteryzowały się typowo kobiecą dystrybucją tłuszczu w tych obszarach ciała. Nie zaobserwowano także związku między poziomem otłuszczenia podskórnego a zawartością mięśni w masie ciała (tab. 43). Wyniki testów porównań wielokrotnych dla wyżej opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. X).

U siatkarek stwierdzono wyraźną współzależność wielkości otłuszczenia podskórnego (ocenianej na podstawie bezwzględnej oraz względnej wielkości fałdów skórno-tłuszczowych) od poziomu sportowego. Analiza frekwencji pozwoliła ujawnić istotne różnice w strukturze poszczególnych skupień (tab. 44). Blisko połowę skupienia zawodniczek najszcuplejszych stanowiły te prezentujące najwyższy poziom wyszkolenia. W skupieniach kobiet o średnim i największym otłuszczeniu podskórnym zawodniczek na wysokim poziomie sportowym było zaledwie po 16%.

Tabela 44. Analiza frekwencji w grupach zawodniczek piłki siatkowej różniących się poziomem sportowym i wielkością otłuszczenia podskórnego

| Poziom sportowy | Otłuszczenie podskórne                    |                          |                       | <i>p-value</i> |
|-----------------|-------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|
|                 | małe<br><i>N</i> = 71                     | średnie<br><i>N</i> = 69 | duże<br><i>N</i> = 18 |                |
|                 | Częstość w kategoriach poziomu sportowego |                          |                       |                |
| Niski           | 35,7%                                     | 55,7%                    | 8,6%                  | 0,000          |
| Średni          | 33,3%                                     | 45,2%                    | 21,5%                 |                |
| Wysoki          | 69,6%                                     | 23,9%                    | 6,5%                  |                |

#### 4.2.4. Podsumowanie

Różnice dymorficzne pomiędzy zawodniczkami i zawodnikami piłki siatkowej uwidoczniły się we wszystkich analizowanych cechach antropometrycznych. Różnice te są naturalne i biologicznie uzasadnione. Siatkarze byli średnio o 7% wyżsi oraz aż o 23% ciężsi od trenujących kobiet. Okazali się przez to masywniejsi w budowie ciała. Stwierdzono u nich dłuższy tułów, dłuższą kończynę górną i dolną z ich odcinkami funkcjonalnymi, większą szerokość barków i rozpiętość ramion, szerszą i głębszą klatką piersiową, szerszy łokieć, nadgarstek, kolano oraz kostkę, a także większą szerokość stopy i ręki w porównaniu z zawodniczkami. Niewielkie różnice dymorficzne pojawiały się w bezwzględnej szerokości bioder oraz szerokości międzykrętarzowej. Zawodnicy dominowali nad swoimi koleżankami również w wielkości obwodów ciała. W przypadku obwodu pasa różnica w średnich wynosiła mniej więcej 10 cm, natomiast obwód bioder był u zawodników tylko o 2,5 cm większy niż u kobiet. Wzorec otluszczenia podskórnego oceniany za pomocą mapy fałdów skórno-tłuszczowych przybierał nieco inny kształt u obu płci. Siatkarki charakteryzowały się grubsza podściółką tłuszczową, co było szczególnie widoczne na ramieniu, a także na brzuchu i grzebieniu biodrowym. Wartości wskaźników otluszczenia potwierdziły większą relatywną zawartość podskórnej tkanki tłuszczowej u kobiet zarówno w odniesieniu do ich masy, jak i wysokości ciała, czemu towarzyszyła większa, w porównaniu z zawodnikami, o 7% zawartość tłuszczu ogólnego w masie ciała. Siatkarki odznaczały się bardziej zrównoważonym niż u mężczyzn otluszczeniem podskórnym na tułowie i kończynach. Mężczyźni z kolei mieli prawie dwukrotnie mniejsze otluszczenie podskórne na kończynach niż na tułowie. Dystrybucja tłuszczu na wysokości talii i bioder była zgodna z płcią – obwód pasa u zawodników był większy zarówno w stosunku do obwodu bioder, jak i do wysokości ciała. U siatkarzy zaobserwowano większą o prawie 8% zawartość masy mięśniowej. Różnica pomiędzy obwodem ramienia w spoczynku a obwodem ramienia w napięciu była u siatkarzy prawie dwukrotnie większa niż u siatkarek. Przeciętny somatotyp siatkarzy to 2,4 – 4,6 – 2,9, a siatkarek to 3,3 – 3,5 – 3,2.

Wielkość i masywność budowy ciała zawodniczek wiązała się istotnie z ich poziomem sportowym. Zawodnicy na wszystkich poziomach sportowych charakteryzowali się podobną wysokością ciała i podobną masą ciała, a co za tym idzie – podobną masywnością budowy. U kobiet prezentujących wysoki poziom sportowy odnotowano największą wysokość i masę ciała, długość tułowia, długość kończyny dolnej i górnej wraz z ich odcinkami funkcjonalnymi oraz największą szerokość barków, bioder i szerokość międzykrętarzową. Klatka piersiowa profesjonalistek była szersza, miała większe obwody i większą ruchomością. Obwody kończyn też były większe niż u zawodniczek na niższym

poziomie wyszkolenia. Poziom sportowy istotnie wiązał się z grubością podściółki tłuszczowej tylko u zawodniczek.

Mężczyźni prezentujący niski poziom sportowy charakteryzowali się nieco krótszą kończyną dolną oraz smuklejszym szkieletem. Chociaż u zawodników płci męskiej nie udało się wykazać związku pomiędzy poziomem sportowym a grubością fałdów skórno-tłuszczowych i wartościami wskaźników otłuszczenia podskórnego, to na podstawie map otłuszczenia można było u profesjonalistów stwierdzić nieznacznie mniejsze otłuszczenie podskórne tułowia przy podobnym do obserwowanego na niższym poziomie sportowym otłuszczeniu kończyn. U większości siatkarzy grubość fałdów skórno-tłuszczowych na kończynach nie przekraczała 6 mm, a u siatkarek 11 mm. Grubość fałdów na tułowie była tylko nieznacznie większa.

Wzorzec otłuszczenia podskórnego u kobiet kształtował się odmiennie w grupach wyodrębnionych ze względu na poziom sportowy. Relatywna wielkość otłuszczenia podskórnego była mniejsza u zawodniczek prezentujących wyższy poziom wytrenowania, ale dystrybucja tłuszczu podskórnego na kończynach i na tułowie okazała się u wszystkich badanych podobna. Również dystrybucja tłuszczu na wysokości talii i bioder u siatkarzy i siatkarek była niezależna od poziomu sportowego i charakterystyczna dla danej płci. Wartości wskaźnika WHtR pozostawały jedynie pod wpływem dymorfizmu płciowego – nie wiązały się z poziomem sportowym. Skład tkankowy ciała, w tym zawartość procentowa tłuszczu w masie ciała, nie wykazywał wyraźnego związku z poziomem sportowym badanych. Wyjątek stanowiła zawartość masy mięśniowej u siatkarek, która była większa u profesjonalistek. Zawartości tłuszczu u zawodniczek wynosiła 27–28%, natomiast u zawodników – około 20%.

#### 4.3. PIŁKA RĘCZNA

##### 4.3.1. Budowa somatyczna i wzorzec otłuszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników piłki ręcznej w zależności od płci

###### 4.3.1.1. Charakterystyka antropometryczna badanych

Charakterystyka antropometryczna zawodniczek oraz zawodników piłki ręcznej została przedstawiona w tabelach 46 i 47. Dymorfizm płciowy uwiódł się wyraźnie we wszystkich analizowanych cechach długościowych i szerokościowych (tab. 45). Kobiety uprawiające piłkę ręczną były średnio o 14 cm niższe od mężczyzn, a także o mniej więcej 20 kg lżejsze (tab. 46). Charakteryzowały się znacznie krótszymi kończynami dolnymi i górnymi oraz krótszym tułowiem. Wszystkie odcinki funkcjonalne kończyn dolnych i górnych przyjmowały mniejsze wartości niż u zawodników (tab. 45). Piłkarki ręczne

Tabela 45. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek i zawodników piłki ręcznej

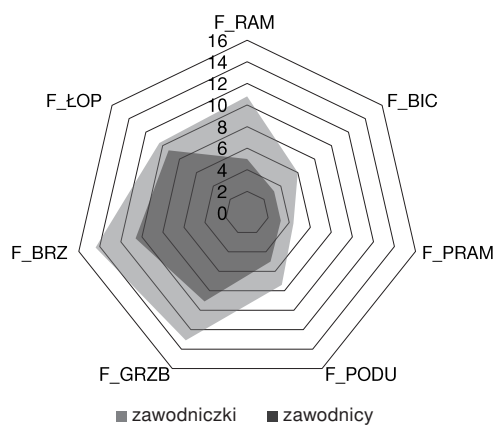
| Cechy antropometryczne [cm]              | Zawodniczki<br>N = 87 | Zawodnicy<br>N = 120 | p-value |
|------------------------------------------|-----------------------|----------------------|---------|
|                                          | $\bar{x} \pm SD$      |                      |         |
| B-v                                      | 170,23 ± 6,54         | 183,94 ± 7,44        | 0,000   |
| B-sy                                     | 88,69 ± 3,85          | 95,75 ± 5,26         | 0,000   |
| B-tro                                    | 89,85 ± 3,88          | 96,33 ± 5,55         | 0,000   |
| sst-sy                                   | 49,74 ± 3,61          | 54,62 ± 3,65         | 0,000   |
| a-da <sub>III</sub>                      | 73,53 ± 3,37          | 80,57 ± 4,68         | 0,000   |
| a-r                                      | 31,89 ± 1,84          | 34,74 ± 1,89         | 0,000   |
| r-sty                                    | 24,05 ± 1,61          | 26,31 ± 1,84         | 0,000   |
| sty-da <sub>III</sub>                    | 17,59 ± 1,30          | 19,66 ± 1,33         | 0,000   |
| tro-ti                                   | 44,63 ± 3,00          | 46,59 ± 3,54         | 0,000   |
| B-ti                                     | 45,33 ± 2,52          | 49,74 ± 3,09         | 0,000   |
| da <sub>III</sub> -da <sub>III</sub>     | 169,91 ± 6,69         | 186,33 ± 8,76        | 0,000   |
| a-a                                      | 37,19 ± 1,86          | 42,61 ± 2,68         | 0,000   |
| dl-dl                                    | 42,06 ± 2,04          | 47,94 ± 2,69         | 0,000   |
| thl-thl                                  | 25,85 ± 1,66          | 30,03 ± 2,15         | 0,000   |
| xi-ths                                   | 18,00 ± 1,78          | 21,09 ± 2,29         | 0,000   |
| ic-ic                                    | 27,92 ± 2,03          | 29,31 ± 2,03         | 0,000   |
| tro-tro                                  | 31,57 ± 2,09          | 33,80 ± 2,66         | 0,000   |
| cl-cm                                    | 6,22 ± 0,37           | 7,25 ± 0,55          | 0,000   |
| spr-spu                                  | 5,15 ± 0,30           | 5,87 ± 0,42          | 0,000   |
| epl-epm                                  | 9,17 ± 0,68           | 10,08 ± 0,85         | 0,000   |
| mlt-mlf                                  | 6,84 ± 0,47           | 7,82 ± 0,69          | 0,000   |
| mtt-mtf                                  | 9,14 ± 0,57           | 10,22 ± 0,69         | 0,000   |
| pte-ap                                   | 24,77 ± 1,25          | 27,39 ± 1,59         | 0,000   |
| mu-mr                                    | 7,77 ± 0,44           | 8,78 ± 0,60          | 0,000   |
| Obwód klatki piersiowej w spoczynku (xi) | 78,60 ± 4,55          | 92,16 ± 6,04         | 0,000   |
| Obwód klatki piersiowej we wdechu (xi)   | 84,28 ± 4,73          | 98,44 ± 5,83         | 0,000   |
| Obwód klatki piersiowej w wydechu (xi)   | 76,19 ± 5,18          | 89,39 ± 5,94         | 0,000   |
| Ruchomość klatki                         | 8,09 ± 2,08           | 9,05 ± 2,02          | 0,000   |
| Obwód pasa                               | 71,97 ± 4,40          | 84,19 ± 7,07         | 0,000   |
| Obwód ramienia w spoczynku               | 27,17 ± 1,92          | 31,95 ± 2,94         | 0,000   |
| Obwód ramienia w napięciu                | 29,11 ± 1,80          | 35,44 ± 3,00         | 0,000   |
| Obwód przedramienia maksymalny           | 24,22 ± 1,09          | 28,98 ± 1,83         | 0,000   |
| Obwód bioder                             | 98,37 ± 4,56          | 102,48 ± 6,22        | 0,000   |
| Obwód uda maksymalny                     | 57,39 ± 3,20          | 60,41 ± 4,80         | 0,000   |
| Obwód podudzia maksymalny                | 36,68 ± 2,08          | 39,82 ± 2,62         | 0,000   |

Tabela 46. Masa ciała oraz wskaźniki budowy ciała zawodniczek i zawodników piłki ręcznej

| Cechy antropometryczne   | Zawodniczki<br>N = 87 | Zawodnicy<br>N = 120 | <i>p-value</i> |
|--------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|
|                          | Me [Q1; Q3]           |                      |                |
| Masa ciała [kg]          | 63,00 [59,40; 69,20]  | 83,25 [77,75; 91,70] | 0,000          |
| BMI [kg/m <sup>2</sup> ] | 22,17 [20,98; 23,57]  | 24,63 [23,26; 27,15] | 0,000          |
| WHR                      | 0,73 [0,71; 0,76]     | 0,82 [0,80; 0,85]    | 0,000          |
| WHtR                     | 42,29 [40,72; 43,99]  | 45,74 [42,71; 48,42] | 0,000          |

Tabela 47. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników piłki ręcznej

| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Zawodniczki          | Zawodnicy           | <i>p-value</i> |
|------------------------------|----------------------|---------------------|----------------|
|                              | <i>N</i> = 87        | <i>N</i> = 120      |                |
|                              | Me [Q1; Q3]          |                     |                |
| Nad bicepsem                 | 6,00 [5,20; 7,60]    | 3,20 [3,00; 4,00]   | 0,000          |
| Nad tricepsem                | 10,80 [8,30; 14,10]  | 5,00 [4,00; 7,00]   | 0,000          |
| Na przedramieniu             | 4,40 [3,80; 5,40]    | 3,20 [2,80; 4,00]   | 0,000          |
| Na podudziu                  | 7,40 [6,20; 9,40]    | 5,00 [3,80; 6,50]   | 0,000          |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 10,40 [8,40; 13,00]  | 9,30 [8,00; 11,70]  | 0,048          |
| Na brzuchu                   | 14,40 [11,00; 17,20] | 10,60 [7,30; 14,60] | 0,000          |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 13,10 [10,20; 17,00] | 9,10 [6,50; 14,00]  | 0,000          |



F\_RAM – fałd skórno-tłuszczowy nad tricepsem, F\_BIC – fałd skórno-tłuszczowy nad bicepsem, F\_PRAM – fałd skórno-tłuszczowy na przedramieniu, F\_PODU – fałd skórno-tłuszczowy na podudziu, F\_GRZB – fałd skórno-tłuszczowy nad grzebieniem biodrowym, F\_BRZ – fałd skórno-tłuszczowy na brzuchu, F\_ŁOP – fałd skórno-tłuszczowy pod dolnym kątem łopatki

Rycina 13. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników piłki ręcznej.  
Skala podana w mm

cechowała drobniejsza budowa ciała i smuklejszy szkielet, co uwidoczniło się w wartościach cięciw i obwodów (tab. 45). Wymiary szerokościowo-głębokościowe klatki piersiowej były u kobiet średnio o 3–4 cm mniejsze niż u mężczyzn, a obwody klatki piersiowej mniejsze o średnio 13–14 cm. Różnice dymorficzne w szerokości barków sięgały 5–6 cm, w przypadku szerokości bioder i szerokości międzykątowej były to niecałe 2 cm. Obwody kończyny górnej zawodniczek okazały się średnio o 4–6 cm mniejsze, a obwody kończyny dolnej mniejsze o 3 cm w porównaniu z zawodnikami. Szczypiornistki miały też znacznie drobniejsze ręce i stopy (tab. 45).

Dystrybucja tłuszczu na wysokości talii i bioder (WHR) u osób uprawiających piłkę ręczną była zgodna z płcią – kobiety charakteryzowały się większym otłuszczeniem bioder w stosunku do talii, natomiast u mężczyzn przewaga obwodu bioder nad talią okazała się mniejsza (tab. 46). Zawodniczki miały też węższą talię w stosunku do wysokości ciała (WHtR), podczas gdy u mężczyzn talia była szersza w stosunku do wysokości ciała (tab. 46).

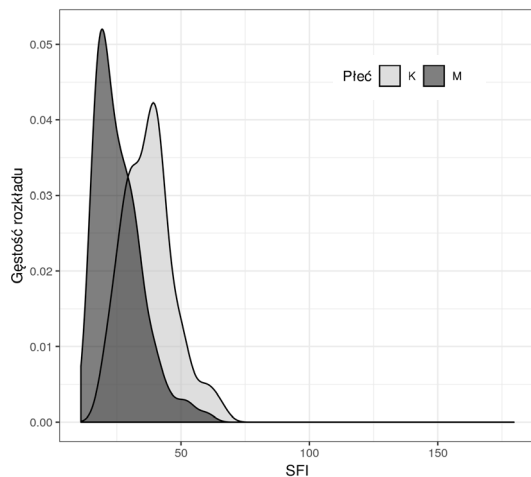
Przeciętny somatotyp zawodników płci męskiej (2,4 – 5,6 – 2,1) wskazuje na znaczną przewagę mezomorfii w budowie ciała. Wynika to z dużych obwodów ramienia i podudzia przy stosunkowo niedużym otłuszczeniu tych segmentów, a także z masywnych nasad kostnych. Komponenty wyrażające otłuszczenie ciała i smukłość budowy pozostawały w równowadze. U piłkarów ręcznych (3,6 – 4,1 – 2,6) mezomorfia dominowała nieznacznie nad endomorfią, kobiety charakteryzowały się też nieco większą smukłością budowy ciała niż mężczyźni.

#### *4.3.1.2. Wielkość otłuszczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego*

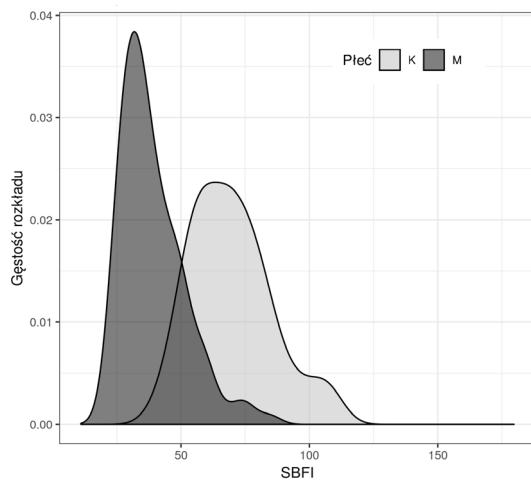
Grubość wszystkich fałdów skórno-tłuszczowych była istotnie większa u kobiet niż u mężczyzn (tab. 47). Największe różnice uwidoczniły się w grubości podściółki tłuszczowej kończyn górnych oraz okolic brzucha i grzebienia biodrowego, najmniejsze – w grubości fałdu pod dolnym kątem łopatki.

Wzorzec dystrybucji tłuszczu podskórnego oceniany na podstawie map otłuszczenia był nieco odmienny u zawodniczek i zawodników (wykresy radarowe przyjmowały inny kształt u obu płci): pole powierzchni wykresu dla kobiet było większe (ryc. 13). Na wykresie wyraźnie widać większą zawartość tłuszczu podskórnego u zawodniczek.

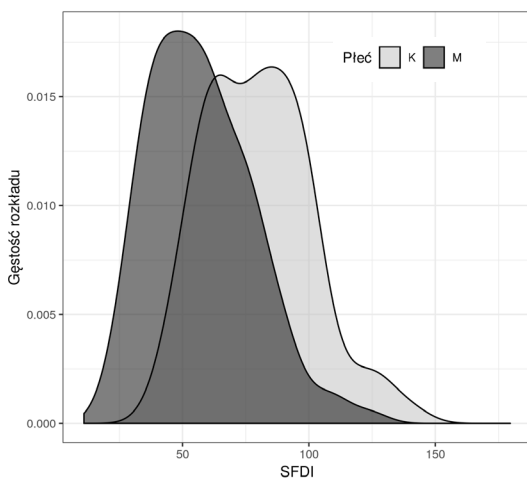
Dominację zawodniczek w zawartości tłuszczu podskórnego potwierdziły także wartości współczynników otłuszczenia podskórnego (tab. 48). Piłkarki odznaczały się znacznie większą niż piłkarze zawartością tłuszczu podskórnego, zarówno w stosunku do wysokości ciała (SFI), jak i masy ciała (SBFI). Wartości wskaźnika dystrybucji tłuszczu podskórnego (SFDI) świadczą o tym, że u mężczyzn różnica w rozmieszczeniu tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie była znacznie większa niż u kobiet (tab. 48). U szczypiornistów otłusz-



Rycina 14. Rozkład wartości wskaźnika SFI u zawodniczek i zawodników piłki ręcznej



Rycina 15. Rozkład wartości wskaźnika SBFI u zawodniczek i zawodników piłki ręcznej



Rycina 16. Rozkład wartości wskaźnika SFDI u zawodniczek i zawodników piłki ręcznej

Tabela 48. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodniczek i zawodników piłki ręcznej

| Wskaźniki | Zawodniczki<br>N = 87 | Zawodnicy<br>N = 120 | <i>p-value</i> |
|-----------|-----------------------|----------------------|----------------|
|           | Me [Q1; Q3]           |                      |                |
| SFI       | 37,63 [30,49; 42,32]  | 23,76 [19,08; 31,10] | 0,000          |
| SBFI      | 67,92 [58,11; 79,31]  | 35,56 [30,19; 46,54] | 0,000          |
| SFDI      | 79,10 [63,42; 94,04]  | 56,08 [40,85; 71,63] | 0,000          |

czenie kończyn stanowiło niecałe 60% otłuszczenia tułowia, u piłkarek odnotowano tylko 20-proc. przewagę otłuszczenia tułowia nad kończynami (tab. 48).

Pomimo tak dużych różnic dymorficznych w wartościach średnich wskaźników otłuszczenia warto zauważyć, że wykresy rozkładu dla wszystkich trzech wskaźników otłuszczenia mają dużą część wspólną dla kobiet i mężczyzn (ryc. 14–16). Zmienność osobnicza w stopniu rozwoju oraz dystrybucji tłuszczu podskórnego okazała się duża i można było zidentyfikować zawodników o cechach otłuszczenia charakterystycznych dla kobiet, jak też piłkarki ręczne o otłuszczeniu typowo męskim.

#### 4.3.1.3. Skład tkankowy ciała

Zawartość wszystkich analizowanych składników tkankowych ciała istotnie różniła się między zawodniczkami i zawodnikami piłki ręcznej (tab. 49). Piłkarki charakteryzowały się wyższą o 10% zawartością tłuszczu w masie ciała, stwierdzono u nich też niższą o 7% zawartość wody całkowitej, przy jednoczesnej różnicy w dystrybucji wody wewnątrz- i zewnątrzkomórkowej (tab. 49). Zawodnicy mieli korzystniejsze warunki uwodnienia organizmu, zawartość wody wewnątrzkomórkowej była u nich o blisko 20% wyższa niż wody zewnątrz-

Tabela 49. Skład tkankowy zawodniczek i zawodników piłki ręcznej mierzony metodą BIA

| Składniki tkankowe [%] | Zawodniczki<br>N = 87 | Zawodnicy<br>N = 120 | p-value |
|------------------------|-----------------------|----------------------|---------|
|                        | $\bar{x} \pm SD$      |                      |         |
| FM                     | 29,22 ± 4,85          | 18,99 ± 4,55         | 0,000   |
| FFM                    | 70,78 ± 4,85          | 81,01 ± 4,55         | 0,000   |
| TBW                    | 51,81 ± 3,55          | 59,37 ± 3,37         | 0,000   |
| ECW                    | 42,38 ± 3,47          | 40,33 ± 2,85         | 0,000   |
| ICW                    | 57,62 ± 3,47          | 59,67 ± 2,85         | 0,000   |
| BCM                    | 55,51 ± 5,89          | 58,64 ± 4,07         | 0,000   |
| MM                     | 48,43 ± 7,03          | 57,71 ± 5,50         | 0,000   |

komórkowej. U kobiet ta różnica wynosiła 15%. Kobiety charakteryzowały się przy tym mniejszym o blisko 10% udziałem masy mięśniowej w masie ciała w porównaniu z mężczyznami.

#### 4.3.2. Budowa somatyczna i wzorzec otłuszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników piłki ręcznej w zależności od ich poziomu sportowego

##### 4.3.2.1. Charakterystyka antropometryczna badanych

Różnice zaobserwowane w budowie somatycznej pomiędzy zawodnikami piłki ręcznej prezentującymi różny poziom sportowy (tab. 51) były wyraźniejsze niż w przypadku zawodniczek (tab. 52). Duża zmienność osobnicza wysokości ciała nie pozwala jednoznacznie stwierdzić, że cecha ta wiązała się z poziomem sportowym. Jednak zarówno u piłkarek, jak i piłkarzy wysokiej klasy odnotowano najwyższą średnią wysokości ciała. Istotną dominację profesjonalistów odnotowano w przypadku masy ciała i masywności budowy (BMI) (tab. 50) oraz takich cechach, jak długość kończyny górnej, zwłaszcza długość ramienia, i rozpiętość ramion (tab. 51). Cechy te są związane z rozwojem wysokości ciała, jednak mogą też być wyrazem wymagań gry w piłkę ręczną. Zawodnicy na wysokim poziomie wyszkolenia dominowali także wyraźnie pod względem szerokości międzykątowej, szerokości nasad kostnych oraz umięśnienia ramienia i uda (tab. 51). Wyniki porównań wielokrotnych pomiędzy poszczególnymi grupami zawodników zamieszczono w aneksie (tab. XI, XII).

W przypadku zawodniczek piłki ręcznej poziom sportowy nie różnicował większości analizowanych wymiarów ciała (tab. 52). Zawodniczki, bez względu na poziom wytrenowania, charakteryzowały się też podobną masą ciała oraz masywnością budowy (BMI) (tab. 50). Wyjątkiem była rozpiętość ramion, szerokość kostki, długość stopy oraz szerokość ręki, które okazały się największe u profesjonalistek (tab. 52). U wysoko klasyfikowanych piłkarek stwierdzono

Tabela 50. Masa ciała zawodniczek i zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy

| Masa ciała<br>[kg] | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                      |                      | p-value |
|--------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|---------|
|                    | niski                         | średni               | wysoki               |         |
|                    | N = 31                        | N = 16               | N = 40               |         |
| Zawodniczki        | 62,90 [59,70; 66,25]          | 61,05 [58,70; 73,25] | 64,50 [59,55; 70,15] | 0,443   |
|                    | N = 29                        | N = 41               | N = 50               |         |
| Zawodnicy          | 80,90 [75,40; 90,00]          | 80,00 [76,00; 85,80] | 89,25 [82,30; 98,00] | 0,001   |

Tabela 51. Charakterystyka antropometryczna zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy

| Cechy antropometryczne [cm]                       | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                                                   | niski<br><i>N</i> = 29               | średni<br><i>N</i> = 41 | wysoki<br><i>N</i> = 50 |                |
| <i>B-v</i>                                        | 181,93 ± 8,60                        | 182,88 ± 6,63           | 185,31 ± 6,49           | 0,141          |
| <i>B-sy</i>                                       | 94,97 ± 5,71                         | 94,66 ± 4,86            | 96,17 ± 5,02            | 0,416          |
| <i>B-tro</i>                                      | 95,33 ± 5,91                         | 95,01 ± 4,95            | 96,79 ± 5,16            | 0,312          |
| <i>sst-sy</i>                                     | 53,79 ± 4,35                         | 54,19 ± 3,47            | 55,59 ± 3,11            | 0,100          |
| <i>a-da<sub>III</sub></i>                         | 79,68 ± 5,90                         | 79,67 ± 3,68            | 81,84 ± 4,42            | 0,043          |
| <i>a-r</i>                                        | 34,46 ± 1,86                         | 34,22 ± 1,60            | 35,32 ± 1,99            | 0,013          |
| <i>r-sty</i>                                      | 26,39 ± 1,90                         | 25,96 ± 1,81            | 26,55 ± 1,82            | 0,309          |
| <i>sty-da<sub>III</sub></i>                       | 19,41 ± 1,47                         | 19,48 ± 1,28            | 19,96 ± 1,25            | 0,113          |
| <i>tro-ti</i>                                     | 45,94 ± 4,08                         | 46,13 ± 2,77            | 46,47 ± 3,46            | 0,815          |
| <i>B-ti</i>                                       | 49,40 ± 3,40                         | 48,88 ± 2,77            | 50,33 ± 2,97            | 0,114          |
| <i>da<sub>III</sub>-da<sub>III</sub></i>          | 184,22 ± 7,30                        | 183,63 ± 7,20           | 188,13 ± 9,09           | 0,034          |
| <i>a-a</i>                                        | 41,83 ± 2,56                         | 42,04 ± 2,12            | 43,08 ± 3,00            | 0,100          |
| <i>dl-dl</i>                                      | 47,26 ± 2,87                         | 47,40 ± 2,46            | 48,28 ± 2,42            | 0,206          |
| <i>thl-thl</i>                                    | 29,68 ± 1,98                         | 29,23 ± 2,04            | 30,27 ± 1,86            | 0,071          |
| <i>xi-ths</i>                                     | 20,57 ± 2,20                         | 20,48 ± 1,88            | 21,49 ± 2,63            | 0,111          |
| <i>ic-ic</i>                                      | 28,81 ± 1,79                         | 28,91 ± 1,94            | 29,39 ± 2,10            | 0,426          |
| <i>tro-tro</i>                                    | 33,06 ± 2,42                         | 33,33 ± 2,98            | 34,61 ± 2,33            | 0,016          |
| <i>cl-cm</i>                                      | 7,04 ± 0,56                          | 7,20 ± 0,53             | 7,41 ± 0,52             | 0,011          |
| <i>spr-spu</i>                                    | 5,73 ± 0,42                          | 5,86 ± 0,42             | 5,96 ± 0,40             | 0,050          |
| <i>epl-epm</i>                                    | 9,84 ± 0,51                          | 10,02 ± 0,88            | 10,26 ± 0,95            | 0,048          |
| <i>mlt-mlf</i>                                    | 7,47 ± 0,58                          | 7,67 ± 0,66             | 8,17 ± 0,63             | 0,000          |
| <i>pte-ap</i>                                     | 26,97 ± 1,79                         | 27,03 ± 1,21            | 27,63 ± 1,44            | 0,116          |
| <i>mtt-mtf</i>                                    | 10,10 ± 0,72                         | 10,11 ± 0,62            | 10,36 ± 0,71            | 0,132          |
| <i>mu-mr</i>                                      | 8,53 ± 0,58                          | 8,77 ± 0,60             | 8,80 ± 0,51             | 0,130          |
| Obwód klatki piersiowej w spoczynku ( <i>xi</i> ) | 91,44 ± 6,26                         | 90,34 ± 5,15            | 92,42 ± 5,67            | 0,274          |
| Obwód klatki piersiowej we wdechu ( <i>xi</i> )   | 97,85 ± 6,15                         | 96,10 ± 4,80            | 99,19 ± 5,39            | 0,046          |
| Obwód klatki piersiowej w wydechu ( <i>xi</i> )   | 88,99 ± 6,12                         | 87,27 ± 4,97            | 89,64 ± 5,50            | 0,152          |
| Ruchomość klatki                                  | 8,86 ± 1,88                          | 8,83 ± 2,18             | 9,55 ± 1,97             | 0,241          |
| Obwód pasa                                        | 82,60 ± 7,50                         | 82,05 ± 6,41            | 85,39 ± 6,34            | 0,078          |
| Obwód ramienia w spoczynku                        | 30,67 ± 3,44                         | 31,68 ± 2,13            | 32,37 ± 2,85            | 0,050          |
| Obwód ramienia w napięciu                         | 34,04 ± 3,20                         | 35,31 ± 2,54            | 35,86 ± 2,80            | 0,036          |
| Obwód przedramienia maksymalny                    | 28,44 ± 1,89                         | 28,94 ± 1,67            | 29,32 ± 1,87            | 0,114          |
| Obwód bioder                                      | 100,27 ± 6,98                        | 101,98 ± 5,66           | 103,21 ± 5,49           | 0,150          |
| Obwód uda maksymalny                              | 58,46 ± 5,50                         | 60,36 ± 4,39            | 61,59 ± 4,40            | 0,019          |
| Obwód podudzia maksymalny                         | 39,14 ± 2,56                         | 39,42 ± 2,58            | 40,37 ± 2,65            | 0,131          |

Tabela 52. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy

| Cechy antropometryczne [cm]                       | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                                                   | niski<br><i>N</i> = 31               | średni<br><i>N</i> = 16 | wysoki<br><i>N</i> = 40 |                |
| <i>B-v</i>                                        | 169,73 ± 7,46                        | 168,96 ± 5,00           | 171,30 ± 6,33           | 0,403          |
| <i>B-sy</i>                                       | 87,87 ± 4,01                         | 88,06 ± 3,89            | 89,61 ± 3,65            | 0,136          |
| <i>B-tro</i>                                      | 89,25 ± 4,05                         | 89,15 ± 4,12            | 90,64 ± 3,63            | 0,244          |
| <i>sst-sy</i>                                     | 49,95 ± 4,03                         | 49,40 ± 3,59            | 49,82 ± 3,31            | 0,883          |
| <i>a-da<sub>III</sub></i>                         | 72,89 ± 3,28                         | 72,75 ± 2,94            | 74,38 ± 3,53            | 0,108          |
| <i>a-r</i>                                        | 31,60 ± 1,88                         | 31,67 ± 1,56            | 32,24 ± 1,91            | 0,304          |
| <i>r-sty</i>                                      | 24,01 ± 2,03                         | 23,62 ± 1,26            | 24,24 ± 1,37            | 0,430          |
| <i>sty-da<sub>III</sub></i>                       | 17,27 ± 1,07                         | 17,46 ± 0,99            | 17,90 ± 1,54            | 0,129          |
| <i>tro-ti</i>                                     | 44,30 ± 3,38                         | 44,28 ± 2,90            | 45,00 ± 2,78            | 0,562          |
| <i>B-ti</i>                                       | 45,25 ± 2,39                         | 44,87 ± 2,76            | 45,64 ± 2,54            | 0,571          |
| <i>da<sub>III</sub>-da<sub>III</sub></i>          | 168,18 ± 5,89                        | 168,51 ± 6,55           | 171,88 ± 7,06           | 0,046          |
| <i>a-a</i>                                        | 36,68 ± 2,21                         | 36,94 ± 1,28            | 37,63 ± 1,68            | 0,089          |
| <i>dl-dl</i>                                      | 41,53 ± 2,36                         | 41,89 ± 1,73            | 42,48 ± 1,82            | 0,149          |
| <i>thl-thl</i>                                    | 25,87 ± 1,89                         | 25,57 ± 1,69            | 25,91 ± 1,47            | 0,785          |
| <i>xi-ths</i>                                     | 17,55 ± 1,58                         | 18,16 ± 2,48            | 18,26 ± 1,58            | 0,248          |
| <i>ic-ic</i>                                      | 27,65 ± 2,54                         | 27,86 ± 2,06            | 28,16 ± 1,59            | 0,587          |
| <i>tro-tro</i>                                    | 31,59 ± 2,10                         | 32,06 ± 2,28            | 31,30 ± 2,02            | 0,474          |
| <i>cl-cm</i>                                      | 6,12 ± 0,40                          | 6,26 ± 0,42             | 6,29 ± 0,30             | 0,164          |
| <i>spr-spu</i>                                    | 5,09 ± 0,27                          | 5,21 ± 0,33             | 5,18 ± 0,31             | 0,322          |
| <i>epl-epm</i>                                    | 9,07 ± 0,84                          | 9,27 ± 0,51             | 9,22 ± 0,59             | 0,534          |
| <i>mlt-mlf</i>                                    | 6,62 ± 0,41                          | 6,78 ± 0,48             | 7,02 ± 0,44             | 0,001          |
| <i>pte-ap</i>                                     | 24,39 ± 1,28                         | 24,49 ± 1,14            | 25,22 ± 1,14            | 0,012          |
| <i>mtt-mtf</i>                                    | 8,98 ± 0,50                          | 9,07 ± 0,35             | 9,30 ± 0,67             | 0,063          |
| <i>mu-mr</i>                                      | 7,63 ± 0,47                          | 7,66 ± 0,32             | 7,93 ± 0,42             | 0,008          |
| Obwód klatki piersiowej w spoczynku ( <i>xi</i> ) | 78,40 ± 4,68                         | 78,61 ± 6,65            | 78,63 ± 3,35            | 0,977          |
| Obwód klatki piersiowej we wdechu ( <i>xi</i> )   | 83,22 ± 4,40                         | 84,83 ± 7,48            | 84,75 ± 3,35            | 0,348          |
| Obwód klatki piersiowej w wydechu ( <i>xi</i> )   | 75,75 ± 5,30                         | 77,26 ± 7,81            | 75,98 ± 3,62            | 0,623          |
| Ruchomość klatki                                  | 7,47 ± 2,14                          | 7,56 ± 2,17             | 8,77 ± 1,84             | 0,018          |
| Obwód pasa                                        | 71,30 ± 3,92                         | 72,23 ± 6,07            | 72,29 ± 4,03            | 0,622          |
| Obwód ramienia w spoczynku                        | 27,31 ± 2,16                         | 27,17 ± 1,98            | 27,04 ± 1,74            | 0,838          |
| Obwód ramienia w napięciu                         | 28,85 ± 1,78                         | 28,91 ± 2,06            | 29,36 ± 1,74            | 0,466          |
| Obwód przedramienia maksymalny                    | 24,13 ± 0,97                         | 24,02 ± 1,12            | 24,38 ± 1,20            | 0,469          |
| Obwód bioder                                      | 99,15 ± 4,58                         | 97,39 ± 4,57            | 98,17 ± 4,62            | 0,432          |
| Obwód uda maksymalny                              | 57,50 ± 3,09                         | 56,66 ± 2,64            | 57,61 ± 3,55            | 0,597          |
| Obwód podudzia maksymalny                         | 37,00 ± 1,95                         | 36,52 ± 1,67            | 36,52 ± 2,34            | 0,593          |

Tabela 53. Wskaźniki budowy ciała zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki                | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                          | niski<br><i>N</i> = 29        | średni<br><i>N</i> = 41 | wysoki<br><i>N</i> = 50 |                |
| BMI [kg/m <sup>2</sup> ] | 24,37 [23,02; 26,01]          | 24,12 [23,04; 25,35]    | 25,71 [24,29; 27,66]    | 0,017          |
| WHR                      | 0,83 [0,79; 0,86]             | 0,81 [0,78; 0,83]       | 0,83 [0,81; 0,85]       | 0,055          |
| WHtR                     | 44,04 [41,92; 48,72]          | 44,94 [41,62; 48,07]    | 46,52 [44,33; 48,83]    | 0,073          |

Tabela 54. Wskaźniki budowy ciała zawodniczek piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki                | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                          | niski<br><i>N</i> = 31        | średni<br><i>N</i> = 16 | wysoki<br><i>N</i> = 40 |                |
| BMI [kg/m <sup>2</sup> ] | 21,79 [20,81; 22,84]          | 22,03 [21,09; 23,94]    | 22,32 [20,98; 23,56]    | 0,527          |
| WHR                      | 0,72 [0,70; 0,74]             | 0,75 [0,72; 0,77]       | 0,74 [0,72; 0,76]       | 0,022          |
| WHtR                     | 41,98 [40,61; 44,07]          | 42,51 [40,69; 44,33]    | 42,65 [40,78; 43,85]    | 0,741          |

także największą ruchomość klatki piersiowej, co pośrednio może odzwierciedlać wyższy poziom wydolności. Wyniki wielokrotnych porównań pomiędzy poszczególnymi grupami zawodniczek zamieszczono w aneksie (tab. XI, XII).

Zawodnicy piłki ręcznej, bez względu na poziom sportowy, charakteryzowali się podobną dystrybucją tłuszczu na wysokości talii i bioder (wskaźniki WHR i WHtR) (tab. 53). Na podstawie wartości średnich wskaźnika WHR stwierdzono, że zawodniczki na niskim poziomie sportowym cechował nieco bardziej kobiecy typ dystrybucji tłuszczu na wysokości talii i bioder niż zawodniczki lepiej wytrenowane (tab. 54). Wartości wskaźnika WHtR nie różniły się między grupami piłkarek (tab. 54). Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. XII).

#### 4.3.2.2. Wielkość otluszczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego

Wśród mężczyzn uprawiających piłkę ręczną nie zaobserwowano związku pomiędzy grubością fałdów skórno-tłuszczowych a poziomem sportowym, z wyjątkiem fałdu na ramieniu, który osiągał najniższe wartości u zawodników prezentujących wysoki poziom sportowy (tab. 55). Wśród kobiet poczyniono podobne obserwacje (tab. 56). Warto zauważyć, że u większości zawodników płci męskiej grubość fałdów skórno-tłuszczowych na kończynach nie przekraczała 6 mm, a u zawodniczek 11 mm, natomiast grubość fałdów na tułowie była

Tabela 55. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy

| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                              | niski<br><i>N</i> = 29        | średni<br><i>N</i> = 41 | wysoki<br><i>N</i> = 50 |                |
| Nad bicepsem                 | 3,60 [3,00; 5,00]             | 3,30 [3,00; 3,90]       | 3,20 [3,00; 4,00]       | 0,575          |
| Nad tricepsem                | 5,40 [4,20; 8,60]             | 5,80 [4,20; 7,00]       | 4,20 [3,70; 5,30]       | 0,006          |
| Na przedramieniu             | 3,40 [3,00; 4,00]             | 3,20 [3,00; 4,00]       | 3,00 [2,60; 3,90]       | 0,181          |
| Na podudziu                  | 5,80 [3,80; 8,00]             | 5,40 [4,00; 7,00]       | 4,60 [3,90; 6,00]       | 0,138          |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 9,20 [7,60; 12,00]            | 9,20 [8,00; 10,80]      | 9,30 [8,00; 11,70]      | 0,973          |
| Na brzuchu                   | 11,80 [7,40; 17,00]           | 10,00 [6,40; 14,60]     | 11,00 [8,10; 14,30]     | 0,701          |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 8,40 [6,00; 14,00]            | 9,00 [6,00; 14,00]      | 9,10 [6,90; 13,20]      | 0,732          |

Tabela 56. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy

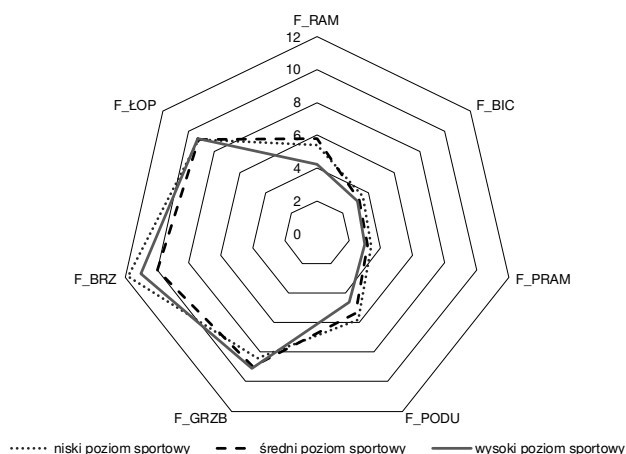
| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                              | niski<br><i>N</i> = 31        | średni<br><i>N</i> = 16 | wysoki<br><i>N</i> = 40 |                |
| Nad bicepsem                 | 6,10 [5,60; 9,00]             | 6,10 [5,80; 8,20]       | 6,00 [5,10; 7,10]       | 0,765          |
| Nad tricepsem                | 11,00 [8,40; 14,60]           | 10,90 [7,30; 12,10]     | 10,20 [8,30; 13,50]     | 0,054          |
| Na przedramieniu             | 5,20 [3,80; 6,00]             | 4,50 [3,50; 5,50]       | 4,00 [3,90; 5,00]       | 0,117          |
| Na podudziu                  | 8,00 [6,60; 10,70]            | 6,90 [5,90; 9,40]       | 7,40 [6,10; 8,20]       | 0,201          |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 11,00 [9,30; 12,90]           | 10,20 [8,30; 13,80]     | 10,20 [8,20; 12,60]     | 0,713          |
| Na brzuchu                   | 15,80 [12,10; 19,20]          | 14,30 [11,30; 17,90]    | 14,00 [10,60; 16,30]    | 0,057          |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 14,00 [10,00; 17,20]          | 12,50 [10,10; 17,20]    | 13,00 [10,40; 15,50]    | 0,779          |

tylko nieznacznie większa. Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. XIII).

Obserwacja wzorca otłuszczenia podskórnego na mapach fałdów skórno-tłuszczowych pozwoliła stwierdzić, że był on bardzo podobny w grupach zawodników różniących się poziomem sportowym – odnotowano podobny kształt wykresów (ryc. 17). Analogicznie było u zawodniczek (ryc. 18). Pola powierzchni wykresów radarowych dla różnych poziomów sportowych w obrębie jednej płci okazały się prawie identyczne.

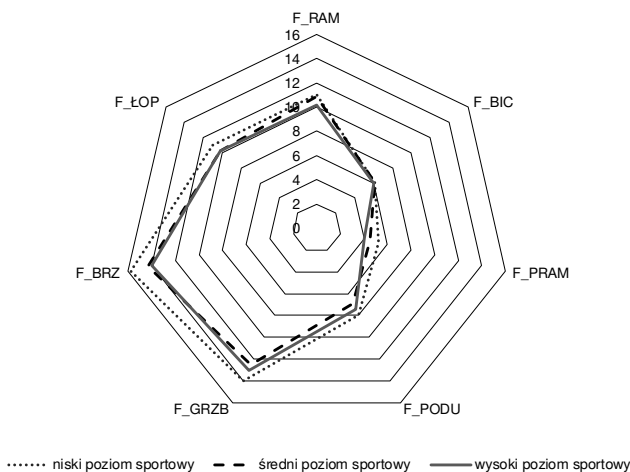
W celu zweryfikowania, które fałdy skórno-tłuszczowe w największym stopniu różnią zawodników o odmiennym poziomie sportowym, obliczono tzw. miarę siły efektu ( $\eta^2$ ). Analizy współczynnika determinacji  $\eta^2$  potwierdziły słaby

związek grubości fałdów skórno-tłuszczowych na kończynie górnej z poziomem sportowym u obu płci (tab. 57). Wartości  $\eta^2$  dla fałdu skórno-tłuszczowego nad tricepsem wyniosły u mężczyzn 0,19, co oznacza, że 19% zmienności grubości tego fałdu może być wyjaśnione przez poziom sportowy. U kobiet było to 8%.



F\_RAM – fałd skórno-tłuszczowy nad tricepsem, F\_BIC – fałd skórno-tłuszczowy nad bicepsem, F\_PRAM – fałd skórno-tłuszczowy na przedramieniu, F\_PODU – fałd skórno-tłuszczowy na podudziu, F\_GRZB – fałd skórno-tłuszczowy nad grzebieniem biodrowym, F\_BRZ – fałd skórno-tłuszczowy na brzuchu, F\_ŁOP – fałd skórno-tłuszczowy pod dolnym kątem łopaty

Rycina 17. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodników piłki ręcznej. Skala podana w mm



F\_RAM – fałd skórno-tłuszczowy nad tricepsem, F\_BIC – fałd skórno-tłuszczowy nad bicepsem, F\_PRAM – fałd skórno-tłuszczowy na przedramieniu, F\_PODU – fałd skórno-tłuszczowy na podudziu, F\_GRZB – fałd skórno-tłuszczowy nad grzebieniem biodrowym, F\_BRZ – fałd skórno-tłuszczowy na brzuchu, F\_ŁOP – fałd skórno-tłuszczowy pod dolnym kątem łopaty

Rycina 18. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek piłki ręcznej. Skala podana w mm

Tabela 57. Miara siły efektu poziomu sportowego dla zmienności fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników piłki ręcznej

| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Zawodniczki<br>N = 87 |                | Zawodnicy<br>N = 120 |                |
|------------------------------|-----------------------|----------------|----------------------|----------------|
|                              | $\eta^2$              | <i>p-value</i> | $\eta^2$             | <i>p-value</i> |
| Nad bicepsem                 | 0,04                  | 0,243          | 0,01                 | 0,591          |
| Nad tricepsem                | 0,08                  | 0,011          | 0,19                 | 0,039          |
| Na przedramieniu             | 0,03                  | 0,166          | 0,07                 | 0,054          |
| Na podudziu                  | 0,01                  | 0,639          | 0,04                 | 0,160          |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 0,00                  | 0,819          | 0,00                 | 0,912          |
| Na brzuchu                   | 0,05                  | 0,059          | 0,03                 | 0,322          |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 0,00                  | 0,802          | 0,00                 | 0,864          |

Tabela 58. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                      |                      | <i>p-value</i> |
|-----------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
|           | niski<br>N = 29               | średni<br>N = 41     | wysoki<br>N = 50     |                |
| SFI       | 24,84 [17,50; 33,64]          | 24,69 [19,26; 31,21] | 23,11 [19,14; 28,67] | 0,696          |
| SBFI      | 38,59 [32,34; 54,22]          | 39,25 [32,33; 47,34] | 33,29 [28,86; 42,19] | 0,011          |
| SFDI      | 66,35 [49,48; 78,38]          | 63,89 [47,52; 74,23] | 46,85 [36,52; 57,86] | 0,000          |

Tabela 59. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodniczek piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                      |                      | <i>p-value</i> |
|-----------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
|           | niski<br>N = 31               | średni<br>N = 16     | wysoki<br>N = 40     |                |
| SFI       | 39,17 [31,41; 45,78]          | 35,70 [29,50; 43,14] | 35,68 [30,44; 40,74] | 0,323          |
| SBFI      | 72,50 [62,41; 87,25]          | 65,83 [56,02; 82,65] | 65,84 [55,98; 75,13] | 0,090          |
| SFDI      | 80,88 [64,29; 95,35]          | 79,25 [63,47; 92,86] | 77,17 [61,16; 92,87] | 0,698          |

Nie stwierdzono zależności między wielkością otłuszczenia podskórnego zawodników ocenianą względem wysokości ciała (SFI) a ich poziomem sportowym, w przeciwieństwie do udziału otłuszczenia podskórnego w masie ciała (SBFI), które było istotnie związane z poziomem wytrenowania: im wyższa klasa, tym mniejsze otłuszczenie (tab. 58). Również dystrybucja tłuszczu podskórnego na tułowie i kończynach (SFDI) była istotnie związana z poziomem sportowym piłkarzy ręcznych (tab. 58). U zawodników na niskim poziomie sportowym otłuszczenie kończyn stanowiło 66% otłuszczenia tułowia, natomiast u profesjonalistów – tylko 46%. Jest to związane z wykazaną wcze-

śniej redukcją grubości fałdu skórno-tłuszczowego na ramieniu u zawodników prezentujących wysoki poziom sportowy (tab. 55). Wielkość odtuszczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego oceniana za pomocą wskaźników odtuszczenia u zawodniczek piłki ręcznej nie była zależna od poziomu sportowego (tab. 59). Wszystkie piłkarki charakteryzowały się podobnym udziałem podskórnej tkanki tłuszczowej w odniesieniu zarówno do masy ciała (SBFI), jak i wysokości ciała (SFI). Odnotowano u nich także podobną dystrybucję podskórnej tkanki tłuszczowej na tułowiu i kończynach (SFDI). Odtuszczenie podskórne na kończynach stanowiło około 80% odtuszczenia podskórnego tułowia. Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz podano w aneksie (tab. XIII).

#### 4.3.2.3. Skład tkankowy ciała

U zawodników płci męskiej prezentujących wysoki poziom sportowy uważano wyraźnie mniejszą zawartość tłuszczu ogólnego w masie ciała w stosunku do zawodników posiadających niższe klasy sportowe (tab. 61). Wiązało się to również z obserwowaną u nich większą o mniej więcej 2% zawartością ciała szczupłego/masy beztłuszczowej, wyższą o ponad 3% zawartością mięśni oraz lepszym stanem uwodnienia (większa zawartość wody całkowitej). Proporcje wody wewnątrzkomórkowej do zewnątrzkomórkowej okazały się także korzystniejsze u zawodników wyżej klasyfikowanych (tab. 60).

W grupach zawodniczek piłki ręcznej tylko zawartość procentowa wody wewnątrz- i zewnątrzkomórkowej wiązała się istotnie z poziomem sportowym (tab. 61). Im wyższa klasa, tym korzystniejsze proporcje uwodnienia organizmu (większa zawartość wody wewnątrzkomórkowej w stosunku do wody zewnątrzkomórkowej). W odniesieniu do innych składników tkankowych ciała nie wykazano związku z poziomem sportowym zawodniczek (tab. 61). Wszystkie charak-

Tabela 60. Skład tkankowy zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy

| Składniki<br>tkankowe [%] | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                           | niski<br><i>N</i> = 29               | średni<br><i>N</i> = 41 | wysoki<br><i>N</i> = 50 |                |
| FM                        | 21,62 ± 4,00                         | 19,46 ± 4,26            | 17,62 ± 4,51            | 0,005          |
| FFM                       | 78,38 ± 4,00                         | 80,84 ± 4,26            | 82,68 ± 4,51            | 0,005          |
| TBW                       | 57,38 ± 2,92                         | 59,17 ± 3,27            | 60,30 ± 3,30            | 0,008          |
| ECW                       | 41,28 ± 2,09                         | 39,39 ± 3,31            | 40,67 ± 2,57            | 0,045          |
| ICW                       | 58,71 ± 2,09                         | 60,61 ± 3,31            | 59,33 ± 2,57            | 0,045          |
| BCM                       | 57,96 ± 3,23                         | 59,01 ± 4,83            | 58,62 ± 3,77            | 0,696          |
| MM                        | 55,23 ± 4,66                         | 57,77 ± 5,91            | 58,62 ± 5,30            | 0,050          |

Tabela 61. Skład tkankowy zawodniczek piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy

| Składniki tkankowe [%] | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                        | niski<br><i>N</i> = 31               | średni<br><i>N</i> = 16 | wysoki<br><i>N</i> = 40 |                |
| FM                     | 28,38 ± 5,94                         | 30,16 ± 4,76            | 29,54 ± 3,86            | 0,583          |
| FFM                    | 71,62 ± 5,94                         | 69,84 ± 4,76            | 70,46 ± 3,86            | 0,583          |
| TBW                    | 52,41 ± 4,34                         | 51,12 ± 3,49            | 51,59 ± 2,84            | 0,589          |
| ECW                    | 43,19 ± 3,34                         | 43,52 ± 2,87            | 41,03 ± 3,56            | 0,050          |
| ICW                    | 56,81 ± 3,34                         | 56,48 ± 2,87            | 58,97 ± 3,56            | 0,050          |
| BCM                    | 55,32 ± 4,87                         | 52,97 ± 7,31            | 57,08 ± 5,63            | 0,150          |
| MM                     | 48,38 ± 5,16                         | 45,33 ± 6,02            | 50,15 ± 8,55            | 0,163          |

teryzowały się typowo kobiecą zawartością tłuszczu w masie ciała (29–30%). Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. XIV).

#### 4.3.3. Budowa somatyczna zawodniczek i zawodników piłki ręcznej w grupach różniących się wielkością otluszczenia podskórnego

Podjęto próbę odpowiedzi na pytanie, jaką budową somatyczną charakteryzowali się zawodnicy i zawodniczki piłki ręcznej, u których odnotowano najmniejsze otluszczenie podskórne, a jaką ci, u których zaobserwowano grubsze fałdy skórno-tłuszczowe w pomiarach bezwzględnych oraz względem wysokości i masy ciała. Metodą *k*-średnich wyodrębniono 3 skupienia zawodników i 3 skupienia zawodniczek istotnie różniące się otluszczeniem podskórnym. Klasy otluszczenia utworzono w oparciu o bezwzględną i względną ilość tłuszczu podskórnego: suma fałdów skórno-tłuszczowych, wskaźnik SFI oraz wskaźnik SBFI. Powstałe skupienia nie różniły się istotnie stażem treningowym ( $8,5 \pm 1,5$  lat).

Mężczyźni zakwalifikowani do skupienia o najmniejszym otluszczeniu podskórnym charakteryzowali się najcieńszymi fałdami skórno-tłuszczowymi oraz najniższymi wartościami wskaźników SBFI (średnio 29,97) i SFI (średnio 19,05). Byli najwyżsi i mieli najmniejszą masę ciała (tab. 62). Niskiej zawartości tłuszczu podskórnego odpowiadała równie niska (wynosząca średnio 17%) zawartość tłuszczu całkowitego w masie ciała mierzona metodą BIA. U zawodników tego skupienia zaobserwowano wysoką zawartość procentową masy mięśni, sięgającą przeciętnie 59%. Uzyskano u nich także najmniejszy obwód pasa w stosunku do bioder oraz do wysokości ciała. Na podstawie wartości średnich wskaźnika dystrybucji tłuszczu podskórnego ustalono, że otluszczenie podskórne kończyn stanowiło około 60% otluszczenia podskórnego tułowia, co może wskazywać na silniejszą niż u zawodników pozostałych skupień re-

dukcję fałdów skórno-tłuszczowych na tułowie. W somatotypie wykazano najniższy spośród trzech skupień poziom endomorfii i najwyższy poziom ektomorfii (smukłości). Warto podkreślić, że zawodnicy piłki ręcznej, nawet ci o najniższym otłuszczeniu byli raczej masywni i charakteryzowali się dobrze rozwiniętą mezomorfia (tab. 62).

W skupieniu mężczyzn o średnim otłuszczeniu podskórnym, odznaczających się średniej grubości fałdami skórno-tłuszczowymi, a także średnimi wartościami wskaźników SBFI (42,03) i SFI (28,60), znaleźli się zawodnicy o średniej wysokości i średniej masie ciała (tab. 62). Średniej zawartości tłuszczu podskórnego odpowiadała średnia zawartość tłuszczu ogólnego w masie ciała mierzona metodą BIA (19,8%) oraz średnia zawartość mięśni (57,4%). U badanych w tym skupieniu odnotowano nieco większy obwód pasa w stosunku do obwodu bioder i do wysokości ciała (tab. 62). Wskaźnik dystrybucji tłuszczu podskórnego przyjmował najniższą wartość (48,9), co oznacza, że otłuszczenie podskórne kończyn było prawie o połowę mniejsze niż otłuszczenie tułowia. Analiza somatotypu pozwoliła wykazać, że zawodnicy o średnim otłuszczeniu podskórnym charakteryzowali się średnim poziomem endomorfii, średnim poziomem mezomorfii i niską ektomorfia, mieli zatem masywną budowę ciała.

Zawodnicy, u których zaobserwowano największe otłuszczenie podskórne, czyli najgrubsze fałdy skórno-tłuszczowe i najwyższe wartości wskaźników SBFI i SFI (dwukrotnie wyższe niż w grupie najszcuplejszych zawodników), byli też

Tabela 62. Charakterystyka antropometryczna zawodników piłki ręcznej w skupieniach o różnym poziomie otłuszczenia podskórnego

| Cechy               | Otłuszczenie podskórne ( $\bar{x} \pm SD$ oraz Me [Q1; Q3]) |                          |                       | <i>p-value</i> |
|---------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|
|                     | małe<br><i>N</i> = 59                                       | średnie<br><i>N</i> = 43 | duże<br><i>N</i> = 18 |                |
| SFI                 | 19,05 [16,65; 20,48]                                        | 28,60 [25,78; 31,41]     | 39,80 [37,00; 45,51]  | 0,000          |
| SBFI                | 29,97 [26,69; 33,40]                                        | 42,03 [37,42; 47,34]     | 59,23 [54,29; 66,41]  | 0,000          |
| Suma fałdów [mm]    | 34,40 [31,20; 38,40]                                        | 52,60 [47,20; 56,60]     | 73,65 [66,80; 84,20]  | 0,000          |
| <i>B-v</i> [cm]     | 185,61 $\pm$ 7,37                                           | 182,89 $\pm$ 7,03        | 180,94 $\pm$ 7,64     | 0,033          |
| Masa ciała [kg]     | 81,00 [75,50; 90,00]                                        | 85,10 [78,70; 94,20]     | 88,50 [82,80; 95,10]  | 0,049          |
| <i>cl-cm</i> [cm]   | 7,31 $\pm$ 0,54                                             | 7,19 $\pm$ 0,58          | 7,22 $\pm$ 0,51       | 0,535          |
| <i>epl-epm</i> [cm] | 10,05 $\pm$ 0,82                                            | 10,02 $\pm$ 0,99         | 10,31 $\pm$ 0,55      | 0,446          |
| WHR                 | 0,82 [0,79; 0,84]                                           | 0,83 [0,81; 0,85]        | 0,84 [0,80; 0,87]     | 0,049          |
| WHtR                | 43,53 [41,75; 46,32]                                        | 46,86 [45,12; 49,67]     | 49,82 [46,47; 51,45]  | 0,000          |
| SFDI                | 60,26 [43,66; 77,27]                                        | 48,94 [36,52; 64,76]     | 56,14 [46,79; 73,08]  | 0,027          |
| FM [%]              | 17,14 $\pm$ 3,93                                            | 19,80 $\pm$ 4,30         | 23,11 $\pm$ 3,90      | 0,000          |
| MM [%]              | 59,11 $\pm$ 4,68                                            | 57,41 $\pm$ 5,87         | 53,81 $\pm$ 5,44      | 0,005          |
| Somatotyp           | 1,7 – 5,2 – 2,6                                             | 2,7 – 5,8 – 1,8          | 3,9 – 6,2 – 1,4       | 0,000          |

najniżsi i najciężsi (tab. 62). Największemu otłuszczeniu podskórnemu towarzyszyła najwyższa zawartość tłuszczu całkowitego w masie ciała (średnio 23%). Stwierdzono u nich niższą procentową zawartość mięśni – niecałe 54%. Zawodnicy charakteryzowali się także największym obwodem pasa w stosunku do bioder oraz do wysokości ciała (tab. 62). Wartości średnie wskaźnika dystrybucji tłuszczu podskórnego wskazują, że otłuszczenie podskórne kończyn stanowiło u tych mężczyzn około 56% otłuszczenia podskórnego tułowia, co pod względem dystrybucji podściółki tłuszczowej zbliżało ich do najszcuplejszych szczypiornistów. W analizie somatotypu wykazano, że najbardziej otłuszczeni piłkarze ręczni, charakteryzujący się jednocześnie najwyższym poziomem endomorfii, mieli też najbardziej rozwiniętą mezomorfię i byli najbardziej masywni (tab. 62).

Nie zaobserwowano wyraźnego związku pomiędzy wielkością otłuszczenia podskórnego a masywnością szkieletu piłkarzy. Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. XV).

W analizie frekwencji zawodników na różnym poziomie sportowym w skupieniach o różnej wielkości otłuszczenia podskórnego nie wykazano istotnych różnic (tab. 63). Warto jednak zwrócić uwagę na grupę piłkarzy prezentujących wysoki poziom sportowy, spośród których największy odsetek znalazł się w skupieniu o najniższym otłuszczeniu podskórnym. Do skupienia zawodników odznaczających się największym otłuszczeniem podskórnym zaliczono tylko 6% profesjonalistów, a blisko trzykrotnie więcej mężczyzn prezentujących średni poziom sportowy i ponad czterokrotnie więcej – zawodników grających na niskim poziomie sportowym.

U piłkarów ręcznych najmniejsze otłuszczenie podskórne (SBFI = 56,7; SFI = 28,8 i najmniejsza suma fałdów skórno-tłuszczowych) współwystępowało z najmniejszą masą ciała i najniższą zawartością tłuszczu ogólnego w masie ciała (27%) (tab. 64). Zawodniczki tego skupienia charakteryzowały się także najmniejszym obwodem talii w stosunku do wysokości ciała (WHtR) oraz największą zawartością masy mięśniowej w pomiarze metodą BIA (tab. 64).

Tabela 63. Analiza frekwencji w grupach zawodników piłki ręcznej różniących się poziomem sportowym i wielkością otłuszczenia podskórnego

| Poziom sportowy | Otłuszczenie podskórne                    |                          |                       | <i>p-value</i> |
|-----------------|-------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|
|                 | małe<br><i>N</i> = 59                     | średnie<br><i>N</i> = 43 | duże<br><i>N</i> = 18 |                |
|                 | Częstość w kategoriach poziomu sportowego |                          |                       |                |
| Niski           | 44,8%                                     | 27,6%                    | 27,6%                 | 0,115          |
| Średni          | 43,9%                                     | 39,0%                    | 17,1%                 |                |
| Wysoki          | 56,0%                                     | 38,0%                    | 6,0%                  |                |

Tabela 64. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek piłki ręcznej w skupieniach o różnym poziomie otłuszczenia podskórnego

| Cechy               | Otłuszczenie podskórne ( $\bar{x} \pm SD$ oraz Me [Q1; Q3]) |                          |                       | <i>p-value</i> |
|---------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|
|                     | małe<br><i>N</i> = 35                                       | średnie<br><i>N</i> = 38 | duże<br><i>N</i> = 14 |                |
| SFI                 | 28,84 [25,27; 31,41]                                        | 39,71 [37,72; 42,14]     | 51,32 [48,70; 59,54]  | 0,000          |
| SBFI                | 56,72 [51,44; 60,00]                                        | 72,43 [67,98; 78,72]     | 93,95 [81,87; 105,33] | 0,000          |
| Suma fałdów [mm]    | 48,20 [44,00; 52,80]                                        | 67,90 [64,20; 72,20]     | 85,30 [84,20; 103,90] | 0,000          |
| <i>B-v</i> [cm]     | 169,54 $\pm$ 5,91                                           | 170,21 $\pm$ 5,95        | 172,03 $\pm$ 9,28     | 0,491          |
| Masa ciała [kg]     | 60,00 [57,80; 64,00]                                        | 65,15 [60,70; 70,90]     | 68,25 [63,00; 73,00]  | 0,000          |
| <i>cl-cm</i> [cm]   | 6,24 $\pm$ 0,38                                             | 6,23 $\pm$ 0,38          | 6,17 $\pm$ 0,31       | 0,849          |
| <i>epl-epm</i> [cm] | 9,03 $\pm$ 0,52                                             | 9,17 $\pm$ 0,75          | 9,53 $\pm$ 0,72       | 0,076          |
| WHR                 | 0,72 [0,70; 0,75]                                           | 0,72 [0,71; 0,76]        | 0,75 [0,72; 0,77]     | 0,310          |
| WHtR                | 41,32 [39,51; 42,52]                                        | 42,73 [40,95; 44,07]     | 44,15 [42,09; 48,03]  | 0,001          |
| SFDI                | 77,65 [63,54; 95,35]                                        | 80,10 [63,40; 94,83]     | 72,53 [59,40; 87,79]  | 0,369          |
| FM [%]              | 27,08 $\pm$ 4,59                                            | 30,68 $\pm$ 4,18         | 31,21 $\pm$ 5,74      | 0,017          |
| MM [%]              | 52,16 $\pm$ 8,00                                            | 45,73 $\pm$ 4,58         | 45,41 $\pm$ 5,40      | 0,002          |
| Somatotyp           | 2,6 – 4,0 – 3,0                                             | 3,9 – 4,1 – 2,3          | 5,2 – 4,1 – 2,5       | 0,020          |

W przeciętnym somatotypie piłkarek odnotowano niski udział endomorfii, średni udział mezomorfii i średnią smukłość budowy ciała.

Zawodniczki, u których zaobserwowano średnie otłuszczenie podskórne (średnia grubość fałdów skórno-tłuszczowych, SBFI = 72,4, SFI = 39,7), charakteryzowały się większą masą ciała bez względu na jego wysokość (tab. 64). Piłkarki tego skupienia miały większy obwód talii w stosunku do wysokości ciała (WHtR). Większemu otłuszczeniu podskórnemu towarzyszyła większa o 3,5%, w odniesieniu do zawodniczek najszczuplejszych, zawartość tłuszczu całkowitego w masie ciała oraz mniejsza o 6% zawartość mięśni. W somatotypie wykazano wyższy niż u szczuplejszych zawodniczek poziomem endomorfii przy podobnym poziomie mezomorfii. Piłkarki drugiego skupienia były też nieco bardziej masywne.

Kobiety zakwalifikowane do trzeciego skupienia charakteryzowały się najgrubszymi fałdami skórno-tłuszczowymi i największymi wartościami wskaźników otłuszczenia podskórnego (SFI = 51,3, SBFI = 93,9). Były jednocześnie najcięższe i odnotowano u nich największy udział procentowy tłuszczu w masie ciała (31%); jednak niewiele większy niż u badanych w skupieniu drugim (tab. 65). Piłkarki miały też największy obwód pasa w stosunku do wysokości ciała (WHtR). Zawartość mięśni w masie ciała była u nich podobna jak w grupie zawodniczek o średnim otłuszczeniu podskórnym. W somatotypie stwierdzono

najwyższy poziom endomorfii. Poziom mezomorfii oraz ektomorfii okazał się zbliżony do poziomu stwierdzonego u zawodniczek o średnim otłuszczeniu podskórnym (tab. 64).

U piłkarek ręcznych nie zaobserwowano związku wielkości otłuszczenia podskórnego z masowością szkieletu, ze sposobem dystrybucji tłuszczu podskórnego na tułowie i kończynach (SFDI) ani ze sposobem dystrybucji tłuszczu na talii i biodrach (WHR) (tab. 64). Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. XV).

Analiza frekwencji zawodniczek o różnych kwalifikacjach sportowych w poszczególnych skupieniach nie wykazała istotnego związku pomiędzy poziomem sportowym a wielkością otłuszczenia podskórnego badanych. Warto jednak zwrócić uwagę, że spośród piłkarek osiągających najwyższy poziom sportowy większość (47,5%) znalazła się w skupieniu o najmniejszym otłuszczeniu podskórnym, podczas gdy wśród zawodniczek prezentujących średni i niski poziom najwięcej należało do skupienia o średnim otłuszczeniu podskórnym. W grupie kobiet na najwyższym poziomie wytrenowania tylko 7,5% miało duże otłuszczenie podskórne (tab. 65).

Tabela 65. Analiza frekwencji w grupach zawodniczek piłki ręcznej różniących się poziomem sportowym i wielkością otłuszczenia podskórnego

| Poziom sportowy | Otłuszczenie podskórne                    |                          |                       | <i>p-value</i> |
|-----------------|-------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|
|                 | małe<br><i>N</i> = 35                     | średnie<br><i>N</i> = 38 | duże<br><i>N</i> = 14 |                |
|                 | Częstość w kategoriach poziomu sportowego |                          |                       |                |
| Niski           | 32,3%                                     | 41,9%                    | 25,8%                 | 0,308          |
| Średni          | 37,5%                                     | 43,7%                    | 18,7%                 |                |
| Wysoki          | 47,5%                                     | 45,0%                    | 7,5%                  |                |

#### 4.3.4. Podsumowanie

Wszystkie analizowane cechy budowy ciała osób uprawiających piłkę ręczną, w tym cechy określające otłuszczenie były zróżnicowane dymorficznie. Zaobserwowane różnice międzypłciowe w wymiarach ciała, składzie tkankowym oraz sposobie dystrybucji tłuszczu były naturalne i biologicznie uzasadnione. Piłkarki ręczne okazały się o 8% niższe oraz aż o 25% lżejsze od zawodników, miały drobniejszą budowę ciała i smuklejszy szkielet. Charakteryzowało je większe otłuszczenie bioder w stosunku do talii, odznaczały się też węższą talią w stosunku do wysokości ciała. U mężczyzn uprawiających piłkę ręczną talia była stosunkowo szersza. Różnica w otłuszczeniu podskórnym kończyn i tułowia okazała się u nich znacznie większa niż u zawodniczek, u których zaobserwo-

wano bardziej równomierne rozłożenie podściółki tłuszczowej. Wzorec dystrybucji tłuszczu podskórnego oceniany za pomocą wykresu radarowego fałdów skórno-tłuszczowych przybierał u obu płci nieco inny kształt. Pole powierzchni wykresu było większe dla kobiet, co świadczy o większej grubości wszystkich fałdów skórno-tłuszczowych. Dominację piłkarek ręcznych w zawartości tłuszczu podskórnego potwierdzają wyższe wartości wskaźników SFI i SBF1. Piłkarki charakteryzowały się też wyższą o 10% zawartością tłuszczu ogólnego w masie ciała. U zawodników wykazano natomiast większą zawartość masy mięśniowej oraz korzystniejsze warunki uwodnienia organizmu. Przeciętny somatotyp piłkarzy ręcznych to: 2,4 – 5,6 – 2,1; a piłkarek: 3,6 – 4,1 – 2,6.

Poziom sportowy w piłce ręcznej wiąże się istotnie z niektórymi cechami budowy ciała i powiązania te mogą kształtować się inaczej u kobiet i mężczyzn. Wielkość ciała zawodniczek nie wiązała się istotnie z ich poziomem sportowym, natomiast wśród zawodników zaobserwowano, że ci prezentujący najwyższy poziom sportowy byli najciężsi i najbardziej masywni, mieli też najszersze nasady kostne. U profesjonalnych zawodników obu płci zaobserwowano większą rozpiętość ramion, natomiast istotnie większą długość kończyny górnej, związaną z większą długością ramienia, zaobserwowano tylko u mężczyzn. U piłkarzy prezentujących wysoki poziom sportowy odnotowano większą szerokość międzykrętarzową i obwód klatki piersiowej we wdechu świadczący o większej pojemności wdechowej płuc. U zawodniczek obserwowano zwiększanie ruchomości klatki piersiowej wraz z podwyższaniem poziomu sportowego, co pośrednio może odzwierciedlać wyższy poziom wydolności zawodniczek wysokiej klasy. Wśród pozostałych wymiarów kostnych istotnie związanych z poziomem sportowym zawodniczek piłki ręcznej znalazły się: długość stopy, szerokość kostki i szerokość ręki. Szczególnie szerokość ręki wydaje się mieć znaczenie dla skuteczności gry w piłkę ręczną. Obwody mięśniowe były związane z poziomem sportowym tylko u zawodników płci męskiej.

Grubość fałdów skórno-tłuszczowych osób uprawiających piłkę ręczną nie- zbyt wyraźnie wiązała się z ich poziomem sportowym (zależność dotyczyła grubości fałdu nad bicipsem u mężczyzn i nad tricepsem u kobiet). Spośród wskaźników otluszczenia u piłkarzy ręcznych to wskaźnik otluszczenia względnego oraz wskaźnik dystrybucji tłuszczu podskórnego zmieniały się wraz z poziomem sportowym. Dystrybucja tłuszczu na kończynach i tułowieu zmieniała się w taki sposób, że u zawodników najwyższej klasyfikowanych obserwowano redukcję podściółki tłuszczowej na kończynach (szczególnie na ramieniu) w stosunku do otluszczenia tułowia. Natomiast dystrybucja tłuszczu w okolicy talii i bioder nie zmieniała się wraz z poziomem sportowym mężczyzn. Piłkarki ręczne prezentujące najniższy poziom sportowy charakteryzowały się typowo kobiecym rozłożeniem tłuszczu na wysokości talii i bioder, a zawodniczki lepiej wytrenowane miały pod tym względem bardziej męską budowę

ciała. Wartości wskaźników SFI i WHtR zarówno u kobiet, jak i mężczyzn pozostawały jedynie pod wpływem dymorfizmu płciowego, były niezależne od poziomu sportowego. Wskaźnik otluszczenia względnego (SBFI) oraz wskaźnik dystrybucji tłuszczu podskórnego (SFDI) u zawodniczek również nie wiązał się z poziomem ich wyszkolenia.

U zawodników płci męskiej odnotowano związek między ogólną zawartością tłuszczu w masie ciała oraz zawartością mięśni mierzoną metodą BIA a poziomem sportowym. Piłkarze prezentujący wysoki poziom wytrenowania cechowali się wyraźnie mniejszą ilością tłuszczu (poniżej 18%) w stosunku do zawodników niższych klas sportowych (20% i więcej). U profesjonalistów zaobserwowano też wyższą o 3% zawartość mięśni. Zawodniczki i zawodnicy grający na wysokim poziomie sportowym charakteryzowali się lepszymi warunkami uwodnienia organizmu.

#### 4.4. PIŁKA NOŻNA

##### 4.4.1. Budowa somatyczna i wzorzec otluszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników piłki nożnej w zależności od płci

###### 4.4.1.1. Charakterystyka antropometryczna badanych

Charakterystyka antropometryczna zawodniczek i zawodników uprawiających piłkę nożną została przedstawiona w tabelach 66 i 67. Różnice dymorficzne uwidoczniły się we wszystkich analizowanych wymiarach ciała z wyjątkiem obwodu maksymalnego uda oraz ruchomości klatki piersiowej (tab. 67). Mężczyźni uprawiający piłkę nożną byli średnio o 12,5 cm wyżsi oraz o 14 kg ciężsi od trenujących kobiet (tab. 66). Mieli dłuższy tułów oraz dłuższe kończyny górne i dolne z ich odcinkami funkcjonalnymi (ramię, przedramię, ręka, udo, podudzie, stopa) (tab. 67). Rozpiętość ramion piłkarzy była średnio o 15 cm większa niż piłkarek. Zawodnicy charakteryzowali się również większą

Tabela 66. Masa ciała oraz wskaźniki budowy ciała zawodniczek i zawodników piłki nożnej

| Cechy antropometryczne   | Zawodniczki<br>N = 46 | Zawodnicy<br>N = 482 | <i>p-value</i> |
|--------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|
|                          | Me [Q1; Q3]           |                      |                |
| Masa ciała [kg]          | 60,00 [54,50; 63,50]  | 74,00 [69,00; 79,80] | 0,000          |
| BMI [kg/m <sup>2</sup> ] | 21,75 [20,17; 23,09]  | 23,23 [21,95; 24,49] | 0,000          |
| WHR                      | 0,74 [0,71; 0,77]     | 0,81 [0,78; 0,84]    | 0,000          |
| WHtR                     | 42,97 [41,12; 45,16]  | 44,30 [42,38; 46,30] | 0,004          |

Tabela 67. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek i zawodników piłki nożnej

| Cechy antropometryczne [cm]              | Zawodniczki<br>N = 46 | Zawodnicy<br>N = 482 | p-value |
|------------------------------------------|-----------------------|----------------------|---------|
|                                          | $\bar{x} \pm SD$      |                      |         |
| B-v                                      | 166,31 ± 5,32         | 178,91 ± 6,26        | 0,000   |
| B-sy                                     | 85,82 ± 3,43          | 93,38 ± 4,40         | 0,000   |
| B-tro                                    | 86,54 ± 4,03          | 94,21 ± 4,55         | 0,000   |
| sst-sy                                   | 49,16 ± 3,63          | 52,40 ± 3,04         | 0,000   |
| a-da <sub>III</sub>                      | 71,84 ± 3,47          | 78,07 ± 3,65         | 0,000   |
| a-r                                      | 31,09 ± 3,03          | 33,90 ± 1,90         | 0,000   |
| r-sty                                    | 23,61 ± 1,91          | 25,36 ± 1,71         | 0,000   |
| sty-da <sub>III</sub>                    | 17,13 ± 1,29          | 18,79 ± 1,26         | 0,000   |
| tro-ti                                   | 42,47 ± 3,18          | 46,44 ± 2,97         | 0,000   |
| B-ti                                     | 44,07 ± 2,04          | 47,77 ± 2,78         | 0,000   |
| da <sub>III</sub> -da <sub>III</sub>     | 165,90 ± 6,35         | 181,17 ± 7,52        | 0,000   |
| a-a                                      | 36,16 ± 2,06          | 40,91 ± 2,02         | 0,000   |
| dl-dl                                    | 41,29 ± 1,97          | 46,06 ± 2,07         | 0,000   |
| thl-thl                                  | 25,44 ± 1,71          | 28,59 ± 1,72         | 0,000   |
| xi-ths                                   | 17,42 ± 1,26          | 19,88 ± 1,98         | 0,000   |
| ic-ic                                    | 27,25 ± 1,69          | 28,13 ± 1,81         | 0,001   |
| tro-tro                                  | 30,92 ± 1,98          | 32,32 ± 2,16         | 0,000   |
| cl-cm                                    | 6,11 ± 0,30           | 6,97 ± 0,40          | 0,000   |
| spr-spu                                  | 5,06 ± 0,29           | 5,73 ± 0,36          | 0,000   |
| epl-epm                                  | 9,05 ± 0,47           | 9,91 ± 0,53          | 0,000   |
| mlt-mlf                                  | 6,72 ± 0,41           | 7,63 ± 0,49          | 0,000   |
| mtt-mtf                                  | 8,95 ± 0,53           | 9,94 ± 1,09          | 0,000   |
| pte-ap                                   | 24,07 ± 0,89          | 26,63 ± 1,57         | 0,000   |
| mu-mr                                    | 7,61 ± 0,41           | 8,48 ± 0,48          | 0,000   |
| Obwód klatki piersiowej w spoczynku (xi) | 76,96 ± 4,49          | 87,26 ± 5,06         | 0,000   |
| Obwód klatki piersiowej we wdechu (xi)   | 82,94 ± 3,99          | 93,43 ± 5,04         | 0,000   |
| Obwód klatki piersiowej w wydechu (xi)   | 74,81 ± 4,89          | 84,87 ± 5,02         | 0,000   |
| Ruchomość klatki                         | 8,12 ± 2,64           | 8,56 ± 2,32          | 0,226   |
| Obwód pasa                               | 71,50 ± 5,76          | 79,58 ± 5,46         | 0,000   |
| Obwód ramienia w spoczynku               | 26,03 ± 2,78          | 29,13 ± 2,34         | 0,000   |
| Obwód ramienia w napięciu                | 28,17 ± 2,52          | 32,57 ± 2,43         | 0,000   |
| Obwód przedramienia maksymalny           | 23,60 ± 1,49          | 27,00 ± 1,70         | 0,000   |
| Obwód bioder                             | 96,07 ± 5,58          | 97,70 ± 5,16         | 0,043   |
| Obwód uda maksymalny                     | 56,11 ± 4,35          | 57,18 ± 3,62         | 0,061   |
| Obwód podudzia maksymalny                | 35,44 ± 2,05          | 37,66 ± 2,31         | 0,000   |

o mniej więcej 5 cm szerokością barków, a także szerszą i głębszą klatką piersiową w porównaniu z zawodniczkami (tab. 67). Znacznie mniejsze różnice dymorficzne, o około 1 cm, zaobserwowano w bezwzględnym pomiarze szerokości bioder oraz szerokości międzykątowej (tab. 67). Piłkarze mieli też szerszy łokieć, nadgarstek, kolano oraz kostkę, a także szerszą stopę i rękę (tab. 67).

Zawodnicy piłki nożnej dominowali nad swoimi koleżankami również w wielkości obwodów ciała (tab. 67). Charakteryzowali się większym o około 10 cm obwodem klatki piersiowej, zarówno w spoczynku, jak i we wdechu i wydechu; ruchomość klatki piersiowej była u obu płci podobna (tab. 67). Mieli większy obwód pasa i bioder oraz większe obwody kończyn górnych i dolnych. Różnica w średnich obwodzie talii wynosiła około 9 cm. Obwód bioder okazał się większy tylko o 1,5 cm. Różnica pomiędzy obwodem ramienia w spoczynku a obwodem ramienia w napięciu była u mężczyzn nieznacznie większa niż u kobiet (tab. 67).

Piłkarze byli masywniejsi od piłkarek – uzyskali większe wartości BMI (tab. 66). Charakteryzowali się relatywnie większym obwodem pasa – zarówno w stosunku do obwodu bioder (WHR), jak i do wysokości ciała (WHtR), co wskazuje, że dystrybucja tłuszczu na wysokości talii i bioder była zgodna z płcią (tab. 66).

W przeciętnym somatotypie zawodników płci męskiej (2,3 – 4,9 – 2,6) odnotowano przewagę mezomorfii w budowie ciała. Wynika to z dużych obwodów ramienia i podudzia przy stosunkowo niedużym otluszczeniu tych segmentów, a także z masywnych nasad kostnych. U piłkarek (z przeciętnym somatotypem 3,3 – 4,1 – 2,6) mezomorfia także dominowała, stwierdzono u nich jednak wyższy poziom endomorfii ocenianej na podstawie grubości fałdów skórno-tłuszczowych. Ektomorfia wyrażająca smukłość budowy ciała była identyczna u obu płci. I kobiety, i mężczyźni mieli masywniejszą budowę niż badani uprawiający piłkę siatkową i koszykówkę.

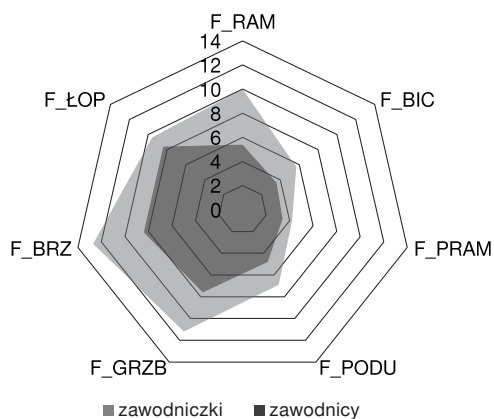
#### *4.4.1.2. Wielkość otluszczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego*

Osoby uprawiające piłkę nożną różniły się istotnie grubością wszystkich analizowanych fałdów skórno-tłuszczowych (tab. 68). Zawodniczki cechowała grubsza podściółka tłuszczowa, co było szczególnie widoczne na ramieniu, a także na brzuchu i grzebieniu biodrowym (tab. 68).

Analizując mapy otluszczenia podskórnego piłkarek i piłkarzy nożnych, można stwierdzić, że wykres radarowy przyjmuje nieco inny kształt u obu płci. W przypadku kobiet pole powierzchni wykresu jest znacznie większe, z powodu grubszych fałdów skórno-tłuszczowych (ryc. 19).

Tabela 68. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników piłki nożnej

| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Zawodniczki         | Zawodnicy          | <i>p-value</i> |
|------------------------------|---------------------|--------------------|----------------|
|                              | <i>N</i> = 46       | <i>N</i> = 482     |                |
|                              | Me [Q1; Q3]         |                    |                |
| Nad bicipsem                 | 5,70 [5,00; 7,00]   | 3,60 [3,00; 4,20]  | 0,000          |
| Nad tricipsem                | 10,00 [7,00; 13,00] | 5,40 [4,00; 8,00]  | 0,000          |
| Na przedramieniu             | 4,20 [3,80; 5,00]   | 3,40 [3,00; 4,20]  | 0,000          |
| Na podudziu                  | 6,90 [5,20; 8,60]   | 4,80 [4,00; 6,20]  | 0,000          |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 9,60 [8,60; 11,20]  | 8,40 [7,20; 10,00] | 0,000          |
| Na brzuchu                   | 12,70 [9,00; 16,00] | 8,40 [6,20; 12,00] | 0,000          |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 11,20 [8,60; 15,20] | 7,60 [5,80; 11,00] | 0,000          |

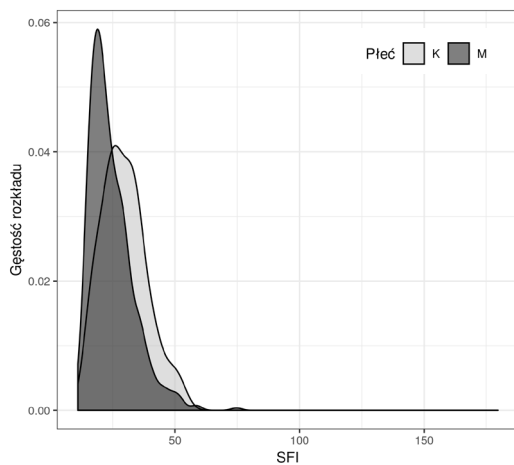


F\_RAM – fałd skórno-tłuszczowy nad tricipsem, F\_BIC – fałd skórno-tłuszczowy nad bicipsem, F\_PRAM – fałd skórno-tłuszczowy na przedramieniu, F\_PODU – fałd skórno-tłuszczowy na podudziu, F\_GRZB – fałd skórno-tłuszczowy nad grzebieniem biodrowym, F\_BRZ – fałd skórno-tłuszczowy na brzuchu, F\_ŁOP – fałd skórno-tłuszczowy pod dolnym kątem łopatki

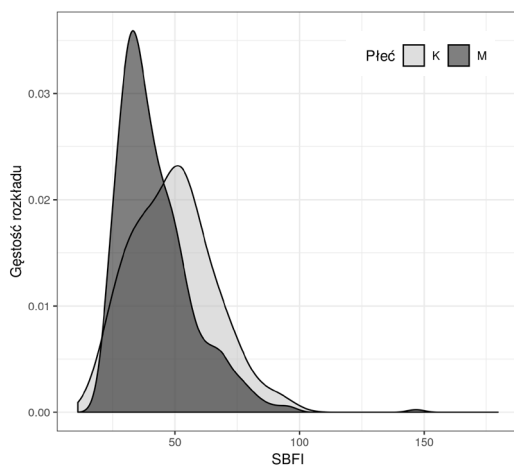
Rycina 19. Mapa otłuszczenia podskórnej zawodniczek i zawodników piłki nożnej.  
Skala podana w mm

Tabela 69. Wskaźniki otłuszczenia podskórnej u zawodniczek i zawodników piłki nożnej

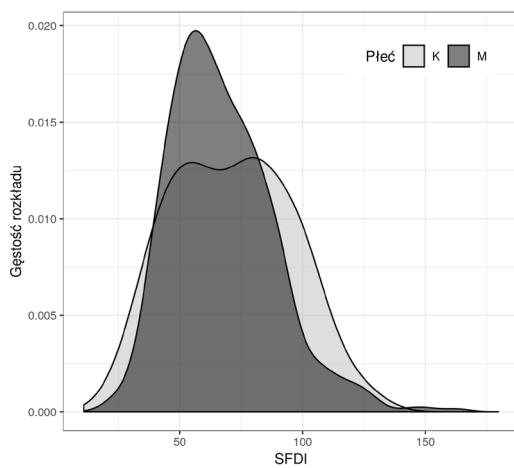
| Wskaźniki | Zawodniczki<br>N = 46 | Zawodnicy<br>N = 482 | <i>p-value</i> |
|-----------|-----------------------|----------------------|----------------|
|           | Me [Q1; Q3]           |                      |                |
| SFI       | 33,55 [27,79; 39,06]  | 22,15 [17,86; 28,22] | 0,000          |
| SBFI      | 66,86 [57,69; 73,33]  | 37,79 [31,17; 47,33] | 0,000          |
| SFDI      | 80,81 [61,72; 97,70]  | 63,41 [50,62; 78,95] | 0,000          |



Rycina 20. Rozkład wartości wskaźnika SFI u zawodniczek i zawodników piłki nożnej



Rycina 21. Rozkład wartości wskaźnika SBFI u zawodniczek i zawodników piłki nożnej



Rycina 22. Rozkład wartości wskaźnika SFDI u zawodniczek i zawodników piłki nożnej

Również wartości średnie wskaźników otłuszczenia względnego SFI i SBFI potwierdziły większą relatywną zawartość podskórnej tkanki tłuszczowej u piłkarek. Zawodniczki miały więcej podskórnej tkanki tłuszczowej zarówno w odniesieniu do masy, jak i wysokości ciała (tab. 69).

Wartości wskaźnika dystrybucji podskórnej tkanki tłuszczowej (SFDI) wskazują, że zawodniczki piłki nożnej charakteryzowały się bardziej zrównoważonym otłuszczeniem podskórnym na tułowie i kończynach – różnica pomiędzy otłuszczeniem podskórnym tych segmentów wynosiła około 20%. Zawodnicy mieli o blisko 40% mniejsze otłuszczenie podskórne na kończynach (tab. 69). Pomimo tak dużych różnic dymorficznych warto zauważyć, że wykresy rozkładu dla wszystkich trzech wskaźników otłuszczenia podskórnego miały dużą część wspólną dla kobiet i mężczyzn (ryc. 20–22), zwłaszcza w przypadku wskaźnika SFDI.

#### 4.4.1.3. Skład tkankowy ciała

Wszystkie analizowane składniki tkankowe, z wyjątkiem masy komórkowej (BCM), były u osób uprawiających piłkę nożną silnie dymorficzne (tab. 70). Piłkarki charakteryzowały się większą o mniej więcej 7% zawartością tłuszczu ogólnego w masie ciała, zawodnicy natomiast większą zawartością masy beztłuszczowej, w tym większą o 7% zawartością masy mięśniowej, a także korzystniejszymi warunkami uwodnienia organizmu (zaobserwowano większą o 5% zawartość wody całkowitej niż u piłkarek). Proporcje zawartości wody wewnątrzkomórkowej do wody zewnątrzkomórkowej u zawodników wynosiły 60:40, a u zawodniczek 58:42.

Tabela 70. Skład tkankowy ciała zawodniczek i zawodników piłki nożnej mierzony metodą BIA

| Składniki<br>tkankowe [%] | Zawodniczki<br>N = 46 | Zawodnicy<br>N = 482 | p-value |
|---------------------------|-----------------------|----------------------|---------|
|                           | $\bar{x} \pm SD$      |                      |         |
| FM                        | 27,23 ± 4,94          | 19,77 ± 4,19         | 0,000   |
| FFM                       | 72,77 ± 4,94          | 80,23 ± 4,19         | 0,000   |
| TBW                       | 53,28 ± 3,62          | 58,73 ± 3,06         | 0,000   |
| ECW                       | 42,08 ± 3,35          | 39,49 ± 3,64         | 0,000   |
| ICW                       | 57,92 ± 3,35          | 60,51 ± 3,64         | 0,000   |
| BCM                       | 57,42 ± 8,34          | 59,24 ± 8,27         | 0,223   |
| MM                        | 50,81 ± 7,39          | 57,52 ± 7,96         | 0,000   |

#### 4.4.2. Budowa somatyczna i wzorzec otłuszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników piłki nożnej w zależności od ich poziomu sportowego

##### 4.4.2.1. Charakterystyka antropometryczna badanych

Wartości średnie masy oraz wysokości ciała (tab. 71, 72) mężczyzn wyraźnie zależały od ich poziomu sportowego – profesjonalści zdecydowanie dominowali pod tym względem nad pozostałymi zawodnikami (tab. 72). Zawodniczki, bez względu na poziom sportowy, charakteryzowały się podobną średnią masy ciała (tab. 71) oraz podobną średnią wysokości ciała (tab. 73). Masywność budowy osób uprawiających piłkę nożną, wyrażona wskaźnikiem BMI, pozostawała jedynie pod wpływem dymorfizmu płciowego, nie zmieniała się w zależności od poziomu wytrenowania badanych (tab. 74, 75). W grupie piłkarek nożnych żadna z analizowanych cech antropometrycznych nie była związana z poziomem sportowym, natomiast wśród piłkarzy pod względem wysokości ciała oraz innych badanych cech antropometrycznych dominowali zawodnicy wysokiej klasy (tab. 72). Profesjonalści odznaczali się dłuższymi kończynami dolnymi i górnymi oraz dłuższym tułowiem, większą rozpiętością ramion, szerszymi barkami, większymi wymiarami klatki piersiowej, większymi obwodami tułowia i kończyn, masywniejszym szkieletem kończyn górnych i dolnych, dłuższą stopą (tab. 72). Wyjątek stanowiły: długość ramienia, długość ręki, szerokość bioder, szerokość stopy oraz obwód podudzia; cechy te przyjmowały podobne wartości we wszystkich trzech grupach zawodników (tab. 72). Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. XVI, XVII).

U badanych obojga płci nie wykazano związku między dystrybucją tłuszczu na wysokości talii i bioder a poziomem sportowym. Odnotowano jedynie różnice dymorficzne. We wszystkich trzech grupach piłkarzy nożnych obwód pasa stanowił 81–82% obwodu bioder (tab. 74), natomiast w grupach kobiet było

Tabela 71. Masa ciała zawodniczek i zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy

| Masa ciała<br>[kg] | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                      |                      | <i>p-value</i> |
|--------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
|                    | niski                         | średni               | wysoki               |                |
|                    | <i>N</i> = 7                  | <i>N</i> = 10        | <i>N</i> = 29        |                |
| Zawodniczki        | 58,00 [53,00; 62,00]          | 57,75 [50,10; 64,00] | 62,00 [58,00; 63,50] | 0,208          |
|                    | <i>N</i> = 205                | <i>N</i> = 207       | <i>N</i> = 68        |                |
| Zawodnicy          | 74,00 [69,90; 79,10]          | 73,00 [68,10; 78,00] | 77,90 [72,25; 85,00] | 0,000          |

Tabela 72. Charakterystyka antropometryczna zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy

| Cechy antropometryczne [cm]                       | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                          |                         | <i>p-value</i> |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------|
|                                                   | niski<br><i>N</i> = 205              | średni<br><i>N</i> = 207 | wysoki<br><i>N</i> = 68 |                |
| <i>B-v</i>                                        | 178,47 ± 6,04                        | 178,10 ± 5,93            | 182,57 ± 6,72           | 0,000          |
| <i>B-sy</i>                                       | 93,07 ± 4,26                         | 93,07 ± 4,31             | 95,23 ± 4,71            | 0,001          |
| <i>B-tro</i>                                      | 93,78 ± 4,44                         | 93,87 ± 4,39             | 96,50 ± 4,79            | 0,000          |
| <i>sst-sy</i>                                     | 52,28 ± 3,18                         | 52,20 ± 2,90             | 53,36 ± 2,96            | 0,038          |
| <i>a-da<sub>III</sub></i>                         | 77,76 ± 3,59                         | 78,02 ± 3,55             | 79,17 ± 3,99            | 0,021          |
| <i>a-r</i>                                        | 33,73 ± 1,82                         | 33,96 ± 1,96             | 34,35 ± 1,96            | 0,141          |
| <i>r-sty</i>                                      | 25,24 ± 1,63                         | 25,31 ± 1,81             | 25,99 ± 1,52            | 0,012          |
| <i>sty-da<sub>III</sub></i>                       | 18,79 ± 1,30                         | 18,74 ± 1,23             | 18,95 ± 1,19            | 0,106          |
| <i>tro-ti</i>                                     | 46,34 ± 2,94                         | 46,25 ± 2,87             | 47,30 ± 3,21            | 0,045          |
| <i>B-ti</i>                                       | 47,44 ± 2,59                         | 47,61 ± 2,66             | 49,20 ± 3,24            | 0,000          |
| <i>da<sub>III</sub>-da<sub>III</sub></i>          | 180,84 ± 7,53                        | 180,45 ± 7,18            | 184,86 ± 7,83           | 0,000          |
| <i>a-a</i>                                        | 40,77 ± 2,08                         | 40,79 ± 1,95             | 41,71 ± 1,88            | 0,005          |
| <i>dl-dl</i>                                      | 45,91 ± 2,07                         | 45,87 ± 2,01             | 47,11 ± 2,02            | 0,000          |
| <i>thl-thl</i>                                    | 28,48 ± 1,79                         | 28,54 ± 1,62             | 29,14 ± 1,71            | 0,027          |
| <i>xi-ths</i>                                     | 19,77 ± 2,05                         | 19,76 ± 1,88             | 20,50 ± 1,96            | 0,017          |
| <i>ic-ic</i>                                      | 28,23 ± 1,82                         | 27,94 ± 1,73             | 28,37 ± 2,04            | 0,198          |
| <i>tro-tro</i>                                    | 32,22 ± 2,11                         | 32,02 ± 2,18             | 33,61 ± 1,77            | 0,000          |
| <i>cl-cm</i>                                      | 6,98 ± 0,43                          | 6,92 ± 0,36              | 7,08 ± 0,43             | 0,046          |
| <i>spr-spu</i>                                    | 5,73 ± 0,38                          | 5,69 ± 0,32              | 5,86 ± 0,36             | 0,006          |
| <i>epl-epm</i>                                    | 9,90 ± 0,51                          | 9,86 ± 0,53              | 10,09 ± 0,59            | 0,008          |
| <i>mlt-mlf</i>                                    | 7,59 ± 0,41                          | 7,58 ± 0,48              | 7,87 ± 0,64             | 0,000          |
| <i>pte-ap</i>                                     | 26,65 ± 1,80                         | 26,45 ± 1,31             | 27,12 ± 1,46            | 0,017          |
| <i>mtt-mtf</i>                                    | 10,01 ± 1,47                         | 9,88 ± 0,67              | 9,90 ± 0,76             | 0,667          |
| <i>mu-mr</i>                                      | 8,49 ± 0,47                          | 8,43 ± 0,47              | 8,66 ± 0,52             | 0,015          |
| Obwód klatki piersiowej w spoczynku ( <i>xi</i> ) | 87,55 ± 5,33                         | 86,67 ± 4,77             | 88,32 ± 4,86            | 0,034          |
| Obwód klatki piersiowej we wdechu ( <i>xi</i> )   | 93,64 ± 5,35                         | 92,86 ± 4,72             | 94,72 ± 4,78            | 0,016          |
| Obwód klatki piersiowej w wydechu ( <i>xi</i> )   | 84,96 ± 5,33                         | 84,47 ± 4,78             | 85,92 ± 4,69            | 0,116          |
| Ruchomość klatki                                  | 8,67 ± 2,40                          | 8,39 ± 2,32              | 8,84 ± 2,11             | 0,285          |
| Obwód pasa                                        | 79,97 ± 5,65                         | 78,82 ± 5,40             | 80,83 ± 4,74            | 0,021          |
| Obwód ramienia w spoczynku                        | 29,14 ± 2,20                         | 28,82 ± 2,35             | 30,07 ± 2,53            | 0,002          |
| Obwód ramienia w napięciu                         | 32,70 ± 2,37                         | 32,24 ± 2,44             | 33,20 ± 2,47            | 0,023          |
| Obwód przedramienia maksymalny                    | 27,21 ± 1,55                         | 26,71 ± 1,64             | 27,28 ± 2,16            | 0,011          |
| Obwód bioder                                      | 98,14 ± 5,42                         | 96,92 ± 4,69             | 98,82 ± 5,40            | 0,019          |
| Obwód uda maksymalny                              | 57,18 ± 3,49                         | 56,71 ± 3,52             | 58,45 ± 4,02            | 0,003          |
| Obwód podudzia maksymalny                         | 37,67 ± 2,18                         | 37,55 ± 2,49             | 38,04 ± 2,09            | 0,396          |

Tabela 73. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy

| Cechy antropometryczne [cm]                       | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                                                   | niski<br><i>N</i> = 7                | średni<br><i>N</i> = 10 | wysoki<br><i>N</i> = 29 |                |
| <i>B-v</i>                                        | 167,00 ± 5,59                        | 165,72 ± 5,80           | 166,35 ± 5,26           | 0,890          |
| <i>B-sy</i>                                       | 87,01 ± 3,48                         | 84,95 ± 2,70            | 85,83 ± 3,65            | 0,484          |
| <i>B-tro</i>                                      | 89,09 ± 4,29                         | 84,87 ± 2,90            | 86,50 ± 4,11            | 0,103          |
| <i>sst-sy</i>                                     | 49,00 ± 2,34                         | 49,61 ± 3,49            | 49,05 ± 4,00            | 0,912          |
| <i>a-da<sub>III</sub></i>                         | 72,34 ± 2,36                         | 72,26 ± 2,55            | 71,57 ± 3,99            | 0,800          |
| <i>a-r</i>                                        | 31,31 ± 1,11                         | 30,59 ± 2,93            | 31,21 ± 3,41            | 0,843          |
| <i>r-sty</i>                                      | 24,00 ± 2,05                         | 24,22 ± 2,55            | 23,31 ± 1,63            | 0,377          |
| <i>sty-da<sub>III</sub></i>                       | 17,03 ± 0,80                         | 17,45 ± 0,72            | 17,05 ± 1,53            | 0,690          |
| <i>tro-ti</i>                                     | 44,30 ± 3,30                         | 41,28 ± 3,03            | 42,44 ± 3,10            | 0,156          |
| <i>B-ti</i>                                       | 44,79 ± 2,54                         | 43,59 ± 1,58            | 44,06 ± 2,07            | 0,503          |
| <i>da<sub>III</sub>-da<sub>III</sub></i>          | 167,40 ± 5,03                        | 166,60 ± 5,27           | 165,29 ± 7,02           | 0,686          |
| <i>a-a</i>                                        | 36,63 ± 1,22                         | 36,71 ± 2,34            | 35,87 ± 2,12            | 0,444          |
| <i>dl-dl</i>                                      | 40,47 ± 0,94                         | 41,68 ± 1,56            | 41,35 ± 2,24            | 0,451          |
| <i>thl-thl</i>                                    | 25,36 ± 1,65                         | 25,45 ± 1,70            | 25,46 ± 1,79            | 0,990          |
| <i>xi-ths</i>                                     | 17,29 ± 0,71                         | 17,06 ± 1,40            | 17,58 ± 1,32            | 0,519          |
| <i>ic-ic</i>                                      | 28,13 ± 2,23                         | 27,25 ± 1,92            | 27,04 ± 1,46            | 0,320          |
| <i>tro-tro</i>                                    | 31,16 ± 1,63                         | 29,76 ± 2,39            | 31,26 ± 1,82            | 0,113          |
| <i>cl-cm</i>                                      | 6,11 ± 0,35                          | 6,12 ± 0,28             | 6,10 ± 0,31             | 0,988          |
| <i>spr-spu</i>                                    | 5,14 ± 0,25                          | 5,16 ± 0,26             | 5,01 ± 0,30             | 0,259          |
| <i>epl-epm</i>                                    | 8,83 ± 0,34                          | 9,10 ± 0,41             | 9,09 ± 0,52             | 0,407          |
| <i>mlt-mlf</i>                                    | 6,66 ± 0,40                          | 6,78 ± 0,36             | 6,72 ± 0,43             | 0,834          |
| <i>pte-ap</i>                                     | 23,99 ± 0,76                         | 23,96 ± 1,05            | 24,13 ± 0,88            | 0,850          |
| <i>mtt-mtf</i>                                    | 8,93 ± 0,31                          | 8,87 ± 0,61             | 8,99 ± 0,55             | 0,824          |
| <i>mu-mr</i>                                      | 7,74 ± 0,54                          | 7,69 ± 0,60             | 7,55 ± 0,29             | 0,426          |
| Obwód klatki piersiowej w spoczynku ( <i>xi</i> ) | 73,89 ± 3,63                         | 76,23 ± 5,22            | 77,96 ± 4,14            | 0,080          |
| Obwód klatki piersiowej we wdechu ( <i>xi</i> )   | 81,26 ± 3,58                         | 82,63 ± 4,86            | 83,45 ± 3,77            | 0,420          |
| Obwód klatki piersiowej w wydechu ( <i>xi</i> )   | 72,60 ± 3,88                         | 74,59 ± 5,68            | 75,43 ± 4,82            | 0,393          |
| Ruchomość klatki                                  | 8,66 ± 2,77                          | 8,04 ± 2,69             | 8,02 ± 2,67             | 0,849          |
| Obwód pasa                                        | 69,69 ± 5,23                         | 71,53 ± 8,81            | 71,92 ± 4,64            | 0,664          |
| Obwód ramienia w spoczynku                        | 25,24 ± 1,98                         | 26,30 ± 4,74            | 26,13 ± 2,04            | 0,718          |
| Obwód ramienia w napięciu                         | 27,81 ± 2,41                         | 27,40 ± 3,06            | 28,52 ± 2,36            | 0,449          |
| Obwód przedramienia maksymalny                    | 23,39 ± 1,34                         | 23,60 ± 1,74            | 23,66 ± 1,48            | 0,913          |
| Obwód bioder                                      | 96,21 ± 4,40                         | 93,72 ± 5,38            | 96,85 ± 5,83            | 0,316          |
| Obwód uda maksymalny                              | 54,89 ± 2,92                         | 54,18 ± 4,04            | 57,07 ± 4,56            | 0,141          |
| Obwód podudzia maksymalny                         | 34,16 ± 1,76                         | 35,56 ± 2,58            | 35,70 ± 1,87            | 0,200          |

Tabela 74. Wskaźniki budowy ciała zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki                | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                      |                      | <i>p-value</i> |
|--------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
|                          | niski<br>N = 205              | średni<br>N = 207    | wysoki<br>N = 68     |                |
| BMI [kg/m <sup>2</sup> ] | 23,27 [21,91; 24,55]          | 23,01 [21,86; 24,18] | 23,56 [22,49; 24,71] | 0,086          |
| WHR                      | 0,81 [0,78; 0,85]             | 0,81 [0,78; 0,84]    | 0,82 [0,79; 0,84]    | 0,645          |
| WHtR                     | 44,5 [42,6; 47,0]             | 44,0 [42,4; 45,9]    | 44,1 [42,3; 46,3]    | 0,184          |

Tabela 75. Wskaźniki budowy ciała zawodniczek piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki                | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                     |                     | <i>p-value</i> |
|--------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|----------------|
|                          | niski<br>N = 7                | średni<br>N = 10    | wysoki<br>N = 29    |                |
| BMI [kg/m <sup>2</sup> ] | 21,63 [18,50;23,09]           | 21,03 [19,41;22,95] | 21,87 [20,31;23,38] | 0,171          |
| WHR                      | 0,74 [0,69;0,75]              | 0,76 [0,70;0,77]    | 0,74 [0,71;0,77]    | 0,534          |
| WHtR                     | 40,6 [39,1;45,0]              | 43,0 [39,5;46,9]    | 43,2 [41,4;45,0]    | 0,563          |

to 74–76% (tab. 75). Również wartości wskaźnika WHtR pozostawały jedynie pod wpływem dymorfizmu płciowego, nie wiązały się z poziomem sportowym (tab. 74, 75). Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. XVII).

#### 4.4.2.2. Wielkość otluszczenia i dystrybucja tłuszczu podskórnego

W grupie kobiet uprawiających piłkę nożną nie zaobserwowano związku pomiędzy grubością fałdów skórno-tłuszczowych a poziomem sportowym (tab. 76). Inaczej było wśród piłkarzy – fałdy skórno-tłuszczowe na ramieniu (nad tricipsem i nad bicipsem), na podudziu, a także na brzuchu i pod dolnym kątem łopatki okazały się istotnie cieńsze u zawodników prezentujących wysoki poziom sportowy (tab. 76). Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. XVIII).

Obserwacja wzorca otluszczenia podskórnego na mapach fałdów skórno-tłuszczowych pozwoliła stwierdzić, że jest on bardzo podobny w grupach piłkarzy różniących się poziomem sportowym (ryc. 24). U piłkarzy kształty wykresów radarowych wskazywały na to, że wzorzec otluszczenia podskórnego jest związany z poziomem sportowym zawodników (ryc. 23). Pole powierzchni wykresu radarowego dla profesjonalistów było najmniejsze, co wskazuje na ich mniejsze otluszczenie podskórne w stosunku do zawodników prezentujących średni i niski poziom sportowy.

Tabela 76. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy

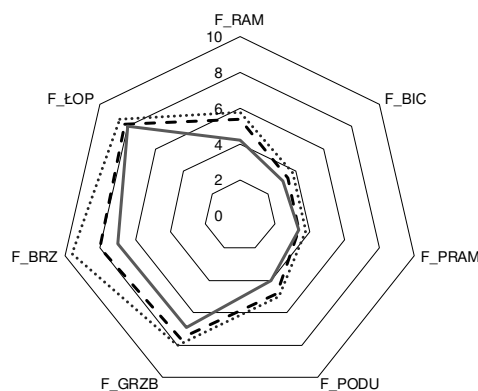
| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                          |                         | <i>p-value</i> |
|------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------|
|                              | niski<br><i>N</i> = 205       | średni<br><i>N</i> = 207 | wysoki<br><i>N</i> = 68 |                |
| Nad bicepsem                 | 3,80 [3,00; 4,40]             | 3,40 [3,00; 4,40]        | 3,10 [3,00; 3,80]       | 0,007          |
| Nad tricepsem                | 5,80 [4,00; 8,20]             | 5,40 [4,00; 7,80]        | 4,20 [3,80; 5,70]       | 0,001          |
| Na przedramieniu             | 3,80 [3,00; 4,40]             | 3,40 [3,00; 4,20]        | 3,40 [3,00; 4,00]       | 0,140          |
| Na podudziu                  | 5,00 [4,00; 6,80]             | 4,80 [4,00; 6,20]        | 4,00 [3,40; 5,10]       | 0,000          |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 8,60 [7,60; 10,40]            | 8,20 [7,20; 9,80]        | 8,00 [7,00; 9,00]       | 0,005          |
| Na brzuchu                   | 9,60 [7,00; 12,60]            | 8,00 [5,90; 12,20]       | 7,00 [6,00; 10,00]      | 0,000          |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 8,00 [5,80; 11,20]            | 7,60 [5,45; 11,00]       | 6,90 [5,50; 8,80]       | 0,116          |

Tabela 77. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy

| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                              | niski<br><i>N</i> = 7         | średni<br><i>N</i> = 10 | wysoki<br><i>N</i> = 29 |                |
| Nad bicepsem                 | 7,00 [6,40; 7,60]             | 5,60 [4,00; 6,00]       | 5,40 [5,00; 7,00]       | 0,307          |
| Nad tricepsem                | 10,40 [9,00; 13,00]           | 9,00 [6,60; 10,20]      | 10,40 [7,00; 13,40]     | 0,663          |
| Na przedramieniu             | 4,00 [3,10; 4,50]             | 4,10 [4,00; 4,40]       | 4,60 [4,00; 5,00]       | 0,286          |
| Na podudziu                  | 7,80 [4,70; 8,90]             | 6,70 [5,00; 8,60]       | 6,80 [5,20; 8,60]       | 0,901          |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 10,00 [8,50; 10,90]           | 9,00 [8,60; 11,00]      | 10,00 [9,00; 11,20]     | 0,844          |
| Na brzuchu                   | 12,40 [8,80; 17,50]           | 13,30 [10,20; 19,00]    | 12,80 [9,00; 14,60]     | 0,725          |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 12,00 [8,20; 15,70]           | 10,10 [8,00; 17,40]     | 11,20 [9,00; 14,00]     | 0,934          |

W celu zweryfikowania, które fałdy skórno-tłuszczowe w największym stopniu różniły zawodników grających na różnym poziomie sportowym obliczono współczynnik determinacji  $\eta^2$ . Jego wartości w grupie mężczyzn nie przekraczały 0,04, co oznacza, że maksymalnie 4% zmienności grubości fałdów skórno-tłuszczowych może być wyjaśnione przez poziom sportowy zawodników (tab. 78). Analizy współczynnika u kobiet potwierdziły brak istotnego związku grubości fałdów skórno-tłuszczowych z poziomem sportowym (tab. 78).

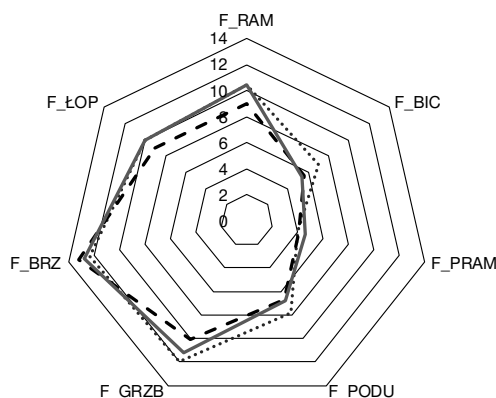
W przypadku piłkarzy nożnych relatywna wielkość odtuszczenia podskórnego była istotnie mniejsza u badanych na wyższym poziomie sportowym (tab. 79). Analizując wartości wskaźnika dystrybucji tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie (SFDI), zauważono, że była ona bardziej zrównoważona u zawodników



..... niski poziom sportowy    - - - - - średni poziom sportowy    ——— wysoki poziom sportowy

F\_RAM – fałd skórno-tłuszczowy nad tricepsem, F\_BIC – fałd skórno-tłuszczowy nad bicipsem, F\_PRAM – fałd skórno-tłuszczowy na przedramieniu, F\_PODU – fałd skórno-tłuszczowy na podudziu, F\_GRZB – fałd skórno-tłuszczowy nad grzebieniem biodrowym, F\_BRZ – fałd skórno-tłuszczowy na brzuchu, F\_ŁOP – fałd skórno-tłuszczowy pod dolnym kątem łopatki

Rycina 23. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodników piłki nożnej. Skala podana w mm



..... niski poziom sportowy    - - - - - średni poziom sportowy    ——— wysoki poziom sportowy

F\_RAM – fałd skórno-tłuszczowy nad tricepsem, F\_BIC – fałd skórno-tłuszczowy nad bicipsem, F\_PRAM – fałd skórno-tłuszczowy na przedramieniu, F\_PODU – fałd skórno-tłuszczowy na podudziu, F\_GRZB – fałd skórno-tłuszczowy nad grzebieniem biodrowym, F\_BRZ – fałd skórno-tłuszczowy na brzuchu, F\_ŁOP – fałd skórno-tłuszczowy pod dolnym kątem łopatki

Rycina 24. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek piłki nożnej. Skala podana w mm

na niskim i średnim poziomie wyszkolenia, natomiast profesjonaliści charakteryzowali się prawie o połowę mniejszym otłuszczeniem kończyn w stosunku do tułowia (tab. 79). Wielkość otłuszczenia oceniana na podstawie wskaźników otłuszczenia podskórnego (SFI, SBFI), a także dystrybucja tłuszczu podskórnego na kończynach i na tułowiu (SFDI) nie różniły piłkarek (tab. 80).

Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. XVIII).

Tabela 78. Miara siły efektu poziomu sportowego dla zmienności fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników piłki nożnej

| Fałdy skórno-tłuszczowe [mm] | Zawodniczki<br>N = 46 |                | Zawodnicy<br>N = 480 |                |
|------------------------------|-----------------------|----------------|----------------------|----------------|
|                              | $\eta^2$              | <i>p-value</i> | $\eta^2$             | <i>p-value</i> |
| Nad bicepsem                 | 0,12                  | 0,389          | 0,03                 | 0,027          |
| Nad tricepsem                | 0,00                  | 0,924          | 0,03                 | 0,002          |
| Na przedramieniu             | 0,06                  | 0,248          | 0,00                 | 0,348          |
| Na podudziu                  | 0,00                  | 0,958          | 0,04                 | 0,000          |
| Pod dolnym kątem łopatki     | 0,01                  | 0,842          | 0,02                 | 0,013          |
| Na brzuchu                   | 0,04                  | 0,396          | 0,04                 | 0,000          |
| Nad grzebieniem biodrowym    | 0,00                  | 0,953          | 0,01                 | 0,089          |

Tabela 79. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                      |                      | <i>p-value</i> |
|-----------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
|           | niski<br>N = 205              | średni<br>N = 207    | wysoki<br>N = 68     |                |
| SFI       | 23,70 [18,64; 29,48]          | 22,16 [17,76; 27,90] | 19,06 [16,63; 22,25] | 0,000          |
| SBFI      | 40,26 [32,91; 49,28]          | 37,84 [31,65; 47,56] | 31,54 [26,62; 37,94] | 0,000          |
| SFDI      | 64,00 [52,38; 77,97]          | 65,15 [50,00; 80,00] | 56,61 [47,67; 71,87] | 0,056          |

Tabela 80. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodniczek piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy

| Wskaźniki | Poziom sportowy (Me [Q1; Q3]) |                      |                      | <i>p-value</i> |
|-----------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
|           | niski<br>N = 7                | średni<br>N = 10     | wysoki<br>N = 29     |                |
| SFI       | 32,19 [26,15; 42,68]          | 31,39 [29,38; 37,02] | 34,59 [27,74; 39,01] | 0,987          |
| SBFI      | 62,76 [58,41; 83,58]          | 66,87 [62,19; 73,39] | 67,30 [56,45; 72,40] | 0,827          |
| SFDI      | 76,36 [64,88; 91,37]          | 75,92 [58,71; 90,70] | 81,44 [62,96; 97,92] | 0,721          |

#### 4.4.2.3. Skład tkankowy ciała

W grupie piłkarzy nożnych zaobserwowano istotny związek zawartości tłuszczu ogólnego w masie ciała oraz uwodnienia organizmu z poziomem sportowym (tab. 81). Zawodnicy prezentujący wysoki poziom wytrenowania cechowali się najmniejszą zawartością tłuszczu w masie ciała oraz największą zawartością wody w organizmie.

Skład tkankowy ciała piłkarek nożnych, w tym zawartość procentowa tłuszczu w masie ciała, nie wiązał się z poziomem sportowym (tab. 82).

Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. XIX).

#### 4.4.3. Budowa somatyczna zawodniczek i zawodników piłki nożnej w grupach różniących się wielkością otłuszczenia podskórnego

Za pomocą analizy skupień metodą *k*-średnich wyodrębniono 3 skupienia zawodników oraz 3 skupienia zawodniczek istotnie różniących się od siebie otłuszczeniem podskórnym. Skupienia osób o małym, średnim i dużym otłuszczeniu podskórnym utworzono na podstawie bezwzględnej i względnej ilości tłuszczu podskórnego (suma fałdów skórno-tłuszczowych, wskaźniki SFI i SBFI). Badani w powstałych skupieniach nie różnili się istotnie pod względem stażu treningowego, który wynosił średnio u mężczyzn 9–10 lat, a u kobiet 7–8 lat.

Tabela 81. Skład tkankowy zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy

| Składniki tkankowe [%] | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                          |                         | <i>p-value</i> |
|------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------|
|                        | niski<br><i>N</i> = 205              | średni<br><i>N</i> = 207 | wysoki<br><i>N</i> = 68 |                |
| FM                     | 20,54 ± 4,26                         | 19,16 ± 3,91             | 18,60 ± 4,12            | 0,000          |
| FFM                    | 79,46 ± 4,26                         | 80,84 ± 3,91             | 81,40 ± 4,12            | 0,000          |
| TBW                    | 58,17 ± 3,12                         | 59,17 ± 2,86             | 59,59 ± 3,01            | 0,001          |
| ECW                    | 39,40 ± 3,94                         | 39,30 ± 3,53             | 40,24 ± 2,73            | 0,225          |
| ICW                    | 60,58 ± 3,94                         | 60,71 ± 3,53             | 59,76 ± 2,73            | 0,225          |
| BCM                    | 59,11 ± 9,39                         | 59,95 ± 7,50             | 57,99 ± 5,32            | 0,302          |
| MM                     | 56,81 ± 8,66                         | 58,60 ± 7,51             | 57,31 ± 6,07            | 0,119          |

Tabela 82. Skład tkankowy zawodniczek piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy

| Składniki tkankowe [%] | Poziom sportowy ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                         |                         | <i>p-value</i> |
|------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                        | niski<br><i>N</i> = 7                | średni<br><i>N</i> = 10 | wysoki<br><i>N</i> = 29 |                |
| FM                     | 25,89 ± 6,24                         | 25,80 ± 3,79            | 28,01 ± 4,77            | 0,495          |
| FFM                    | 74,11 ± 6,24                         | 74,20 ± 3,79            | 71,99 ± 4,77            | 0,495          |
| TBW                    | 54,26 ± 4,58                         | 54,32 ± 2,76            | 52,70 ± 3,50            | 0,497          |
| ECW                    | 40,89 ± 4,96                         | 42,06 ± 5,02            | 42,48 ± 2,20            | 0,566          |
| ICW                    | 59,11 ± 4,96                         | 57,94 ± 5,02            | 57,52 ± 2,20            | 0,566          |
| BCM                    | 58,10 ± 3,50                         | 56,90 ± 2,50            | 56,50 ± 2,50            | 0,755          |
| MM                     | 53,43 ± 11,05                        | 52,06 ± 7,45            | 49,64 ± 5,96            | 0,476          |

Do skupienia mężczyzn o najmniejszym otłuszczeniu podskórnym – charakteryzujących się najcieńszymi fałdami skórno-tłuszczowymi oraz najniższymi wartościami wskaźników SBFI (średnio 31,9) i SFI (średnio 18,3) – zakwalifikowano zawodników lżejszych, jednak o największej procentowej zawartości masy mięśniowej (tab. 83). Byli to piłkarze, którzy mieli jednocześnie najmniejsze otłuszczenie okolic talii, zarówno w stosunku do bioder, jak i wysokości ciała, oraz najniższą ogólną zawartość tłuszczu (18,3%). W ich somatotypie zdecydowanie dominowała mezomorfia. Cechował ich też niski poziom endomorfii i średni poziom ektomorfii (tab. 83).

Piłkarze w skupieniu o średnim otłuszczeniu podskórnym – średnia grubość fałdów skórno-tłuszczowych, a także średnie wartości wskaźników SBFI (46,7) i SFI (27,7) – różnili się od mężczyzn z pierwszego skupienia jedynie niektórymi cechami otłuszczenia i umięśnienia. Różnice te przejawiały się w wyższej o 3% ogólnej zawartości tłuszczu i niższej o 4% zawartości mięśni w masie ciała (tab. 83). Względne otłuszczenie okolic talii było u nich podobne do obserwowanego w skupieniu pierwszym. W przeciętnym somatotypie odnotowano średnio rozwiniętą endomorfie oraz nieco bardziej niż u piłkarzy z poprzedniego skupienia rozwiniętą mezomorfie, co dowodzi, że zawodnicy o średnim otłuszczeniu byli masywniejsi (tab. 83).

Skupienie mężczyzn, u których zaobserwowano największe otłuszczenie podskórne, czyli najgrubsze fałdy skórno-tłuszczowe i najwyższe wartości wskaźników SBFI i SFI (ponad dwukrotnie wyższe niż w grupie najszczuplejszych zawodników), składało się z najcięższych osób, które miały jednocześnie największy obwód talii w stosunku do bioder i do wysokości ciała oraz największą procentową zawartość tłuszczu (22,5%), ale najmniejszą zawartość mięśni (54,7%). Pod względem somatotypu byli to mężczyźni najbardziej masywni (niski poziom ektomorfii), z najbardziej – w stosunku do badanych z pozostałych skupień – rozwiniętą endomorfie, ale również dobrze rozwiniętą mezomorfie (tab. 83).

Piłkarze w skupieniach o różnej wielkości otłuszczenia podskórnego nie różnili się wysokością ciała, masywnością szkieletu ani dystrybucją otłuszczenia podskórnego na kończynach i tułowie (tab. 83). Wyniki testów porównań wielokrotnych dla wyżej opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. XX).

U mężczyzn zaobserwowano wyraźną współzależność między wielkością otłuszczenia podskórnego a poziomem sportowym (tab. 84). Wśród zawodników prezentujących niski poziom wyszkolenia piłkarzy o dużym otłuszczeniu podskórnym było dwukrotnie więcej niż wśród profesjonalistów. Ponadto  $\frac{3}{4}$  grupy zawodników o wysokich kwalifikacjach stanowili mężczyźni charakteryzujący się małym otłuszczeniem podskórnym (tab. 84).

U zawodniczek piłki nożnej, tak samo jak u mężczyzn uprawiających tę dyscyplinę, małe otłuszczenie podskórne – określone najniższymi wśród kobiet

Tabela 83. Charakterystyka antropometryczna zawodników piłki nożnej w skupieniach o różnym poziomie otłuszczenia podskórnego

| Cechy               | Otłuszczenie podskórne ( $\bar{x} \pm SD$ oraz Me [Q1; Q3]) |                           |                       | <i>p-value</i> |
|---------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------|
|                     | małe<br><i>N</i> = 266                                      | średnie<br><i>N</i> = 167 | duże<br><i>N</i> = 49 |                |
| SFI                 | 18,29 [16,27; 20,26]                                        | 27,66 [24,97; 30,35]      | 40,00 [36,18; 45,04]  | 0,000          |
| SBFI                | 31,87 [28,14; 35,00]                                        | 46,71 [42,05; 50,69]      | 64,41 [59,28; 70,22]  | 0,000          |
| Suma fałdów [mm]    | 32,80 [29,40; 36,80]                                        | 49,40 [44,80; 54,20]      | 71,40 [63,80; 81,60]  | 0,000          |
| <i>B-v</i> [cm]     | 179,34 $\pm$ 6,22                                           | 178,69 $\pm$ 6,14         | 177,33 $\pm$ 6,67     | 0,101          |
| Masa ciała [kg]     | 73,35 [68,00; 78,00]                                        | 74,80 [70,60; 80,00]      | 77,00 [70,40; 83,00]  | 0,000          |
| <i>cl-cm</i> [cm]   | 6,97 $\pm$ 0,39                                             | 6,99 $\pm$ 0,42           | 6,88 $\pm$ 0,42       | 0,246          |
| <i>epl-epm</i> [cm] | 9,89 $\pm$ 0,51                                             | 9,90 $\pm$ 0,53           | 10,03 $\pm$ 0,68      | 0,230          |
| WHR                 | 0,81 [0,78; 0,84]                                           | 0,81 [0,78; 0,84]         | 0,84 [0,81; 0,87]     | 0,000          |
| WHtR                | 43,40 [41,75; 45,05]                                        | 44,94 [43,19; 46,99]      | 48,04 [44,83; 50,43]  | 0,000          |
| SFDI                | 62,77 [52,24; 76,25]                                        | 66,90 [49,62; 84,95]      | 56,74 [46,98; 80,95]  | 0,164          |
| FM [%]              | 18,34 $\pm$ 3,71                                            | 21,16 $\pm$ 3,92          | 22,51 $\pm$ 4,63      | 0,000          |
| MM [%]              | 59,52 $\pm$ 7,62                                            | 55,21 $\pm$ 8,00          | 54,72 $\pm$ 6,71      | 0,000          |
| Somatotyp           | 1,7 – 4,8 – 2,8                                             | 2,7 – 5,1 – 2,4           | 3,9 – 5,4 – 1,9       | 0,000          |

wartościami wskaźników SBFI (57,0) i SFI (27,5) oraz najmniejszą sumą fałdów skórno-tłuszczowych – współwystępowało z małą masą ciała oraz małym otłuszczeniem okolic talii względem wysokości ciała (tab. 86). Zawodniczki tego skupienia charakteryzowały się niskim poziomem endomorfii i średnim poziomem mezomorfii. Poziom rozwoju ektomorfii (smukłości) był największy spośród wszystkich skupień (tab. 85).

Piłkarki o średnim otłuszczeniu podskórnym, cechujące się średnimi wartościami wskaźnika otłuszczenia podskórnego SFI (36,7) i SBFI (71,9) oraz średnią grubością fałdów skórno-tłuszczowych, odznaczały się większą masą ciała niż zawodniczki pierwszego skupienia. Podobne wartości średnie masy ciała pojawiały się u piłkarek najbardziej otłuszczonych (tab. 85). Zawodniczki

Tabela 84. Analiza frekwencji w grupach zawodników piłki nożnej różniących się poziomem sportowym i wielkością otłuszczenia podskórnego

| Poziom sportowy | Otłuszczenie podskórne                    |                           |                       | <i>p-value</i> |
|-----------------|-------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------|
|                 | małe<br><i>N</i> = 266                    | średnie<br><i>N</i> = 167 | duże<br><i>N</i> = 49 |                |
|                 | Częstość w kategoriach poziomu sportowego |                           |                       |                |
| Niski           | 46,8%                                     | 41,5%                     | 11,7%                 | 0,001          |
| Średni          | 57,5%                                     | 32,8%                     | 9,7%                  |                |
| Wysoki          | 75,0%                                     | 19,1%                     | 5,9%                  |                |

z drugiego skupienia wyróżniały się też średnim obwodem talii w stosunku do wysokości ciała, średnim poziomem rozwoju endomorfii oraz ektomorfii, a także nieco wyższym poziomem mezomorfii niż zawodniczki najszczuplejsze.

Skupienie piłkarek nożnych o największym otłuszczeniu podskórnym, charakteryzujących się najwyższymi wartościami wskaźników otłuszczenia podskórnego SFI (51,3) i SBFI (93,1) oraz najgrubszą podściółką tłuszczową, składało się z kobiet najcięższych i o największym otłuszczeniu talii w stosunku do wysokości ciała (tab. 85). Zawodniczki te cechowały się wyższym niż w dwóch poprzednich skupieniach poziomem endomorfii, równie wysokim poziomem mezomorfii i dużą masywnością budowy ciała (tab. 85).

Choć u zawodniczek nie udało się wykazać istotnego związku wielkości otłuszczenia podskórnego z wysokością ciała, masywnością szkieletu czy składem tkankowym ciała szacowanym metodą BIA, to zaobserwowano, że piłkarki najszczuplejsze były nieco niższe od zawodniczek o najgrubszej podściółce tłuszczowej, miały od nich nieco smuklejszy szkielet i niższą zawartość tłuszczu oraz mięśni w masie ciała. Również średnie wartości wskaźnika dystrybucji tłuszczu podskórnego (SFDI) okazały się u szczuplejszych i bardziej otłuszczonych kobiet inne. U zawodniczek o małym i średnim otłuszczeniem podskórnym zaobserwowano większą różnicę w dystrybucji tłuszczu na kończynach i tułowie, natomiast u zawodniczek o najgrubszej podściółce tłuszczowej otłuszczenie kończyn i tułowia było bardziej równomierne. Wyniki testów porównań wielokrotnych dla opisanych analiz zamieszczono w aneksie (tab. XX).

Tabela 85. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek piłki nożnej w skupieniach o różnym poziomie otłuszczenia podskórnego

| Cechy               | Otłuszczenie podskórne ( $\bar{x} \pm SD$ oraz Me [Q1; Q3]) |                          |                       | <i>p-value</i> |
|---------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|
|                     | małe<br><i>N</i> = 20                                       | średnie<br><i>N</i> = 20 | duże<br><i>N</i> = 6  |                |
| SFI                 | 27,49 [24,04; 29,80]                                        | 36,75 [34,19; 39,59]     | 51,28 [49,63; 58,03]  | 0,000          |
| SBFI                | 57,04 [50,33; 62,18]                                        | 71,94 [67,72; 73,36]     | 93,08 [90,97; 96,71]  | 0,000          |
| Suma fałdów [mm]    | 45,60 [40,40; 48,80]                                        | 61,40 [55,90; 66,50]     | 86,50 [81,00; 95,40]  | 0,000          |
| <i>B-v</i> [cm]     | 165,87 $\pm$ 5,02                                           | 166,69 $\pm$ 5,96        | 166,55 $\pm$ 4,71     | 0,885          |
| Masa ciała [kg]     | 57,05 [51,75; 58,50]                                        | 63,00 [58,10; 64,75]     | 63,75 [62,00; 73,00]  | 0,001          |
| <i>cl-cm</i> [cm]   | 6,12 $\pm$ 0,25                                             | 6,07 $\pm$ 0,35          | 6,20 $\pm$ 0,33       | 0,648          |
| <i>epl-epm</i> [cm] | 8,96 $\pm$ 0,44                                             | 9,03 $\pm$ 0,45          | 9,42 $\pm$ 0,54       | 0,113          |
| WHR                 | 0,75 [0,71; 0,76]                                           | 0,73 [0,71; 0,77]        | 0,71 [0,69; 0,76]     | 0,638          |
| WHtR                | 41,34 [39,56; 43,43]                                        | 43,81 [42,31; 45,83]     | 45,02 [42,78; 47,79]  | 0,018          |
| SFDI                | 80,24 [59,20; 97,81]                                        | 75,18 [60,21; 93,46]     | 91,32 [85,03; 100,67] | 0,277          |
| FM [%]              | 25,37 $\pm$ 4,69                                            | 28,71 $\pm$ 3,51         | 28,94 $\pm$ 7,59      | 0,142          |
| MM [%]              | 50,77 $\pm$ 6,96                                            | 49,93 $\pm$ 7,64         | 53,20 $\pm$ 9,12      | 0,716          |
| Somatotyp           | 2,6 – 3,7 – 3,2                                             | 3,6 – 4,1 – 2,7          | 5,0 – 5,2 – 1,6       | 0,005          |

Tabela 86. Analiza frekwencji w grupach zawodniczek piłki nożnej różniących się poziomem sportowym i wielkością otluszczenia podskórnego

| Poziom sportowy | Otluszczenie podskórne ( $\bar{x} \pm SD$ ) |                          |                      | <i>p-value</i> |
|-----------------|---------------------------------------------|--------------------------|----------------------|----------------|
|                 | małe<br><i>N</i> = 20                       | średnie<br><i>N</i> = 20 | duże<br><i>N</i> = 6 |                |
|                 | Częstość w kategoriach poziomu sportowego   |                          |                      |                |
| Niski           | 57,1%                                       | 14,3%                    | 28,6%                | 0,477          |
| Średni          | 40,0%                                       | 50,0%                    | 10,0%                |                |
| Wysoki          | 41,4%                                       | 48,3%                    | 10,3%                |                |

Analiza frekwencji przeprowadzona w skupieniach zawodniczek nie pozwalała na stwierdzenie, że wielkość otluszczenia podskórnego była związana z poziomem sportowym badanych (tab. 86). Wynik ten koresponduje z opisanymi wyżej wynikami testów nieparametrycznych dla fałdów skórno-tłuszczowych oraz wskaźników otluszczenia podskórnego.

#### 4.4.4. Podsumowanie

W grupie osób uprawiających piłkę nożną różnice dymorficzne uwidoczniły się prawie we wszystkich analizowanych cechach budowy ciała – w jego wielkości, proporcjach i składzie tkankowym. Piłkarze nożni byli średnio o 12,5 cm wyżsi oraz o 14 kg ciężsi od trenujących kobiet. Mieli dłuższy tułów, dłuższą kończynę górną i dolną, szerszy łokieć, nadgarstek, kolano oraz kostkę, a także dłuższą i szerszą rękę i stopę. Rozpiętość ramion okazała się średnio o 15 cm większa niż u piłkarek. Zawodnicy charakteryzowali się także większą o mniej więcej 5 cm szerokością barków i szerszą oraz głębszą klatką piersiową. Mniejsze różnice dymorficzne zaobserwowano w szerokości bioder oraz szerokości międzykrętarzowej. Piłkarze dominowali nad swoimi koleżankami również w wielkości obwodów ciała (klatka piersiowa, pas, biodra, kończyny). Odznaczali się większymi wartościami wskaźników BMI, WHR i WHtR, co oznacza, że byli masywniejsi od kobiet i mieli szerszą talię w stosunku do bioder, a także w stosunku do wysokości ciała. Przeciętny somatotyp piłkarzy nożnych to 2,3 – 4,9 – 2,6, a piłkarek to 3,3 – 4,1 – 2,6.

Analizując mapy otluszczenia podskórnego piłkarek i piłkarzy nożnych, można stwierdzić, że pole powierzchni wykresu dla kobiet jest znacznie większe, z powodu grubszych fałdów skórno-tłuszczowych. Dominacja kobiet była szczególnie widoczna w przypadku fałdów skórno-tłuszczowych na ramieniu, na brzuchu i nad grzebieniem biodrowym. Zawodniczki dominowały także pod względem ogólnej zawartości tłuszczu, miały go więcej o 7% w porównaniu z mężczyznami. Piłkarze charakteryzowali się natomiast większą o 7% zawar-

tością mięśni i korzystniejszymi warunkami uwodnienia. Również wartości średnie wskaźników otluszczenia podskórnego wskazują na większą zawartość podskórnej tkanki tłuszczowej u kobiet. Zawodniczki miały więcej podskórnej tkanki tłuszczowej zarówno w odniesieniu do masy ciała (SBFI), jak i wysokości ciała (SFI). Charakteryzowały się bardziej zrównoważoną niż piłkarze dystrybucją tłuszczu podskórnego na tułowie i kończynach (SFDI). Różnica pomiędzy otluszczeniem podskórnym tułowia i kończyn wynosiła u nich około 20%, u zawodników odnotowano prawie o 40% mniejsze otluszczenie podskórne na kończynach niż na tułowie.

Wysokość i masa ciała zawodników były istotnie związane z ich kwalifikacjami, natomiast u kobiet takiej zależności nie zaobserwowano. Piłkarze prezentujący wysoki poziom sportowy byli najwyżsi i najciężsi, jednak nie odstawali od zawodników niższej klasy pod względem masywności budowy ocenianej wskaźnikiem BMI. Ponadto prawie wszystkie analizowane cechy budowy ciała różniły się istotnie w grupach mężczyzn o różnym poziomie sportowym. Profesjonalni zawodnicy charakteryzowali się dłuższymi kończynami dolnymi i górnymi oraz dłuższym tułowiem, większą rozpiętością ramion, szerszymi barkami, większymi wymiarami klatki piersiowej, większymi obwodami tułowia i kończyn, masywniejszym szkieletem kończyn górnych i dolnych, dłuższą stopą. U piłkarek żadna z analizowanych cech antropometrycznych nie była związana z poziomem sportowym. Dystrybucja tłuszczu na wysokości talii i bioder (WHR), podobnie jak stosunek obwodu talii do wysokości ciała (WHtR), pozostawały jedynie pod wpływem dymorfizmu płciowego i nie zależały od poziomu sportowego.

Grubość podskórnej tkanki tłuszczowej, jak też ogólna zawartość tłuszczu w masie ciała u mężczyzn uprawiających piłkę nożną wyraźnie zależała od poziomu sportowego. Fałdy skórno-tłuszczowe były najcieńsze u zawodników prezentujących wysoki poziom sportowy, co doskonale uwidoczniono się również w najmniejszym polu wykresu radarowego na mapie otluszczenia. Relatywna wielkość otluszczenia podskórnego (SFI, SBFI) także różnicowała zawodników w zależności od poziomu ich wytrenowania, co dodatkowo dowodzi, że ich wzorzec otluszczenia był zależny od poziomu sportowego. Dystrybucja tłuszczu podskórnego na kończynach i na tułowie (SFDI) u zawodników niższych klas okazała się bardziej zrównoważona, natomiast profesjonalści charakteryzowali się o połowę mniejszym otluszczeniem kończyn w stosunku do otluszczenia tułowia. Piłkarki nożne nie różniły się pod względem rozwoju i dystrybucji podskórnej tkanki tłuszczowej.

Poziom sportowy u piłkarzy nożnych wiązał się także z zawartością mięśni i uwodnieniem organizmu. Zawodników o najwyższych kwalifikacjach cechowała największa procentowa zawartość mięśni, byli też oni najlepiej uwodnieni. Nie wykazano związku między składem tkankowym ciała, w tym zawartością procentową tłuszczu w masie ciała, a poziomem sportowym piłkarek nożnych.

#### 4.5. PORÓWNANIE WZORCA OTŁUSZCZENIA POMIĘDZY DYSCYPLINAMI

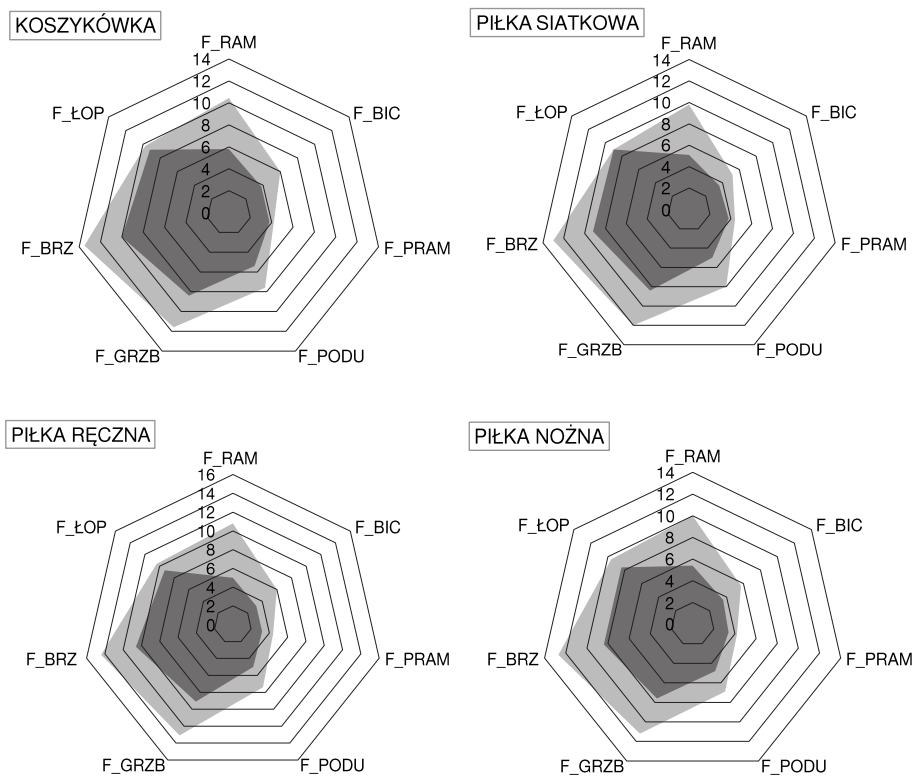
Porównania wzorca otłuszczenia pomiędzy dyscyplinami dokonano na podstawie map otłuszczenia, a także analiz statystycznych, w których uwzględniono grubości fałdów skórno-tłuszczowych, wskaźniki otłuszczenia podskórnego (SFI, SBFI, SFDI) oraz ogólną zawartość tłuszczu w masie ciała mierzoną metodą BIA. Ogólny kształt wykresów radarowych odzwierciedlających otłuszczenie podskórne był podobny u zawodniczek różnych gier zespołowych (ryc. 25), a także w grupach zawodników poszczególnych dyscyplin (ryc. 25). Warto w tym miejscu przypomnieć, że mapy otłuszczenia dla piłkarek ręcznych oraz nożnych przyjmowały podobny kształt bez względu na ich poziom sportowy. W grupie koszykarek i siatkarek u zawodniczek prezentujących wysoki poziom sportowy uzyskano mniejsze pole powierzchni wykresu radarowego fałdów (por. ryc. 6, 12). W przypadku zawodników koszykówki wykresy radarowe fałdów skórno-tłuszczowych również były podobne bez względu na poziom sportowy (por. ryc. 5). U profesjonalnych siatkarzy, piłkarzy nożnych oraz ręcznych pole wykresu okazało się mniejsze niż u zawodników niższych klas (por. ryc. 11, 17, 23). W bezpośrednim porównaniu map otłuszczenia w grupach jednopłciowych wykazano, że u zawodników poszczególnych dyscyplin podściółka tłuszczowa na kończynach była podobna, ale różnili się oni wyraźniej otłuszczeniem podskórnym tułowia (ryc. 26). Wśród zawodniczek zaobserwowano taką samą tendencję, jednak różnice w otłuszczeniu podskórnym tułowia w porównaniach obejmujących dyscypliny były mniejsze (ryc. 27).

Dokładniejsza analiza zawodników piłki nożnej, siatkowej, ręcznej i koszykówki pozwoliła wskazać pewne różnice w otłuszczeniu podskórnym (tab. 87). Fałdy skórno-tłuszczowe na ramieniu, nad tricepsem i nad bicepsem były najcieńsze u piłkarzy ręcznych, a najgrubsze u koszykarzy. Zawodnicy piłki siatkowej i nożnej charakteryzowali się pośrednią grubością otłuszczenia ramienia. Piłkarze ręczni mieli dodatkowo najslabiej rozwinięte otłuszczenie przedramienia (tab. 87). Grubość fałdu skórno-tłuszczowego na przedramieniu u koszykarzy i siatkarzy była największa, a u piłkarzy nożnych pośrednia. Zawodnicy koszykówki odznaczali się także najgrubszą podściółką tłuszczową na podudziu, która u piłkarzy nożnych była najmniejsza, a pośrednia u siatkarzy i piłkarzy ręcznych. Pod względem otłuszczenia podskórnego tułowia zdecydowanie dominowali piłkarze ręczni; najmniejsze wartości tej cechy odnotowano u piłkarzy nożnych (tab. 88).

Największą grubość fałdu skórno-tłuszczowego pod dolnym kątem łopatki zaobserwowano u piłkarzy ręcznych i koszykarzy, a najmniejsze otłuszczenie w tym miejscu mieli piłkarze nożni. Najgrubsze fałdy skórno-tłuszczowe nad grzebieniem biodrowym oraz na brzuchu stwierdzono u piłkarzy ręcznych,

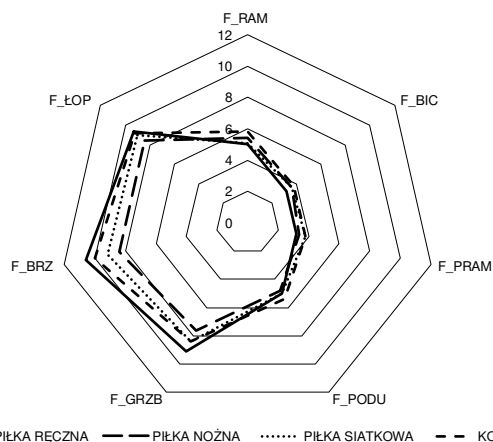
a najcieńsze u piłkarzy nożnych. Koszykarze i siatkarze charakteryzowali się średnim otłuszczeniem podskórnym okolic talii i brzucha (tab. 87). Szczegółowe wyniki porównań wielokrotnych pomiędzy poszczególnymi grupami zawodników znajdują się w aneksie (tab. XXI).

Zarówno względna zawartość podskórnej tkanki tłuszczowej (SFI i SBFI), jak i ogólna procentowa zawartość tłuszczu mierzona metodą BIA nie różniły istotnie zawodników poszczególnych dyscyplin (tab. 88). Różnił ich natomiast sposób dystrybucji tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie (SFDI). U piłkarzy ręcznych i siatkarzy zaobserwowano większą różnicę w otłuszczeniu kończyn i tułowia – otłuszczenie podskórne kończyn stanowiło u nich 56–58% otłuszczenia tułowia. U piłkarzy nożnych i koszykarzy dystrybucja tłuszczu była bardziej zrównoważona – otłuszczenie kończyn wynosiło 63–64% otłusz-



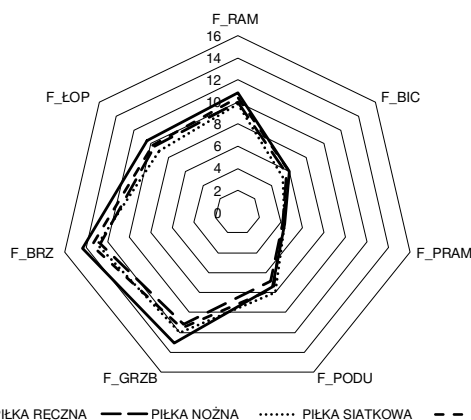
F\_RAM – fałd skórno-tłuszczowy nad tricepsem, F\_BIC – fałd skórno-tłuszczowy nad bicipsem, F\_PRAM – fałd skórno-tłuszczowy na przedramieniu, F\_PODU – fałd skórno-tłuszczowy na podudziu, F\_GRZB – fałd skórno-tłuszczowy nad grzebieniem biodrowym, F\_BRZ – fałd skórno-tłuszczowy na brzuchu, F\_ŁOP – fałd skórno-tłuszczowy pod dolnym kątem łopatki

Rycina 25. Mapy otłuszczenia podskórnego zawodniczek (jasny szary) i zawodników (ciemny szary) zespołowych gier sportowych. Skala podana w mm



F\_RAM – fałd skórno-tłuszczowy nad tricepsem, F\_BIC – fałd skórno-tłuszczowy nad bicipsem, F\_PRAM – fałd skórno-tłuszczowy na przedramieniu, F\_PODU – fałd skórno-tłuszczowy na podudziu, F\_GRZB – fałd skórno-tłuszczowy nad grzebieniem biodrowym, F\_BRZ – fałd skórno-tłuszczowy na brzuchu, F\_ŁOP – fałd skórno-tłuszczowy pod dolnym kątem łopaty

Rycina 26. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodników uprawiających zespołowe gry sportowe. Skala podana w mm



F\_RAM – fałd skórno-tłuszczowy nad tricepsem, F\_BIC – fałd skórno-tłuszczowy nad bicipsem, F\_PRAM – fałd skórno-tłuszczowy na przedramieniu, F\_PODU – fałd skórno-tłuszczowy na podudziu, F\_GRZB – fałd skórno-tłuszczowy nad grzebieniem biodrowym, F\_BRZ – fałd skórno-tłuszczowy na brzuchu, F\_ŁOP – fałd skórno-tłuszczowy pod dolnym kątem łopaty

Rycina 27. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek uprawiających zespołowe gry sportowe. Skala podana w mm

czenia tułowia. Szczegółowe wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy poszczególnymi grupami zawodników oraz zawodniczek zamieszczono w aneksie (tab. XXII).

W analizach statystycznych przeprowadzonych w grupach zawodniczek nie wykazano istotnych różnic pod względem grubości poszczególnych fałdów skórno-tłuszczowych (tab. 89). Względna zawartość podskórnej tkanki tłuszczowej (SFI i SBFI) i ogólna zawartość procentowa tłuszczu, były podobne

Tabela 87. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodników poszczególnych dyscyplin

| Fałdy skórno-<br>tłuszczowe<br>[mm] | Koszykówka<br>N = 280  | Piłka siatkowa<br>N = 128 | Piłka ręczna<br>N = 120 | Piłka nożna<br>N = 482 | <i>p-value</i> |
|-------------------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|----------------|
| Me [Q1; Q3]                         |                        |                           |                         |                        |                |
| Nad bicepsem                        | 3,80<br>[3,00; 5,00]   | 3,60<br>[3,00; 5,00]      | 3,20<br>[3,00; 4,00]    | 3,60<br>[3,00; 4,20]   | 0,027          |
| Nad tricepsem                       | 5,80<br>[4,20; 8,00]   | 5,10<br>[3,90; 7,40]      | 5,00<br>[4,00; 7,00]    | 5,40<br>[4,00; 8,00]   | 0,017          |
| Na przedramieniu                    | 3,80<br>[3,20; 4,20]   | 3,80<br>[3,20; 4,40]      | 3,20<br>[2,80; 4,00]    | 3,40<br>[3,00; 4,20]   | 0,000          |
| Na podudziu                         | 5,40<br>[4,20; 7,20]   | 5,00<br>[4,00; 7,20]      | 5,00<br>[3,80; 6,50]    | 4,80<br>[4,00; 6,20]   | 0,001          |
| Pod dolnym<br>kątem łopatki         | 9,20<br>[8,00; 11,20]  | 9,00<br>[7,80; 11,00]     | 9,30<br>[8,00; 11,70]   | 8,40<br>[7,20; 10,00]  | 0,000          |
| Na brzuchu                          | 10,00<br>[7,20; 14,00] | 9,20<br>[7,00; 13,50]     | 10,60<br>[7,30; 14,60]  | 8,40<br>[6,20; 12,00]  | 0,000          |
| Nad grzebieniem<br>biodrowym        | 8,40<br>[6,00; 12,40]  | 8,40<br>[6,40; 11,00]     | 9,10<br>[6,50; 14,00]   | 7,60<br>[5,80; 11,00]  | 0,000          |

Tabela 88. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego oraz zawartość procentowa tłuszczu u zawodników poszczególnych dyscyplin

| Wskaźniki       | Koszykówka<br>N = 280   | Piłka siatkowa<br>N = 128 | Piłka ręczna<br>N = 120 | Piłka nożna<br>N = 482  | <i>p-value</i> |
|-----------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
| Me [Q1; Q3]     |                         |                           |                         |                         |                |
| SFI             | 24,35<br>[18,89; 29,90] | 22,64<br>[19,16; 29,46]   | 23,76<br>[19,08; 31,10] | 22,15<br>[17,86; 28,22] | 0,064          |
| SBFI            | 38,63<br>[31,88; 47,69] | 36,82<br>[31,76; 48,97]   | 35,56<br>[30,19; 46,54] | 37,79<br>[31,17; 47,33] | 0,179          |
| SFDI            | 64,12<br>[51,01; 75,81] | 58,21<br>[49,44; 76,87]   | 56,08<br>[40,85; 71,63] | 63,41<br>[50,62; 78,95] | 0,000          |
| Skład ciała [%] | $\bar{x} \pm SD$        |                           |                         |                         |                |
| FM              | 19,65 $\pm$ 4,67        | 20,06 $\pm$ 4,59          | 18,99 $\pm$ 4,55        | 19,77 $\pm$ 4,19        | 0,323          |

(tab. 90). Duże podobieństwo między badanymi przedstawicielkami gier zespołowych stwierdzono także w odniesieniu do dystrybucji tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie (tab. 90).

Warto jednak zwrócić uwagę, że gdy uwzględni się jednocześnie wszystkie analizowane cechy otłuszczenia, można zaobserwować, że niektóre grupy zawodników i zawodniczek, szczególnie prezentujące wysoki poziom sportowy, cechują się swoistym wzorcem otłuszczenia.

Tabela 89. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek poszczególnych dyscyplin

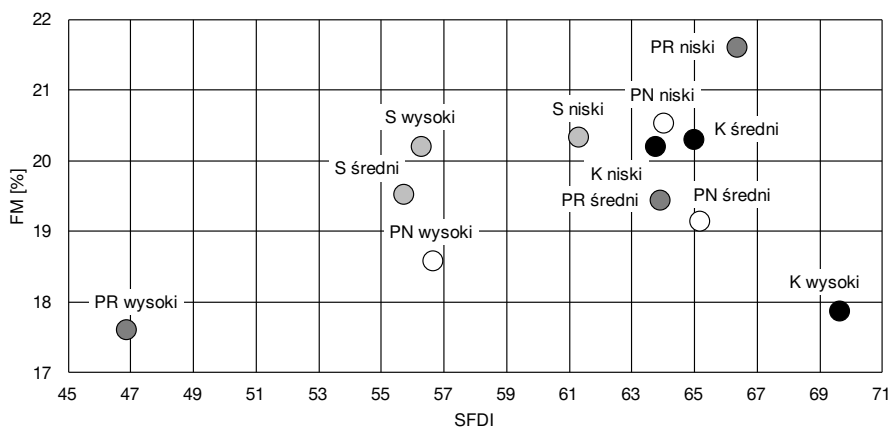
| Fałdy skórno-<br>-tłuszczowe<br>[mm] | Koszykówka<br>N = 106   | Piłka siatkowa<br>N = 158 | Piłka ręczna<br>N = 87  | Piłka nożna<br>N = 46  | p-value |
|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|---------|
|                                      | Me [Q1; Q3]             |                           |                         |                        |         |
| Nad bicipsem                         | 6,00<br>[4,70; 7,90]    | 5,20<br>[4,10; 7,20]      | 6,00<br>[5,20; 7,60]    | 5,70<br>[5,00; 7,00]   | 0,146   |
| Nad tricipsem                        | 10,45<br>[8,00; 12,00]  | 9,80<br>[7,30; 12,00]     | 10,80<br>[8,30; 14,10]  | 10,00<br>[7,00; 13,00] | 0,172   |
| Na przedramieniu                     | 4,20<br>[3,60; 5,20]    | 4,40<br>[3,70; 5,40]      | 4,40<br>[3,80; 5,40]    | 4,20<br>[3,80; 5,00]   | 0,864   |
| Na podudziu                          | 7,60<br>[6,00; 9,80]    | 8,00<br>[5,80; 10,00]     | 7,40<br>[6,20; 9,40]    | 6,90<br>[5,20; 8,60]   | 0,259   |
| Pod dolnym<br>kątem łopatki          | 9,75<br>[8,00; 12,00]   | 9,00<br>[8,00; 11,70]     | 10,40<br>[8,40; 13,00]  | 9,60<br>[8,60; 11,20]  | 0,206   |
| Na brzuchu                           | 13,50<br>[10,20; 17,20] | 13,00<br>[10,20; 16,50]   | 14,40<br>[11,00; 17,20] | 12,70<br>[9,00; 16,00] | 0,303   |
| Nad grzebieniem<br>biodrowym         | 11,60<br>[9,00; 15,60]  | 12,00<br>[9,00; 15,90]    | 13,10<br>[10,20; 17,00] | 11,20<br>[8,60; 15,20] | 0,256   |

Tabela 90. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego oraz zawartość procentowa tłuszczu u zawodniczek poszczególnych dyscyplin

| Wskaźniki       | Koszykówka               | Piłka siatkowa          | Piłka ręczna            | Piłka nożna             | <i>p-value</i> |
|-----------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                 | <i>N</i> = 106           | <i>N</i> = 158          | <i>N</i> = 87           | <i>N</i> = 46           |                |
|                 | Me [Q1; Q3]              |                         |                         |                         |                |
| SFI             | 33,05<br>[27,68; 41,94]  | 32,93<br>[27,29; 39,25] | 37,63<br>[30,49; 42,32] | 33,55<br>[27,79; 39,06] | 0,211          |
| SBFI            | 68,71<br>[55,08; 79,83]  | 64,45<br>[54,00; 75,37] | 67,92<br>[58,11; 79,31] | 66,86<br>[57,69; 73,33] | 0,585          |
| SFDI            | 81,60<br>[67,00; 101,09] | 79,68<br>[67,89; 93,33] | 79,10<br>[63,42; 94,04] | 80,81<br>[61,72; 97,70] | 0,698          |
| Skład ciała [%] | $\bar{x} \pm SD$         |                         |                         |                         |                |
| FM              | 27,71 ± 3,75             | 27,34 ± 4,24            | 29,22 ± 4,85            | 27,23 ± 4,94            | 0,144          |

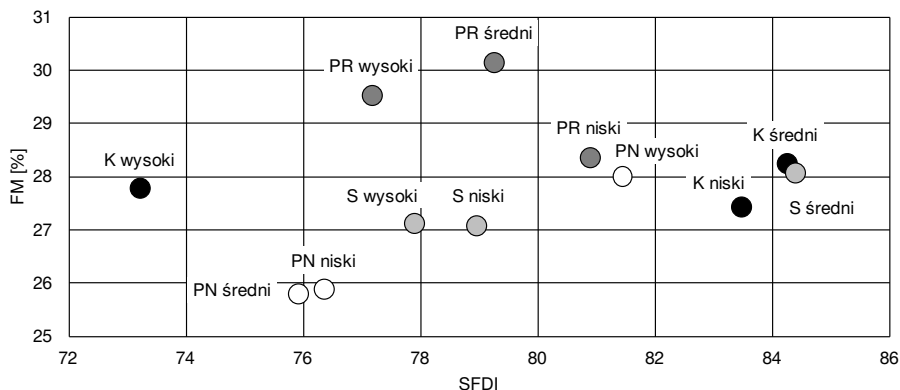
U zawodników i zawodniczek zespołowych gier sportowych dokonano oceny dystrybucji podskórnej tkanki tłuszczowej na kończynach i tułowiu (SFDI) na tle wielkości otłuszczenia całkowitego (ryc. 28, 29) i otłuszczenia podskórnego (ryc. 30, 31) w zależności od poziomu sportowego badanych. Oceniono także wielkość otłuszczenia podskórnego na tle ogólnej zawartości tłuszczu w masie ciała w grupach podzielonych ze względu na płeć, dyscyplinę i poziom sportowy (ryc. 32, 33). Profesjonalni piłkarze nożni i piłkarze ręczni charaktery-

zowali się najmniejszą spośród wszystkich grup zawodników procentową zawartością tłuszczu i najcieńszą podściółką tłuszczową w stosunku do swojej masy ciała (ryc. 32). Grupy te różniły się między sobą dystrybucją tłuszczu podskórnego. U piłkarzy ręcznych otłuszczenie kończyn było silnie zredukowane w stosunku do otłuszczenia tułowia, u piłkarzy nożnych również zaobserwowano różnicę między podściółką na kończynach i na tułowie, ale różnica ta była nieco mniejsza niż u reprezentantów piłki ręcznej (ryc. 28).



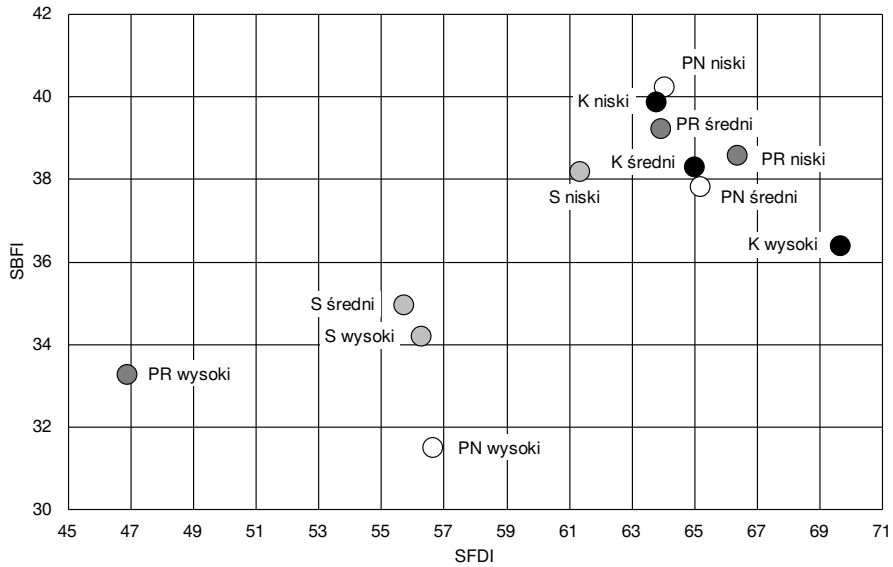
PR – piłka ręczna, PN – piłka nożna, S – piłka siatkowa, K – koszykówka

Rycina 28. Dystrybucja podskórnej tkanki tłuszczowej (SFDI) w relacji do ogólnej zawartości tłuszczu (FM) w grupach zawodników na różnym poziomie sportowym



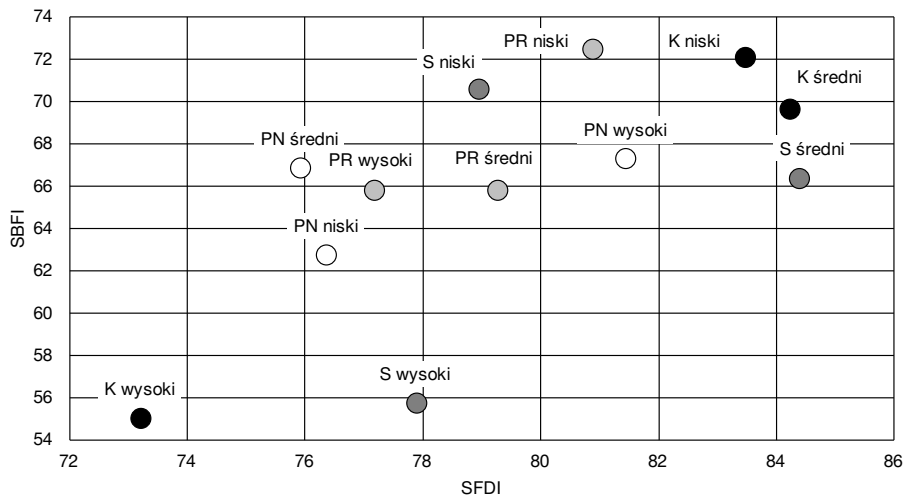
PR – piłka ręczna, PN – piłka nożna, S – piłka siatkowa, K – koszykówka

Rycina 29. Dystrybucja podskórnej tkanki tłuszczowej (SFDI) w relacji do ogólnej zawartości tłuszczu (FM) w grupach zawodniczek na różnym poziomie sportowym



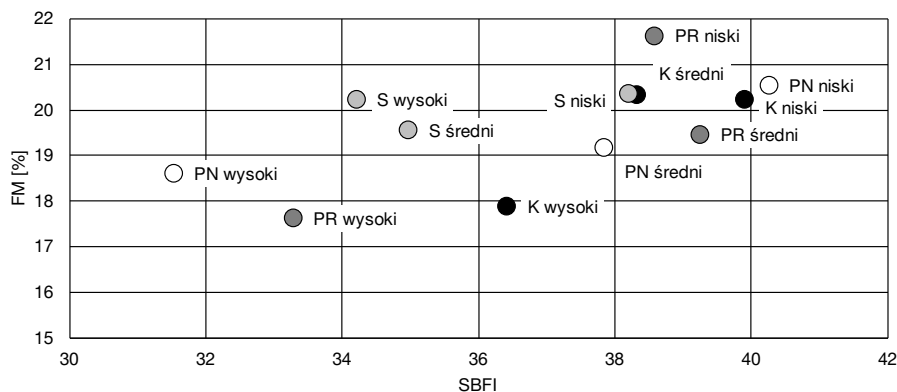
PR – piłka ręczna, PN – piłka nożna, S – piłka siatkowa, K – koszykówka

Rycina 30. Dystrybucja podskórnej tkanki tłuszczowej (SFDI) w relacji do względnej zawartości tłuszczu podskórnego (SBFI) w grupach zawodników na różnym poziomie sportowym



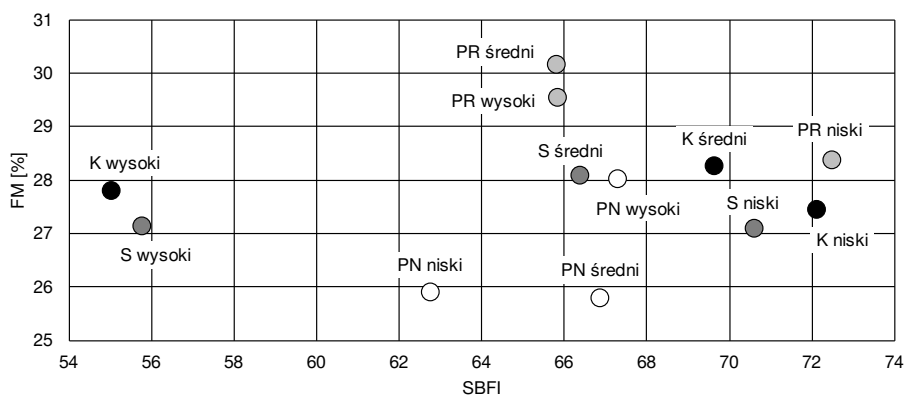
PR – piłka ręczna, PN – piłka nożna, S – piłka siatkowa, K – koszykówka

Rycina 31. Dystrybucja podskórnej tkanki tłuszczowej (SFDI) w relacji do względnej zawartości tłuszczu podskórnego (SBFI) w grupach zawodniczek na różnym poziomie sportowym



PR – piłka ręczna, PN – piłka nożna, S – piłka siatkowa, K – koszykówka

Rycina 32. Względna zawartość tłuszczu podskórnego (SBFI) w relacji do ogólnej zawartości tłuszczu (FM) w grupach zawodników na różnym poziomie sportowym



PR – piłka ręczna, PN – piłka nożna, S – piłka siatkowa, K – koszykówka

Rycina 33. Względna zawartość tłuszczu podskórnego (SBFI) w relacji do ogólnej zawartości tłuszczu (FM) w grupach zawodniczek na różnym poziomie sportowym

Niska zawartość procentowa tłuszczu ogólnego cechowała też profesjonalnych koszykarzy, jednak relatywna grubość ich podściółki tłuszczowej była większa niż u profesjonalnych zawodników innych gier zespołowych, a porównywalna do graczy prezentujący średni poziom sportowy (ryc. 32). Jednocześnie odnotowano u nich najbardziej zrównoważoną dystrybucję tłuszczu podskórnego spośród wszystkich grup zawodników (porównywalną do obserwowanej u kobiet) – najlepiej rozwinięte otłuszczenie podskórne kończyn w stosunku do tułowia (ryc. 28).

U siatkarzy zauważono odwrotną tendencję – zawodnicy prezentujący wysoki poziom sportowy mieli relatywnie mało podskórnej tkanki tłuszczowej

(niewiele więcej od profesjonalnych piłkarzy nożnych i ręcznych) przy dużej zawartości procentowej tłuszczu w masie ciała, porównywalnej do zawodników na średnim i niskim poziomie wytrenowania (ryc. 32). Cechowała ich podobna do obserwowanej u profesjonalnych piłkarzy nożnych dystrybucja tłuszczu podskórnego (ryc. 28). W analizie wykresów wykazano, że zawodnicy o najniższych kwalifikacjach byli najbardziej otłuszczeni i mieli dość dobrze rozwinięte otłuszczenie kończyn w stosunku do tułowia.

Wśród zawodniczek nie zaobserwowano tak wyraźnych różnic w otłuszczeniu jak w przypadku zawodników. Na podstawie analizy wykresów można stwierdzić, że najmniejszą ogólną zawartością tłuszczu odznaczały się piłkarki nożne (ryc. 29). Wprawdzie zawodniczki tej dyscypliny prezentujące wysoki poziom sportowy były zaskakująco mocno otłuszczone, jednak trudno taki wynik interpretować ze względu na małą liczebność zawodniczek piłki nożnej. Średnią zawartością tłuszczu w masie ciała charakteryzowały się siatkarki i koszykarki, przy czym w obu dyscyplinach profesjonalne zawodniczki uzyskały niższe wartości wskaźnika dystrybucji tłuszczu podskórnego, czyli miały słabiej rozwiniętą podściółkę tłuszczową na kończynach w stosunku do tułowia (ryc. 29).

Największą procentową zawartość tłuszczu ogólnego w masie ciała odnotowano u piłkarek ręcznych i także w tej grupie profesjonalistki cechował słabszy rozwój otłuszczenia kończyn w stosunku do tułowia (ryc. 29). Pod względem wielkości otłuszczenia podskórnego w stosunku do masy ciała piłkarki ręczne nie odstawały już tak od przedstawicielek innych dyscyplin (ryc. 31). Najniższą względną zawartością podskórnej tkanki tłuszczowej charakteryzowały się koszykarki i siatkarki grające na wysokim poziomie sportowym (ryc. 31).

Uwzględniając zatem jednocześnie procentową zawartość tłuszczu w masie ciała, relatywną wielkość otłuszczenia podskórnego oraz dystrybucję tłuszczu na kończynach i tułowie, można stwierdzić, że zawodnicy zespołowych gier sportowych prezentujący różny poziom wyszkolenia cechowali się odmiennym wzorcem otłuszczenia. W grupach zawodniczek nie zaobserwowano tak wyraźnych tendencji jak u zawodników, jednak niektóre grupy, np. profesjonalne koszykarki i siatkarki, przyjmowały specyficzny, odmienny od innych, wzorec otłuszczenia. Choć wartości analizowanych cech otłuszczenia w tych grupach były często niższe i bardziej zbliżone do męskich niż u pozostałych zawodniczek, to różnice dymorficzne nadal pozostawały wyraźne.

## 5. DYSKUSJA

Budowa somatyczna badanych zawodniczek i zawodników zespołowych gier sportowych nie odbiegała od znanego już wzorca charakterystycznego dla danej dyscypliny, zwłaszcza gdy uwzględnia się zawodników prezentujących najwyższy poziom sportowy (Pietraszewska 1998, Bayios i in. 2006, Popovic i in. 2013, Muratovic i in. 2014). Koszykarze są najwyższymi i najbardziej masywnymi graczami. Średnia wysokości ciała badanych koszykarzy wynosiła 186,2 cm i była zbliżona do opisywanej przez Pietraszewską (1998) oraz Gryko i in. (2018). Koszykarze prezentujący wysoki poziom sportowy byli wyżsi (190,4 cm), ale nie dorównywali pod tym względem profesjonalnym zawodnikom tureckim (Köklü i in. 2011), serbskim (Stojanovic i in. 2012, Popovic i in. 2013), czarnogórskim (Muratovic i in. 2014) czy greckim (Gerodimos i in. 2005), co może wynikać ze zróżnicowania międzypopulacyjnego w zakresie wielkości ciała (Bjelica i in. 2012). Nieco niżsi od badanych koszykarzy, przy podobnych relacjach wagowo-wzrostowych, byli siatkarze (185,3 cm w całej grupie; 186,4 cm wśród zawodników na wysokim poziomie sportowym). Średnia wysokości ciała siatkarzy uzyskana przez innych badaczy była bardzo zróżnicowana, m.in. z powodu różnego pochodzenia etnicznego i różnego, nie zawsze dokładnie zdefiniowanego, poziomu sportowego graczy (Pietraszewska 1998, Newton i in. 1999, Đurković i Maleric 2014, Pietraszewska i in. 2016, Toselli i Campa 2017). Polscy siatkarze grający w sezonie 2017/2018 w Pluslidze cechowali się większą od uzyskanej w badaniach własnych wysokością ciała – 194–198 cm ([www.siatka.org](http://www.siatka.org)); nie podano jednak metody pomiaru tej cechy. Badani piłkarze ręczni charakteryzowali się pośrednią wysokością ciała, w porównaniu z innymi graczami zespołowych gier sportowych (183,9 cm w całej grupie; 185,3 cm wśród zawodników na wysokim poziomie sportowym), mieli natomiast największy stosunek masy do wysokości ciała. W literaturze przedmiotu można odnaleźć dane świadczące o tym, że zróżnicowanie wysokości ciała piłkarzy ręcznych było duże (Pietraszewska 1998, Muratovic i in. 2014, Massuça i Fragoso 2015, Burdukiewicz i in. 2016), a zawodnicy o najwyższych kwalifikacjach osiągnęli wysokość ciała zbliżoną do siatkarzy (Ghobadi i in. 2013), co potwierdziło się także w niniejszej pracy. Badani piłkarze nożni byli najniżsi i jednocześnie najsmuklejsi, charakteryzowali się też najmniejszym otluszczeniem ciała. Ich średnia wysokości ciała, wynosząca 178,9 cm, była równa średniej populacyjnej (Kułaga i in. 2011). Podobną budowę ciała piłkarzy nożnych odnotowano w wielu publikacjach, dotyczyło to zarówno zawodników krajowych (Pietraszewska 1998), jak i zagranicznych, m.in. z Francji (Cometti i in. 2001), Serbii (Nikolaïdis i Karydis 2011), Chorwacji (Sporis i in. 2009), Macedonii (Nikolic i in. 2014), Peru (Cossio-Bolanos i in. 2012) i Turcji (Hazir 2010). Pojawiały się co prawda informacje o większych wartościach wysokości ciała u amerykań-

skich (Hencken i White 2006, Oliver i in. 2012), a także polskich graczy (Pietraszewska i in. 2019), jednak sami autorzy przyznawali, że badane grupy były nieliczne i wieloetniczne.

Wysokość ciała badanych piłkarzy nożnych wiązała się istotnie z ich poziomem sportowym. Profesjonalni zawodnicy osiągalili wysokość ciała zbliżoną do piłkarzy ręcznych (182,6 cm), co potwierdzili też Popovic i in. (2013). Pietraszewska (1998), stosując metodę odległości Mahalanobisa i uwzględniając wiele wymiarów ciała, wykazała, że najbardziej zbliżoną do siebie budowę somatyczną mieli piłkarze ręczni i siatkarze, nieco inaczej od nich zbudowani byli koszykarze, a najbardziej odbiegali pod tym względem piłkarze nożni. Wielkość zróżnicowania zależała w dużej mierze od poziomu sportowego zawodników i była wyrazem selekcji morfologicznej, w której rozwój cech wysokościowych ma inne znaczenie w każdej z omawianych dyscyplin.

U badanych zawodniczek zespołowych gier sportowych zróżnicowanie podstawowych cech somatycznych przebiegało nieco inaczej niż u zawodników. Koszykarki nie były najwyższe, co mogło wynikać z tego, że 60% nie posiadało klasy sportowej. Zawodniczki prezentujące wysoki poziom sportowy osiągały podobną wysokość ciała (174,7 cm) jak koszykarki australijskie i greckie (Carter i in. 2005, Bayios i in. 2006, Scanlan i in. 2012). Nieco wyższe od nich były zawodniczki polskie badane przez Pietraszewską (1998), a także zawodniczki amerykańskie (LaMonte i in. 1999), czeskie (Mala i in. 2015) i australijskie (Gaida i in. 2004). W analizach własnych najwyższe i jednocześnie najsmuklejsze okazały się siatkarki (172,4 cm w całej grupie; 178,9 cm wśród zawodniczek na wysokim poziomie sportowym). U profesjonalnych piłkarek ręcznych średnia wysokości ciała wynosiła 171,3 cm (170,2 cm w całej grupie). Zawodniczki tej dyscypliny były najmasywniejsze. Najniższe wśród badanych okazały się piłkarki nożne (166,3 cm wśród zawodniczek najlepiej wytrenowanych, a także w całej grupie). Podobne wyniki, dotyczące zróżnicowania budowy somatycznej zawodniczek gier zespołowych, otrzymali Bayios i in. (2006). Wysokość ciała badanych w niniejszej pracy siatkarek prezentujących wysoki poziom sportowy była taka sama lub nieco większa od opisywanej przez innych autorów (Pietraszewska 1998, Malousaris i in. 2008, Milanovic i in. 2011, Bozo i Lleshi 2012, Pietraszewska i in. 2015, Pastuszak i in. 2016). Profesjonalne siatkarki czeskie badane przez Mala i in. (2015), a także siatkarki reprezentacji kubańskiej (Carvajal i in. 2015) były wprawdzie wyższe, ale liczebność próby w tym wypadku była mała. Wartości dotyczące wysokości ciała badanych piłkarek ręcznych są zgodne z danymi Pietraszewskiej (1998), Milanese i in. (2011) oraz Vila i in. (2012), ale większe od obserwowanych u zawodniczek greckich i włoskich (Bayios i in. 2006, Cavedon i in. 2018) i mniejsze od wartości osiągniętych przez szczypiornistki brazylijskie (Pereira i in. 2018) i czeskie (Mala i in. 2015). Badane piłkarki nożne miały wysokość ciała podobną do zawodniczek duńskich

(Krustrup i in. 2005), czeskich (Mala i in. 2015), amerykańskich (Lockie i in. 2016) i nowozelandzkich (Manson i in. 2014), ale były nieco niższe od zawodniczek serbskich (Milanovic i in. 2012). Wysokość ciała piłkarek nożnych nie odbiegała od przeciętnej wysokości ciała kobiet nietreningujących (Can i in. 2004, Kułaga i in. 2010). Podobnie jak wśród zawodników płci męskiej, także u zawodniczek zauważono dużą zmienność podstawowych cech morfologicznych w obrębie poszczególnych dyscyplin. Lidor i Ziv (2010) zwrócili uwagę na takie zróżnicowanie u siatkarek, ale obserwuje się je również w innych grach zespołowych, m.in. w piłce ręcznej (Manchado i in. 2013). Zróżnicowanie wynika z wielu czynników, m.in. z uwarunkowań genetycznych, poziomu sportowego oraz warunków selekcji (Lidor i Ziv 2010). Odwołując się do wyników badań własnych oraz do danych zebranych przez Pietraszewską (1998), która w swoich porównaniach między dyscyplinami uwzględniła wiele cech antropometrycznych, można stwierdzić, że najbardziej zbliżone pod względem budowy somatycznej są koszykarki i piłkarki ręczne. Morfologia ciała siatkarek jest nieco odmienna. Pietraszewska (1998) nie analizowała wprawdzie piłkarek nożnych, ale z badań własnych wynika, że przedstawicielki tej dyscypliny najbardziej odbiegają pod względem budowy somatycznej od pozostałych zawodniczek gier zespołowych.

Różnice zaobserwowane pomiędzy reprezentantami poszczególnych dyscyplin były przede wszystkim efektem selekcji morfologicznej, a także ukierunkowanego treningu związanego ze specyfiką każdej dyscypliny. W procesie selekcji czynnik somatyczny odgrywa różną rolę, czego wyrazem jest zróżnicowanie wzorców morfologicznych pomiędzy dyscyplinami. W koszykówce punkty zdobywa się, wrzucając piłkę do kosza drużyny przeciwnej zawieszono-go na wysokości 3,05 m. Liczba zdobytych punktów jest uzależniona m.in. od celności rzutów i odległości, z jakiej są wykonywane ([www.plk.pl](http://www.plk.pl)). Takie zasady gry promują zawodników bardzo wysokich, z długimi kończynami, ponieważ mają oni większą szansę na zdobycie punktów. Gra w siatkówkę polega na odbijaniu piłki, a punkty zdobywa się na wiele różnych sposobów, m.in. gdy piłka przeleci nad siatką zawieszoną na wysokości 2,43 m dla mężczyzn i 2,24 m dla kobiet (górna krawędź siatki) i spadnie na połowę boiska drużyny przeciwnej ([www.pzps.pl](http://www.pzps.pl)). Podobnie jak w koszykówce, takie zasady gry wymuszają wybór osób wysokich. W piłce ręcznej i nożnej zawodnicy muszą trafiać do stojącej bramki, dlatego skuteczni mogą tu być również gracze o przeciętnej wysokości ciała ([www.zprp.pl](http://www.zprp.pl), [www.pzpn.pl](http://www.pzpn.pl)). Większa wysokość ciała daje zawodnikowi przewagę w zakresie zasięgu jego kończyn oraz w bezpośrednim starciu z przeciwnikiem, zwłaszcza kiedy ten jest niższy i ma krótsze kończyny, ponieważ ma mniejszą możliwość dosięgnięcia piłki. Z drugiej strony większa wysokość ciała wiąże się z większą masą ciała, przez co zostaje ograniczona zwinność, szybkość, a często także siła względna zawodnika (Osiński 2019). Proporcje dźwigni kostnych wraz z umięśnieniem

kończyn wpływają na szybkość działania gracza i jego możliwości siłowe (Naglak 2001).

Czynności ruchowe w grach zespołowych mają charakter acykliczny, występują tu częste zmiany położenia ciała, poszczególnych segmentów i położenia środka ciężkości. Dlatego skuteczność gry w dużym stopniu zależy od zachowania równowagi, a to z kolei jest uzależnione od wielkości pola podstawy i wysokości położenia środka ciężkości ciała. Pole podstawy powiększa się poprzez rozstawienie nóg, a ugięcie w stawach biodrowych, kolanowych i skokowych powoduje obniżenie środka ciężkości. Szerokie rozstawienie nóg ułatwia także nagłe zatrzymanie i wykonywanie szybkich obrotów ciała (Naglak 2001). Większe pole podstawy osiągają zawodnicy mający szersze biodra i większą szerokość międzykrętarzową, która często jest związana z większą wysokością ciała. Szczególnie szeroko rozstawione krętarze wykazano w badaniach własnych u profesjonalnych piłkarzy ręcznych i koszykarzy. Również profesjonalni siatkarze i piłkarze nożni mieli szerzej rozstawione krętarze niż zawodnicy o niższych kwalifikacjach, co sugeruje, że cecha ta jest korzystna dla osiągania wysokiego poziomu sportowego. U profesjonalnych koszykarzy i koszykarek dużej szerokości międzykrętarzowej towarzyszyły szerzej rozstawione talerze biodrowe. U zawodników innych badanych dyscyplin sportu szerokość bioder nie wiązała się tak wyraźnie z poziomem sportowym.

Stabilność poprawia dodatkowo masywniejsza dolna część tułowia i masywniejsze biodra, które są efektem zarówno wielkości szkieletu, umięśnienia, jak i otluszczenia tej części ciała. Największy obwód bioder zaobserwowano u piłkarzy ręcznych i koszykarzy na wysokim poziomie sportowym, przy czym nawet zawodnicy prezentujący średni i niski poziom cechowali się większym obwodem bioder niż piłkarze nożni i siatkarze. Wśród zawodniczek wyraźniej widoczne było powiązanie wymiarów obręczy biodrowej z wysokością ciała, gdyż największymi wymiarami (*ic-ic*, *tro-tro*, obwód bioder) charakteryzowały się profesjonalne siatkarki i koszykarki, które były jednocześnie najwyższymi zawodniczkami.

Naglak (2001) zwraca uwagę na to, że skuteczność działań w grach zespołowych jest często większa przy niżej położonym środku ciężkości ciała, co osiąga się przy ugiętych kończynach. Utrzymywanie takiej pozycji wymaga jednak dobrze rozwiniętego umięśnienia. W piłce ręcznej rzut do bramki z wyskoku jest silniejszy, gdy przeciwbieżna noga stanowi dobre oparcie i stabilizację (Bober 1992, Wagner i in. 2014). Dobrze umięśnione kończyny dolne ułatwiają także utrzymanie równowagi w piłce nożnej przy uderzeniach nogą. Podczas wykonywania wyskoków, a także szybkich obrotów, duże znaczenie ma również silne umięśnienie dolnej części tułowia. We wszystkich analizowanych w niniejszym badaniu dyscyplinach nieznacznie większe obwody uda i podudzia zaobserwowano u zawodników na wysokim poziomie sportowym, co może

świadczyc o większym umięśnieniu tych odcinków ciała. Tendencja była nawet bardziej widoczna wśród badanych zawodniczek, z wyjątkiem piłkarek ręcznych, u których obwody kończyn dolnych nie różniły się w zależności od poziomu sportowego.

W zespołowych grach sportowych zawodnicy przypisani są do określonych pozycji na boisku i przez to wymagania w stosunku do ich budowy somatycznej są zróżnicowane i dostosowane do roli pełnionej w grze (Hencken i White 2006, Köklü i in. 2011, Milanovic i in. 2012, Ghobadi i in. 2013, Massuça i Fragoso 2015, Giannopoulos i in. 2017, Gryko i in. 2018, Hermassi i in. 2019). Libero w siatkówce może grać tylko w obronie i – ponieważ nie podejmuje ataku na siatkę – nie musi być bardzo wysoki. Z kolei bramkarz w piłce nożnej ma za zadanie bronić obszernej bramki, zatem duża wysokość ciała i długie kończyny są u niego korzystne. Gra na określonych pozycjach, a także zmieniające się w czasie przepisy gry umożliwiły skuteczny udział w rywalizacji sportowej osobom o różnych warunkach fizycznych, a co za tym idzie – różnych możliwościach motorycznych.

Możliwości motoryczne człowieka są szczególnie determinowane składem tkankowym ciała, w tym zawartością mięśni i tłuszczu w masie ciała (Massuça i Fragoso 2011, Osiński 2019). Otłuszczenie sportowca powinno utrzymywać się na optymalnym, osobniczo określonym poziomie, co sprzyja dużej skuteczności w grze (Andreoli i in. 2003, Osiński 2019). Wielkość otłuszczenia oraz dystrybucja tkanki tłuszczowej są uzależnione przede wszystkim od płci. Zaobserwowane w badaniach własnych różnice dymorficzne w cechach antropometrycznych oraz zawartości komponentów tkankowych były naturalne i biologicznie uzasadnione. Badani mężczyźni byli wyżsi i bardziej masywni niż kobiety. Dominacja mężczyzn w wysokości ciała była najbardziej widoczna w zakresie koszykówki, w której zawodnicy okazali się średnio o 10% wyżsi od zawodniczek. W piłce ręcznej mężczyźni byli o mniej więcej 8% wyżsi, a w piłce siatkowej i piłce nożnej różnica międzypłciowa wynosiła 7%. Dominacja badanych mężczyzn pod względem masy ciała była zdecydowanie większa. Piłkarze ręczni okazali się o 25% ciężsi od zawodniczek tej dyscypliny, siatkarze i koszykarze o 23%, a piłkarze nożni o 19%. Wszystkie analizowane wymiary ciała były istotnie różne u kobiet i mężczyzn, co było efektem zarówno różnic w wysokości ciała, jak i w jego składzie tkankowym. Wyjątek stanowił obwód uda w przypadku piłki nożnej, który był identyczny u badanych obojga płci.

Zawodniczki wszystkich analizowanych dyscyplin w związku z mniejszą wysokością ciała charakteryzowały się krótszymi kończynami dolnymi i górnymi oraz nieco krótszym tułowiem. Wszystkie odcinki funkcjonalne kończyn dolnych i górnych przyjmowały mniejsze wartości u mężczyzn. Kobiety miały drobniejszą budowę ciała i smuklejszy szkielet, co uwidoczniło się w wartościach cięciw i obwodów. Także wymiary szerokościowo-głębokościowe klatki

piersiowej oraz jej obwody były u zawodniczek mniejsze. Różnice dymorficzne w bezwzględnej szerokości barków okazały się większe niż w przypadku szerokości bioder. Obwody kończyny górnej i dolnej osiągały u zawodniczek mniejsze wartości, badane miały też znacznie drobniejsze ręce oraz stopy. Podobne tendencje dotyczące dymorfizmu płciowego w różnych dyscyplinach sportu zauważyła Pietraszewska (1998), która zwróciła uwagę na to, że spośród kilku porównywanych dyscyplin to zawodnicy koszykówki najwyraźniej dominowali nad zawodniczkami pod względem budowy morfologicznej. W piłce ręcznej autorka obserwowała natomiast mniejsze zróżnicowanie międzypłciowe w porównaniu z innymi dyscyplinami (Pietraszewska 1998).

Analizując wielkość odtuszczenia podskórnego i odtuszczenia całkowitego, stwierdzono, że badane zawodniczki, bez względu na uprawianą dyscyplinę sportu, były bardziej odtuszczone od zawodników. Jest to zgodne z wcześniejszymi obserwacjami obejmującymi różne dyscypliny sportu (Pietraszewska 1998), a także osoby aktywne fizycznie (Miałkowska 2000, Napierała 2007) i nietreningujące (Gallagher i in. 1996, Malina 1996, Jackson i in. 2002). Największy dymorfizm płciowy w zakresie zawartości tłuszczu ogólnego w masie ciała odnotowano u zawodniczek piłki ręcznej. Badani zawodnicy tej dyscypliny mieli o blisko 10% mniejszą masę tłuszczu niż ich koleżanki, przy większej o blisko 10% masie mięśni. Badani koszykarze byli o 8% mniej odtuszczeni od koszykarek, mieli też o ponad 5% więcej mięśni. Siatkarze i piłkarze nożni okazali się o 7% mniej odtuszczeni. Zawodnicy piłki siatkowej charakteryzowali się większą o 8% zawartością masy mięśniowej w stosunku do zawodniczek, a u piłkarzy nożnych było to ponad 6%.

Ogólna zawartość tłuszczu w masie ciała mierzona metodą BIA była podobna u zawodników wszystkich czterech analizowanych dyscyplin i wynosiła 19–20%, jednakże w większości porównań odnotowano zróżnicowanie odtuszczenia ogólnego w zależności od poziomu sportowego badanych. U koszykarzy i piłkarzy ręcznych wysokiej klasy zawartość tłuszczu osiągała wartości poniżej 18%, a u profesjonalnych piłkarzy nożnych – poniżej 19%. Siatkarze charakteryzowali się zbliżoną ilością tłuszczu w masie ciała bez względu na poziom wytrenowania. Podobne wartości FM% u piłkarzy nożnych odnotowali Oliver i in. (2012) oraz Pietraszewska i in. (2019). W publikacjach pojawiały się też niższe wartości, jednak grupy badanych były mniej liczne (Gerodimos i in. 2005, Köklü i in. 2011, Gryko i in. 2018, Hermassi i in. 2019). W badaniach składu tkankowego ciała metodą DEXA (absorpcjometria promieniowania o dwóch energiach) oszacowano, że piłkarze nożni mają około 19% tłuszczu (Oliver i in. 2012).

Zawartość tłuszczu oceniana metodą antropometryczną, na podstawie fałdów skórno-tłuszczowych za pomocą różnych równań regresji, była zdecydowanie niższa (Sporis i in. 2009, Garrido-Chamorro i in. 2012, Nikolic i in. 2014, Masuça i Fragoso 2015, Toselli i Campa 2018).

U badanych zawodniczek zespołowych gier sportowych zawartość tłuszczu w masie ciała wynosiła średnio 27–29% i nie zależała od uprawianej dyscypliny ani od poziomu sportowego. Podobne wyniki otrzymały Gholami i Rad (2010) dla zawodniczek irańskich. Brak różnic w poziomie otłuszczenia czeskich zawodniczek wykazali Mała i in. (2015). Polskie siatkarki badane przez Pietraszewską i in. (2015) charakteryzowały się podobną zawartością tłuszczu w masie ciała jak zawodniczki w niniejszym badaniu. W innych analizach składu tkankowego ciała metodą DEXA oszacowano, że koszykarki australijskie mają 25–30% tłuszczu (Gaida i in. 2004, Spiteri i in. 2015), natomiast u włoskich piłkarek ręcznych zawartość tłuszczu była zależna od poziomu sportowego. U profesjonalnych zawodniczek zaobserwowano tylko około 23% tłuszczu, u zawodniczek na niższym poziomie sportowym było to ponad 28% (Milanese i in. 2011). Pojawiły się też w publikacjach niższe wartości otłuszczenia zawodniczek, także w pomiarach metodą BIA, jednak grupy badane były mało liczne i składały się z osób prezentujących najwyższy poziom sportowy (Mała i in. 2015). Podobnie jak u mężczyzn, również u zawodniczek zawartość tłuszczu szacowana metodą antropometryczną okazała się niższa niż w ocenie metodą BIA (LaMonte i in. 1999, Bayios i in. 2006, Malousaris i in. 2008). Kutáč i Kopecký (2015) wykazali, że szacowana wartość procentowa tłuszczu zależy nie tylko od metody badania, ale także, w przypadku metody BIA, od zastosowanego urządzenia pomiarowego.

Skład tkankowy ciała kobiet wydaje się mniej korzystny, w porównaniu z mężczyznami, dla osiągania sukcesów sportowych. Zwraca się jednak uwagę na pewne korzyści wynikające z większej zawartości tkanki tłuszczowej, szczególnie podczas wysiłków wytrzymałościowych. U kobiet obserwuje się większy udział wolnych kwasów tłuszczowych w pokrywaniu zapotrzebowania energetycznego, tkanka tłuszczowa jest bowiem substratem energetycznym podczas długotrwałego wysiłku (Haizlip i in. 2015, Fugiel i in. 2017). Z kolei mniejsze umięśnienie kobiet jest częściowo rekompensowane większym procentowym udziałem włókien wolnokurczliwych, większą odpornością włókien mięśniowych na zmęczenie i sprawniejszym mechanizmem termoregulacji, dzięki zdolności do dłuższego utrzymania stałej temperatury ciała przy wykonywaniu długotrwałej pracy i mniejszemu odwodnieniu organizmu (Haizlip i in. 2015, Fugiel i in. 2017).

Grubość fałdów skórno-tłuszczowych była u badanych kobiet większa niż u mężczyzn. Wyjątek stanowił fałd pod dolnym kątem łopatki u zawodników piłki siatkowej i koszykówki, który przyjmował taką samą wartość u obojga płci. Porównanie grubości fałdów skórno-tłuszczowych badanych zawodników i zawodniczek z danymi innych autorów pozwala na lepszą interpretację wyników niż porównywanie procentowego udziału tłuszczu, szacowanego na podstawie grubości podściółki tłuszczowej. Badani piłkarze nożni mieli najcieńsze fałdy

skórno-tłuszczowe na tułowie i kończynach dolnych spośród przedstawicieli wszystkich analizowanych gier zespołowych. Siatkarzy cechowała pośrednia grubość fałdów skórno-tłuszczowych. Garrido-Chamorro i in. (2012) określili piłkarzy nożnych i siatkarzy jako najsłabiej otluszczone zawodników. U koszykarzy odnotowano najgrubsze fałdy na kończynach oraz przeciętne fałdy na tułowie. Największe fałdy skórno-tłuszczowe na tułowie charakteryzowały piłkarzy ręcznych. Taka dystrybucja podskórnej tkanki tłuszczowej u zawodników poszczególnych dyscyplin potwierdza wcześniejsze obserwacje (Garrido-Chamorro i in. 2012). Podobną jak w badaniach własnych grubość fałdów skórno-tłuszczowych w koszykówce zaobserwowali Gryko i in. (2018). Nieco większe fałdy, w porównaniu z badanymi piłkarzami ręcznymi, mieli piłkarze portugalscy (Massuça i Fragoso 2015). Większe otluszczenie podskórne niż u piłkarzy ręcznych odnotowano m.in. u zawodników hokeja, wioślarstwa i tenisa stołowego (Garrido-Chamorro i in. 2012). Włoscy siatkarze charakteryzowali się podobną grubością podściółki tłuszczowej na tułowie co zawodnicy tej dyscypliny w niniejszych badaniach; otluszczenie podskórne kończyn było u nich nieco większe (Toselli i Campa 2018). Badani piłkarze nożni byli słabiej otluszczeni niż wysokiej klasy zawodnicy tureccy (Hazir 2010).

Wielkość otluszczenia podskórnego u zawodników jest powiązana z ich ogólną wielkością ciała, w tym z wysokością ciała. Stąd koszykarze, którzy są najwyższymi zawodnikami, mają jednocześnie najbardziej rozwinięte otluszczenie podskórne, a piłkarze nożni, będący najniższymi graczami, cechują się najmniejszą podściółką tłuszczową. Co ciekawe, rodzaj uprawianej dyscypliny nie różnicuje procentowej zawartości tłuszczu w masie ciała (w niektórych dyscyplinach różnicuje ją poziom sportowy, co zostanie omówione w dalej części rozdziału), zapewne dlatego, że zawartość tłuszczu jest u sportowców stosunkowo niska. Taki efekt daje wysoki poziom ogólnej aktywności fizycznej. Specyfika poszczególnych gier zespołowych odzwierciedla się natomiast we wzorcu otluszczenia podskórnego zawodników. Piłkarze nożni angażują w sposób szczególnie kończyny dolne, zarówno podczas gry z piłką, jak i bez niej. Pokonują w trakcie meczu o wiele dłuższe dystanse w porównaniu z zawodnikami innych gier zespołowych i pozostają na boisku dłużej (dłuższy mecz, ograniczona liczba zmian). Ten rodzaj wysiłku oparty jest na wydolności tlenowej, co sprzyja redukcji tkanki tłuszczowej (Bompa i in. 2013) i z tego powodu fałdy skórno-tłuszczowe, zwłaszcza fałd na podudziu, są najcieńsze. Podściółka tłuszczowa piłkarzy nożnych jest także najsłabiej rozwinięta w stosunku do wysokości ciała, charakteryzują ich bowiem najmniejsze wartości wskaźnika SFI. Porównywalna z innymi dyscyplinami ogólna zawartość tłuszczu może wskazywać, że piłkarze nożni mają większy depozyt tłuszczu wewnętrznego, przy małym otluszczeniu podskórnym. W koszykówce zawodnicy wykonują więcej sprintów na krótkich odcinkach, ponadto koszykarze i siatkarze angażują w grze kończyny górne.

W koszykówce i piłce siatkowej większość wysiłków meczowych wykonywana jest z maksymalną intensywnością i trwa krótko, dlatego wydolność tlenowa nie należy do priorytetów w tych dyscyplinach (Bompa i in. 2013). Podobnie jest w piłce ręcznej, w której wysiłek meczowy charakteryzuje się wysoką intensywnością (anaerobową), zwłaszcza w ataku, przeplataną wysiłkiem aerobowym podczas gry w obronie (Bompa i in. 2013). Intensywna praca kończyn górnych w czasie meczu i treningu powoduje dużą redukcję otłuszczenia podskórnego tego segmentu w porównaniu z innymi dyscyplinami. Otłuszczenie podskórne tułowia u piłkarzy ręcznych jest jednak większe niż w innych dyscyplinach. Być może taki wzorec otłuszczenia sprzyja lepszej stabilności zawodników w sytuacjach, gdy wykonują rzuty z trudnych pozycji lub są blokowani przez przeciwników i muszą utrzymać równowagę. Masa tułowia, która jest związana z jego otłuszczeniem, może wpływać negatywnie na szybkość zawodników. Współczesna piłka ręczna jest dyscypliną bardzo dynamiczną i zdolności szybkościowe zawodników są istotne. Piłkarz ręczny powinien być przede wszystkim przygotowany do szybkiego przejęcia piłki, pokonania krótkiego dystansu z piłką lub bez piłki i wykonania skutecznego ataku, często z wyskokiem, mającego na celu zdobycie bramki (Bompa i in. 2013).

U badanych kobiet trenujących gry zespołowe grubość poszczególnych fałdów skórno-tłuszczowych oraz ogólna zawartość tłuszczu w masie ciała nie różniły się istotnie w porównaniach między dyscyplinami. Według Garrido-Chamorro i in. (2012) różnice pomiędzy zawodniczkami są nieduże i mniejsze niż u mężczyzn. Autorzy podają, że najgrubsze fałdy charakteryzują piłkarki ręczne i koszykarki, pośrednie – piłkarki nożne, a najcieńsze – siatkarki (Bayios i in. 2006, Garrido-Chamorro i in. 2012). Włoskie piłkarki ręczne (Milanese i in. 2011) miały nieco grubsze fałdy skórno-tłuszczowe niż zawodniczki tej dyscypliny w badaniach własnych. Grubość podściółki tłuszczowej siatekarek analizowana przez Pietraszewską i in. (2015) była podobna jak w niniejszych badaniach. Zbliżony poziom otłuszczenia w grupach zawodniczek wskazuje na silne uwarunkowania genetyczne tej cechy, zabezpieczające podstawową rolę biologiczną kobiet, jaką jest ciąża, poród i laktacja. Liczne badania wskazywały, że zbyt niski poziom tłuszczu u zawodniczek skutkuje zaburzeniami w produkcji hormonów płciowych i płodności, a także stanowi ryzyko osteoporozy (Ackerman i Misra 2011, Laframboise i in. 2013). Z drugiej strony stosunkowo wysoki poziom otłuszczenia badanych zawodniczek na tle niektórych drużyn zagranicznych (Milanese i in. 2011, Mała i in. 2015) może po części tłumaczyć słabsze wyniki w rywalizacji na najwyższym poziomie.

Różnice dymorficzne we wzorcu otłuszczenia podskórnego, a także ogólnej zawartości tłuszczu, doskonale uwidoczniły się na mapach otłuszczenia, na których pole powierzchni wykresu dla zawodników okazało się znacznie mniejsze niż dla zawodniczek. Warto jednak zwrócić uwagę na to, że ogólny wzorec

otłuszczenia oceniany na podstawie kształtu wykresu jest podobny u wszystkich badanych mężczyzn oraz kobiet bez względu na dyscyplinę, co jest wyrazem genetycznej determinacji wzorca dystrybucji tłuszczu podskórnego (Chrzanowska 1992, Bouchard 1996), a także ogólnego wpływu aktywności fizycznej na wzorec dystrybucji. U osób prezentujących wysoki poziom aktywności fizycznej opisano fenotyp *fit-fat distribution*, w którym charakterystyczne jest większe otłuszczenie kończyn, szczególnie dolnych, w stosunku do osób nietreningujących, przy małym otłuszczeniu brzucha (Nindl i in. 1996, Mavroeidi i Stewart 2003), co tłumaczy się predyspozycją do pozyskiwania energii z depozytu brzuszego. Taka zrównoważona dystrybucja tłuszczu podskórnego pomiędzy kończynami a tułowiem występuje we wczesnych latach życia. Wraz z dojrzewaniem zwiększa się depozyt brzuszny, często kosztem otłuszczenia kończyn (Chrzanowska 1992, Malina 1996).

Wśród analizowanych dyscyplin fenotyp *fit-fat* najwyraźniej uwidocznił się u zawodników koszykówki i piłki nożnej, którzy jednocześnie cechowali się większymi wartościami wskaźnika dystrybucji tłuszczu podskórnego SFDI, wyrażającego stosunek otłuszczenia podskórnego kończyn do tułowia (63–64). U piłkarzy ręcznych i siatkarzy, z niższymi wartościami wskaźnika SFDI (56–58), odnotowano większe różnice w grubości fałdów skórno-tłuszczowych pomiędzy tułowiem a kończynami. Jeżeli weźmie się pod uwagę zawodników prezentujących wysoki poziom sportowy, to najbardziej zrównoważone otłuszczenie tułowia i kończyn wykazano u koszykarzy (SFDI około 70), niższe wartości SFDI u piłkarzy nożnych i siatkarzy, a największą różnicę stwierdzono u piłkarzy ręcznych (SFDI około 46). Jak już wspomniano, u szczypiornistów zaobserwowano dużą redukcję podściółki tłuszczowej na kończynach przy relatywnie dużym otłuszczeniu podskórnym tułowia w porównaniu z zawodnikami innych dyscyplin. Z drugiej strony koszykarze oraz siatkarze częściej wykonują skoki podczas gry i duże otłuszczenie tułowia byłoby dla nich balastem, dlatego w tych dyscyplinach korzystne jest mniejsze otłuszczenie tułowia. We wcześniejszych analizach autorskiego wskaźnika dystrybucji tłuszczu podskórnego mężczyźni trenujący judo i jujitsu osiągalni wartości wskaźnika SFDI porównywalne do otrzymanych w niniejszych badaniach, czyli 50–60 (Stachoń i in. 2015).

W badaniach własnych zawodniczki charakteryzowały się znacznie bardziej zrównoważoną dystrybucją tłuszczu podskórnego (głównie przez silniejszy rozwój otłuszczenia kończyn) i dyscyplina sportu nie różnicowała u nich wzorca dystrybucji tłuszczu podskórnego na tułowiu i kończynach. Warto jednak zwrócić uwagę, że pomimo istotnych różnic dymorficznych w wartościach średnich wskaźnika SFDI (około 60 u zawodników, około 80 u zawodniczek) dystrybucja tłuszczu na kończynach i tułowiu była bardzo zróżnicowana wewnątrzgrupowo, zarówno wśród mężczyzn, jak i kobiet. Rozkłady wartości wskaźnika SFDI dla

każdej płci zachodziły na siebie w dużej części we wszystkich analizowanych grupach zespołowych. Oznacza to, że w grupach mężczyzn znaleźli się zawodnicy charakteryzujący się typowo kobiecą dystrybucją tłuszczu, a w grupach kobiet – zawodniczki o męskim wzorcu dystrybucji tłuszczu podskórnego. U większości zawodniczek zaobserwowano jednak, że podściółka tłuszczowa kończyn była o około 20% mniejsza niż w obrębie tułowia. Podobne wyniki otrzymano we wcześniejszych badaniach tego wskaźnika, w których kobiety o dużej aktywności fizycznej uzyskiwały wartości SFDI równe 77–78 (Stachoń i in. 2016). Kobiety mało aktywne miały całkowicie zrównoważoną dystrybucję, ich podściółka tłuszczowa na kończynach była tylko o 5% mniejsza niż na tułowie (Stachoń i in. 2016). Na podstawie tego porównania można stwierdzić, że wzorzec dystrybucji otłuszczenia podskórnego jest u kobiet uprawiających sport nieco bardziej zmaskulinizowany w stosunku do obserwowanego u kobiet z populacji nietreningujących.

Biorąc pod uwagę względną zawartość podskórnej tkanki tłuszczowej wyrażoną za pomocą wskaźników SFI i SBFI, nie zaobserwowano istotnych różnic zarówno pomiędzy badanymi zawodnikami, jak i zawodniczkami poszczególnych dyscyplin, zapewne ze względu na duże zróżnicowanie międzyosobnicze w zakresie wartości tych wskaźników. Jednak po uwzględnieniu, oprócz dyscypliny, także poziomu sportowego zróżnicowanie pomiędzy grupami stało się wyraźniejsze. Przeciętne wartości wskaźnika odnoszącego otłuszczenie podskórne do wysokości ciała (SFI) u zawodników wynosiły 22–24, przy czym dla piłkarzy nożnych prezentujących wysoki poziom sportowy uzyskano wartości SFI sięgające około 19 (liczba ta odpowiada ich procentowej zawartości tłuszczu ogólnego mierzonej metodą BIA); w przypadku koszykarzy na niskim poziomie sportowym było to około 25. Analizowani przez Stachoń i Pietraszewską (2013) aktywni fizycznie studenci AWF charakteryzowali się większymi wartościami SFI, wynoszącymi 28–30. Byli to jednak sportowcy różnych dyscyplin, a nie tylko zespołowych gier sportowych. Wartości SFI u badanych zawodniczek wynosiły przeciętnie 33–36. Niektóre zawodniczki (szczególnie na wyższym poziomie sportowym) uzyskiwały jednak wartości SFI rzędu 30, a inne – nawet 39 (niski poziom sportowy).

Przeciętne wartości wskaźnika odnoszącego otłuszczenie podskórne do masy ciała (SBFI) u badanych zawodników utrzymywały się na poziomie 36–39, przy czym piłkarze nożni prezentujący wysoki poziom sportowy uzyskiwali wartości około 31, natomiast piłkarze nożni i koszykarze na niskim poziomie sportowym – około 40. Dla porównania można podać, że młodzi pracownicy przemysłowi z Krakowa charakteryzowali się znacznie wyższymi wartościami SBFI, wynoszącymi około 60, a średnie tego wskaźnika rosły nieznacznie wraz z wiekiem badanych (Gołąb i in. 2012). Wśród zawodniczek zróżnicowanie wskaźnika SBFI pomiędzy grupami kobiet okazało się nawet większe niż u męż-

czyn: U profesjonalnych koszykarek i siatkarek SBFI osiągało wartości około 55, a u zawodniczek słabiej wytrenowanych – nawet ponad 70.

Na mapach otłuszczenia badanych kobiet widać, że pola powierzchni wykresów radarowych dla poszczególnych dyscyplin prawie się pokrywają, nieznacznie większe pole powierzchni stwierdzono w przypadku piłkarek ręcznych. Porównanie zawartości tłuszczu pomiędzy zawodniczkami gier zespołowych dokonane przez Bayios i in. (2006) wskazuje, że piłkarki ręczne są bardziej otłuszczone od koszykarek, a te z kolei charakteryzują się większą zawartością tłuszczu w porównaniu z siatkarkami.

Jak wspomniano, niektóre elementy budowy somatycznej, w tym cechy otłuszczenia mogą być związane z poziomem sportowym zawodniczek i zawodników zespołowych gier sportowych. Okazuje się, że powiązania te są zróżnicowane w poszczególnych dyscyplinach i zależą od płci – to u mężczyzn wyraźniej było widać związek budowy somatycznej z poziomem sportowym. Z jednej strony wysoki poziom wytrenowania częściej osiągają sportowcy cechujący się specyficzną budową ciała, odpowiadającą wymogom danej dyscypliny, z drugiej zaś trening profesjonalnych graczy jest z reguły dłuższy i bardziej intensywny, wspierany przez zespół wykwalifikowanych trenerów, dietetyków, rehabilitantów i innych specjalistów, przez co silniej wpływa na kształtowanie niektórych cech somatycznych.

W koszykówce, piłce nożnej i piłce ręcznej poziom sportowy istotnie różnicował wielkość ciała badanych zawodników, natomiast w piłce siatkowej nie zaobserwowano takiego zróżnicowania. Koszykarze prezentujący wysoki poziom sportowy, podobnie jak piłkarze nożni i ręczni, cechowali się większą wysokością i masą ciała niż zawodnicy słabiej wyszkoleni. Charakteryzowali się również masywniejszym szkieletem i większymi obwodami mięśniowymi. Potwierdza to wcześniejsze obserwacje zawodników piłki ręcznej (Massuça i Fragoso 2015) oraz nożnej (Le Gall i in. 2010, Rebelo i in. 2013). W innych badaniach nie odnotowano istotnych różnic w wielkości ciała piłkarzy ręcznych (Krüger i in. 2014, Hermassi i in. 2019), koszykarzy (Köklü i in. 2011) czy siatkarzy prezentujących różny poziom sportowy (Pietraszewska i in. 2016, Toselli i Campa 2017). Hazir (2010) wykazał, że piłkarze nożni superligi są ciężsi, ale cechuje ich podobna wysokość ciała jak zawodników pierwszej ligi. Z kolei Eider (2004) oraz Đurković i Marelic (2014) opisali siatkarzy klasy mistrzowskiej jako bardzo wysokich (194–202 cm), w porównaniu z zawodnikami na niższym poziomie sportowym. Tak odmienne dane mogą wynikać ze specyfiki badanych prób, a dokładnie z różnego doboru porównywanych grup (niektórzy autorzy wydzielali dwa poziomy sportowe, inni trzy lub nawet cztery) oraz z nierównej liczebności zawodników grających na różnych pozycjach na boisku oraz z ich etnicznego zróżnicowania.

Wśród badanych koszykarzy i piłkarzy nożnych zwiększanie się wysokości i masy ciała u zawodników wyższego poziomu sportowego nie powodowało zmian

masywności budowy – wielkość BMI zawodników była podobna bez względu na poziom sportowy. Hazir (2010) wykazał, że wśród piłkarzy nożnych zawodnicy superligi są masywniejsi niż zawodnicy pierwszej ligi. W przypadku szczypiornistów u zawodników prezentujących wysoki poziom sportowy odnotowano większe wartości BMI w porównaniu z zawodnikami na niższym poziomie. Podobne wnioski sformułowano na podstawie badań mężczyzn amatorsko uprawiających piłkę ręczną i profesjonalnych graczy (Gorostiaga i in. 2005). Hermassi i in. (2019) nie zaobserwowali różnic w masywności budowy pomiędzy piłkarzami ręcznymi na różnym poziomie wytrenowania, natomiast Krüger i in. (2014) wykazali, że tylko zawodnicy na pozycji obrotowego różnią się masywnością ciała w zależności od poziomu sportowego – profesjonalści byli bardziej masywni. Badani siatkarze nie różnili się relacjami wagowo-wzrostowymi, podobnie jak to zaobserwowali Pietraszewska i in. (2016) oraz Toselli i Campa (2017). Wraz ze zwiększeniem wysokości ciała, wzrasta masa ciała oraz siła bezwzględna, jednak w takich warunkach gorzej przejawia się siła względna (Samaras 2007, Osiński 2019). Trudniej jest operować ciałem, zmniejsza się swoboda ruchów (Massuça i Fragoso 2011). Przy dużej masie ciała zużywa się więcej siły na pokonywanie oporów wewnętrznych i zewnętrznych (Samaras 2007), dlatego utrzymywanie stałych proporcji wagowo-wzrostowych jest korzystne dla zawodników zespołowych gier sportowych, co uwidoczniło się u badanych siatkarzy.

Zróżnicowanie innych wymiarów i proporcji ciała badanych zawodników było specyficzne dla każdej z analizowanych dyscyplin. Wśród koszykarzy wymiary klatki piersiowej, a także jej ruchomość oraz obwód pasa i uda pozostawały podobne, bez względu na poziom sportowy zawodników. Piłkarzy nożnych cechowała mała zmienność szerokości stopy, a także obwodu podudzia oraz podobna ruchomość klatki piersiowej. W przypadku obwodu podudzia mogło być to efektem specyficznego treningu sportowego rozwijającego umięśnienie tego segmentu ciała w podobny sposób u zawodników na różnym poziomie sportowym. U badanych piłkarzy ręcznych wymiary kończyn górnych, masywność kończyn dolnych (zarówno szkielet, jak i obwody mięśniowe) oraz szerokość międzykrętarzowa były większe u osób lepiej wytrenowanych. Podobne tendencje zaobserwowano u portugalskich piłkarzy ręcznych – zawodników najwyższej klasy cechowała największa rozpiętość ramion i rozpiętość ręki, największe obwody ramienia i przedramienia, a także najdłuższe odcinki funkcjonalne kończyny górnej (Massuça i Fragoso 2015). Hermassi i in. (2019) zauważyli też, że pierwszoligowi piłkarze ręczni charakteryzowali się większą objętością mięśni kończyny górnej niż zawodnicy drugoligowi. Włoscy siatkarze prezentujący wyższy poziom sportowy mieli również dłuższe kończyny górne i szersze barki oraz biodra (Toselli i Campa 2017). Zróżnicowanie to z jednej strony mogło być efektem większej wysokości ciała zawodników wyższej klasy, a z drugiej – wy-

razem selekcji morfologicznej ukierunkowanej na zawodników długokończynowych. Badani siatkarze co prawda nie różnili się wysokością i masą ciała w grupach zróżnicowanych pod względem poziomu sportowego, jednak zawodników wysokiej klasy cechowały dłuższe kończyny. Pietraszewska i in. (2016) wykazali, że siatkarze o wyższych kwalifikacjach charakteryzują się większą rozpiętością ramion, większym obwodem klatki piersiowej, większym obwodem ramienia, a mniejszą szerokością bioder i mniejszym obwodem pasa. Autorzy tłumaczą zaobserwowane tendencje korzyściami biomechanicznymi wynikającymi z większej długości odcinków funkcjonalnych kończyny górnej, m.in. możliwością nadawania piłce większej prędkości podczas uderzenia (Pietraszewska i in. 2016). We wcześniejszych badaniach zawodników grających piłką zwrócono też uwagę na znaczenie wymiarów kończyny górnej i ręki dla skuteczności w zdobywaniu punktów (Skoufas i in. 2003, Barut i in. 2008), jednak w niniejszych badaniach nie zauważono powiązania poziomu sportowego zawodników z wielkością ich ręki.

Wartości wskaźnika WHR, określającego dystrybucję tkanki tłuszczowej na wysokości pasa i bioder, były podobne u zawodników wszystkich analizowanych dyscyplin, bez względu na ich poziom sportowy. Wartości te (0,80–0,82) wskazują na prawidłową, typowo męską, dystrybucję tłuszczu, zapewne ze względu na wysoki poziom aktywności fizycznej, który przeciwdziała nadmiernemu gromadzeniu się tłuszczu w okolicy pasa. Podobne wartości WHR cechowały europejskich sportowców różnych dyscyplin badanych przez Amri i in. (2012), a także sportowców z Ghany (Moses i Duduyemi 2016), pomimo różnic etnicznych. W badaniach mężczyzn reprezentujących populację przeciętną, niesportowców, wartości WHR okazały się nieco wyższe, około 0,88 (Bose 2002). Wartości wskaźnika WHtR, określającego dystrybucję tkanki tłuszczowej na wysokości pasa w stosunku do wysokości ciała, były podobne bez względu na poziom sportowy u koszykarzy, siatkarzy i piłkarzy nożnych (43–44). Natomiast piłkarze ręczni prezentujący wysoki poziom sportowy charakteryzowali się wyższymi wartościami WHtR (ponad 46). Na temat znaczenia masywności budowy, w tym wypadku masywności dolnej części tułowia, dla utrzymywania równowagi u piłkarzy ręcznych wspomniano powyżej.

Grubość fałdów skórno-tłuszczowych była słabo związana z poziomem sportowym badanych koszykarzy, siatkarzy i piłkarzy ręcznych, natomiast wśród piłkarzy nożnych zawodnicy prezentujący wysoki poziom wytrenowania cechowali się zdecydowanie cieńszą podściółką tłuszczową. U piłkarzy ręcznych fałd skórno-tłuszczowy na ramieniu był istotnie mniejszy u graczy o wyższych kwalifikacjach. Otluszczenie podskórne kończyn u szczypiornistów okazało się relatywnie małe w stosunku do otluszczenia tułowia, co odróżniało ich od zawodników innych gier zespołowych. Można podejrzewać, że taki wzorzec otluszczenia jest korzystny dla utrzymywania przez zawodników równowagi

w dynamicznej grze. Pomimo braku istotnych różnic w grubości fałdów skórno-tłuszczowych w grupie siatkarzy na mapie otłuszczenia zwraca uwagę zwiększenie powierzchni wykresu radarowego dla zawodników nieposiadających klasy sportowej w stosunku do zawodników na wyższym poziomie sportowym, co świadczy o tendencji do mniejszego otłuszczenia wszystkich partii ciała u tych ostatnich. Pietraszewska i in. (2016) wykazali, że grubość fałdu skórno-tłuszczowego pod dolnym kątem łopatki oraz na ramieniu jest istotnie mniejsza u siatkarzy lepiej wyszkolonych. Piłkarze ręczni wysokiej klasy badani przez Massuça i Fragoso (2015) cechowali się cieńszymi fałdami skórno-tłuszczowymi, podobnie jak profesjonalni siatkarze analizowani przez Toselli i Campa (2017). Warto zaznaczyć, że podściółka tłuszczowa zawodników w badaniu własnym była dwukrotnie cieńsza w porównaniu z mężczyznami nietreningowymi (Bose 2002, Chrzanowska 2004). W badaniach koszykarzy wykazano, że grubość podściółki tłuszczowej jest ujemnie skorelowana z wynikami testu umiejętności koszykarskich (Assefa i Kumar 2018). Oznacza to, że lepsze wyniki w próbach sprawnościowych typowych dla koszykówki osiągał szczuplejsi zawodnicy (Assefa i Kumar 2018).

Uwzględniając wyniki analiz statystycznych, jak też odnosząc się do interpretacji map otłuszczenia, można uznać, że wzorzec otłuszczenia podskórnego określony na podstawie grubości fałdów skórno-tłuszczowych w różnych lokalizacjach może być wykorzystywany jako wyznacznik poziomu sportowego w piłce nożnej oraz piłce ręcznej mężczyzn. Jednak warto pamiętać, że wielkość otłuszczenia i dystrybucja tłuszczu zależą od wielu różnych czynników genetycznych, paragenetycznych i środowiskowych. Szczegółowe analizy współczynnika determinacji  $\eta^2$ , stanowiącego miarę siły efektu poziomu sportowego pozwoliły wykazać, że u badanych piłkarzy ręcznych maksymalnie 19%, a u piłkarzy nożnych 4% zmienności grubości fałdów skórno-tłuszczowych da się wyjaśnić poziomem sportowym. W grupie badanych siatkarzy i koszykarzy w analizie współczynnika determinacji  $\eta^2$  nie wykazano związku pomiędzy poziomem sportowym a grubością podściółki tłuszczowej, jednak na mapach otłuszczenia siatkarzy uwidoczniło się zwiększenie powierzchni wykresu radarowego dla zawodników słabiej wytrenowanych. Względna ilość podskórnej tkanki tłuszczowej, wyrażona wskaźnikami SFI oraz SBFI, była niezależna od poziomu sportowego przedstawicieli koszykówki i piłki siatkowej. W grupie piłkarzy nożnych wartości SFI i SBFI były najniższe u zawodników prezentujących wysoki poziom sportowy, co oznacza, że cechowała ich najcieńsza podściółka tłuszczowa zarówno w stosunku do wysokości, jak i masy ciała. Wśród piłkarzy ręcznych stosunek grubości fałdów do wysokości ciała był podobny u wszystkich zawodników bez względu na ich poziom sportowy, natomiast udział podskórnej tkanki tłuszczowej w masie ciała okazał się mniejszy u profesjonalistów.

Wśród zawodników analizowanych dyscyplin wykazano różnokierunkowe zmiany w odniesieniu do wskaźnika dystrybucji podskórnej tkanki tłuszczowej SFDI, świadczące o zróżnicowaniu treningu sportowego i sposobu gry w każdej dyscyplinie oraz o zróżnicowaniu wielkości ciała zawodników tych dyscyplin. U koszykarzy odnotowano, że im wyższy poziom sportowy, tym większa wartość SFDI, co oznacza, że otluszczenie tułowia i kończyn było bardziej zrównoważone u profesjonalistów. Otluszczenie podskórne kończyn w tej grupie zawodników koszykówki stanowiło blisko 70% otluszczenia tułowia, podczas gdy u graczy nieposiadających klasy sportowej różnica pomiędzy podściółką tłuszczową kończyn i tułowia była większa (SFDI około 64). Wśród badanych piłkarzy nożnych i piłkarzy ręcznych wartości SFDI okazały się najmniejsze u profesjonalnych zawodników, a to oznacza, że charakteryzowali się oni największą różnicą w dystrybucji tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie. Otluszczenie podskórne kończyn u piłkarzy nożnych najwyższej klasy stanowiło tylko 57% otluszczenia tułowia, u piłkarzy ręcznych różnica była jeszcze większa (SFDI około 47). W przypadku siatkarzy dystrybucja podskórnej tkanki tłuszczowej na kończynach i tułowie była podobna, bez względu na poziom sportowy (SFDI około 58). Można stwierdzić, że wartości wskaźnika SFDI dobrze odzwierciedlają zróżnicowanie otluszczenia podskórnego pomiędzy zawodnikami różnych gier zespołowych, jak również wśród koszykarzy, piłkarzy ręcznych i piłkarzy nożnych prezentujących różny poziom wytrenowania. Wskaźnik SFDI może być przydatny w prognozach dotyczących poziomu sportowego zawodników oraz ocenie efektów treningu na różnym poziomie.

W odniesieniu do składu tkankowego ciała mierzonego metodą BIA nie wykazano istotnego zróżnicowania w zależności od poziomu sportowego siatkarzy. Zawartość tłuszczu w masie ciała wynosiła u badanych 20%. Toselli i Campa (2017) zauważyli natomiast, że włoscy siatkarze na wyższym poziomie sportowym są mniej otluszczeni niż zawodnicy mający niższe kompetencje. Wśród badanych szczypiornistów procentowa zawartość ciała szczupłego, zawartość mięśni, a także uwodnienie organizmu były większe u profesjonalistów. Udział masy tłuszczu w masie ciała wynosił wśród profesjonalistów niespełna 18%, a u zawodników na niższym poziomie sportowym o 4% więcej. Podobne tendencje wśród piłkarzy ręcznych zaobserwowali Gorostiaga i in. (2005) oraz Massuça i Fragoso (2015). Inni autorzy nie stwierdzili związku pomiędzy zawartością tłuszczu a poziomem sportowym piłkarzy ręcznych (Hermassi i in. 2019) i koszykarzy (Sallet i in. 2005, Ben Abdelkrim i in. 2010). W badaniach własnych koszykarze i piłkarze nożni prezentujący wysoki poziom sportowy byli mniej otluszczeni w porównaniu z zawodnikami niższych klas (18% tłuszczu u profesjonalnych graczy i ponad 20% u pozostałych). U zawodników na wyższym poziomie sportowym obserwowano większą zawartość procentową ciała szczupłego, poprawiało się także uwodnienie organizmu. U koszykarzy wyka-

ziano także zwiększenie udziału mięśni w masie ciała. Odmienne wyniki badań dotyczących powiązania składu tkankowego ciała z poziomem sportowym może wynikać z różnego doboru porównywanych grup, z nierównej liczebności reprezentantów różnych pozycji gry oraz ze zróżnicowania w zakresie treningu czy też sezonu badań.

Ciekawych spostrzeżeń dostarcza obserwacja wzorca otłuszczenia na wykresach punktowych przedstawiających rozwój otłuszczenia podskórnego na tle procentowej zawartości tłuszczu ogólnego w poszczególnych grupach zawodników zróżnicowanych dyscypliną i poziomem sportowym. Piłkarze nożni prezentujący wysoki poziom sportowy cechowali się na tle innych grup zawodników najsłabiej rozwiniętą podściółką tłuszczową, przy procentowej zawartości tłuszczu ogólnego nieco wyższej niż u profesjonalnych piłkarzy ręcznych i koszykarzy, którzy z kolei mieli nieco grubszą podściółkę tłuszczową w stosunku do wysokości ciała. Siatkarze na wysokim poziomie sportowym, na tle zawodników tej samej klasy w pozostałych dyscyplinach, odznaczali się średnio rozwiniętą podskórną tkanką tłuszczową i jednocześnie najwyższą procentową zawartością tłuszczu w masie ciała. Takie wyniki dotyczące szacowania tłuszczu ogólnego i podskórnego mogą wskazywać, że profesjonalni piłkarze nożni i siatkarze mają większy depozyt tłuszczu wewnętrznego. Dane innych autorów (Goodpaster i in. 2001, Amati i in. 2011) wskazują na fenomen dotyczący zwiększonego gromadzenia się trójglicerydów wewnątrzmięśniowych u intensywnie trenujących sportowców. Nadmierna kumulacja tłuszczów w mięśniach u osób otyłych wiąże się z występowaniem insulinooporności komórek mięśniowych, natomiast u sportowców nie ma takich skutków.

Mała ilość tkanki tłuszczowej jest korzystna, ponieważ u osób szczupłych koszt energetyczny aktywności fizycznej jest niższy, szczególnie w sytuacji gdy zawodnik musi przemieszczać swoją masę ciała przeciw sile grawitacji (Gil i in. 2005). Jak podaje Osiński (2019) oraz Bompa i in. (2013), piłkarze nożni pokonują podczas treningu i meczu największe odległości i ponoszą duży wydatek energetyczny. Zawodnicy piłki ręcznej i koszykarze pokonują mniejsze dystanse, jednak w przypadku piłki ręcznej jest to wysiłek bardziej kosztowny energetycznie niż w koszykówce. Siatkarze przemieszczają się najmniej po boisku, jednak wykonują dużo wyskoków. Uważa się, że zawartość tłuszczu nawet bardziej niż wielkość ciała determinuje sprawność motoryczną, która jest podstawowym warunkiem osiągnięcia wysokiego poziomu sportowego (Mujika i in. 2009, Osiński 2019.). Zawodnicy z mniejszym udziałem tłuszczu zyskują przewagę w prawie wszystkich próbach sprawności motorycznej. Wysoki poziom otłuszczenia negatywnie wpływa na sprawność fizyczną i współwystępuje z niskim poziomem szybkości biegu, siły eksplozywnej (np. wyskok dosiężny), koordynacji ruchów, niskim wskaźnikiem wydolności fizycznej, słabymi zdolnościami wymagającymi przemieszczania całego ciała i niską sprawnością

sercowo-naczyniową (Fugiel i in 2017). Osiński (2019) zwraca jednak uwagę, że ważne jest utrzymanie optymalnej zawartości tłuszczu w organizmie, gdyż jego rola nie polega tylko na dostarczeniu dużych ilości energii, ale uczestniczy on też w syntezie hormonów, witamin i innych biologicznie czynnych związków.

Zróżnicowane kierunki zmian budowy ciała obserwuje się także wśród zawodniczek analizowanych dyscyplin, jednak porównanie z danymi publikowanymi jest trudniejsze ze względu na ich mniejszą liczbę. Uogólniając – wśród badanych koszykarek i siatkarek wielkość ciała jest istotnie związana z poziomem sportowym, natomiast wśród piłkarek ręcznych i nożnych ogólna wielkość ciała nie wykazywała takiego powiązania. Badane koszykarki i siatkarki prezentujące wysoki poziom sportowy były istotnie wyższe i cięższe niż zawodniczki na niższym poziomie, przewyższały je pod względem wielu badanych cech antropometrycznych. U koszykarek takie cechy, jak głębokość klatki piersiowej i ruchomość klatki oraz szerokość łokcia i kostki były niezależne od poziomu sportowego i przyjmowały podobne wartości. Wśród badanych siatkarek tylko głębokość klatki piersiowej była cechą niezależną od poziomu sportowego, a pozostałe cechy, w tym długości odcinków funkcjonalnych kończyn, okazały się większe u profesjonalnych zawodniczek. Długie kończyny górne, oprócz dużej wysokości ciała, są bardzo korzystne dla siatkarzy, długokończynowe osoby lepiej radzą sobie zarówno w trakcie działań ofensywnych, jak i defensywnych (Papadopoulou 2003). Jak zauważa Pietraszewska i in. (2016), cecha ta pozwala na uzyskiwanie większej prędkości kątowej, a to ułatwia nadawanie piłce większej prędkości podczas uderzenia. Ponadto długie kończyny górne pomagają w czasie odbicia i bloku (Pietraszewska i in. 2016). We wcześniejszych badaniach wykazano, że profesjonalne koszykarki są wyższe i cechuje je większa rozpiętość ramion (Ackland i in. 1997) oraz, że różnice w budowie somatycznej koszykarek prezentujących różny poziom sportowy są odmienne w zależności od roli, jaką odgrywają na boisku – rozgrywające i skrzydłowe, które osiągnęły wysoki poziom sportowy, były wyższe, a środkowe nie różniły się wielkością ciała (Carter i in. 2005). Profesjonalne siatkarki badane przez Gualdi-Russo i Zaccagni (2001) były wyższe, cechował je wyższy poziom ektomorfii, wyrażającej smukłość, przy niższych wartościach endomorfii oraz mezomorfii. Podobne tendencje opisali także inni autorzy (Malousaris i in. 2008, Bozo i Lleshi 2012, Martín-Matillas i in. 2014).

Badane piłkarki ręczne, bez względu na ich poziom sportowy, charakteryzowały się zbliżoną masą i wysokością ciała, co jest zgodne z obserwacjami Milanese i in. (2011). Takie cechy antropometryczne, jak rozpiętość ramion, szerokość barków, ruchomość klatki piersiowej, szerokość kostki, długość stopy i szerokość ręki okazały się jednak wyraźnie większe u badanych piłkarek ręcznych prezentujących wysoki poziom sportowy. Na takie tendencje wskazywały wcześniejsze badania Zapartidisa i in. (2009) oraz Ferraguta i in. (2018).

Ponadto Ferragut i in. (2018) wykazali, że piłkarki ręczne na wyższym poziomie sportowym cechują się większą wysokością i masą ciała. Ciekawych danych dostarczyło longitudinalne badanie hiszpańskiej drużyny piłkarek ręcznych, która w ciągu sześciu lat podwyższyła swoją pozycję sportową z krajowej na międzynarodową (Granados i in. 2013). Budowa somatyczna zawodniczek tego zespołu nie zmieniła się istotnie, polepszyła się natomiast ich sprawność motoryczna.

Piłkarki nożne w badaniach własnych, w grupach o różnym poziomie sportowym, nie różniły się między sobą budową somatyczną. Podobne wyniki uzyskali Milanović i in. (2017) na podstawie przeglądu publikacji dotyczących budowy ciała piłkarek nożnych. Nie wykazano także różnic w wielkości ciała pomiędzy piłkarkami nożnymi a kobietami nietrenującymi, piłkarki miały jedynie nieznacznie większy obwód klatki piersiowej i uda oraz masywniejszy szkielet (Can i in. 2004).

Związek względnej masywności budowy ciała, wyrażonej wskaźnikiem BMI, z poziomem sportowym zawodniczek zaznaczył się jedynie u badanych siatkarek. Zawodniczki tej dyscypliny, które nie miały klasy sportowej, charakteryzowały się smuklejszą budową ciała niż zawodniczki prezentujące wyższy poziom wytrenowania. Masywność budowy ciała w pozostałych grupach zawodniczek piłki siatkowej, koszykówki, piłki ręcznej oraz piłki nożnej była podobna ( $BMI\ 21\text{--}22\text{ kg/m}^2$ ), co jest zgodne z wcześniejszymi obserwacjami (Milanese i in. 2011, Amri i in. 2012, Shim i in. 2014, Pastuszak i in. 2016, Ferragut i in. 2018). Moses i Duduyemi (2016) otrzymali większe wartości BMI, około  $26\text{ kg/m}^2$ , ale wśród badanych były też zawodniczki innych niż gry zespołowe dyscyplin sportu. Młode siatkarki albańskie w analizach Bozo i Lleshi (2012) cechowała większa smukłość ( $BMI\text{ około }20\text{ kg/m}^2$ ), przy czym poziom sportowy nie różnicował tej cechy.

Również niewielką zmienność pomiędzy grupami zawodniczek o różnym poziomie sportowym zaobserwowano w dystrybucji tłuszczu na wysokości pasa i bioder. Związek wskaźnika WHR z poziomem sportowym badanych kobiet zaznaczył się jedynie u piłkarek ręcznych, u których większy obwód pasa występował u zawodniczek lepiej wytrenowanych. Oznacza to, że piłkarki ręczne prezentujące niski poziom wytrenowania charakteryzowały się bardziej kobiecym typem dystrybucji tłuszczu w okolicach pasa i bioder ( $WHR\text{ około }0,72$ ), natomiast u zawodniczek wysokiej klasy typ dystrybucji tłuszczu był nieco bardziej zbliżony do męskiego ( $WHR\text{ około }0,75$ ). Zawodniczki koszykówki, piłki siatkowej i piłki nożnej cechowały się typowo kobiecym rozmieszczeniem podskórnej tkanki tłuszczowej. Podobne wyniki uzyskali Pastuszak i in. (2016). Wartość WHR wynosiła u zbadanych przez nich kobiet  $0,73$  i sposób dystrybucji tłuszczu nie różnił się od obserwowanej u kobiet nietrenujących. W badaniach Moses i Duduyemi (2016) obwód pasa u przedstawicielek różnych

dyscyplin stanowił 0,76 obwodu bioder. Shim i in. (2014) stwierdzili, że sportsmenki uzyskują wyższe wartości WHR (około 0,8), czyli, że cechuje je bardziej męski typ dystrybucji tłuszczu. Należy jednak podkreślić, że wśród badanych przez ten zespół kobiet tylko część reprezentowała zespołowe gry sportowe. We wcześniejszych badaniach zawodniczek zespołowych gier sportowych wartości WHR również sięgały 0,8 (Amri in. 2012). W niniejszych badaniach otłuszczenie pasa w stosunku do wysokości ciała (WHtR) było zbliżone we wszystkich grupach kobiet wydzielonych ze względu na poziom sportowy.

Poziom wytrenowania badanych zawodniczek w nieznacznym stopniu i w odmienny sposób niż u mężczyzn wpływał na wzorec otłuszczenia podskórnego. Wśród koszykarek i piłkarek ręcznych fałd skórno-tłuszczowy na ramieniu, a wśród zawodniczek piłki siatkowej fałdy na ramieniu, podudziu i pod dolnym kątem łopatki były istotnie cieńsze u przedstawicielek wyższych klas sportowych. Wśród piłkarek nożnych nie zaobserwowano związku pomiędzy grubością fałdów skórno-tłuszczowych a poziomem wytrenowania. U siatkarek maksymalnie 10% zmienności grubości fałdu skórno-tłuszczowego na podudziu, 8% zmienności grubości fałdu na ramieniu i tylko 3% zmienności grubości fałdu pod dolnym kątem łopatki może być wyjaśnione poziomem sportowym. U piłkarek ręcznych poziom sportowy mógł mieć wpływ na 8% zmienności grubości fałdu skórno-tłuszczowego na ramieniu. W badaniach Pastuszek i in. (2016) wykazano, że grubość fałdów skórno-tłuszczowych sportsmenek jest zbliżona do obserwowanej u kobiet nietreningujących. Milanese i in. (2011) wykazali natomiast, że u zawodniczek piłki ręcznej grubość podściółki tłuszczowej na ramieniu i podudziu zmniejsza się wraz z podwyższaniem poziomu wyszkolenia. Garcia-Gil i in. (2018) zauważyli, że grubość podściółki tłuszczowej u koszykarek jest związana z ich wynikami sportowymi i że większą sprawnością motoryczną charakteryzują się zawodniczki szczuplejsze.

Wśród badanych kobiet odnotowano różnokierunkowe zmiany odnośnie do wskaźników określających względną ilość tłuszczu podskórnego – SFI i SBFI. Ilość podskórnej tkanki tłuszczowej w stosunku do wysokości ciała (SFI) nie zależała od poziomu sportowego koszykarek, piłkarek ręcznych i piłkarek nożnych, natomiast wśród siatkarek stosunek grubości podściółki tłuszczowej do wysokości ciała okazał się istotnie mniejszy u zawodniczek na wyższym poziomie sportowym. Ilość podskórnej tkanki tłuszczowej w stosunku do masy ciała (SBFI) była istotnie mniejsza u lepiej wytrenowanych koszykarek, siatkarek oraz piłkarek ręcznych. Wśród piłkarek nożnych SBFI nie był powiązany z poziomem sportowym, jednak w przypadku pozostałych analizowanych gier zespołowych kobiet wskaźnik ten może być dobrym wyznacznikiem ich poziomu sportowego.

Inaczej niż u mężczyzn, wskaźnik dystrybucji podskórnej tkanki tłuszczowej na kończynach i tułowie (SFDI) był niezależny od poziomu sportowego

badanych zawodniczek. Jedynie u koszykarek zaznaczyła się słaba tendencja do zmniejszania się wartości tego wskaźnika u kobiet lepiej wyszkolonych, co oznacza, że u zawodniczek prezentujących wysoki poziom sportowy występowała większa różnica pomiędzy otłuszczeniem podskórnym kończyn a otłuszczeniem tułowia w porównaniu z zawodniczkami niższych klas, które miały bardziej zrównoważone otłuszczenie tułowia i kończyn. Wskaźnik ten nie odzwierciedla więc poziomu sportowego zawodniczek analizowanych gier zespołowych.

Skład tkankowy ciała, w tym zawartość tłuszczu w masie ciała, nie wiązały się z poziomem sportowym badanych sportswomenek. Charakteryzowała je typowo kobieca zawartość tłuszczu (28–30%). Zaznaczyły się wprawdzie niewielkie różnice w uwodnieniu u piłkarek ręcznych (zawodniczki o wyższych kwalifikacjach miały bardziej korzystne proporcje wody wewnątrzkomórkowej do zewnątrzkomórkowej) oraz w zawartości mięśni u siatkarek (profesjonalistki cechowała większa o 3% zawartość mięśni), ale pozostałe komponenty składu ciała przyjmowały podobne wartości w grupach różniących się poziomem sportowym. Biorąc pod uwagę dużą aktywność fizyczną zawodniczek, można przypuszczać, że powinny być słabiej otłuszczone niż przeciętne kobiety. Jednak dane pochodzące z różnych publikacji nie są w tej kwestii jednoznaczne, często ze względu na zróżnicowany poziom sportowy porównywanych grup. Milanese i in. (2011) wykazali, że profesjonalne włoskie piłkarki ręczne charakteryzowały się mniejszą zawartością tłuszczu niż zawodniczki prezentujące niższy poziom sportowy, natomiast według Milanović i in. (2017) piłkarki nożne na różnym poziomie wytrenowania nie różniły się zawartością tłuszczu. Nie zaobserwowano także różnic w ogólnej zawartości tłuszczu pomiędzy zawodniczkami a kobietami nietreningowymi (Pastuszak i in. 2016). Wśród badanych zawodniczek, inaczej niż w przypadku zawodników, kobiet prezentujących poziom międzynarodowy było niewiele, prawdopodobnie dlatego nie uwidoczniła się wyraźna redukcja otłuszczenia. Wyniki niniejszej pracy dają więc podstawy do stwierdzenia, że osiągnięcie przez polskie zawodniczki gier zespołowych najwyższego poziomu sportowego może być uwarunkowane m.in. uzyskaniem odpowiedniego składu tkankowego ciała. Aby ułatwić odnoszenie sukcesów na arenie międzynarodowej, wyniki pracy powinny być szczególnie uwzględnione przez trenerów oraz dietetyków sportu w planowaniu obciążeń treningowych i diety zawodniczek.

Biorąc pod uwagę jednocześnie procentową zawartość tłuszczu w masie ciała, relatywną wielkość otłuszczenia podskórnego oraz dystrybucję tłuszczu na kończynach i tułowie, można stwierdzić, że zawodnicy poszczególnych zespołowych gier sportowych prezentujący różny poziom sportowy cechowali się odmiennym, swoistym wzorcem otłuszczenia. Wśród zawodniczek różnice pomiędzy grupami nie były tak wyraźne. Można jednak wskazać grupy (zwłaszcza profesjo-

nalne koszykarki i siatkarki) różniące się niektórymi cechami otluszczenia zarówno w odniesieniu do pozostałych dyscyplin, jak i poziomu sportowego.

Bez względu na dyscyplinę zróżnicowanie płciowe w budowie somatycznej i składzie tkankowym ciała było wyraźne, choć wartości analizowanych cech otluszczenia w niektórych grupach żeńskich okazały się bardziej zbliżone do męskich.

Nie ulega wątpliwości, że dobrze rozwinięte cechy wysokościowe i długościowe, a także relatywnie niski poziom otluszczenia są korzystne zarówno dla zawodników, jak i zawodniczek zespołowych gier sportowych, zwłaszcza w koszykówce i piłce siatkowej (Carvajal i in. 2015). Odpowiednia budowa ciała jest jednak tylko jednym z elementów ułatwiających osiągnięcie wysokiego poziomu sportowego. Rozwój poszczególnych dyscyplin i specjalizacja zawodników na określonych pozycjach umożliwiają osiągnięcie sukcesu zawodnikom i zawodniczkom o bardzo zróżnicowanej budowie somatycznej (Naglak 2001). Jest to dobrze widoczne w wynikach prezentowanej pracy, a szczególnie po zastosowaniu podziału sportowców na skupienia o małym, średnim i dużym otluszczeniu podskórnym. W grupach zawodników i zawodniczek o relatywnie większym otluszczeniu podskórnym znajdowali się nie tylko reprezentanci niskiego i średniego poziomu sportowego, ale też wysokiego – najczęściej stanowili oni jednak mniejszość w tych skupieniach. Zbadano więc, z jakimi cechami budowy somatycznej współwystępuje większe otluszczenia podskórne, a z jakimi – mniejsze. W każdej z analizowanych dyscyplin wyodrębniono metodą *k*-średnich 3 skupienia zawodników oraz 3 skupienia zawodniczek istotnie różniących się od siebie otluszczeniem podskórnym. Klasy o małym, średnim i dużym otluszczeniu utworzono w oparciu o bezwzględną i względną ilość tłuszczu podskórnego wyrażoną sumą fałdów skórno-tłuszczowych oraz wartościami wskaźników SFI i SBF1. Dzięki takiemu podejściu wyłoniono różne fenotypy otluszczenia.

Wśród zawodników o najmniejszym otluszczeniu podskórnym zaobserwowano najniższą masę ciała, najmniejszą ogólną zawartość tkanki tłuszczowej (17–18%), najmniejszy obwód pasa w stosunku do wysokości ciała i do szerokości bioder (najmniejsze otluszczenie na wysokości brzucha), a także największą procentową zawartość mięśni w masie ciała (wyjątek stanowili siatkarze, którzy cechowali się podobnym umięśnieniem bez względu na fenotyp otluszczenia). Pozostałe cechy somatyczne w różny sposób wiązały się z fenotypem otluszczenia; powiązania te były inne w każdej z dyscyplin. Piłkarze ręczni i siatkarze z najsłabiej rozwiniętą podściółką tłuszczową byli jednocześnie najwyżsi. Siatkarze tego skupienia mieli też dość masywny szkielet kończyny górnej (duża szerokość łokcia). Koszykarze mieli smukłe kości (najmniejsza w swojej dyscyplinie szerokość łokcia i kolana).

Zawodnicy, którzy zostali włączeni do skupienia o największym odtuszczeniu podskórnym charakteryzowali się największą masą ciała, największą zawartością tłuszczu ogólnego (26% koszykarze i siatkarze, 23% piłkarze nożni i ręczni), największym obwodem pasa w stosunku do wysokości ciała i szerokości bioder, a także mniejszą zawartością procentową mięśni (z wyjątkiem siatkarzy). Piłkarze ręczni i siatkarze byli jednocześnie najniżsi. Koszykarzy i siatkarzy cechowały masywniejsze kości. Dystrybucja tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowi tylko u siatkarzy była związana z wielkością odtuszczenia – u szczupłych zawodników odnotowano dużą różnicę w odtuszczeniu podskórnym kończyn w stosunku do tułowia, natomiast u siatkarzy z mocniej rozwiniętym odtuszczeniem zaobserwowano bardziej równomierne rozłożenie tłuszczu na kończynach i tułowi. U koszykarzy, piłkarzy ręcznych i nożnych takich tendencji nie wykazano.

Grupy zawodników na wysokim poziomie sportowym składały się w większości z mężczyzn o małym odtuszczeniu podskórnym. Wśród profesjonalnych siatkarzy i piłkarzy nożnych zawodnicy z małym odtuszczeniem podskórnym stanowili ponad 70%, wśród profesjonalnych piłkarzy ręcznych – 60%, a wśród profesjonalnych koszykarzy – blisko 50%. W grupach profesjonalnych zawodników znaleźli się także mężczyźni z relatywnie dużym odtuszczeniem podskórnym, ale było ich zdecydowanie mniej. Mężczyźni z odtuszczeniem podskórnym sklasyfikowanym jako duże w swojej dyscyplinie stanowili zaledwie kilka procent wśród profesjonalistów (około 7% wśród koszykarzy, około 9% wśród siatkarzy, 6% u piłkarzy ręcznych i nożnych).

Zawodniczki zespołowych gier sportowych włączone do skupienia o najmniejszym odtuszczeniu podskórnym cechowały się największym obwodem pasa w stosunku do bioder i do wysokości ciała, najmniejszym odtuszczeniem okolic brzucha. Miały one najmniejszą masę ciała w porównaniu z przedstawicielkami pozostałych skupień i najmniejszą zawartość procentową tłuszczu ogólnego (około 25% u siatkarek i piłkarek nożnych oraz 27% u koszykarek i piłkarek ręcznych). Zawodniczki sklasyfikowane jako najbardziej odtuszczone były jednocześnie cięższe, odznaczały się większym odtuszczeniem okolic brzucha i większą ogólną zawartością tłuszczu w masie ciała wynoszącą 31–32% (tylko u piłkarek nożnych zawartość tłuszczu wynosiła około 29%).

Pozostałe analizowane cechy somatyczne w grupach kobiet w różny sposób wiązały się z fenotypem odtuszczenia i powiązania te były odmiennie w odniesieniu do poszczególnych dyscyplin. Najmniej odtuszczone koszykarki i siatkarki były jednocześnie najwyższe. Słaby rozwój odtuszczenia siatkarek w tym skupieniu współwystępował z drobnym szkieletem kończyn dolnych i górnych oraz bardziej zrównoważoną dystrybucją odtuszczenia podskórnego na kończynach i tułowi. Siatkarki o największym odtuszczeniu podskórnym miały masywny szkielet i mocniej rozwiniętą podściółkę tłuszczową tułowia w stosunku do koń-

czyn. Podobne tendencje w dystrybucji tłuszczu podskórnego zaobserwowano u piłkarek ręcznych.

Podobnie jak w przypadku mężczyzn, grupy zawodniczek na wysokim poziomie sportowym składały się w większości z kobiet o małym otłuszczeniu podskórnym. Wśród profesjonalnych siatkarek zawodniczek, u których wykazano małe otłuszczenie podskórne, stanowiły 70%, wśród profesjonalnych koszykarek – 60%, a wśród profesjonalnych piłkarek ręcznych – 47%. Tylko w grupie piłkarek nożnych odnotowano inny skład pod względem wielkości otłuszczenia – wśród reprezentantek wysokiego poziomu sportowego najwięcej zawodniczek (47%) miało średnie otłuszczenie podskórne, a 41% stanowiły kobiety o małym otłuszczeniu podskórnym. Jednakże w grupach profesjonalnych zawodniczek znalazły się także kobiety z relatywnie dużym otłuszczeniem podskórnym, ale było ich zdecydowanie mniej.

Kobiety z otłuszczeniem podskórnym sklasyfikowanym jako duże stanowiły zaledwie kilka procent wśród profesjonalnych zawodniczek (6,5% u siatkarek, 7,5% u piłkarek ręcznych oraz 10,3% u piłkarek nożnych). Żadna z koszykarek o wysokich kwalifikacjach nie miała dużego otłuszczenia podskórnego.

Można stwierdzić, że wysoki poziom sportowy związany jest z niskim otłuszczeniem podskórnym zarówno u zawodników, jak i zawodniczek zespołowych gier sportowych, jednak relatywnie duże otłuszczenie podskórne (na tle zawodników danej dyscypliny) nie przekreśla szansy na osiągnięcie wysokiego poziomu.

## 6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone analizy pozwoliły na wykazanie u badanych zróżnicowania wzorca otłuszczenia. Zarówno wśród zawodniczek, jak i zawodników wyróżniono różne fenotypy otłuszczenia. Osoby prezentujące wysoki poziom sportowy cechowały się najczęściej słabo rozwiniętym otłuszczeniem podskórnym i małą zawartością procentową tłuszczu w masie ciała. W mniejszym stopniu gromadził się u nich także tłuszcz w okolicy pasa. Jednak wśród profesjonalistów zaobserwowano także osoby o większym otłuszczeniu.

Uwzględniając jednocześnie grubość fałdów skórno-tłuszczowych w różnych częściach ciała, relatywną wielkość otłuszczenia podskórnego i procentową zawartość tłuszczu w masie ciała oraz dystrybucję tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie, stwierdzono, że zawodnicy poszczególnych dyscyplin prezentujący różny poziom sportowy cechowali się odmiennym, charakterystycznym wzorcem otłuszczenia. Wzorec dystrybucji otłuszczenia podskórnego definiowany na podstawie map otłuszczenia podskórnego (grubości fałdów skórno-tłuszczowych) okazał się specyficzny dla płci i przybierał podobny kształt we wszystkich czterech analizowanych dyscyplinach. U mężczyzn w podziale na dyscypliny nieznaczne różnice w rozwoju podściółki tłuszczowej uwidoczniły się głównie na tułowie. Różnice pomiędzy grupami prezentującymi różny poziom sportowy przyjmowały odmienny obraz w obrębie każdej dyscypliny.

Profesjonalnych piłkarzy ręcznych cechowała najniższa ogólna zawartość procentowa tłuszczu oraz słabo rozwinięta podściółka tłuszczowa w stosunku do ich masy ciała. Bez względu na grubość podskórnej tkanki tłuszczowej na tułowie była u nich jednak największa spośród innych grup zawodników. Jednocześnie w tej grupie zaobserwowano największą różnicę w rozwoju podściółki tłuszczowej na kończynach i tułowie, otłuszczenie podskórne tułowia było bardzo mocno rozwinięte w stosunku do kończyn. Zróżnicowanie otłuszczenia podskórnego i ogólnego u mężczyzn uprawiających piłkę ręczną okazało się bardzo duże. Piłkarze ręczni nieposiadający klasy sportowej charakteryzowali się dużą relatywną zawartością tłuszczu ogólnego i podskórnego. Mieli oni grubsze niż profesjonalni szczypiorniści fałdy skórno-tłuszczowe na kończynach, przez co dystrybucja tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie była u nich bardziej zrównoważona, zbliżona do wzorca obserwowanego u profesjonalnych koszykarzy.

Koszykarzy na wysokim poziomie sportowym cechowało najbardziej równomierne rozmieszczenie tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie, co było spowodowane dużym rozwojem otłuszczenia podskórnego kończyn. Taki wzorec dystrybucji jest zbliżony do kobiecego. Profesjonalni koszykarze charakteryzowali się niską procentową zawartością tłuszczu w masie ciała, ale rozwój podściółki tłuszczowej, szczególnie na tułowie, na tle innych grup zawodników

był pośredni. Zawodnicy nieposiadający klasy sportowej odznaczali się dużą, na tle innych przedstawicieli zespołowych gier sportowych, zawartością podskórnej tkanki tłuszczowej w stosunku do masy ciała i dużą procentową zawartością tłuszczu ogólnego. Dystrybucja tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie u koszykarzy o niskim poziomie sportowym była mniej równomierna niż u profesjonalistów, zbliżona do pozostałych zawodników średniej klasy.

Profesjonalni siatkarze charakteryzowali się największą ogólną zawartością procentową tłuszczu wśród zawodników wysokiej klasy, mniejszą jednak w porównaniu z zawodnikami na niskim poziomie sportowym. Relatywna wielkość podskórnej tkanki tłuszczowej była u nich większa niż u profesjonalnych piłkarzy nożnych i ręcznych, ale mniejsza niż u wysoko wykwalifikowanych koszykarzy oraz zawodników średniej i niskiej klasy sportowej. Taka zawartość tłuszczu podskórnego i ogólnego może świadczyć o większym w porównaniu z innymi grupami zawodników nagromadzeniu tłuszczu okołonarządowego, większym depozycie tłuszczu wewnętrznego, w tym wewnątrzmięśniowego. Dystrybucja tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie była u siatkarzy na wysokim i średnim poziomie sportowym mniej równomierna niż u profesjonalnych koszykarzy. Rozwój otłuszczenia podskórnego kończyn w stosunku do tułowia okazał się jednak większy niż u profesjonalnych piłkarzy ręcznych, a porównywalny do dystrybucji tłuszczu podskórnego profesjonalnych piłkarzy nożnych. Zróżnicowanie otłuszczenia ciała było wśród siatkarzy zdecydowanie mniejsze niż wśród piłkarzy nożnych i piłkarzy ręcznych. Siatkarzy nieposiadający klasy sportowej cechowała podobna jak siatkarzy na wysokim poziomie sportowym procentowa zawartość tłuszczu w masie ciała, ale grubsza podskórna warstwa tłuszczu w stosunku do masy ciała. Dystrybucja tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie była poza tym nieco bardziej zrównoważona.

Piłkarzy nożnych na wysokim poziomie sportowym cechowała najsłabiej rozwinięta podściółka tłuszczowa w stosunku do masy ciała, ale ogólna zawartość procentowa tłuszczu w masie ciała była u nich nieco większa niż u profesjonalnych piłkarzy ręcznych i koszykarzy. Wynik ten może świadczyć o większym depozycie okołonarządowym i wewnątrzmięśniowym tłuszczu. Fałdy skórno-tłuszczowe na tułowie okazały się jednak w tej grupie zawodników najcieńsze, a dystrybucja tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie podobna do obserwowanej u wysokiej klasy siatkarzy. Stosunek otłuszczenia kończyn do tułowia był większy niż u dobrze wytrenowanych piłkarzy ręcznych. Zróżnicowanie wzorca otłuszczenia wśród piłkarzy nożnych było prawie tak duże jak wśród piłkarzy ręcznych. Piłkarze nożni nieposiadający klasy sportowej charakteryzowali się dość wysokim, na tle innych badanych grup zawodników gier zespołowych, odsetkiem tłuszczu ogólnego w masie ciała oraz dużym udziałem tłuszczu podskórnego w masie ciała. Dystrybucja tłuszczu podskórnego na

kończynach i tułowiu była zbliżona do zawodników średniej i niskiej klasy i mniej równomierna niż u profesjonalnych koszykarzy.

Wśród zawodniczek zróżnicowanie cech otluszczenia pomiędzy grupami przebiegało nieco inaczej niż wśród mężczyzn. Nie zaobserwowano tak wyraźnych tendencji, a niektóre wyniki odnoszące się do kobiet prezentujących średni i niski poziom sportowy były dość zaskakujące, co po części może być wyjaśnione zróżnicowaną liczebnością porównywanych prób. Koszykarki i siatkarki na wysokim poziomie sportowym wyróżniały się wyraźnie na tle pozostałych grup żeńskich wzorcem otluszczenia. Wartości niektórych analizowanych cech otluszczenia były u nich bardziej zbliżone do męskich, jednak różnice dymorficzne nadal pozostawały znaczne.

Profesjonalne koszykarki, podobnie jak siatkarki, cechowała cienka podściółka tłuszczowa w stosunku do masy ciała, jednak pod względem ogólnej zawartości tłuszczu w masie ciała nie odstawały one od innych grup zawodniczek. Może to świadczyć, podobnie jak w przypadku profesjonalnych siatkarki i piłkarzy nożnych, o większym depozycie tłuszczu wisceralnego.

Koszykarki na wysokim poziomie wytrenowania, ze słabo rozwiniętą podściółką tłuszczową i przeciętną zawartością procentową tłuszczu ogólnego, charakteryzowały się najmniej zrównoważoną dystrybucją tłuszczu na kończynach i tułowi, co bardzo zbliżało ich wzorzec dystrybucji tłuszczu podskórnego do profesjonalnych koszykarzy. Miały one cieńszy fałd skórno-tłuszczowy na ramieniu niż zawodniczki niższych klas sportowych. U koszykarek o niższych kwalifikacjach odnotowano podobną procentową zawartość tłuszczu w masie ciała jak u profesjonalistek tej dyscypliny, ale znacznie większą względną zawartość podskórnej tkanki tłuszczowej zbliżoną do opisaną u piłkarek ręcznych na najniższym poziomie wytrenowania. Koszykarki te cechowały się też najbardziej równomierną dystrybucją tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowi, podobnie jak koszykarki i siatkarki na średnim poziomie sportowym.

Profesjonalne siatkarki, u których wykazano słabo rozwiniętą podściółkę tłuszczową i przeciętną zawartość procentową tłuszczu całkowitego, charakteryzowały się przeciętnym wskaźnikiem dystrybucji tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowi. Dystrybucja tłuszczu była pod tym względem zbliżona do profesjonalnych piłkarek ręcznych oraz siatkarek nieposiadających klasy sportowej. Jednak u tych ostatnich grubość fałdów zarówno na kończynach, jak i na tułowi była większa w porównaniu z profesjonalnymi zawodniczkami, co skutkowało też większą względną zawartością podskórnej tkanki tłuszczowej. Siatkarki na niskim poziomie sportowym osiągały przeciętne wartości dotyczące zawartości procentowej tłuszczu całkowitego, podobne do obserwowanych u zawodniczek o najlepszych kwalifikacjach.

Piłkarki ręczne prezentujące wysoki poziom sportowy wyróżniały się spośród innych zawodniczek największą zawartością procentową tłuszczu w masie

ciała, natomiast względna zawartość tłuszczu podskórnego była u nich pośrednia, zbliżona do obserwowanej u zawodniczek na średnim poziomie sportowym oraz u profesjonalnych piłkarek nożnych. Charakteryzowały się pośrednim wśród kobiet wskaźnikiem dystrybucji tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie, zbliżonym do profesjonalnych siatkarek. U piłkarek ręcznych na niskim poziomie wytrenowania wysokiej zawartości procentowej tłuszczu całkowitego towarzyszyła duża względna zawartość tłuszczu podskórnego, ze szczególnie mocno rozwiniętymi fałdami skórno-tłuszczowymi nad grzebieniem biodrowym oraz na brzuchu. Cechowały się one przeciętnymi wartościami wskaźnika dystrybucji tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie.

Wśród piłkarek nożnych nie zaobserwowano typowych tendencji w zależności od poziomu sportowego, być może ze względu na małą reprezentację profesjonalnych zawodniczek. Grupa kobiet prezentujących średni i niski poziom sportowy okazała się nieco mniej otłuszczona niż piłkarki wysokiej klasy. Zawartość procentowa tłuszczu w masie ciała była jednak u profesjonalistek podobna do obserwowanej u wysoko wykwalifikowanych koszykarek i siatkarek. Względna zawartość podskórnej tkanki tłuszczowej u wszystkich piłkarek nożnych przyjmowała wartości przeciętne na tle pozostałych grup. Zawodniczki na wysokim poziomie sportowym cechowały się najbardziej, w porównaniu z innymi profesjonalistkami, rozwiniętym otłuszczeniem podskórnym kończyn w stosunku do otłuszczenia tułowia.

Nie ulega wątpliwości, że niski poziom otłuszczenia jest korzystny w aspekcie wysokiego poziomu sportowego zarówno dla zawodników, jak i zawodniczek zespołowych gier sportowych. Szczególnie wyraźnie uwidacznia się to w koszykówce i piłce siatkowej. Oprócz szacowania ogólnej zawartości tłuszczu w organizmie zasadna jest także ocena jego dystrybucji. Na zaobserwowane zróżnicowanie wzorca otłuszczenia wpływa zarówno płeć zawodników, jak też specyfika dyscypliny i poziom sportowy. Jednocześnie należy pamiętać, że budowa ciała sportowca jest tylko jednym z elementów, które mają znaczenie dla osiągnięcia wysokiego poziomu sportowego, a zmiany przepisów, metod treningowych i taktyki gry oraz specjalizacja zawodników na określonych pozycjach gry umożliwiają osiągnięcie sukcesu sportowcom o bardzo zróżnicowanej budowie somatycznej.

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono:

1. Płeć zawodników zespołowych gier sportowych była podstawowym czynnikiem różnicującym wielkość otłuszczenia i dystrybucję tłuszczu w każdej z badanych dyscyplin. Zawodnicy cechowali się mniejszą procentową zawartością tłuszczu całkowitego, mniejszą względną zawartością tłuszczu podskórnego i słabiej rozwiniętą warstwą tłuszczu podskórnego na kończynach w relacji do tułowia niż zawodniczki.

2. Wielkość otluszczenia oraz dystrybucja tłuszczu podskórnego istotnie różnicowały zawodników poszczególnych gier zespołowych prezentujących różny poziom sportowy. Wśród zawodniczek zróżnicowanie to nie było już tak wyraźne.
3. Zawodnicy reprezentujący poszczególne dyscypliny oraz różny poziom sportowy cechowali się odmiennym wzorcem otluszczenia. Ujawniło się to szczególnie wyraźnie, kiedy w analizie uwzględniono jednocześnie grubość fałdów skórno-tłuszczowych w różnych częściach ciała, relatywną wielkość otluszczenia podskórnego i procentową zawartość tłuszczu w masie ciała, a także dystrybucję tłuszczu podskórnego na kończynach i tułowie.
4. Badane fałdy skórno-tłuszczowe miały różną wartość diagnostyczną. Fałd na ramieniu (nad tricepsem) oraz fałd na podudziu najlepiej różnicowały zawodniczki i zawodników w aspekcie poziomu sportowego.
5. Wysoki poziom sportowy badanych wiązał się także z większym wzrostem wysokości ciała, cech długościowych, masywności szkieletu i cech umięśnienia.

Otrzymane wyniki pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Mapy otluszczenia, a także wskaźniki otluszczenia podskórnego, w tym wskaźnik dystrybucji tłuszczu SFDI, są dobrymi narzędziami do oceny wzorca otluszczenia sportowców zarówno w aspekcie poziomu sportowego, jak i uprawianej dyscypliny.
2. Zasadne jest stosowanie kompleksowej oceny otluszczenia sportowców uwzględniającej rozwój otluszczenia podskórnego i całkowitego oraz dystrybucję tłuszczu.
3. Zachodzi potrzeba wprowadzenia bardziej zindywidualizowanych norm wielkości otluszczenia ogólnego i podskórnego w sporcie, uwzględniających płeć zawodników, rodzaj uprawianej dyscypliny oraz poziom sportowy.

# ANEKS

## KOSZYKÓWKA – ZRÓŻNICOWANIE ZE WZGLĘDU NA PŁEĆ I POZIOM SPORTOWY

| Oznaczenie grup zawodników                  | Oznaczenie klas o istotnie różnych<br>średnich wartościach cech  |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| M-1 mężczyźni na niskim poziomie sportowym  | G1 klasa o najwyższej średniej                                   |
| M-2 mężczyźni na średnim poziomie sportowym | G2 i G3 klasy o pośrednich wartościach<br>średniej ( $G2 > G3$ ) |
| M-3 mężczyźni na wysokim poziomie sportowym | G4 klasa o najniższej średniej                                   |
| K-1 kobiety na niskim poziomie sportowym    |                                                                  |
| K-2 kobiety na średnim poziomie sportowym   |                                                                  |
| K-3 kobiety na wysokim poziomie sportowym   |                                                                  |

Tabela I. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek  
i zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy  
dla cech antropometrycznych

| <i>B-v</i> |       | <i>B-sy</i> |       | <i>sst-sy</i> |       | <i>B-tro</i> |       | <i>tro-ti</i> |       |
|------------|-------|-------------|-------|---------------|-------|--------------|-------|---------------|-------|
| grupa      | klasa | grupa       | klasa | grupa         | klasa | grupa        | klasa | grupa         | klasa |
| M-3        | G1    | M-3         | G1    | M-3           | G1    | M-3          | G1    | M-3           | G1    |
| M-2        | G1    | M-2         | G1    | M-2           | G2    | M-2          | G1    | M-2           | G1    |
| M-1        | G2    | M-1         | G2    | M-1           | G2    | M-1          | G2    | M-1           | G2    |
| K-3        | G3    | K-3         | G3    | K-3           | G3    | K-3          | G3    | K-3           | G3    |
| K-2        | G4    | K-2         | G4    | K-1           | G3    | K-1          | G4    | K-2           | G4    |
| K-1        | G4    | K-1         | G4    | K-2           | G3    | K-2          | G4    | K-1           | G4    |

| <i>B-ti</i> |       | <i>a-da<sub>III</sub></i> |       | <i>a-r</i> |       | <i>r-sty</i> |       | <i>sty-da<sub>III</sub></i> |       |
|-------------|-------|---------------------------|-------|------------|-------|--------------|-------|-----------------------------|-------|
| grupa       | klasa | grupa                     | klasa | grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa                       | klasa |
| M-3         | G1    | M-3                       | G1    | M-3        | G1    | M-3          | G1    | M-3                         | G1    |
| M-2         | G1    | M-2                       | G2    | M-2        | G2    | M-2          | G2    | M-2                         | G1    |
| M-1         | G2    | M-1                       | G2    | M-1        | G2    | M-1          | G2    | M-1                         | G1    |
| K-3         | G3    | K-3                       | G3    | K-3        | G3    | K-3          | G3    | K-3                         | G2    |
| K-2         | G4    | K-2                       | G4    | K-2        | G4    | K-2          | G3    | K-1                         | G3    |
| K-1         | G4    | K-1                       | G4    | K-1        | G4    | K-1          | G3    | K-2                         | G3    |

| <i>da<sub>III</sub>-da<sub>III</sub></i> |       | <i>a-a</i> |       | <i>dl-dl</i> |       | <i>thl-thl</i> |       | <i>xi-ths</i> |       |
|------------------------------------------|-------|------------|-------|--------------|-------|----------------|-------|---------------|-------|
| grupa                                    | klasa | grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa         | klasa |
| M-3                                      | G1    | M-3        | G1    | M-3          | G1    | M-3            | G1    | M-3           | G1    |
| M-2                                      | G1    | M-2        | G2    | M-2          | G2    | M-2            | G1    | M-2           | G1    |
| M-1                                      | G2    | M-1        | G2    | M-1          | G2    | M-1            | G1    | M-1           | G1    |
| K-3                                      | G3    | K-3        | G3    | K-3          | G3    | K-3            | G2    | K-3           | G2    |
| K-2                                      | G4    | K-2        | G4    | K-2          | G4    | K-1            | G2    | K-1           | G2    |
| K-1                                      | G4    | K-1        | G4    | K-1          | G4    | K-2            | G2    | K-2           | G2    |

| <i>ic-ic</i> |       | <i>tro-tro</i> |       | <i>pte-ap</i> |       | <i>mtt-mtf</i> |       | <i>mu-mr</i> |       |
|--------------|-------|----------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|--------------|-------|
| grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa         | klasa | grupa          | klasa | grupa        | klasa |
| M-3          | G1    | M-3            | G1    | M-2           | G1    | M-3            | G1    | M-3          | G1    |
| M-2          | G2    | M-2            | G2    | M-3           | G1    | M-2            | G1    | M-2          | G1    |
| M-1          | G2    | M-1            | G3    | M-1           | G2    | M-1            | G1    | M-1          | G2    |
| K-3          | G3    | K-3            | G3    | K-3           | G3    | K-3            | G2    | K-3          | G3    |
| K-2          | G4    | K-2            | G4    | K-2           | G4    | K-2            | G2    | K-2          | G4    |
| K-1          | G4    | K-1            | G4    | K-1           | G4    | K-1            | G2    | K-1          | G4    |

| <i>cl-cm</i>                            |       | <i>spr-spu</i>                          |       | <i>epl-epm</i>                 |       | <i>mlt-mlf</i>          |       | Obwód klatki<br>piersiowej<br>w spoczynku |       |
|-----------------------------------------|-------|-----------------------------------------|-------|--------------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------------------------|-------|
| grupa                                   | klasa | grupa                                   | klasa | grupa                          | klasa | grupa                   | klasa | grupa                                     | klasa |
| M-3                                     | G1    | M-3                                     | G1    | M-3                            | G1    | M-3                     | G1    | M-3                                       | G1    |
| M-2                                     | G1    | M-2                                     | G2    | M-2                            | G2    | M-2                     | G1    | M-2                                       | G1    |
| M-1                                     | G2    | M-1                                     | G2    | M-1                            | G2    | M-1                     | G1    | M-1                                       | G1    |
| K-2                                     | G3    | K-3                                     | G3    | K-3                            | G3    | K-3                     | G2    | K-2                                       | G2    |
| K-3                                     | G3    | K-1                                     | G3    | K-2                            | G4    | K-2                     | G2    | K-3                                       | G2    |
| K-1                                     | G3    | K-2                                     | G3    | K-1                            | G4    | K-1                     | G2    | K-1                                       | G2    |
| Obwód klatki<br>piersiowej<br>we wdechu |       | Obwód klatki<br>piersiowej<br>w wydechu |       | Ruchomość<br>klatki piersiowej |       | Obwód pasa              |       | Obwód ramienia<br>w spoczynku             |       |
| grupa                                   | klasa | grupa                                   | klasa | grupa                          | klasa | grupa                   | klasa | grupa                                     | klasa |
| M-3                                     | G1    | M-3                                     | G1    | M-2                            | G1    | M-2                     | G1    | M-3                                       | G1    |
| M-2                                     | G1    | M-2                                     | G2    | M-1                            | G1    | M-3                     | G1    | M-2                                       | G1    |
| M-1                                     | G1    | M-1                                     | G2    | M-3                            | G1    | M-1                     | G1    | M-1                                       | G1    |
| K-2                                     | G2    | K-2                                     | G3    | K-1                            | G1    | K-3                     | G2    | K-3                                       | G2    |
| K-3                                     | G2    | K-3                                     | G3    | K-3                            | G1    | K-2                     | G3    | K-2                                       | G3    |
| K-1                                     | G2    | K-1                                     | G3    | K-2                            | G1    | K-1                     | G3    | K-1                                       | G3    |
| Obwód ramienia<br>w napięciu            |       | Obwód<br>przedramienia<br>maksymalny    |       | Obwód bioder                   |       | Obwód uda<br>maksymalny |       | Obwód podudzia<br>maksymalny              |       |
| grupa                                   | klasa | grupa                                   | klasa | grupa                          | klasa | grupa                   | klasa | grupa                                     | klasa |
| M-3                                     | G1    | M-3                                     | G1    | M-3                            | G1    | M-3                     | G1    | M-3                                       | G1    |
| M-2                                     | G1    | M-1                                     | G1    | M-2                            | G1    | K-3                     | G1    | M-2                                       | G2    |
| M-1                                     | G1    | M-2                                     | G1    | M-1                            | G2    | M-2                     | G1    | M-1                                       | G2    |
| K-3                                     | G2    | K-2                                     | G2    | K-3                            | G2    | M-1                     | G1    | K-3                                       | G3    |
| K-2                                     | G3    | K-3                                     | G2    | K-2                            | G3    | K-2                     | G2    | K-2                                       | G4    |
| K-1                                     | G3    | K-1                                     | G2    | K-1                            | G3    | K-1                     | G2    | K-1                                       | G4    |

Tabela II. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy dla masy ciała oraz wskaźników budowy ciała

| Masa ciała |       | BMI   |       | WHR   |       | WHtR  |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| grupa      | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa |
| M-3        | G1    | M-3   | G1    | M-1   | G1    | M-1   | G1    |
| M-2        | G2    | M-2   | G1    | M-2   | G1    | M-2   | G2    |
| M-1        | G2    | M-1   | G1    | M-3   | G1    | M-3   | G3    |
| K-3        | G3    | K-3   | G2    | K-2   | G2    | K-2   | G4    |
| K-2        | G4    | K-2   | G2    | K-1   | G2    | K-3   | G4    |
| K-1        | G4    | K-1   | G2    | K-3   | G2    | K-1   | G4    |

Tabela III. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy dla fałdów skórno-tłuszczowych oraz wskaźników otłuszczenia podskórnego

| Fałd pod dolnym kątem łopatki |       | Fałd nad bicipsem |       | Fałd nad tricipsem |       | Fałd na przedramieniu |       | Fałd nad grzebieniem biodrowym |       |
|-------------------------------|-------|-------------------|-------|--------------------|-------|-----------------------|-------|--------------------------------|-------|
| grupa                         | klasa | grupa             | klasa | grupa              | klasa | grupa                 | klasa | grupa                          | klasa |
| K-2                           | G1    | K-2               | G1    | K-2                | G1    | K-2                   | G1    | K-2                            | G1    |
| K-1                           | G1    | K-3               | G1    | K-1                | G1    | K-1                   | G2    | K-3                            | G1    |
| M-1                           | G1    | K-1               | G2    | K-3                | G1    | K-3                   | G3    | K-1                            | G1    |
| M-2                           | G1    | M-2               | G2    | M-3                | G2    | M-2                   | G3    | M-1                            | G2    |
| K-3                           | G1    | M-3               | G2    | M-1                | G2    | M-3                   | G3    | M-2                            | G2    |
| M-3                           | G1    | M-1               | G2    | M-2                | G2    | M-1                   | G3    | M-3                            | G2    |
| Fałd na brzuchu               |       | Fałd na podudziu  |       | SFI                |       | SFDI                  |       | SBFI                           |       |
| grupa                         | klasa | grupa             | klasa | grupa              | klasa | grupa                 | klasa | grupa                          | klasa |
| K-2                           | G1    | K-2               | G1    | K-2                | G1    | K-1                   | G1    | K-2                            | G1    |
| K-3                           | G1    | K-1               | G1    | K-1                | G1    | K-2                   | G2    | K-1                            | G1    |
| K-1                           | G1    | K-3               | G1    | K-3                | G1    | K-3                   | G3    | K-3                            | G2    |
| M-3                           | G2    | M-2               | G2    | M-1                | G2    | M-3                   | G3    | M-1                            | G3    |
| M-2                           | G2    | M-3               | G2    | M-2                | G2    | M-2                   | G4    | M-2                            | G3    |
| M-1                           | G2    | M-1               | G2    | M-3                | G2    | M-1                   | G4    | M-3                            | G3    |

Tabela IV. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy dla komponentów składu tkankowego ciała

| FM%   |       | FFM%  |       | TBW%  |       | ECW%  |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa |
| K-2   | G1    | M-3   | G1    | M-3   | G1    | K-3   | G1    |
| K-3   | G1    | M-1   | G1    | M-1   | G1    | K-2   | G1    |
| K-1   | G1    | M-2   | G1    | M-2   | G1    | K-1   | G2    |
| M-2   | G2    | K-1   | G2    | K-1   | G2    | M-2   | G3    |
| M-1   | G2    | K-2   | G2    | K-2   | G2    | M-1   | G3    |
| M-3   | G2    | K-3   | G2    | K-3   | G2    | M-3   | G3    |
| ICW%  |       | BCM%  |       | MM%   |       |       |       |
| grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa |       |       |
| M-3   | G1    | M-3   | G1    | M-3   | G1    |       |       |
| M-1   | G1    | M-1   | G2    | M-1   | G1    |       |       |
| M-2   | G2    | K-1   | G2    | M-2   | G2    |       |       |
| K-1   | G3    | M-2   | G2    | K-1   | G3    |       |       |
| K-2   | G3    | K-2   | G2    | K-2   | G3    |       |       |
| K-3   | G3    | K-3   | G2    | K-3   | G3    |       |       |

### KOSZYKÓWKA – ZRÓŻNICOWANIE ZE WZGLĘDU NA POZIOM OTŁUSZCZENIA

| Oznaczenie skupień zawodników          | Oznaczenie klas o istotnie różnych średnich wartościach cech  |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| M-1 mężczyźni o mniejszym otłuszczeniu | G1 klasa o najwyższej średniej                                |
| M-2 mężczyźni o średnim otłuszczeniu   | G2 i G3 klasy o pośrednich wartościach średniej ( $G2 > G3$ ) |
| M-3 mężczyźni o większym otłuszczeniu  | G4, G5 klasy o najniższej średniej ( $G4 > G5$ )              |
| K-1 kobiety o mniejszym otłuszczeniu   |                                                               |
| K-2 kobiety o średnim otłuszczeniu     |                                                               |
| K-3 kobiety o większym otłuszczeniu    |                                                               |

Tabela V. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy skupieniami zawodniczek i zawodników koszykówki o różnym poziomie otłuszczenia

| SFI   |       | SBFI  |       | Suma fałdów |       | <i>B-v</i> |       |
|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|------------|-------|
| grupa | klasa | grupa | klasa | grupa       | klasa | grupa      | klasa |
| K-3   | G1    | K-3   | G1    | K-3         | G1    | M-1        | G1    |
| M-3   | G2    | K-2   | G2    | M-3         | G2    | M-2        | G1    |
| K-2   | G2    | M-3   | G3    | K-2         | G3    | M-3        | G1    |
| M-2   | G3    | K-1   | G3    | M-2         | G3    | K-1        | G2    |
| K-1   | G3    | M-2   | G4    | K-1         | G4    | K-2        | G3    |
| M-1   | G4    | M-1   | G5    | M-1         | G5    | K-3        | G4    |

| Masa ciała |       | <i>cl-cm</i> |       | <i>epl-epm</i> |       | WHR   |       |
|------------|-------|--------------|-------|----------------|-------|-------|-------|
| grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa | klasa |
| M-3        | G1    | M-3          | G1    | M-3            | G1    | M-3   | G1    |
| M-2        | G2    | M-2          | G1    | M-2            | G2    | M-2   | G2    |
| M-1        | G3    | M-1          | G1    | M-1            | G3    | M-1   | G2    |
| K-3        | G4    | K-3          | G2    | K-3            | G4    | K-3   | G3    |
| K-2        | G4    | K-2          | G2    | K-2            | G4    | K-2   | G4    |
| K-1        | G4    | K-1          | G2    | K-1            | G4    | K-1   | G5    |

| WHtR  |       | SFDI  |       | FM [%] |       | MM [%] |       |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| grupa | klasa | grupa | klasa | grupa  | klasa | grupa  | klasa |
| M-3   | G1    | K-1   | G1    | K-3    | G1    | M-1    | G1    |
| M-2   | G2    | K-3   | G1    | K-2    | G2    | M-2    | G2    |
| M-1   | G3    | K-2   | G1    | K-1    | G3    | K-1    | G3    |
| K-3   | G4    | M-2   | G2    | M-3    | G3    | M-3    | G3    |
| K-2   | G5    | M-3   | G2    | M-2    | G4    | K-2    | G4    |
| K-1   | G6    | M-1   | G2    | M-1    | G5    | K-3    | G5    |

## PIŁKA SIATKOWA – ZRÓŻNICOWANIE ZE WZGLĘDU NA PŁEĆ I POZIOM SPORTOWY

| Oznaczenie grup zawodników                  | Oznaczenie klas o istotnie różnych średnich wartościach cech |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| M-1 mężczyźni na niskim poziomie sportowym  | G1 klasa o najwyższej średniej                               |
| M-2 mężczyźni na średnim poziomie sportowym | G2 i G3 klasy o pośrednich wartościach                       |
| M-3 mężczyźni na wysokim poziomie sportowym | średniej (G2 > G3)                                           |
| K-1 kobiety na niskim poziomie sportowym    | G4 klasa o najniższej średniej                               |
| K-2 kobiety na średnim poziomie sportowym   |                                                              |
| K-3 kobiety na wysokim poziomie sportowym   |                                                              |

Tabela VI. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy dla cech antropometrycznych

| <i>B-v</i> |       | <i>B-sy</i> |       | <i>sst-sy</i> |       | <i>B-tro</i> |       | <i>tro-ti</i> |       |
|------------|-------|-------------|-------|---------------|-------|--------------|-------|---------------|-------|
| grupa      | klasa | grupa       | klasa | grupa         | klasa | grupa        | klasa | grupa         | klasa |
| M-3        | G1    | M-2         | G1    | M-3           | G1    | M-2          | G1    | M-2           | G1    |
| M-2        | G1    | M-3         | G1    | M-1           | G1    | M-3          | G1    | M-3           | G1    |
| M-1        | G1    | K-3         | G2    | M-2           | G1    | M-1          | G2    | K-3           | G1    |
| K-3        | G2    | M-1         | G2    | K-3           | G2    | K-3          | G2    | M-1           | G1    |
| K-2        | G3    | K-2         | G3    | K-2           | G2    | K-2          | G3    | K-2           | G2    |
| K-1        | G4    | K-1         | G3    | K-1           | G3    | K-1          | G3    | K-1           | G2    |

| <i>B-ti</i> |       | <i>a-da<sub>III</sub></i> |       | <i>a-r</i> |       | <i>r-sty</i> |       | <i>sty-da<sub>III</sub></i> |       |
|-------------|-------|---------------------------|-------|------------|-------|--------------|-------|-----------------------------|-------|
| grupa       | klasa | grupa                     | klasa | grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa                       | klasa |
| M-3         | G1    | M-2                       | G1    | M-2        | G1    | M-2          | G1    | M-2                         | G1    |
| M-2         | G1    | M-3                       | G2    | M-3        | G1    | M-3          | G2    | M-3                         | G1    |
| M-1         | G1    | M-1                       | G2    | M-1        | G1    | M-1          | G2    | M-1                         | G1    |
| K-3         | G2    | K-3                       | G2    | K-3        | G1    | K-3          | G2    | K-3                         | G2    |
| K-2         | G3    | K-2                       | G3    | K-2        | G2    | K-2          | G3    | K-2                         | G3    |
| K-1         | G3    | K-1                       | G4    | K-1        | G3    | K-1          | G3    | K-1                         | G3    |

| <i>da<sub>III</sub>-da<sub>III</sub></i> |       | <i>a-a</i> |       | <i>dl-dl</i> |       | <i>thl-thl</i> |       | <i>xi-ths</i> |       |
|------------------------------------------|-------|------------|-------|--------------|-------|----------------|-------|---------------|-------|
| grupa                                    | klasa | grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa         | klasa |
| M-2                                      | G1    | M-2        | G1    | M-2          | G1    | M-3            | G1    | M-3           | G1    |
| M-3                                      | G1    | M-3        | G1    | M-3          | G1    | M-2            | G1    | M-2           | G1    |
| M-1                                      | G1    | M-1        | G1    | M-1          | G1    | M-1            | G1    | M-1           | G1    |
| K-3                                      | G2    | K-3        | G2    | K-3          | G2    | K-3            | G2    | K-2           | G2    |
| K-2                                      | G3    | K-2        | G3    | K-2          | G2    | K-2            | G3    | K-3           | G2    |
| K-1                                      | G3    | K-1        | G3    | K-1          | G3    | K-1            | G3    | K-1           | G2    |

| <i>ic-ic</i> |       | <i>tro-tro</i> |       | <i>pte-ap</i> |       | <i>mtt-mtf</i> |       | <i>mu-mr</i> |       |
|--------------|-------|----------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|--------------|-------|
| grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa         | klasa | grupa          | klasa | grupa        | klasa |
| K-3          | G1    | K-3            | G1    | M-2           | G1    | M-2            | G1    | M-2          | G1    |
| M-3          | G1    | M-3            | G2    | M-3           | G1    | M-3            | G2    | M-3          | G1    |
| M-2          | G1    | M-2            | G2    | M-1           | G1    | M-1            | G2    | M-1          | G1    |
| M-1          | G1    | M-1            | G2    | K-3           | G2    | K-3            | G2    | K-3          | G2    |
| K-2          | G1    | K-2            | G3    | K-2           | G3    | K-2            | G3    | K-2          | G2    |
| K-1          | G2    | K-1            | G3    | K-1           | G3    | K-1            | G3    | K-1          | G3    |

| <i>cl-cm</i>                            |       | <i>spr-spu</i>                          |       | <i>epl-epm</i>                 |       | <i>mlt-mlf</i>          |       | Obwód klatki<br>piersiowej<br>w spoczynku |       |
|-----------------------------------------|-------|-----------------------------------------|-------|--------------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------------------------|-------|
| grupa                                   | klasa | grupa                                   | klasa | grupa                          | klasa | grupa                   | klasa | grupa                                     | klasa |
| M-2                                     | G1    | M-2                                     | G1    | M-3                            | G1    | M-3                     | G1    | M-2                                       | G1    |
| M-3                                     | G1    | M-3                                     | G1    | M-2                            | G1    | M-2                     | G1    | M-3                                       | G1    |
| M-1                                     | G1    | M-1                                     | G1    | M-1                            | G1    | M-1                     | G1    | M-1                                       | G1    |
| K-3                                     | G2    | K-3                                     | G2    | K-3                            | G2    | K-3                     | G2    | K-3                                       | G2    |
| K-2                                     | G3    | K-2                                     | G3    | K-2                            | G3    | K-2                     | G3    | K-2                                       | G3    |
| K-1                                     | G3    | K-1                                     | G3    | K-1                            | G3    | K-1                     | G3    | K-1                                       | G3    |
| Obwód klatki<br>piersiowej<br>we wdechu |       | Obwód klatki<br>piersiowej<br>w wydechu |       | Ruchomość<br>klatki piersiowej |       | Obwód pasa              |       | Obwód ramienia<br>w spoczynku             |       |
| grupa                                   | klasa | grupa                                   | klasa | grupa                          | klasa | grupa                   | klasa | grupa                                     | klasa |
| M-2                                     | G1    | M-2                                     | G1    | M-1                            | G1    | M-3                     | G1    | M-2                                       | G1    |
| M-1                                     | G1    | M-3                                     | G1    | M-2                            | G2    | M-2                     | G1    | M-1                                       | G1    |
| M-3                                     | G1    | M-1                                     | G1    | K-3                            | G2    | M-1                     | G1    | M-3                                       | G1    |
| K-3                                     | G2    | K-3                                     | G2    | K-2                            | G2    | K-3                     | G2    | K-3                                       | G2    |
| K-2                                     | G2    | K-2                                     | G3    | M-3                            | G2    | K-2                     | G3    | K-2                                       | G3    |
| K-1                                     | G3    | K-1                                     | G3    | K-1                            | G2    | K-1                     | G3    | K-1                                       | G3    |
| Obwód ramienia<br>w napięciu            |       | Obwód<br>przedramienia<br>maksymalny    |       | Obwód bioder                   |       | Obwód uda<br>maksymalny |       | Obwód<br>podudzia<br>maksymalny           |       |
| grupa                                   | klasa | grupa                                   | klasa | grupa                          | klasa | grupa                   | klasa | grupa                                     | klasa |
| M-2                                     | G1    | M-2                                     | G1    | M-3                            | G1    | K-3                     | G1    | M-2                                       | G1    |
| M-3                                     | G1    | M-3                                     | G1    | K-3                            | G1    | M-2                     | G1    | M-3                                       | G2    |
| M-1                                     | G1    | M-1                                     | G1    | M-2                            | G1    | M-3                     | G1    | M-1                                       | G2    |
| K-3                                     | G2    | K-3                                     | G2    | K-2                            | G1    | K-2                     | G1    | K-3                                       | G2    |
| K-2                                     | G2    | K-2                                     | G2    | M-1                            | G1    | M-1                     | G1    | K-2                                       | G2    |
| K-1                                     | G3    | K-1                                     | G3    | K-1                            | G2    | K-1                     | G2    | K-1                                       | G3    |

Tabela VII. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy dla masy ciała oraz wskaźników budowy ciała

| Masa ciała |       | BMI   |       | WHR   |       | WHtR  |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| grupa      | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa |
| M-2        | G1    | M-2   | G1    | M-2   | G1    | M-3   | G1    |
| M-1        | G1    | M-3   | G1    | M-3   | G1    | M-2   | G1    |
| M-3        | G1    | M-1   | G1    | M-1   | G1    | M-1   | G1    |
| K-3        | G2    | K-2   | G2    | K-1   | G2    | K-3   | G2    |
| K-2        | G3    | K-3   | G2    | K-2   | G2    | K-2   | G2    |
| K-1        | G4    | K-1   | G2    | K-3   | G2    | K-1   | G2    |

Tabela VIII. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy dla fałdów skórno-tłuszczowych oraz wskaźników otłuszczenia podskórnego

| Fałd pod dolnym kątem łopatki |       | Fałd nad bicipsem |       | Fałd nad tricipsem |       | Fałd na przedramieniu |       | Fałd nad grzebieniem biodrowym |       |
|-------------------------------|-------|-------------------|-------|--------------------|-------|-----------------------|-------|--------------------------------|-------|
| grupa                         | klasa | grupa             | klasa | grupa              | klasa | grupa                 | klasa | grupa                          | klasa |
| K-1                           | G1    | K-2               | G1    | K-2                | G1    | K-2                   | G1    | K-2                            | G1    |
| K-2                           | G1    | K-1               | G1    | K-1                | G1    | K-3                   | G1    | K-1                            | G2    |
| M-1                           | G1    | K-3               | G2    | K-3                | G2    | K-1                   | G1    | K-3                            | G2    |
| M-3                           | G1    | M-3               | G2    | M-1                | G3    | M-2                   | G1    | M-1                            | G2    |
| M-2                           | G1    | M-2               | G2    | M-2                | G3    | M-1                   | G1    | M-2                            | G2    |
| K-3                           | G1    | M-1               | G2    | M-3                | G3    | M-3                   | G1    | M-3                            | G2    |
| Fałd na brzuchu               |       | Fałd na podudziu  |       | SFI                |       | SFDI                  |       | SBFI                           |       |
| grupa                         | klasa | grupa             | klasa | grupa              | klasa | grupa                 | klasa | grupa                          | klasa |
| K-1                           | G1    | K-2               | G1    | K-1                | G1    | K-2                   | G1    | K-1                            | G1    |
| K-2                           | G2    | K-3               | G2    | K-2                | G1    | K-1                   | G1    | K-2                            | G1    |
| K-3                           | G2    | K-1               | G2    | K-3                | G2    | K-3                   | G1    | K-3                            | G2    |
| M-1                           | G2    | M-1               | G3    | M-1                | G2    | M-1                   | G2    | M-1                            | G3    |
| M-2                           | G2    | M-2               | G3    | M-2                | G2    | M-3                   | G2    | M-2                            | G3    |
| M-3                           | G2    | M-3               | G3    | M-3                | G2    | M-2                   | G2    | M-3                            | G3    |

Tabela IX. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy dla komponentów składu tkankowego ciała

| FM%   |       | FFM%  |       | TBW%  |       | ECW%  |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa |
| K-2   | G1    | M-2   | G1    | M-2   | G1    | K-1   | G1    |
| K-3   | G1    | M-3   | G1    | M-3   | G1    | K-3   | G1    |
| K-1   | G1    | M-1   | G1    | M-1   | G1    | K-2   | G1    |
| M-1   | G2    | K-1   | G2    | K-1   | G2    | M-1   | G2    |
| M-3   | G2    | K-3   | G2    | K-3   | G2    | M-2   | G2    |
| M-2   | G2    | K-2   | G2    | K-2   | G2    | M-3   | G2    |
| ICW%  |       | BCM%  |       | MM%   |       |       |       |
| grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa |       |       |
| M-3   | G1    | M-3   | G1    | M-3   | G1    |       |       |
| M-2   | G1    | M-2   | G1    | M-1   | G1    |       |       |
| M-1   | G1    | M-1   | G1    | M-2   | G1    |       |       |
| K-2   | G2    | K-3   | G1    | K-3   | G2    |       |       |
| K-3   | G2    | K-2   | G1    | K-2   | G3    |       |       |
| K-1   | G2    | K-1   | G1    | K-1   | G3    |       |       |

### PIŁKA SIATKOWA – ZRÓŻNICOWANIE ZE WZGLĘDU NA POZIOM OTŁUSZCZENIA

| Oznaczenie skupień zawodników          | Oznaczenie klas o istotnie różnych średnich wartościach cech  |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| M-1 mężczyźni o mniejszym otłuszczeniu | G1 klasa o najwyższej średniej                                |
| M-2 mężczyźni o średnim otłuszczeniu   | G2 i G3 klasy o pośrednich wartościach średniej ( $G2 > G3$ ) |
| M-3 mężczyźni o większym otłuszczeniu  | G4, G5 klasy o najniższej średniej ( $G4 > G5$ )              |
| K-1 kobiety o mniejszym otłuszczeniu   |                                                               |
| K-2 kobiety o średnim otłuszczeniu     |                                                               |
| K-3 kobiety o większym otłuszczeniu    |                                                               |

Tabela X. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy skupieniami zawodniczek i zawodników piłki siatkowej o różnym poziomie otłuszczenia

| SFI   |       | SBFI  |       | Suma fałdów |       | <i>B-v</i> |       |
|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|------------|-------|
| grupa | klasa | grupa | klasa | grupa       | klasa | grupa      | klasa |
| K-3   | G1    | K-3   | G1    | K-3         | G1    | M-1        | G1    |
| M-3   | G2    | K-2   | G2    | M-3         | G2    | M-2        | G2    |
| K-2   | G3    | M-3   | G2    | K-2         | G3    | M-3        | G3    |
| M-2   | G4    | K-1   | G3    | M-2         | G4    | K-1        | G4    |
| K-1   | G4    | M-2   | G4    | K-1         | G4    | K-3        | G5    |
| M-1   | G5    | M-1   | G5    | M-1         | G5    | K-2        | G5    |

| Masa ciała |       | <i>cl-cm</i> |       | <i>epl-epm</i> |       | WHR   |       |
|------------|-------|--------------|-------|----------------|-------|-------|-------|
| grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa | klasa |
| M-3        | G1    | M-1          | G1    | M-3            | G1    | M-3   | G1    |
| M-2        | G2    | M-2          | G1    | M-2            | G2    | M-2   | G2    |
| M-1        | G3    | M-3          | G1    | M-1            | G3    | M-1   | G3    |
| K-3        | G4    | K-3          | G2    | K-3            | G4    | K-3   | G4    |
| K-1        | G5    | K-1          | G3    | K-1            | G4    | K-2   | G4    |
| K-2        | G5    | K-2          | G3    | K-2            | G4    | K-1   | G4    |

| WHtR  |       | SFDI  |       | FM [%] |       | MM [%] |       |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| grupa | klasa | grupa | klasa | grupa  | klasa | grupa  | klasa |
| M-3   | G1    | K-1   | G1    | K-3    | G1    | M-1    | G1    |
| M-2   | G2    | K-2   | G2    | K-2    | G2    | M-2    | G1    |
| K-3   | G2    | M-3   | G2    | M-3    | G3    | M-3    | G1    |
| M-1   | G3    | K-3   | G3    | K-1    | G3    | K-1    | G2    |
| K-2   | G4    | M-2   | G4    | M-2    | G4    | K-3    | G2    |
| K-1   | G5    | M-1   | G5    | M-1    | G5    | K-2    | G2    |

## PIŁKA RĘCZNA – ZRÓŻNICOWANIE ZE WZGLĘDU NA PŁEĆ I POZIOM SPORTOWY

| Oznaczenie grup zawodników                  | Oznaczenie klas o istotnie różnych<br>średnich wartościach cech  |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| M-1 mężczyźni na niskim poziomie sportowym  |                                                                  |
| M-2 mężczyźni na średnim poziomie sportowym | G1 klasa o najwyższej średniej                                   |
| M-3 mężczyźni na wysokim poziomie sportowym | G2 i G3 klasy o pośrednich wartościach<br>średniej ( $G2 > G3$ ) |
| K-1 kobiety na niskim poziomie sportowym    |                                                                  |
| K-2 kobiety na średnim poziomie sportowym   | G4 klasa o najniższej średniej                                   |
| K-3 kobiety na wysokim poziomie sportowym   |                                                                  |

Tabela XI. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek  
i zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy  
dla cech antropometrycznych

| <i>B-v</i> |       | <i>B-sy</i> |       | <i>sst-sy</i> |       | <i>B-tro</i> |       | <i>tro-ti</i> |       |
|------------|-------|-------------|-------|---------------|-------|--------------|-------|---------------|-------|
| grupa      | klasa | grupa       | klasa | grupa         | klasa | grupa        | klasa | grupa         | klasa |
| M-3        | G1    | M-3         | G1    | M-3           | G1    | M-3          | G1    | M-3           | G1    |
| M-2        | G1    | M-1         | G1    | M-2           | G1    | M-1          | G1    | M-1           | G1    |
| M-1        | G1    | M-2         | G1    | M-1           | G1    | M-2          | G1    | M-2           | G1    |
| K-3        | G2    | K-3         | G2    | K-1           | G2    | K-3          | G2    | K-3           | G1    |
| K-1        | G2    | K-2         | G2    | K-3           | G2    | K-2          | G2    | K-2           | G1    |
| K-2        | G2    | K-1         | G2    | K-2           | G2    | K-1          | G2    | K-1           | G1    |

| <i>B-ti</i> |       | <i>a-da<sub>III</sub></i> |       | <i>a-r</i> |       | <i>r-sty</i> |       | <i>sty-da<sub>III</sub></i> |       |
|-------------|-------|---------------------------|-------|------------|-------|--------------|-------|-----------------------------|-------|
| grupa       | klasa | grupa                     | klasa | grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa                       | klasa |
| M-3         | G1    | M-3                       | G1    | M-3        | G1    | M-3          | G1    | M-3                         | G1    |
| M-1         | G1    | M-1                       | G1    | M-1        | G1    | M-1          | G1    | M-2                         | G1    |
| M-2         | G1    | M-2                       | G1    | M-2        | G1    | M-2          | G1    | M-1                         | G1    |
| K-3         | G2    | K-3                       | G2    | K-3        | G2    | K-3          | G2    | K-3                         | G2    |
| K-1         | G2    | K-1                       | G2    | K-1        | G2    | K-1          | G2    | K-2                         | G2    |
| K-2         | G2    | K-2                       | G2    | K-2        | G2    | K-2          | G2    | K-1                         | G2    |

| <i>da<sub>III</sub>-da<sub>III</sub></i> |       | <i>a-a</i> |       | <i>dl-dl</i> |       | <i>thl-thl</i> |       | <i>xi-ths</i> |       |
|------------------------------------------|-------|------------|-------|--------------|-------|----------------|-------|---------------|-------|
| grupa                                    | klasa | grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa         | klasa |
| M-3                                      | G1    | M-3        | G1    | M-3          | G1    | M-3            | G1    | M-3           | G1    |
| M-1                                      | G1    | M-2        | G1    | M-2          | G1    | M-1            | G1    | M-2           | G1    |
| M-2                                      | G1    | M-1        | G1    | M-1          | G1    | M-2            | G1    | M-1           | G1    |
| K-3                                      | G2    | K-3        | G2    | K-3          | G2    | K-1            | G2    | K-3           | G2    |
| K-1                                      | G2    | K-2        | G2    | K-2          | G2    | K-3            | G2    | K-2           | G2    |
| K-2                                      | G2    | K-1        | G2    | K-1          | G2    | K-2            | G2    | K-1           | G2    |

| <i>ic-ic</i> |       | <i>tro-tro</i> |       | <i>pte-ap</i> |       | <i>mtt-mtf</i> |       | <i>mu-mr</i> |       |
|--------------|-------|----------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|--------------|-------|
| grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa         | klasa | grupa          | klasa | grupa        | klasa |
| M-3          | G1    | M-3            | G1    | M-3           | G1    | M-3            | G1    | M-3          | G1    |
| M-2          | G1    | M-2            | G2    | M-2           | G1    | M-2            | G1    | M-2          | G1    |
| M-1          | G1    | M-1            | G3    | M-1           | G1    | M-1            | G1    | M-1          | G1    |
| K-3          | G1    | K-2            | G4    | K-3           | G2    | K-3            | G2    | K-3          | G2    |
| K-1          | G1    | K-1            | G4    | K-1           | G2    | K-2            | G2    | K-1          | G2    |
| K-2          | G1    | K-3            | G4    | K-2           | G2    | K-1            | G2    | K-2          | G2    |

| <i>cl-cm</i>                      |       | <i>spr-spu</i>                    |       | <i>epl-epm</i>              |       | <i>mlt-mlf</i>       |       | Obwód klatki piersiowej w spoczynku |       |
|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------------------------|-------|----------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| grupa                             | klasa | grupa                             | klasa | grupa                       | klasa | grupa                | klasa | grupa                               | klasa |
| M-3                               | G1    | M-3                               | G1    | M-3                         | G1    | M-3                  | G1    | M-3                                 | G1    |
| M-2                               | G1    | M-2                               | G1    | M-2                         | G2    | M-2                  | G2    | M-1                                 | G1    |
| M-1                               | G1    | M-1                               | G1    | M-1                         | G2    | M-1                  | G2    | M-2                                 | G1    |
| K-3                               | G2    | K-2                               | G2    | K-2                         | G3    | K-3                  | G3    | K-2                                 | G2    |
| K-2                               | G2    | K-3                               | G2    | K-3                         | G3    | K-2                  | G4    | K-3                                 | G2    |
| K-1                               | G2    | K-1                               | G2    | K-1                         | G3    | K-1                  | G4    | K-1                                 | G2    |
| Obwód klatki piersiowej we wdechu |       | Obwód klatki piersiowej w wydechu |       | Ruchomość klatki piersiowej |       | Obwód pasa           |       | Obwód ramienia w spoczynku          |       |
| grupa                             | klasa | grupa                             | klasa | grupa                       | klasa | grupa                | klasa | grupa                               | klasa |
| M-3                               | G1    | M-3                               | G1    | M-3                         | G1    | M-3                  | G1    | M-3                                 | G1    |
| M-1                               | G2    | M-1                               | G1    | M-1                         | G2    | M-1                  | G1    | M-2                                 | G1    |
| M-2                               | G2    | M-2                               | G1    | M-2                         | G2    | M-2                  | G1    | M-1                                 | G1    |
| K-2                               | G3    | K-2                               | G2    | K-3                         | G2    | K-2                  | G2    | K-1                                 | G2    |
| K-3                               | G3    | K-1                               | G2    | K-2                         | G2    | K-3                  | G2    | K-2                                 | G2    |
| K-1                               | G3    | K-3                               | G2    | K-1                         | G2    | K-1                  | G2    | K-3                                 | G2    |
| Obwód ramienia w napięciu         |       | Obwód przedramienia maksymalny    |       | Obwód bioder                |       | Obwód uda maksymalny |       | Obwód podudzia maksymalny           |       |
| grupa                             | klasa | grupa                             | klasa | grupa                       | klasa | grupa                | klasa | grupa                               | klasa |
| M-3                               | G1    | M-3                               | G1    | M-3                         | G1    | M-3                  | G1    | M-3                                 | G1    |
| M-2                               | G1    | M-2                               | G1    | M-2                         | G2    | M-2                  | G1    | M-2                                 | G1    |
| M-1                               | G1    | M-1                               | G1    | M-1                         | G3    | M-1                  | G2    | M-1                                 | G1    |
| K-3                               | G2    | K-3                               | G2    | K-1                         | G3    | K-3                  | G2    | K-1                                 | G2    |
| K-2                               | G2    | K-1                               | G2    | K-3                         | G3    | K-1                  | G2    | K-3                                 | G2    |
| K-1                               | G2    | K-2                               | G2    | K-2                         | G3    | K-2                  | G2    | K-2                                 | G2    |

Tabela XII. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy dla masy ciała oraz wskaźników budowy ciała

| Masa ciała |       | BMI   |       | WHR   |       | WHtR  |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| grupa      | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa |
| M-3        | G1    | M-3   | G1    | M-3   | G1    | M-3   | G1    |
| M-1        | G2    | M-1   | G2    | M-1   | G1    | M-1   | G2    |
| M-2        | G2    | M-2   | G2    | M-2   | G1    | M-2   | G2    |
| K-3        | G3    | K-3   | G3    | K-2   | G2    | K-2   | G3    |
| K-1        | G3    | K-2   | G3    | K-3   | G2    | K-3   | G3    |
| K-2        | G3    | K-1   | G3    | K-1   | G2    | K-1   | G3    |

Tabela XIII. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy dla fałdów skórno-tłuszczowych oraz wskaźników otluszczenia podskórnego

| Fałd pod dolnym kątem łopatki |       | Fałd nad bicipsem |       | Fałd nad tricipsem |       | Fałd na przedramieniu |       | Fałd nad grzebieniem biodrowym |       |
|-------------------------------|-------|-------------------|-------|--------------------|-------|-----------------------|-------|--------------------------------|-------|
| grupa                         | klasa | grupa             | klasa | grupa              | klasa | grupa                 | klasa | grupa                          | klasa |
| K-3                           | G1    | K-1               | G1    | K-1                | G1    | K-1                   | G1    | K-1                            | G1    |
| K-2                           | G1    | K-2               | G1    | K-2                | G2    | K-2                   | G1    | K-3                            | G1    |
| M-1                           | G1    | K-3               | G1    | K-3                | G2    | K-3                   | G1    | K-2                            | G2    |
| M-1                           | G2    | M-1               | G2    | M-2                | G3    | M-1                   | G2    | M-3                            | G2    |
| K-3                           | G2    | M-2               | G2    | M-1                | G3    | M-2                   | G2    | M-2                            | G2    |
| M-2                           | G2    | M-3               | G2    | M-3                | G3    | M-3                   | G2    | M-1                            | G2    |
| Fałd na brzuchu               |       | Fałd na podudziu  |       | SFI                |       | SFDI                  |       | SBFI                           |       |
| grupa                         | klasa | grupa             | klasa | grupa              | klasa | grupa                 | klasa | grupa                          | klasa |
| K-1                           | G1    | K-1               | G1    | K-1                | G1    | K-1                   | G1    | K-1                            | G1    |
| K-2                           | G2    | K-3               | G1    | K-2                | G1    | K-2                   | G2    | K-2                            | G1    |
| K-3                           | G2    | K-2               | G1    | K-3                | G1    | K-3                   | G2    | K-3                            | G1    |
| M-1                           | G2    | M-1               | G2    | M-1                | G2    | M-1                   | G3    | M-1                            | G2    |
| M-3                           | G2    | M-2               | G2    | M-2                | G2    | M-2                   | G3    | M-2                            | G2    |
| M-2                           | G2    | M-3               | G3    | M-3                | G2    | M-3                   | G4    | M-3                            | G2    |

Tabela XIV. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy dla komponentów składu tkankowego ciała

| FM%   |       | FFM%  |       | TBW%  |       | ECW%  |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa |
| K-2   | G1    | M-3   | G1    | M-3   | G1    | K-2   | G1    |
| K-3   | G1    | M-2   | G1    | M-2   | G1    | K-1   | G2    |
| K-1   | G1    | M-1   | G1    | M-1   | G1    | K-3   | G3    |
| M-1   | G2    | K-1   | G2    | K-1   | G2    | M-1   | G3    |
| M-2   | G2    | K-3   | G2    | K-3   | G2    | M-3   | G4    |
| M-3   | G2    | K-2   | G2    | K-2   | G2    | M-2   | G4    |
| ICW%  |       | BCM%  |       | MM%   |       |       |       |
| grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa |       |       |
| M-2   | G1    | M-2   | G1    | M-3   | G1    |       |       |
| M-3   | G1    | M-3   | G1    | M-2   | G1    |       |       |
| M-1   | G2    | M-1   | G1    | M-1   | G1    |       |       |
| K-3   | G2    | K-3   | G2    | K-3   | G2    |       |       |
| K-1   | G3    | K-1   | G2    | K-1   | G2    |       |       |
| K-2   | G4    | K-2   | G2    | K-2   | G2    |       |       |

### PIŁKA RĘCZNA – ZRÓŻNICOWANIE ZE WZGLĘDU NA POZIOM OTŁUSZCZENIA

| Oznaczenie skupień zawodników          | Oznaczenie klas o istotnie różnych<br>średnich wartościach cech  |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| M-1 mężczyźni o mniejszym otłuszczeniu | G1 klasa o najwyższej średniej                                   |
| M-2 mężczyźni o średnim otłuszczeniu   | G2 i G3 klasy o pośrednich wartościach<br>średniej ( $G2 > G3$ ) |
| M-3 mężczyźni o większym otłuszczeniu  | G4, G5 klasy o najniższej średniej ( $G4 > G5$ )                 |
| K-1 kobiety o mniejszym otłuszczeniu   | G4, G5, G6 klasy o najniższej średniej<br>( $G4 > G5 > G6$ )     |
| K-2 kobiety o średnim otłuszczeniu     |                                                                  |
| K-3 kobiety o większym otłuszczeniu    |                                                                  |

Tabela XV. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy skupieniami zawodniczek  
i zawodników piłki ręcznej o różnym poziomie otłuszczenia

| SFI        |       | SBFI         |       | Suma fałdów    |       | <i>B-v</i> |       |
|------------|-------|--------------|-------|----------------|-------|------------|-------|
| grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa      | klasa |
| K-3        | G1    | K-3          | G1    | K-3            | G1    | M-1        | G1    |
| M-3        | G2    | K-2          | G2    | M-3            | G2    | M-2        | G2    |
| K-2        | G2    | M-3          | G3    | K-2            | G3    | M-3        | G3    |
| K-1        | G3    | K-1          | G3    | M-2            | G4    | K-3        | G4    |
| M-2        | G3    | M-2          | G4    | K-1            | G4    | K-2        | G4    |
| M-1        | G4    | M-1          | G5    | M-1            | G5    | K-1        | G4    |
| Masa ciała |       | <i>cl-cm</i> |       | <i>epl-epm</i> |       | WHR        |       |
| grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa      | klasa |
| M-3        | G1    | M-1          | G1    | M-3            | G1    | M-3        | G1    |
| M-2        | G2    | M-3          | G1    | M-1            | G1    | M-2        | G2    |
| M-1        | G3    | M-2          | G1    | M-2            | G1    | M-1        | G3    |
| K-3        | G4    | K-1          | G2    | K-3            | G2    | K-3        | G4    |
| K-2        | G5    | K-2          | G2    | K-2            | G2    | K-2        | G4    |
| K-1        | G6    | K-3          | G2    | K-1            | G2    | K-1        | G4    |
| WHtR       |       | SFDI         |       | FM [%]         |       | MM [%]     |       |
| grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa      | klasa |
| M-3        | G1    | K-2          | G1    | K-3            | G1    | M-1        | G1    |
| M-2        | G2    | K-1          | G1    | K-2            | G2    | M-2        | G2    |
| K-3        | G3    | K-3          | G1    | K-1            | G3    | M-3        | G3    |
| M-1        | G3    | M-1          | G2    | M-3            | G4    | K-1        | G4    |
| K-2        | G4    | M-3          | G2    | M-2            | G5    | K-3        | G5    |
| K-1        | G5    | M-2          | G3    | M-1            | G6    | K-2        | G5    |

## PIŁKA NOŻNA – ZRÓŻNICOWANIE ZE WZGLĘDU NA PŁEĆ I POZIOM SPORTOWY

| Oznaczenie grup zawodników                  | Oznaczenie klas o istotnie różnych<br>średnich wartościach cech  |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| M-1 mężczyźni na niskim poziomie sportowym  | G1 klasa o najwyższej średniej                                   |
| M-2 mężczyźni na średnim poziomie sportowym | G2 i G3 klasy o pośrednich wartościach<br>średniej ( $G2 > G3$ ) |
| M-3 mężczyźni na wysokim poziomie sportowym | G4 klasa o najniższej średniej                                   |
| K-1 kobiety na niskim poziomie sportowym    |                                                                  |
| K-2 kobiety na średnim poziomie sportowym   |                                                                  |
| K-3 kobiety na wysokim poziomie sportowym   |                                                                  |

Tabela XVI. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek  
i zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy  
dla cech antropometrycznych

| <i>B-v</i> |       | <i>B-sy</i> |       | <i>sst-sy</i> |       | <i>B-tro</i> |       | <i>tro-ti</i> |       |
|------------|-------|-------------|-------|---------------|-------|--------------|-------|---------------|-------|
| grupa      | klasa | grupa       | klasa | grupa         | klasa | grupa        | klasa | grupa         | klasa |
| M-3        | G1    | M-3         | G1    | M-3           | G1    | M-3          | G1    | M-3           | G1    |
| M-1        | G2    | M-2         | G2    | M-1           | G2    | M-2          | G2    | M-1           | G1    |
| M-2        | G2    | M-1         | G2    | M-2           | G2    | M-1          | G2    | M-2           | G1    |
| K-1        | G3    | K-1         | G3    | K-2           | G3    | K-1          | G3    | K-1           | G2    |
| K-3        | G3    | K-3         | G3    | K-3           | G3    | K-3          | G3    | K-3           | G2    |
| K-2        | G3    | K-2         | G3    | K-1           | G3    | K-2          | G3    | K-2           | G2    |

| <i>B-ti</i> |       | <i>a-da<sub>III</sub></i> |       | <i>a-r</i> |       | <i>r-sty</i> |       | <i>sty-da<sub>III</sub></i> |       |
|-------------|-------|---------------------------|-------|------------|-------|--------------|-------|-----------------------------|-------|
| grupa       | klasa | grupa                     | klasa | grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa                       | klasa |
| M-3         | G1    | M-3                       | G1    | M-3        | G1    | M-3          | G1    | M-3                         | G1    |
| M-2         | G2    | M-2                       | G1    | M-2        | G1    | M-2          | G2    | M-1                         | G1    |
| M-1         | G2    | M-1                       | G1    | M-1        | G1    | M-1          | G2    | M-2                         | G1    |
| K-1         | G3    | K-3                       | G2    | K-3        | G2    | K-1          | G3    | K-2                         | G2    |
| K-3         | G3    | K-2                       | G2    | K-2        | G2    | K-2          | G3    | K-3                         | G2    |
| K-2         | G3    | K-1                       | G2    | K-1        | G2    | K-3          | G3    | K-1                         | G2    |

| <i>da<sub>III</sub>-da<sub>III</sub></i> |       | <i>a-a</i> |       | <i>dl-dl</i> |       | <i>thl-thl</i> |       | <i>xi-ths</i> |       |
|------------------------------------------|-------|------------|-------|--------------|-------|----------------|-------|---------------|-------|
| grupa                                    | klasa | grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa         | klasa |
| M-3                                      | G1    | M-3        | G1    | M-3          | G1    | M-3            | G1    | M-3           | G1    |
| M-1                                      | G2    | M-2        | G2    | M-1          | G2    | M-2            | G2    | M-1           | G2    |
| M-2                                      | G2    | M-1        | G2    | M-2          | G2    | M-1            | G2    | M-2           | G2    |
| K-1                                      | G3    | K-2        | G3    | K-3          | G3    | K-3            | G3    | K-3           | G3    |
| K-2                                      | G3    | K-1        | G3    | K-2          | G3    | K-2            | G3    | K-1           | G3    |
| K-3                                      | G3    | K-3        | G3    | K-1          | G3    | K-1            | G3    | K-2           | G3    |

| <i>ic-ic</i> |       | <i>tro-tro</i> |       | <i>pte-ap</i> |       | <i>mtt-mtf</i> |       | <i>mu-mr</i> |       |
|--------------|-------|----------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|--------------|-------|
| grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa         | klasa | grupa          | klasa | grupa        | klasa |
| M-3          | G1    | M-3            | G1    | M-3           | G1    | M-1            | G1    | M-3          | G1    |
| M-1          | G1    | M-1            | G2    | M-1           | G2    | M-3            | G1    | M-1          | G2    |
| K-1          | G1    | M-2            | G3    | M-2           | G2    | M-2            | G1    | M-2          | G2    |
| M-2          | G1    | K-3            | G3    | K-3           | G3    | K-3            | G2    | K-1          | G3    |
| K-2          | G1    | K-1            | G3    | K-2           | G3    | K-1            | G2    | K-2          | G3    |
| K-3          | G1    | K-2            | G3    | K-1           | G3    | K-2            | G2    | K-3          | G3    |

| <i>cl-cm</i>                            |       | <i>spr-spu</i>                          |       | <i>epl-epm</i>                 |       | <i>mlt-mlf</i>          |       | Obwód klatki<br>piersiowej<br>w spoczynku |       |
|-----------------------------------------|-------|-----------------------------------------|-------|--------------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------------------------|-------|
| grupa                                   | klasa | grupa                                   | klasa | grupa                          | klasa | grupa                   | klasa | grupa                                     | klasa |
| M-3                                     | G1    | M-3                                     | G1    | M-3                            | G1    | M-3                     | G1    | M-3                                       | G1    |
| M-1                                     | G1    | M-1                                     | G2    | M-1                            | G2    | M-1                     | G2    | M-1                                       | G2    |
| M-2                                     | G1    | M-2                                     | G2    | M-2                            | G2    | M-2                     | G2    | M-2                                       | G2    |
| K-1                                     | G2    | K-2                                     | G3    | K-2                            | G3    | K-3                     | G3    | K-3                                       | G3    |
| K-3                                     | G2    | K-1                                     | G3    | K-3                            | G3    | K-2                     | G3    | K-2                                       | G3    |
| K-2                                     | G2    | K-3                                     | G3    | K-1                            | G3    | K-1                     | G3    | K-1                                       | G3    |
| Obwód klatki<br>piersiowej<br>we wdechu |       | Obwód klatki<br>piersiowej<br>w wydechu |       | Ruchomość<br>klatki piersiowej |       | Obwód pasa              |       | Obwód<br>ramienia<br>w spoczynku          |       |
| grupa                                   | klasa | grupa                                   | klasa | grupa                          | klasa | grupa                   | klasa | grupa                                     | klasa |
| M-3                                     | G1    | M-3                                     | G1    | M-3                            | G1    | M-3                     | G1    | M-3                                       | G1    |
| M-1                                     | G2    | M-1                                     | G1    | M-1                            | G1    | M-1                     | G2    | M-1                                       | G2    |
| M-2                                     | G2    | M-2                                     | G1    | M-2                            | G1    | M-2                     | G2    | M-2                                       | G2    |
| K-3                                     | G3    | K-3                                     | G2    | K-1                            | G1    | K-2                     | G3    | K-2                                       | G3    |
| K-2                                     | G3    | K-2                                     | G2    | K-2                            | G1    | K-3                     | G3    | K-3                                       | G3    |
| K-1                                     | G3    | K-1                                     | G2    | K-3                            | G1    | K-1                     | G3    | K-1                                       | G3    |
| Obwód ramienia<br>w napięciu            |       | Obwód<br>przedramienia<br>maksymalny    |       | Obwód bioder                   |       | Obwód uda<br>maksymalny |       | Obwód<br>podudzia<br>maksymalny           |       |
| grupa                                   | klasa | grupa                                   | klasa | grupa                          | klasa | grupa                   | klasa | grupa                                     | klasa |
| M-3                                     | G1    | M-3                                     | G1    | M-3                            | G1    | M-3                     | G1    | M-3                                       | G1    |
| M-1                                     | G2    | M-1                                     | G1    | M-1                            | G1    | M-1                     | G2    | M-1                                       | G1    |
| M-2                                     | G2    | M-2                                     | G2    | M-2                            | G1    | K-3                     | G2    | M-2                                       | G1    |
| K-3                                     | G3    | K-2                                     | G3    | K-3                            | G1    | M-2                     | G2    | K-3                                       | G2    |
| K-1                                     | G3    | K-3                                     | G3    | K-1                            | G1    | K-1                     | G2    | K-2                                       | G2    |
| K-2                                     | G3    | K-1                                     | G3    | K-2                            | G1    | K-2                     | G2    | K-1                                       | G2    |

Tabela XVII. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy dla masy ciała oraz wskaźników budowy ciała

| Masa ciała |       | BMI   |       | WHR   |       | WHtR  |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| grupa      | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa |
| M-3        | G1    | M-3   | G1    | M-3   | G1    | M-1   | G1    |
| M-1        | G2    | M-1   | G1    | M-1   | G1    | M-3   | G1    |
| M-2        | G2    | M-2   | G1    | M-2   | G1    | M-2   | G1    |
| K-3        | G3    | K-3   | G2    | K-2   | G2    | K-2   | G1    |
| K-1        | G3    | K-2   | G2    | K-3   | G2    | K-3   | G1    |
| K-2        | G3    | K-1   | G2    | K-1   | G2    | K-1   | G1    |

Tabela XVIII. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy dla fałdów skórno-tłuszczowych oraz wskaźników otluszczenia podskórnego

| Fałd pod dolnym kątem łopatki |       | Fałd nad bicipsem |       | Fałd nad tricipsem |       | Fałd na przedramieniu |       | Fałd nad grzebieniem biodrowym |       |
|-------------------------------|-------|-------------------|-------|--------------------|-------|-----------------------|-------|--------------------------------|-------|
| grupa                         | klasa | grupa             | klasa | grupa              | klasa | grupa                 | klasa | grupa                          | klasa |
| K-3                           | G1    | K-1               | G1    | K-3                | G1    | K-3                   | G1    | K-3                            | G1    |
| K-1                           | G1    | K-2               | G1    | K-1                | G1    | K-2                   | G1    | K-1                            | G1    |
| K-2                           | G1    | K-3               | G1    | K-2                | G1    | K-1                   | G1    | K-2                            | G1    |
| M-1                           | G2    | M-1               | G2    | M-1                | G2    | M-1                   | G2    | M-1                            | G3    |
| M-2                           | G3    | M-2               | G3    | M-2                | G2    | M-2                   | G2    | M-2                            | G3    |
| M-3                           | G4    | M-3               | G3    | M-3                | G3    | M-3                   | G2    | M-3                            | G3    |
| Fałd na brzuchu               |       | Fałd na podudziu  |       | SFI                |       | SFDI                  |       | SBFI                           |       |
| grupa                         | klasa | grupa             | klasa | grupa              | klasa | grupa                 | klasa | grupa                          | klasa |
| K-2                           | G1    | K-1               | G1    | K-3                | G1    | K-3                   | G1    | K-3                            | G1    |
| K-3                           | G1    | K-3               | G1    | K-1                | G1    | K-1                   | G1    | K-2                            | G1    |
| K-1                           | G1    | K-2               | G1    | K-2                | G1    | K-2                   | G1    | K-1                            | G1    |
| M-1                           | G2    | M-1               | G2    | M-1                | G2    | M-2                   | G2    | M-1                            | G2    |
| M-2                           | G3    | M-2               | G2    | M-2                | G3    | M-1                   | G2    | M-2                            | G3    |
| M-3                           | G4    | M-3               | G3    | M-3                | G4    | M-3                   | G3    | M-3                            | G4    |

Tabela XIX. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy dla komponentów składu tkankowego ciała

| FM%   |       | FFM%  |       | TBW%  |       | ECW%  |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa |
| K-3   | G1    | M-3   | G1    | M-3   | G1    | K-3   | G1    |
| K-1   | G2    | M-2   | G2    | M-2   | G2    | K-2   | G1    |
| K-2   | G2    | M-1   | G3    | M-1   | G3    | K-1   | G1    |
| M-1   | G3    | K-2   | G4    | K-2   | G4    | M-3   | G1    |
| M-2   | G4    | K-1   | G4    | K-1   | G4    | M-1   | G1    |
| M-3   | G5    | K-3   | G5    | K-3   | G4    | M-2   | G1    |
| ICW%  |       | BCM%  |       | MM%   |       |       |       |
| grupa | klasa | grupa | klasa | grupa | klasa |       |       |
| M-2   | G1    | M-2   | G1    | M-2   | G1    |       |       |
| M-1   | G1    | M-3   | G2    | M-3   | G1    |       |       |
| M-3   | G1    | K-1   | G2    | M-1   | G1    |       |       |
| K-1   | G2    | M-1   | G2    | K-1   | G2    |       |       |
| K-2   | G2    | K-2   | G2    | K-2   | G2    |       |       |
| K-3   | G2    | K-3   | G2    | K-3   | G2    |       |       |

### PIŁKA NOŻNA – ZRÓŻNICOWANIE ZE WZGLĘDU NA POZIOM OTŁUSZCZENIA

| Oznaczenie skupień zawodników          | Oznaczenie klas o istotnie różnych<br>średnich wartościach cech  |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| M-1 mężczyźni o mniejszym otłuszczeniu | G1 klasa o najwyższej średniej                                   |
| M-2 mężczyźni o średnim otłuszczeniu   | G2 i G3 klasy o pośrednich wartościach<br>średniej ( $G2 > G3$ ) |
| M-3 mężczyźni o większym otłuszczeniu  | G4, G5 klasy o najniższej średniej ( $G4 > G5$ )                 |
| K-1 kobiety o mniejszym otłuszczeniu   | G4, G5, G6 klasy o najniższej średniej<br>( $G4 > G5 > G6$ )     |
| K-2 kobiety o średnim otłuszczeniu     |                                                                  |
| K-3 kobiety o większym otłuszczeniu    |                                                                  |

Tabela XX. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy skupieniami zawodniczek i zawodników piłki nożnej o różnym poziomie otłuszczenia

| SFI        |       | SBFI         |       | Suma fałdów    |       | <i>B-v</i> |       |
|------------|-------|--------------|-------|----------------|-------|------------|-------|
| grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa      | klasa |
| K-3        | G1    | K-3          | G1    | K-3            | G1    | M-1        | G1    |
| M-3        | G2    | K-2          | G2    | M-3            | G2    | M-2        | G1    |
| K-2        | G3    | M-3          | G3    | K-2            | G3    | M-3        | G1    |
| M-2        | G4    | K-1          | G4    | M-2            | G4    | K-2        | G2    |
| K-1        | G4    | M-2          | G5    | K-1            | G4    | K-3        | G2    |
| M-1        | G5    | M-1          | G6    | M-1            | G5    | K-1        | G2    |
| Masa ciała |       | <i>cl-cm</i> |       | <i>epl-epm</i> |       | WHR        |       |
| grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa      | klasa |
| M-3        | G1    | M-2          | G1    | M-3            | G1    | M-3        | G1    |
| M-2        | G2    | M-1          | G1    | M-2            | G1    | M-2        | G2    |
| M-1        | G3    | M-3          | G1    | M-1            | G1    | M-1        | G2    |
| K-3        | G4    | K-3          | G2    | K-3            | G2    | K-1        | G3    |
| K-2        | G5    | K-1          | G2    | K-2            | G2    | K-2        | G3    |
| K-1        | G6    | K-2          | G2    | K-1            | G2    | K-3        | G3    |
| WHtR       |       | SFDI         |       | FM [%]         |       | MM [%]     |       |
| grupa      | klasa | grupa        | klasa | grupa          | klasa | grupa      | klasa |
| M-3        | G1    | K-3          | G1    | K-3            | G1    | M-1        | G1    |
| K-3        | G2    | K-1          | G1    | K-2            | G2    | M-2        | G2    |
| M-2        | G2    | K-2          | G1    | K-1            | G3    | M-3        | G3    |
| K-2        | G3    | M-2          | G2    | M-3            | G4    | K-3        | G4    |
| M-1        | G3    | M-1          | G2    | M-2            | G5    | K-1        | G4    |
| K-1        | G4    | M-3          | G2    | M-1            | G6    | K-2        | G4    |

## PORÓWNANIE WZORCA OTŁUSZCZENIA POMIĘDZY DYSCYPLINAMI

Tabela XXI. Wyniki testów porównań wielokrotnych (wartości prawdopodobieństwa  $p$ ) pomiędzy grupami zawodników reprezentujących różne zespołowe gry sportowe dla fałdów skórno-tłuszczowych

| Dyscyplina                     | Koszykówka | Piłka siatkowa | Piłka ręczna | Piłka nożna |
|--------------------------------|------------|----------------|--------------|-------------|
| fałd pod dolnym kątem łopatki  |            |                |              |             |
| Koszykówka                     |            | 1,000          | 1,000        | 0,000       |
| Piłka siatkowa                 | 1,000      |                | 0,587        | 0,095       |
| Piłka ręczna                   | 1,000      | 0,587          |              | 0,000       |
| Piłka nożna                    | 0,000      | 0,095          | 0,000        |             |
| fałd nad bicipsem              |            |                |              |             |
| Koszykówka                     |            | 1,000          | 0,038        | 0,626       |
| Piłka siatkowa                 | 1,000      |                | 0,120        | 1,000       |
| Piłka ręczna                   | 0,038      | 0,120          |              | 0,660       |
| Piłka nożna                    | 0,626      | 1,000          | 0,660        |             |
| fałd nad tricipsem             |            |                |              |             |
| Koszykówka                     |            | 0,340          | 0,016        | 0,320       |
| Piłka siatkowa                 | 0,340      |                | 1,000        | 1,000       |
| Piłka ręczna                   | 0,016      | 1,000          |              | 0,448       |
| Piłka nożna                    | 0,320      | 1,000          | 0,448        |             |
| fałd na przedramieniu          |            |                |              |             |
| Koszykówka                     |            | 1,000          | 0,000        | 0,412       |
| Piłka siatkowa                 | 1,000      |                | 0,000        | 0,566       |
| Piłka ręczna                   | 0,000      | 0,000          |              | 0,002       |
| Piłka nożna                    | 0,412      | 0,566          | 0,002        |             |
| fałd nad grzebieniem biodrowym |            |                |              |             |
| Koszykówka                     |            | 1,000          | 0,734        | 0,031       |
| Piłka siatkowa                 | 1,000      |                | 0,672        | 0,436       |
| Piłka ręczna                   | 0,734      | 0,672          |              | 0,001       |
| Piłka nożna                    | 0,031      | 0,436          | 0,001        |             |
| fałd na brzuchu                |            |                |              |             |
| Koszykówka                     |            | 1,000          | 1,000        | 0,000       |
| Piłka siatkowa                 | 1,000      |                | 1,000        | 0,225       |
| Piłka ręczna                   | 1,000      | 1,000          |              | 0,001       |
| Piłka nożna                    | 0,000      | 0,225          | 0,001        |             |
| fałd na podudziu               |            |                |              |             |
| Koszykówka                     |            | 1,000          | 0,416        | 0,001       |
| Piłka siatkowa                 | 1,000      |                | 1,000        | 0,429       |
| Piłka ręczna                   | 0,416      | 1,000          |              | 1,000       |
| Piłka nożna                    | 0,001      | 0,429          | 1,000        |             |

Tabela XXII. Wyniki testów porównań wielokrotnych (wartości prawdopodobieństwa  $p$ )  
 pomiędzy grupami zawodników reprezentujących różne zespołowe gry sportowe  
 dla wskaźnika dystrybucji tłuszczu podskórnego

| Dyscyplina     | SFDI       |                |              |             |
|----------------|------------|----------------|--------------|-------------|
|                | koszykówka | piłka siatkowa | piłka ręczna | piłka nożna |
| Koszykówka     |            | 1,000          | 0,001        | 1,000       |
| Piłka siatkowa | 1,000      |                | 0,137        | 0,876       |
| Piłka ręczna   | 0,001      | 0,137          |              | 0,000       |
| Piłka nożna    | 1,000      | 0,876          | 0,000        |             |

## BIBLIOGRAFIA

- Ackerman K.E., Misra M. (2011) Bone health in adolescent athletes with a focus on female athlete triad. *Phys Sportsmed*, 39(1), 131–141.
- Ackland T.R., Lohman T.G., Sundgot-Borgen J., Maughan R.J., Meyer N.L., Stewart A.D., Müller W. (2012) Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Med*, 42(3), 227–249.
- Ackland T.R., Schreiner A.B., Kerr D.A. (1997) Absolute size and proportionality characteristics of World Championship female basketball players. *J Sports Sci*, 15(5), 485–490.
- Alberti K.G., Eckel R.H., Grundy S.M., Zimmet P.Z., Cleeman J.I., Donato K.A., Fruchart J.C., James W.P., Loria C.M., Smith S.C. Jr, International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention, National Heart, Lung, and Blood Institute, American Heart Association, World Heart Federation, International Atherosclerosis Society, International Association for the Study of Obesity (2009) Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention, National Heart, Lung, and Blood Institute, American Heart Association, World Heart Federation, International Atherosclerosis Society and International Association for the Study of Obesity. *Circulation*, 120(16), 1640–1645.
- Amati F., Dubé J.J., Alvarez-Carnero E., Edreira M.M., Chomentowski P., Coen P.M., Switzer G.E., Bickel P.E., Stefanovic-Racic M., Toledo F.G.S., Goodpaster B.H. (2011) Skeletal muscle triglycerides, diacylglycerols, and ceramides in insulin resistance. Another paradox in endurance-trained athletes? *Diabetes*, 60(10), 2588–2597.
- Amati F., Pennant M., Azuma K., Dubé J.J., Toledo F.G.S., Rossi A.P., David E., Kelley D.E., Goodpaster B.H. (2012) Lower thigh subcutaneous and higher visceral abdominal adipose tissue content both contribute to insulin resistance. *Obesity*, 20(5), 1115–1117.
- Amato M.C., Giordano C., Galia M., Criscimanna A., Vitabile S., Midiri M., Galluzzo A., AlkaMeSy Study Group (2010) Visceral adiposity index: a reliable indicator of visceral fat function associated with cardiopneumatic risk. *Diabetes Care*, 33(4), 920–922.
- Amri S., Ujang A.F., Norjali Wazir M.R.W., Ismail N.A. (2012) Anthropometric correlates of motor performance among Malaysian university athletes. *Movement, Health & Exercise (MoHE)*, 1(1), 75–92.
- Andreoli A., Melchiorri G., Brozzi M., Di Marco A., Volpe S.L., Garofano P., Di Daniele N., De Lorenzo A. (2003) Effect of different sports on body cell mass in highly trained athletes. *Acta Diabetol*, 40(S1), 122–125.
- Assefa T., Kumar A. (2018) Relationship among anthropometric, body composition and physical fitness of basketball skill performance: A study of Ethiopian University Players. *Journal of Exercise Science & Physiotherapy (JESP)*, 14(1), 16–21.
- Bale P., Bradbury D., Colley E. (1986) Anthropometric and training variables related to 10km running performance. *Br J Sports Med*, 20(4), 170–173.

- Bale P., Rowell S., Colley E. (1985) Anthropometric and training characteristics of female marathon runners as determinants of distance running performance. *J Sports Sci*, 3(2), 115–126.
- Barut Ç., Demirel P., Kiram S. (2008) Evaluation of hand anthropometric measurements and grip strength in basketball, volleyball and handball players. *Anatomy*, 2, 55–59.
- Baumgartner R.N., Roche A.F. (1988) Tracking of fat pattern indices in childhood: the Melbourne Growth Study. *Hum Biol*, 60(4), 549–567.
- Bayios I.A., Bergeles N.K., Apostolidis N.G., Noutsos K.S., Koskolou M.D. (2006) Anthropometric, body composition and somatotype differences of Greek elite female basketball, volleyball and handball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 46(2), 271–280.
- Ben Abdelkrim N., Chaouachi A., Chamari K., Chtara M., Castagna C. (2010) Positional role and competitive-level differences in elite-level men's basketball players. *J Strength Cond Res*, 24(5), 1346–1355.
- Birsoy K., Festuccia W.T., Laplante M. (2013) A comparative perspective on lipid storage in animals. *J Cell Sci*, 126, 1541–1552.
- Bjelica D., Popovic S., Kezunovic M., Petkovic J., Jurak G., Grasgruber P. (2012) Body height and its estimation utilising arm span measurements in Montenegrin adults. *Anthropological notebooks*, 18(2), 69–83.
- Bjørndal B., Burri L., Staalesen V., Skorve J., Berge R.K. (2011) Different Adipose Depots: their role in the development of metabolic syndrome and mitochondrial response to hypolipidemic agents. *J Obes*, 2011, ID 490650.
- Bober T. (1992) Technika sportowa. [W:] T. Ulatowski (red.), Teoria sportu. Tom II. UKFiT, Warszawa, 5–62.
- Bompa T., Zając A., Waśkiewicz Z., Chmura J. (2013) Przygotowanie sprawnościowe w zespołowych grach sportowych. AWF, Katowice.
- Bose K. (2002) Age Trends in adiposity and central body fat distribution among adult white men resident in Peterborough, East Anglia, England. *Coll Antropol*, 26(1), 179–186.
- Bouchard C. (1996) Genetic influences on human body composition and physique. [W:] A.F Roche, S.D. Heymsfield, T.G. Lohman (red.), Human Body Composition. Human Kinetics, Champaign, 310–316.
- Bouchard C., Després J.P., Mauriege P. (1993) Genetic and nongenetic determinants of regional fat distribution. *Endocr Rev*, 14(1), 72–93.
- Bozo D., Lleshi E. (2012) Comparison of Albanian female volleyball player with anthropometric, performance and haematological parameters. *J Hum Sport Exerc*, 7(Proc1), 41–50.
- Burdukiewicz A., Pietraszewska J., Stachoń A., Andrzejewska J., Basiak M. (2016) Zmiany sekularne w budowie i proporcjach ciała piłkarzy ręcznych. *Journal of Education, Health and Sport*, 6(9), 367–378.
- Camhi S.M., Bray G.A., Bouchard C., Greenway F.L., Johnson W.D., Newton R.L., Ravussin E., Ryan D.H., Smith S.R., Katzmarzyk P.T. (2011) The relationship of waist circumference and BMI to visceral, subcutaneous, and total body fat: sex and race differences. *Obesity (Silver Spring)*, 19(2), 402–408.

- Can F., Yilmaz I., Erden Z. (2004) Morphological characteristics and performance variables of Women Soccer Players. *J Strength Cond Res*, 18(3), 480–485.
- Canoy D., Boekholdt S.M., Wareham N., Luben R., Welch A., Bingham S., Buchan I., Day N., Khaw K.T. (2007) Body fat distribution and risk of coronary heart disease in men and women in the European Prospective Investigation Into Cancer and Nutrition in Norfolk cohort: a population-based prospective study. *Circulation*, 116(25), 2933–2943.
- Carey V.J., Walters E.E., Colditz G.A., Solomon C.G., Willett W.C., Rosner B.A., Speizer F.E., Manson J.E. (1997) Body fat distribution and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. The Nurses' Health Study. *Am J Epidemiol*, 145(7), 614–619.
- Carlyon R., Gore Ch., Woolford S., Bryant R. (2009) Calibrating Harpenden Skinfold Calipers. Chapter 4. [W:] K. Norton, T. Olds (red.), *Anthropometrica*. UNSW Press, Sydney, 97–117.
- Carmelli D., McElroy M.R., Rosenman R.H. (1991) Longitudinal changes in fat distribution in the Western Collaborative Group Study: a 23-year follow-up. *Int J Obes*, 15(1), 67–74.
- Carter J.E.L., Ackland T.R., Kerr D.A., Stapff A.B. (2005) Somatotype and size of elite female basketball players. *J Sports Sci*, 23(10), 1057–1063.
- Carter J.E.L., Heath B.H. (1990) Somatotyping – development and applications. Cambridge Studies in Biological Anthropology. Cambridge University Press, ISBN 978- 0521351171.
- Carvajal W., León P.S., González R.M.E., Echevarría G.I., Martinez A.M. (2015) Morphological changes of elite cuban female volleyball players, 1984–2008. *Rev Esp Antrop Fís*, 36, 33–44.
- Cavedon V., Zancanaro C., Milanese C. (2018) Anthropometric prediction of DXA-measured body composition in female team handball players. *PeerJ*, 6, e5913.
- Chan J.M., Rimm E.B., Colditz G.A., Stampfer M.J., Willett W.C. (1994) Obesity, fat distribution, and weight gain as risk factors for clinical diabetes in men. *Diabetes Care*, 17(9), 961–969.
- Choe S.S., Huh J.Y., Hwang I.J., Kim J.I., Kim J.B. (2016) Adipose tissue remodeling: its role in energy metabolism and metabolic disorders. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 7, ID 30.
- Chrzanowska M. (1992) Biologiczne i społeczno-ekonomiczne determinanty rozwoju podskórnej tkanki tłuszczowej u dzieci i młodzieży. Wydawnictwo Monograficzne, AWF, Kraków, 49.
- Chrzanowska M. (1993) Zmiany rozwojowe dystrybucji podskórnej tkanki tłuszczowej oraz ich przebieg u dzieci otyłych i szczupłych. [W:] J. Gładkowska-Rzeczycka (red.), *Człowiek w czasie i przestrzeni*. Wydawnictwo Gdańskie, Gdańsk, 15–17.
- Chrzanowska M., Suder A. (2008) Ontogenesis changes and sex dimorphism of subcutaneous fat distribution: 12-year longitudinal study of children and adolescents from Cracow, Poland. *Am J Hum Biol*, 20(4), 424–430.
- Chrzanowska M. (red.) (2004) Cechy somatyczne i sprawność motoryczna mężczyzn z populacji krakowskiej. *Studia i Monografie*, AWF w Krakowie, 30.
- Chumlea W.C., Siervogel R.M., Roche A.F., Rogers E. (1984) Increments across age in body composition for children 10 to 18 years of age. *Hum Biol*, 55(4), 845–852.

- Clarys J.P., Martin A.D., Drinkwater D.T., Marfell-Jones M.J. (1987) The skinfold: myth and reality. *J Sports Sci*, 5, 3–33.
- Cnop M., Landchild M.J., Vidal J., Havel P.J., Knowles N.G., Carr D.R., Wang F., Hull R.L., Boyko E.J., Retzlaff B.M., Walden C.E., Knopp R.H., Kahn S.E. (2002) The concurrent accumulation of intra-abdominal and subcutaneous fat explains the association between insulin resistance and plasma leptin concentrations: distinct metabolic effects of two fat compartments. *Diabetes*, 51(4), 1005–1015.
- Cohen J. (1992) A power primer. *Psychol Bull*, 112(1), 155–159.
- Cometti G., Maffiuletti N.A., Pousson M., Chatard J.-C., Maffulli N. (2001) Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med*, 22(1), 45–51.
- Cooke P.S., Naaz A. (2004) Role of estrogens in adipocyte development and function. *Exp Biol Med*, 229 (11), 1127–1135.
- Corbatón Anchuelo A., Martínez-Larrad M.T., Serrano-García I., Fernández Pérez C., Serrano-Ríos M. (2019) Body fat anthropometric indexes: which of those identify better high cardiovascular risk subjects? A comparative study in Spanish population. *PLoS One*, 14(5), e0216877.
- Cossio-Bolanos M., Portella D., Jefferson E., Hespanhol J.E., Fraser N., de Arruda M. (2012) Body Size and composition of the elite Peruvian soccer player. *J Exerc Physiol online*, 15(3), 30–36.
- Cypess A.M., Lehman S., Williams G., Tal I., Rodman D., Goldfine A.B., Kuo F.C., Palmer E.L., Tseng Y-H, Doria A., Kolodny G.M., Kahn C.R. (2009) Identification and importance of brown adipose tissue in adult humans. *N Engl J Med*, 360(15), 1509–1517.
- Day K., Kwok A., Evans A., Mata F., Verdejo-Garcia A., Hart K., Ward L.C., Truby H. (2018) Comparison of a bioelectrical impedance device against the reference method dual energy x-ray absorptiometry and anthropometry for the evaluation of body composition in adults. *Nutrients*, 10(10), 1469.
- Demerath E.W., Sun S.S., Rogers N., Lee M., Reed D., Choh A.C., Couch W., Czerwinski S.A., Chumlea W.C., Siervogel R.M., Towne B. (2007) Anatomical patterning of visceral adipose tissue: race, sex, and age variation. *Obesity (Silver Spring)*, 15(12), 2984–2993.
- Després J.P., Couillard C., Gagnon J., Bergeron J., Leon A.S., Rao D.C., Skinner J.S., Wilmore J.H., Bouchard C. (2000) Race, visceral adipose tissue, plasma lipids, and lipoprotein lipase activity in men and women: the Health, Risk Factors, Exercise Training, and Genetics (HERITAGE) family study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 20(8), 1932–1938.
- Ducimetiere P., Richard J., Cambien F. (1986) The pattern of subcutaneous fat distribution in middle-aged men and the risk of coronary heart disease: the Paris Prospective Study. *Int J Obes*, 10(3), 229–240.
- Đurković T., Marelić N. (2014) Differences in aerobic capacity indicators between the croatian national team and club level volleyball players. *Kinesiology*, 46, 59–65.
- Eider J. (2004) Cechy modelu mistrzostwa sportowego reprezentacji siatkarskich startujących w Mistrzostwach Europy w piłce siatkowej w 2003 roku. *Zeszyty Naukowe US, Prace Instytutu Kultury Fizycznej*, 21, 149–157.

- Evans E.M., Rowe D.A., Misic M.M., Prior B.M., Arngrímsson S.A. (2005) Skinfold prediction equation for athletes developed using a four-component model. *Med Sci Sports Exerc*, 37(11), 2006–2011.
- Farr O.M., Gavrieli A., Mantzoros Ch.S. (2015) Leptin applications in 2015: What have we learned about leptin and obesity? *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*, 22(5), 353–359.
- Ferragut C., Vila H., Abraldes J.A., Manchado C. (2018) Influence of physical aspects and throwing velocity in opposition situations in top-elite and elite female handball players. *J Hum Kinet*, 63, 23–32.
- Fomon S.J., Haechke F., Ziegler E.E., Nelson S.E. (1982) Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am J Clin Nutr*, 35(5), 1169–1175.
- Forsyth H.L., Sinning W.E. (1973) The anthropometric estimation of body density and lean body weight of male athletes. *Med Sci Sports*, 5(3), 174–180.
- Fugiel J., Czajka K., Połuszny P., Sławińska T. (2017) Motoryczność człowieka. Podstawowe zagadnienia z antropomotoryki. MedPharm Polska, Wrocław.
- Gabbett T. (2005) A comparison of physiological and anthropometric characteristics among playing positions in junior rugby league players. *Br J Sports Med*, 39(9), 675–680.
- Gaida J.E., Cook J.L., Bass S.L., Austen S., Kiss Z.S. (2004) Are unilateral and bilateral patellar tendinopathy distinguished by differences in anthropometry, body composition, or muscle strength in elite female basketball players? *Br J Sport Med*, 38(5), 581–585.
- Gallagher D., Visser M., Sepulveda D., Pierson R.N., Harris T., Heymsfield S.B. (1996) How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups? *Am J Epidemiol*, 143(3), 228–239.
- Gao X., Alvo M., Chen J., Li G. (2008) Nonparametric multiple comparison procedures for unbalanced one-way factorial designs. *JSPI*, 138(8), 2574–2591.
- Garcia-Gil M., Torres-Unda J., Esain I., Duñabeitia I., Gil S., Gil J., Irazusta J. (2018) Anthropometric parameters, age, and agility as performance predictors in elite female basketball players. *J Strength Cond Res*, 32(6), 1723–1730.
- Garrido-Chamorro R., Sirvent-Belando J.E., González-Lorenzo M., Blasco-Lafarga C., Roche E. (2012) Skinfold sum: reference values for top athletes. *Int J Morphol*, 30(3), 803–809.
- Gerodimos V., Manou V., Kellis E., Kellis S. (2005) Body composition characteristics of elite male basketball players. *J Hum Mov Stud*, 49, 115–126.
- Gesta S., Blüher M., Yamamoto Y., Norris A.W., Berndt J., Kralisch S., Boucher J., Lewis C., Kahn C.R. (2006) Evidence for a role of developmental genes in the origin of obesity and body fat distribution. *Proc Natl Acad Sci USA*, 103(17), 6676–6681.
- Ghobadi H., Rajabi H., Farzad B., Bayati M., Jeffreys I. (2013) Anthropometry of world-class elite handball players according to the playing position: reports from Men's Handball World Championship 2013. *J Hum Kin*, 39, 213–220.
- Gholami M., Rad L.S. (2010) Anthropometric, body composition and somatotype differences of Iranian elite female basketball and handball players. *Br J Sports Med*, 44(14), i35.

- Giannopoulos N., Vagenas G., Noutsos K., Barzouka K., Bergeles N. (2017) Somatotype, level of competition, and performance in attack in elite male volleyball. *J Hum Kinet*, 1(58), 131–140.
- Gil S.M., Gil J., Irazusta A., Ruiz F., Irazusta J. (2005) Anthropometric and physiological profile of successful young soccer players. [W:] T. Reilly, J. Cabri, D. Araújo (red.), Science and Football V. The proceedings of the Fifth World Congress on Science and Football. Routledge, Taylor and Francis Group. Abingdon, 449–456.
- Giorgino F., Laviola L., Eriksson J.W. (2005) Regional differences of insulin action in adipose tissue: insights from in vivo and in vitro studies. *Acta Physiol Scand*, 183(1), 13–30.
- Gołąb S., Woronkiewicz A., Sobiecki J. (2012) Ocena przydatności metod określania otyłości ciała u mężczyzn w świetle relacji ze sprawnością i wydolnością fizyczną. *Antropomotoryka*, 22(59), 67–78.
- Goodpaster B.H., He J., Watkins S., Kelley D.E. (2001) Skeletal muscle lipid content and insulin resistance: evidence for a paradox in endurance-trained athletes. *J Clin Endocrinol Metab*, 86, 5755–5761.
- Gorostiaga E.M., Granados C., Ibanez J., Izquierdo M. (2005) Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int J Sports Med*, 26, 225–232.
- Granados C., Izquierdo M., Ibáñez J., Ruesta M., Gorostiaga E.M. (2013) Are there any differences in physical fitness and throwing velocity between national and international elite female handball players? *J Strength Cond Res*, 27(3), 723–732.
- Gryko K., Kopiczko A., Mikołajec K., Stasny P., Musalek M. (2018) Anthropometric variables and somatotype of young and professional male basketball players. *Sports (Basel)*, 6(1), 9.
- Gualdi-Russo E., Zaccagni L. (2001) Somatotype, role and performance in elite volleyball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 41(2), 256–262.
- Guo Z., Hensrud D.D., Johnson C.M., Jensen M.D. (1999) Regional postprandial fatty acid metabolism in different obesity phenotypes. *Diabetes*, 48(8), 1586–1592.
- Haizlip K.M., Harrison B.C., Leinwand L.A. (2015) Sex-based differences in skeletal muscle kinetics and fiber-type composition. *Physiology*, 30, 30–39.
- Hamdy O., Porramatikul S., Al-Ozairi E. (2006) Metabolic obesity: the paradox between visceral and subcutaneous fat. *Curr Diabetes Rev*, 2(4), 367–373.
- Hazir T. (2010) Physical characteristics and somatotype of soccer players according to playing level and position. *J Hum Kinetic*, 26, 83–95.
- Hencken C., White C. (2006) Anthropometric assessment of Premiership soccer players in relations to playing position. *Eur J Sport Sci*, 6(4), 205–211.
- Hermassi S., Laudner K., Schwesig R. (2019) Playing level and position differences in body characteristics and physical fitness performance among male team handball players. *Front Bioeng Biotechnol*, 21(7), 149.
- Hume P.A., Stewart A.D. (2012) Body composition change, chapter 8. [W:] Stewart A.D., Sutton L. (red.), Body Composition in Sport, Exercise and Health. Routledge, Abingdon, Oxon, 147–165.
- Jackson A.S., Stanforth P.R., Gagnon J., Rankinen T., Leon A.S., Rao D.C., Skinner J.S., Bouchard C., Wilmore J.H. (2002) The effect of sex, age and race on estimating

- percentage body fat from body mass index: the Heritage Family Study. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 26(6), 789–796.
- Jasieńska G., Ziolkiewicz A., Thune I., Lipson S.F., Ellison P.T. (2006) Habitual physical activity and estradiol levels in women of reproductive age. *Eur J Cancer Prev*, 15(5), 439–445.
- Jiménez-Pavón D., Fernández-Vázquez A., Alexy U., Pedrero R., Cuenca-García M., Polito A., Vanhelst J., Manios Y., Kafatos A., Molnar D., Sjöström M., Moreno L.A., HELENA Study Group (2013) Association of objectively measured physical activity with body components in European adolescents. *BMC Public Health*, 13, 667.
- Kaplowitz H.J., Wild K.A., Mueller W.H., Decker M., Tanner J.M. (1988) Serial and parent-child changes in components of body fat distribution and fatness in children from the London longitudinal growth study, ages two to eighteen years. *Hum Biol*, 60(5), 739–758.
- Kershaw E.E., Flier J.S. (2004) Adipose tissue as an endocrine organ. *J Clin Endocrinol Metab*, 89(6), 2548–2556.
- Kilroy G.E., Foster S.J., Wu X., Sherwood S., Heifetz A., Ludlow J.W., Stricker D.M., Potiny S., Green P., Halvorsen Y.D., Cheatham B., Storms R.W., Gimble J.M. (2007) Cytokine profile of human adipose-derived stem cells: expression of angiogenic, hematopoietic, and pro-inflammatory factors. *J Cell Physiol*, 212(3), 702–709.
- Knechtle B., Knechtle P., Barandun U., Rosemann T., Lepers R. (2011) Predictor variables for half marathon race time in recreational female runners. *Clinics (Sao Paulo)*, 66(2), 287–291.
- Knechtle B., Wirth A., Knechtle P., Rosemann T. (2009) Moderate association of anthropometry, but not training volume, with race performance in male ultraendurance cyclists. *Res Q Exerc Sport*, 80(3), 563–568.
- Köklü Y., Alemdaroğlu U., Koçak F.U., Erol A.E., Findıkoğlu G. (2011) Comparison of chosen physical fitness characteristics of Turkish professional basketball players by division and playing position. *J Hum Kinet*, 30, 99–106.
- Komiya S., Muraoka Y., Zhang F.S., Masuda T. (1992) Age-related changes in body fat distribution in middle-aged and elderly Japanese. *J Anthropol Soc Nippon*, 100(2), 161–169.
- Kovacova Z., Tencerova M., Roussel B., Wedellova Z., Rossmeislova L., Langin D., Polak J., Stich V. (2011) The impact of obesity on secretion of adiponectin multimeric isoforms differs in visceral and subcutaneous adipose tissue. *Int J Obes (Lond)*, 36(10), 1360–1365.
- Kozieł S., Malina R.M. (2005) Variation in relative fat distribution associated with maturational timing: the Wrocław Growth Study. *Ann Hum Biol*, 32(6), 691–701.
- Krüger K., Pilat Ch., Ückert K., Frech T., Mooren F.C. (2014) Physical Performance Profile of Handball Players Is Related to Playing Position and Playing Class. *J Strength Cond Res*, 28(1), 117–125.
- Kruschitz R., Wallner-Liebmann S.J., Hamlin M.J., Moser M., Ludvik B., Schnedl W.J., Tafeit E. (2013) Detecting body fat – a weighty Problem BMI versus subcutaneous fat patterns in athletes and non-athletes. *PLoS ONE*, 8(8), e72002.
- Krustrup P., Mohr M., Ellingsgaard H., Bangsbo J. (2005) Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Med Sci Sports Exerc*, 37(7), 1242–1248.

- Książek A., Zagrodna A., Pietraszewska J., Słowińska-Lisowska M. (2015) 125(Oh)D levels and skinfolds thickness in athletes. *Hum Mov*, 16(4), 221–224.
- 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. *Eur J Pediatr*, 170, 599–609.
- Kutáč P., Kopecký M. (2015) Comparison of body fat using various bioelectrical impedance analyzers in university students. *Acta Gymnica*, 45(4), 177–186.
- Kyle U.G., Bosaeus I., De Lorenzo A.D., Deurenberg P., Elia M., Gómez J.M., Heitmann B.L., Kent-Smith L., Melchior J.-C., Pirlich M., Scharfetter H., Schols A., Pichard C., Composition of the ESPEN Working Group (2004) Bioelectrical impedance analysis - part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*, 23(5), 1226–1243.
- Laframboise M.A., Borody C., Stern P. (2013) The female athlete triad: a case series and narrative overview. *J Can Chiropr Assoc*, 57(4), 316–326.
- LaMonte M.J., McKinnex J.T., Quinn S.M., Bainbridge C.N., Eisenman P.A. (1999) Comparison of physical and physiological variables for female college basketball players. *J Strength Cond Res*, 13(3), 264–270.
- Le Gall F., Carling C., Williams M., Reilly T. (2010) Anthropometric and fitness characteristics of international, professional and amateur male graduate soccer players from an elite youth academy. *J Sci Med Sport*, 13, 90–95.
- Lean M.E., Han T.S., Morrison C.E. (1995) Waist circumference as a measure for indicating need for weight management. *BMJ*, 311(6998), 158–161.
- Legaz A., Eston R. (2005) Changes in performance, skinfold thicknesses, and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners. *Br J Sports Med*, 39(11), 851–856.
- Lemieux S., Prud'home D., Bouchard C., Tremblay A., Després J.P. (1996) A single threshold value of waist girth identifies normal-weight and overweight subjects with excess visceral adipose tissue. *Am J Clin Nutr*, 64(5), 685–693.
- Lewitt A., Mądro E., Krupienicz A. (2007) Podstawy teoretyczne i zastosowania analizy impedancji bioelektrycznej (BIA). *Endokrynologia, Otyłość, Zaburzenia Przemiany Materii*, 3(4), 79–84.
- Ley C.J., Lees B., Stevenson J.C. (1992) Sex and menopause-associated changes in body-fat distribution. *Am J Clin Nutr*, 55(5), 950–954.
- Lidor R., Ziv G. (2010) Physical and physiological attributes of female volleyball players – a review. *J Strength Cond Res*, 24(7), 1963–1973.
- Lobstein T., Baur L., Uauy R. (2004) Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obes Rev*, 5(S1), 4–58.
- Lockie R.G., Moreno M.R., Lazar A., Orjalo A.J., Giuliano D.V., Risso F.G., Davis D.L., Crelling J.B., Lockwood J.R., Jalilvand F. (2018) The physical and athletic performance characteristics of division I collegiate female soccer players by position. *J Strength Cond Res*, 32(2), 334–343.
- Lohman T.G. (1981) Skinfolds and Body Density and Their Relation to Body Fatness: A Review. *Hum Biol*, 53(2), 181–225.

- Mala L., Maly T., Zahalka F., Bunc V., Kaplan A., Jebavy R., Tuma M. (2015) Body composition of elite female players in five different sports games. *J Hum Kinet*, 45, 207–215.
- Malina R.M. (1996) Regional body composition: age, sex, and ethnic variation. [W:] A.F. Roche, S.D. Heymsfield, T.G. Lohman (red.), Human body composition. Human Kinetics, Champaign, 217–230.
- Malina R.M., Bouchard C. (1988) Subcutaneous fat distribution during growth. [W:] C. Bouchard, F.E. Johnston (red.), Fat distribution during growth and later health outcomes. Alan R. Liss, New York, 150–160.
- Malina R.M., Bouchard C. (1991) Growth, maturation and physical activity. Human Kinetics, Champaign.
- Malina R.M., Kozieł S., Bielicki T. (1999) Variation in subcutaneous adipose tissue distribution associated with age, sex, and maturation. *Am J Hum Biol*, 11(2), 189–200.
- Malousaris G.G., Bergeles N.K., Barzouka K.G., Bayios I.A., Nassis G.P., Koskoulou M.D. (2008) Somatotype, size and body composition of competitive female volleyball players. *J Sci Med Sport*, 11(3), 337–344.
- Manchado C., Tortosa-Martínez J., Vila H., Ferragut C., Platen P. (2013) Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects – a review. *J Strength Cond Res*, 27(6), 1708–1719.
- Manson S.A., Brughelli M., Harris N.K. (2014) Physiological characteristics of international female soccer players. *J Strength Cond Res*, 28(2), 308–318.
- Marfell-Jones M., Nevill A.M., Stewart A.D. (2012) Anthropometric surrogates for fatness and health. [W:] A.D. Stewart, L. Sutton (red.), Body Composition in Sport, Exercise and Health. Routledge, Abingdon, Oxon, 126–146.
- Martin R., Saller K. (1959) Handbook of Anthropology. Part 1. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Martín-Matillas M., Valadés D., Hernández-Hernández E., Olea-Serrano F., Sjöström M., Delgado-Fernández M., Ortega F.B. (2014) Anthropometric, body composition and somatotype characteristics of elite female volleyball players from the highest Spanish league. *J Sports Sci*, 32(2), 137–148.
- Massuça L., Fragoso I. (2011) Study of Portuguese handball players of different playing status. A morphological and biosocial perspective. *Biol Sport*, 28(1), 37–44.
- Massuça L., Fragoso I. (2015) Morphological characteristics of adult male handball players considering five levels of performance and playing position. *Coll Antropol*, 39(1), 109–118.
- Mavroeidi A., Stewart A. (2003) Prediction of bone, lean and fat tissue mass in rowers using dual X-ray absorptiometry. *J Sports Sci*, 21, 300.
- McLaughlin T., Lamendola C., Liu A., Abbasi F. (2011) Preferential fat deposition in subcutaneous versus visceral depots is associated with insulin sensitivity. *J Clin Endocrinol Metab*, 96, E1756–E1760.
- Meseguer A., Puche C., Cabero A. (2002) Sex steroid biosynthesis in white adipose tissue. *Horm Metab Res*, 34, 731–736.
- Meyer N.L., Sundgot-Borgen J., Lohman T.G. i in. (2013) Body composition for health and performance: a survey of body composition assessment practice carried out by the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition, Health and Per-

- formance under the auspices of the IOC Medical Commission. *Br J Sports Med*, 47, 1044–1053.
- Mędraś M., Kubicka E., Józków P. (2011) Wyśiłek fizyczny a hormony płciowe u kobiet. [W:] M. Kapiszewska (red.), Środowisko a gospodarka hormonalna u kobiet. Krakowskie Towarzystwo Edukacyjne, AFM, Kraków, 41–48.
- Miałkowska J. (2000) Dystrybucja tłuszczu podskórnego u studentów wrocławskiej akademii wychowania fizycznego. *Nowa Medycyna*, 12. Pobrano 15.05.2020 z: <http://www.czytelniamedyczna.pl/1614,dystrybucja-tluszczu-podskornego-u-studentow-wroclawskiej-akademii-wychowania-fi.html>
- Milanese Ch., Piscitelli F., Lampis Ch., Zancanaro C. (2011) Anthropometry and body composition of female handball players according to competitive level or the playing position. *J Sports Sci*, 29(12), 1301–1309.
- Milanović Z., Sporiš G., James N., Trajković N., Ignjatović A., Sarmiento H., Trecroci A., Borges Mendes B.M. (2017) Physiological demands, morphological characteristics, physical abilities and injuries of female soccer players. *J Hum Kinet*, 60, 77–83.
- Milanovic Z., Sportis G., Trajkovic N. (2011) Differences in body composite and physical match performance in female soccer players according to team position. *J Hum Sport Exerc*, 7 (Proc1), S67.
- Mills C., Croix M.D.S., Cooper S.M. (2017) The importance of measuring body composition in professional football players: a commentary. *Sport Exerc Med Open J*, 3(1), 24–29.
- Moses M.O., Duduyemi B.M. (2016) Sports participation, anthropometric and physiological profiles of university athletes. *Niger J Physiol Sci*, 31, 63–69.
- Motamed N., Perumal D., Zamani F., Ashrafi H., Haghjoo M., Saeedian F.S., Maadi M., Akhavan-Niaki H., Rabiee B., Asouri M. (2015) Conicity index and waist-to-hip ratio are superior obesity indices in predicting 10-year cardiovascular risk among men and women. *Clin Cardiol*, 38(9), 527–534.
- Mueller W.H., Meininger J.C., Liehr P., Chan W., Chandler S. (1996) Conicity: a new index of body fat distribution-what does it tell us? *Am J Hum Biol*, 8(4), 489–496.
- Mujika I., Santisteban J., Impellizzeri F.M., Castagna C. (2009) Fitness determinants of success in men's and women's football. *J Sports Sci*, 27(2), 107–114.
- Mulholland Y., Rolland C. (2012) Portable methods of body composition analysis. [W:] A.D. Steward, L. Sutton (red.), *Body Composition in Sport, Exercise and Health*. Routledge, Abingdon, Oxon, 42–63.
- Muratovic A., Vujovic D., Hadzic R. (2014) Comparative study of anthropometric measurement and body composition between elite handball and basketball players. *Monten J Sports Sci Med*, 3(2), 19–22.
- Murawska-Ciałowicz E. (2017) Tkanka tłuszczowa – charakterystyka morfologiczna i biochemiczna różnych depozytów. *Postepy Hig Med Dosw* (online), 71, 466–484.
- Naglak Z. (2001) Teoria zespołowej gry sportowej. Kształcenie gracza. AWF, Wrocław, ISBN 83-87389-62-5.
- Napierała M. (2007) Dymorfizm płciowy w budowie morfologicznej studentów I roku wychowania fizycznego Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy. *Med Biol Sci*, 21(3), 73–76.

- Neeland I.J., McGuire D.K., Eliasson B., Ridderstrale M., Zeller C., Woerle H.J., Broedl U.C., Johansen O.E. (2015a) Comparison of adipose distribution indices with gold standard body composition assessments in the empereg H2H su trial: a body composition sub-study. *Diabetes Ther*, 6(4), 635–642.
- Neeland I.J., Turer A.T., Ayers C.R., Berry J.D., Rohatgi A., Das S.R., Khera A., Vega G.L., McGuire D.K., Grundy S.M., de Lemos J.A. (2015b) Body fat distribution and incident cardiovascular disease in obese adults. *J Am Coll Cardiol*, 65(19), 2150–2151.
- Neeland I.J., Turer A.T., Ayers C.R., Powell-Wiley T.M., Vega G.L., Farzaneh-Far R., Grundy S.M., Khera A., McGuire D.K., de Lemos J.A. (2012) Dysfunctional adiposity and the risk of prediabetes and type 2 diabetes in obese adults. *JAMA*, 308(11), 1150–1159.
- Newton R.U., Kraemer W.J., Häkkinen K. (1999) Effects of ballistic training on pre-season preparation of elite volleyball players. *Med Sci Sports Exerc*, 31(2), 323–330.
- Niedźwiedzka-Rystwej P., Deptuła W. (2009) Tkanka tłuszczowa a układ odpornościowy. *Alergia Astma Immunologia*, 15(2), 101–105.
- Nikolaidis P.T., Karydis N.V. (2011) Physique and body composition in soccer players across adolescence. *Asian J Sports Med*, 2(2), 75–82.
- Nikolic S., Todorovska L., Maleska V., Dejanova B., Efremova L., Zivkovic V., Pluncevic-Gligoroska J. (2014) Analysis of body mass components in National Club Football Players in Republic of Macedonia. *Med Arch*, 68(3), 191–194.
- Nindl B.C., Friedl K.E., Marchitelli L.J., Shippee R.L., Thomas C.D., Patton J.F. (1996) Regional fat placement in physically fit males and changes with weight loss. *Med Sci Sports Exerc*, 28(7), 786–793.
- Norton K., Olds T. (2009) *Anthropometria: a textbook of body measurement for sports and health courses*. New Delhi, India: CBS Publishers & Distributors PVT.
- Oliver J.M., Lambert B.S., Martin S.E., Green J.S., Crouse S.F. (2012) Predicting football players' dual-energy x-ray absorptiometry body composition using standard anthropometric measures. *J Athl Train*, 47(3), 257–263.
- Osiński W. (2019) *Antropomotoryka*. AWF, Poznań, ISBN 978-83-64747-22-9.
- Papadopoulou S. (2003) Anthropometric characteristics and body composition of Greek elite women volleyball players. [W:] H. de Ridder, T. Olds (red.), *Kinanthropometry VII*. Potchefstroom University for Christian Higher Education, Potchefstroom (South Africa), 93–110.
- Pápai J., Tróznai Z., Szabó T., Szabó A. (2012) Fat pattern of athlete and non-athlete girls during puberty. *Anthropol Rev*, 75(1), 41–50.
- Parikh R.M., Joshi S.R., Pandia K. (2009) Index of central obesity is better than waist circumference in defining metabolic syndrome. *Metab Syndr Relat Disord*, 7(6), 525–527.
- Pastuszak A., Buśko K., Kalka E. (2016) Somatotype and body composition of volleyball players and untrained female students – Reference group for comparison in sport. *Anthropol Rev*, 793(4), 461–470.
- Pereira L.A., Cal Abad C.C., Kobal R., Kitamura K., Orsi R.C., Ramirez-Campillo R., Loturcon I. (2018) Differences in speed and power capacities between female

- national college team and national olympic team handball athletes. *J Hum Kinet*, 31(63), 85–94.
- Pietraszewska J. (1998) Zróżnicowanie morfologiczne zawodników różnych dyscyplin sportowych. *Studia i Monografie AWF we Wrocławiu*, 54.
- Pietraszewska J., Burdukiewicz A., Stachoń A., Andrzejewska J., Pietraszewski B. (2015) Anthropometric characteristics and lower limb power of professional female volleyball players. *SAJSPER*, 37(1), 99–112.
- Pietraszewska J., Burdukiewicz A., Zagrodna A., Stachoń A., Andrzejewska J. (2019) Anthropometric profile and serum 25-hydroxyvitamin D3 levels in elite soccer players. *SAJSPER*, 41(1), 93–102.
- Pietraszewska J., Stachoń A., Burdukiewicz A., Andrzejewska J., Sieroń A. (2016) Budowa ciała siatkarzy na różnych poziomach sportowych. *J Educ Health Sport*, 6(6), 543–552.
- Pinnick K.E., Neville M.J., Fielding B.A., Frayn K.N., Karpe F., Hodson L. (2012) Gluteofemoral adipose tissue plays a major role in production of the lipokine palmitoleate in humans. *Diabetes*, 61(6), 1399–1403.
- Pischon T., Boeing H., Hoffmann K., Bergmann M., Schulze M.B., Overvad K., van der Schouw Y.T., Spencer E., Moons K.G., Tjønneland A., Halkjaer J., Jensen M.K., Stegger J., Clavel-Chapelon F., Boutron-Ruault M.C., Chajes V., Linseisen J., Kaaks R., Trichopoulou A., Trichopoulos D., Bamia C., Sieri S., Palli D., Tumino R., Vineis P., Panico S., Peeters P.H., May A.M., Bueno-de-Mesquita H.B., van Duijn-hoven F.J., Hallmans G., Weinehall L., Manjer J., Hedblad B., Lund E., Agudo A., Arriola L., Barricarte A., Navarro C., Martinez C., Quiros J.R., Key T., Bingham S., Khaw K.T., Boffetta P., Jenab M., Ferrari P., Riboli E. (2008) General and abdominal adiposity and risk of death in Europe. *N Engl J Med*, 359(20), 2105–2120.
- Popovic S., Akpınar S., Jaksic D., Matic R., Bjelica D. (2013) Comparative study of anthropometric measurement and body composition between elite soccer and basketball players. *Int J Morphol*, 31(2), 461–467.
- Pouliot M.C., Despres J.P., Lemieux S., Moorjani S., Bouchard C., Tremblay A., Nadeau A., Lupien P.J. (1994) Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women. *Am J Cardiol*, 73(7), 460–468.
- Rebelo A., Brito J., Maia J., Coelho-e-Silva M.J., Figueiredo A.J., Bangsbo J., Malina R.M., Seabra A. (2013) Anthropometric characteristics, physical fitness and technical performance of under-19 soccer players by competitive level and field position. *Int J Sports Med*, 34(04), 312–317.
- Reilly T. (1996) Fitness assessment. [W:] T. Reilly (red.), Science and Soccer. E&FN Spon, London, 21–46.
- Reynolds E.L., Sontag L.W. (1950) The distribution of subcutaneous fat in childhood and adolescence. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 15(2), 189.
- Ridder de C.M., Bruning P.F., Zonderland M.L., Thijssen J.H., Bonfrer J.M., Blankenstein M.A., Huisveld I.A., Erich W.B. (1990) Body fat mass, body fat distribution,

- and plasma hormones in early puberty in females. *J Clin Endocrinol Metab*, 70(4), 888–893.
- Rognum T.O., Rodahl K., Opstad P.K. (1982) Regional differences in the lipolytic response of the subcutaneous fat depots to prolonged exercise and severe energy deficiency. *Eur J Appl Physiol*, 49, 401–408.
- Rolland-Cachera M.F., Bellisle F., Deheeger M., Pequignot F., Sempe M. (1990) Influence of body fat distribution during childhood on body fat distribution in adulthood: a two-decade follow-up study. *Int J Obes*, 14(6), 473–481.
- Sallet P., Perrier D., Ferret J.M., Vitelli V., Baverel G. (2005) Physiological differences in professional basketball players as a function of playing position and level of play. *J Sports Med Phys Fitness*, 45(3), 291–294.
- Samaras T.T. (2007) Human body size and the laws of scaling. Nova Science Publishers, New York.
- Santos D.A., Silva A.M., Matias C.N., Magalhães J.P., Minderico C.S., Thomas D.M., Sardinha L.B. (2015) Utility of novel body indices in predicting fat mass in elite athletes. *Nutrition*, 31(7–8), 948–954.
- Scanlan A.T., Dascombe B.J., Reaburn P., Dalbo V.J. (2012) The physiological and activity demands experienced by Australian female basketball players during competition. *J Sci Med Sport*, 15(4), 341–347.
- Schreiner P.J., Terry J.G., Evans G.W., Hinson W.H., Crouse J.R., Heiss G. (1996) Sex-specific associations of magnetic resonance imaging-derived intra-abdominal and subcutaneous fat areas with conventional anthropometric indices. The Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Am J Epidemiol*, 144(4), 335–345.
- Seidell J.C., Perusse L., Despres J.P., Bouchard C. (2001) Waist and hip circumferences have independent and opposite effects on cardiovascular disease risk factors: the Quebec Family Study. *Am J Clin Nutr*, 74(3), 315–321.
- Shim A., Cross P., Norman S., Hauer P. (2014) Assessing various body composition measurements as an appropriate tool for estimating body fat in National Collegiate Athletic Association Division I Female Collegiate Athletes. *Am J Sports Sci Med*, 2(1), 1–5.
- Siemińska L. (2007) Tkanka tłuszczowa. Patofizjologia, rozmieszczenie, różnice płciowe oraz znaczenie w procesach zapalnych i nowotworowych. *Pol J Endocrinol*, 58(4), 330–342.
- Singh S., Singh M., Rathi B. (2013) Kinanthropometric and performance characteristics of elite and non-elite female softball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 53(6), 628–634.
- Sinning W.E. (1978) Anthropometric estimation of body density, fat and lean body weight in women gymnasts. *Med Sci Sports*, 10, 243–249.
- Sinning W.E. (1996) Body composition in athletes. [W:] A.F. Roche, S.B. Heymsfiel, T.G. Lohman (red.), Human body composition. Human Kinetics. Champaign, 257–266.
- Skoufias D., Kotzamanidis C., Hatzikotylas K., Bebetsos G., Patikas D. (2003) The relationship between the anthropometric variables and the throwing performance in handball. *J Hum Mov Stud*, 45(5), 469–484.

- Skowrońska B., Fichna M., Fichna P. (2005) Rola tkanki tłuszczowej w układzie dokrewnym. *Endokryinol Otył Zab Przem Mat*, 1(3), 21–29.
- Smith S.R., Lovejoy J.C., Greenway F., Ryan D., deJonge L., de la Bretonne J., Volafova J., Bray G.A. (2001) Contributions of total body fat, abdominal subcutaneous adipose tissue compartments, and visceral adipose tissue to the metabolic complications of obesity. *Metabolism*, 50(4), 425–435.
- Snijder M.B., Dekker J.M., Visser M., Yudkin J.S., Stehouwer C.D., Bouter L.M., Heine R.J., Nijpels G., Seidell J.C. (2003) Larger thigh and hip circumferences are associated with better glucose tolerance: the Hoorn study. *Obes Res*, 11(1), 104–111.
- Snijder M.B., Visser M., Dekker J.M., Goodpaster B.H., Harris T.B., Kritchevsky S.B., De Rekeneire N., Kanaya A.M., Newman A.B., Tyllavsky F.A., Seidell J.C. (2005) Low subcutaneous thigh fat is a risk factor for unfavourable glucose and lipid levels, independently of high abdominal fat. The Health ABC Study. *Diabetologia*, 48(2), 301–308.
- Sottier D., Petit J.M., Guiu S., Hamza S., Benhamiche H., Hillon P., Cercueil J.P., Krausé D., Guiu B. (2013) Quantification of the visceral and subcutaneous fat by computed tomography: Interobserver correlation of a single slice technique. *Diagn Interv Imaging*, 94(9), 879–884.
- Spiteri T., Newton R., Binetti M., Hart N., Sheppard J., Nimphius S. (2015) Mechanical determinants of faster change of direction and agility performance in female basketball athletes. *J Strength Cond Res*, 29(8), 2205–2214.
- Sporis G., Jukic I., Ostojic S.M., Milanovic D. (2009) Fitness profiling in soccer: physical and physiologic characteristics of elite players. *J Strength Cond Res*, 23(7), 1947–1953.
- Stachoń A., Pietraszewska J. (2013) Body composition in male physical education University students in view of their physical activity level. *Hum Mov*, 14(3), 205–209.
- Stachoń A., Burdukiewicz A., Pietraszewska J., Andrzejewska J. (2015) A comparative analysis of male judo and Brazilian jiu-jitsu practitioners based on motor performance and body build. *JCSMA*, 6(2), 53–58.
- Stachoń A., Pietraszewska J., Burdukiewicz A., Andrzejewska J. (2016) The differences in fat accumulation and distribution in female students according to their level of activity. *Hum Mov*, 17(2), 87–93.
- Stewart A., Marfell-Jones M., Olds T., De Ridder J. (2011) International Standards for Anthropometric Assessment. Potchefstroom, South Africa, ISAK.
- Stewart A.D. (2001) Assessing body composition in athletes. *Nutrition*, 17 (7–8), 694–695.
- Stewart A.D. (2012) The concept of body composition and its applications. [W:] A.D. Stewart, L. Sutton (red.), *Body Composition in Sport, Exercise and Health*. Routledge, Abingdon, 1–19.
- Stewart A.D., Hannan W.J. (2000) Prediction of fat and fat-free mass in male athletes using dual X-ray absorptiometry as the reference method. *J Sports Sci*, 18(4), 263–274.
- Stewart A.D., Sutton L. (2012) *Body Composition in Sport, Exercise and Health*. Routledge, Abingdon, ISBN 978-0415614986.
- Stojanovic M.D., Ostojic S.M., Calleja-González J., Milosevic Z., Mikic M. (2012) Correlation between explosive strength, aerobic power and repeated sprint ability in elite basketball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 52(4), 375–381.

- Störchle P., Müller W., Sengeis M., Ahammer H., Fürhapter-Rieger A., Bachl N., Lackner S., Mörk S., Holasek S. (2017) Standardized ultrasound measurement of subcutaneous fat patterning: high reliability and accuracy in groups ranging from lean to obese. *Ultrasound Med Biol*, 43(2), 427–438.
- Suder A. (2008) Body fatness and its social and lifestyle determinants in young working males from Cracow, Poland. *J Biosoc Sci*, 41(1), 139–154.
- Suder A., Sokołowski A. (2014) Relationship of social and lifestyle factors with central fat distribution expressed by the aggregate fat distribution index. *Anthropol Rev*, 77(2), 205–218.
- Svensson M., Drust B. (2005) Testing soccer players. *J Sports Sci*, 23(6), 601–618.
- Tchernof A., Belanger C., Morisset A.S., Richard C., Mailloux J., Laberge P., Dupont P. (2006) Regional differences in adipose tissue metabolism in women: minor effect of obesity and body fat distribution. *Diabetes*, 55 (5), 1353–1360.
- Thomas E.L., Parkinson J.R., Frost G.S., Goldstone A.P., Doré C.J., McCarthy J.P., Collins A.L., Fitzpatrick J.A., Durighel G., Taylor-Robinson S.D., Bell J.D. (2012) The missing risk: MRI and MRS phenotyping of abdominal adiposity and ectopic fat. *Obes Res*, 20(1), 76–87.
- Tilg H., Moschen A.R. (2006) Adipocytokines: mediators linking adipose tissue, inflammation and immunity. *Nat Rev Immunol*, 6(10), 772–783.
- Toselli S., Campa F. (2018) Anthropometry and functional movement patterns in elite male volleyball players of different competitive levels. *J Strength Cond Res*, 32(9), 2601–2611.
- Ulijaszek S.J., Kerr D.A. (1999) Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status. *Br J Nutr*, 82(3), 165–177.
- Unger R.H. (2003) Minireview: weapons of lean body mass destruction: the role of ectopic lipids in the metabolic syndrome. *Endocrinology*, 144(12), 5159–5165.
- Valdez R. (1991) A simple model-based index of abdominal adiposity. *J Clin Epidemiol*, 44(9), 955–956.
- Vila H., Manchado C., Rodriguez N., Abraldes J.A., Alcaraz P.E., Ferragut C. (2012) Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *J Strength Cond Res*, 26(8), 2146–2155.
- Wagner D.R. (2013) Ultrasound as a tool to assess body fat. *J Obes*, 2013, article ID 280713.
- Wagner D.R., Heyward V.H. (1999) Techniques of body composition assessment: a review of laboratory and field methods. *Res Q Exerc Sport*, 70(2), 135–149.
- Wagner H., Finkenzeller T., Würth S., von Duvillard S.P. (2014) Individual and team performance in team-handball: a review. *J Sports Sci Med*, 13(4), 808–816.
- Walsh F.K., Heyward V.H., Schau C.G. (1984) Estimation of body composition of female inter-collegiate basketball players. *Physician and Sportsmedicine*, 12, 74–79.
- Warner E.R., Fornetti W.C., Jallo J.J., Pivarnik J.M. (2004) A skinfold model to predict fat-free mass in female athletes. *J Athl Train*, 39(3), 259–262.
- Weber R.V., Buckley M.C., Fried S.K., Kral J.G. (2000) Subcutaneous lipectomy causes a metabolic syndrome in hamsters. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 279(3), R936–R943.
- White U.A., Tchoukalova Y.D. (2014) Sex dimorphism and depot differences in adipose tissue function. *Biochim Biophys Acta*, 1842(3), 377–392.

- Wolański N. (1975) Metody kontroli i normy rozwoju dzieci i młodzieży. Wyd. 2. PZWL, Warszawa.
- Wortsman J., Matsuoka L.Y., Chen T.C., Lu Z., Holick M.F. (2000) Decreased bioavailability of vitamin D in obesity. *Am J Clin Nutr*, 72(3), 690–693.
- Yeager K.K., Agostini R., Nattiv A., Drinkwater B. (1993) The female athlete triad: disordered eating, amenorrhea, osteoporosis. *Med Sci Sports Exerc*, 25, 775–777.
- Young C.M., Sipin S.S., Roe D.A. (1968) Body composition studies of pre-adolescent and adolescent girls. 3. Predicting specific gravity. *J Am Diet Assoc*, 53(5), 469–475.
- Zapartidis I., Toganidis T., Vareltzis I., Christodoulidis T., Kororos P., Skoufas D. (2009) Profile of young women's handball players by playing position. *Serbian J Sports Sci*, 3, 53–60.
- Zdrojewicz Z., Popowicz E., Szyca M., Michalik T., Śmieszniak B. (2017) TOFI phenotype – its effect on the occurrence of diabetes. *Pediatr Endocrinol Diabetes Metab*, 23(2), 96–100.

### Netografia

- Carter J.E.L. (2002) The Heath-Carter Anthropometric Somatotype – Instruction Manual. Pobrano 12.05.2020 z: <http://www.somatotype.org/Heath-CarterManual.pdf>
- Piłka nożna. Przepisy gry 2018–2020. Pobrano 12.05.2020 z: [https://www.pzpn.pl/public/system/files/site\\_content/941/2438-Przepisy%20Gry%202018-19%20v.2.3.pdf](https://www.pzpn.pl/public/system/files/site_content/941/2438-Przepisy%20Gry%202018-19%20v.2.3.pdf)
- Przepisy gry w koszykówkę 2017. Opracowano na podstawie tekstu zatwierdzonego przez Międzynarodową Federację Koszykówki FIBA. Pobrano 12.05.2020 z: [https://plk.pl/internalfiles/fckfiles/file/dokumenty/regulaminy2017\\_18/Oficjalne\\_Przepisy\\_Gry\\_FIBA\\_2017\\_Y.pdf](https://plk.pl/internalfiles/fckfiles/file/dokumenty/regulaminy2017_18/Oficjalne_Przepisy_Gry_FIBA_2017_Y.pdf)
- Przepisy gry w piłkę ręczną 2016–2020. Pobrano 12.05.2020 z: [https://zprp.pl/wp-content/uploads/2016/12/Przepisy\\_gry\\_pilka\\_reczna\\_2016.pdf](https://zprp.pl/wp-content/uploads/2016/12/Przepisy_gry_pilka_reczna_2016.pdf) ().
- Przepisy gry w piłkę siatkową w Polsce 2017–2020. Pobrano 12.05.2020 z: <https://www.pzps.pl/pl/zwiazek/przepisy/przepisy-sportowo-organizacyjne>
- Wyniki meczów piłki siatkowej – ligi polskie, sezon 2017/2018. Pobrano 12.05.2020 z: <https://siatka.org/wyniki/ligi-polskie1sezon-201720181plusliga-sezon-201720181/wynik-sk/skarb-kibica-119/>

## WYKAZ RYCIN I TABEL

### RYCINY

|                                                                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników koszykówki .....                                                                                                       | 32  |
| 2. Rozkład wartości wskaźnika SFI u zawodniczek i zawodników koszykówki.....                                                                                                     | 33  |
| 3. Rozkład wartości wskaźnika SBFI u zawodniczek i zawodników koszykówki .....                                                                                                   | 33  |
| 4. Rozkład wartości wskaźnika SFDI u zawodniczek i zawodników koszykówki.....                                                                                                    | 33  |
| 5. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodników koszykówki.....                                                                                                                      | 40  |
| 6. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek koszykówki.....                                                                                                                     | 40  |
| 7. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników piłki siatkowej.....                                                                                                   | 52  |
| 8. Rozkład wartości wskaźnika SFI u zawodniczek i zawodników piłki siatkowej .....                                                                                               | 53  |
| 9. Rozkład wartości wskaźnika SBFI u zawodniczek i zawodników piłki siatkowej.....                                                                                               | 53  |
| 10. Rozkład wartości wskaźnika SFDI u zawodniczek i zawodników piłki siatkowej .....                                                                                             | 53  |
| 11. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodników piłki siatkowej.....                                                                                                                | 59  |
| 12. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek piłki siatkowej .....                                                                                                              | 60  |
| 13. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników piłki ręcznej.....                                                                                                    | 71  |
| 14. Rozkład wartości wskaźnika SFI u zawodniczek i zawodników piłki ręcznej .....                                                                                                | 72  |
| 15. Rozkład wartości wskaźnika SBFI u zawodniczek i zawodników piłki ręcznej.....                                                                                                | 72  |
| 16. Rozkład wartości wskaźnika SFDI u zawodniczek i zawodników piłki ręcznej .....                                                                                               | 72  |
| 17. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodników piłki ręcznej.....                                                                                                                  | 79  |
| 18. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek piłki ręcznej .....                                                                                                                | 79  |
| 19. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników piłki nożnej.....                                                                                                     | 91  |
| 20. Rozkład wartości wskaźnika SFI u zawodniczek i zawodników piłki nożnej .....                                                                                                 | 92  |
| 21. Rozkład wartości wskaźnika SBFI u zawodniczek i zawodników piłki nożnej.....                                                                                                 | 92  |
| 22. Rozkład wartości wskaźnika SFDI u zawodniczek i zawodników piłki nożnej .....                                                                                                | 92  |
| 23. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodników piłki nożnej.....                                                                                                                   | 99  |
| 24. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek piłki nożnej .....                                                                                                                 | 99  |
| 25. Mapy otłuszczenia podskórnego zawodniczek i zawodników zespołowych<br>gier sportowych.....                                                                                   | 108 |
| 26. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodników uprawiających zespołowe<br>gry sportowe .....                                                                                       | 109 |
| 27. Mapa otłuszczenia podskórnego zawodniczek uprawiających zespołowe<br>gry sportowe .....                                                                                      | 109 |
| 28. Dystrybucja podskórnej tkanki tłuszczowej (SFDI) w relacji do ogólnej<br>zawartości tłuszczu w grupach zawodników na różnym poziomie sportowym .....                         | 112 |
| 29. Dystrybucja podskórnej tkanki tłuszczowej (SFDI) w relacji do ogólnej<br>zawartości tłuszczu w grupach zawodniczek na różnym poziomie sportowym.....                         | 112 |
| 30. Dystrybucja podskórnej tkanki tłuszczowej (SFDI) w relacji do względnej<br>zawartości tłuszczu podskórnego (SBFI) w grupach zawodników na różnym<br>poziomie sportowym.....  | 113 |
| 31. Dystrybucja podskórnej tkanki tłuszczowej (SFDI) w relacji do względnej<br>zawartości tłuszczu podskórnego (SBFI) w grupach zawodniczek na różnym<br>poziomie sportowym..... | 113 |
| 32. Względna zawartość tłuszczu podskórnego (SBFI) w relacji do ogólnej<br>zawartości tłuszczu w grupach zawodników na różnym poziomie sportowym .....                           | 114 |
| 33. Względna zawartość tłuszczu podskórnego (SBFI) w relacji do ogólnej<br>zawartości tłuszczu w grupach zawodniczek na różnym poziomie sportowym.....                           | 114 |

## TABELA

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Liczebność badanych zawodniczek i zawodników.....                                                                                 | 24 |
| 2. Wzory wskaźników stosowanych w pracy.....                                                                                         | 26 |
| 3. Masa ciała oraz wskaźniki budowy ciała zawodniczek i zawodników koszykówki.....                                                   | 29 |
| 4. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek i zawodników koszykówki.....                                                         | 30 |
| 5. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników koszykówki.....                                                     | 31 |
| 6. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodniczek i zawodników koszykówki.....                                                     | 32 |
| 7. Skład tkankowy zawodniczek i zawodników koszykówki mierzony metodą BIA.....                                                       | 34 |
| 8. Masa ciała zawodniczek i zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy.....                                          | 35 |
| 9. Charakterystyka antropometryczna zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy.....                                  | 36 |
| 10. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek koszykówki prezentujących różny poziom sportowy.....                                | 37 |
| 11. Wskaźniki budowy ciała zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy.....                                           | 38 |
| 12. Wskaźniki budowy ciała zawodniczek koszykówki prezentujących różny poziom sportowy.....                                          | 38 |
| 13. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy.....                             | 38 |
| 14. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek koszykówki prezentujących różny poziom sportowy.....                            | 39 |
| 15. Miara siły efektu poziomu sportowego dla zmienności fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników koszykówki.....        | 41 |
| 16. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy.....                             | 41 |
| 17. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodniczek koszykówki prezentujących różny poziom sportowy.....                            | 41 |
| 18. Skład tkankowy zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy.....                                                   | 42 |
| 19. Skład tkankowy zawodniczek koszykówki prezentujących różny poziom sportowy.....                                                  | 43 |
| 20. Charakterystyka antropometryczna zawodników koszykówki w skupieniach o różnym poziomie otłuszczenia podskórnego.....             | 44 |
| 21. Analiza frekwencji w grupach zawodników koszykówki różniących się poziomem sportowym i wielkością otłuszczenia podskórnego.....  | 45 |
| 22. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek koszykówki w skupieniach o różnym poziomie otłuszczenia podskórnego.....            | 46 |
| 23. Analiza frekwencji w grupach zawodniczek koszykówki różniących się poziomem sportowym i wielkością otłuszczenia podskórnego..... | 47 |
| 24. Masa ciała oraz wskaźniki budowy ciała zawodniczek i zawodników piłki siatkowej.....                                             | 49 |
| 25. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek i zawodników piłki siatkowej.....                                                   | 50 |
| 26. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników piłki siatkowej.....                                               | 51 |
| 27. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodniczek i zawodników piłki siatkowej.....                                               | 52 |
| 28. Skład tkankowy zawodniczek i zawodników piłki siatkowej mierzony metodą BIA.....                                                 | 54 |
| 29. Masa ciała zawodniczek i zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy.....                                    | 55 |
| 30. Charakterystyka antropometryczna zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy.....                            | 56 |
| 31. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy.....                           | 57 |

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 32. Wskaźniki budowy ciała zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy.....                                           | 58 |
| 33. Wskaźniki budowy ciała zawodniczek piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy.....                                          | 58 |
| 34. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy.....                             | 58 |
| 35. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy.....                            | 59 |
| 36. Miara siły efektu poziomu sportowego dla zmienności fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników piłki siatkowej.....        | 60 |
| 37. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy.....                             | 61 |
| 38. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodniczek piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy.....                            | 61 |
| 39. Skład tkankowy zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy.....                                                   | 62 |
| 40. Skład tkankowy zawodniczek piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy.....                                                  | 62 |
| 41. Charakterystyka antropometryczna zawodników piłki siatkowej w skupieniach o różnym otłuszczeniu podskórnym.....                       | 64 |
| 42. Analiza frekwencji w grupach zawodników piłki siatkowej różniących się poziomem sportowym i wielkością otłuszczenia podskórnego.....  | 64 |
| 43. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek piłki siatkowej w skupieniach o różnym poziomie otłuszczenia podskórnego.....            | 65 |
| 44. Analiza frekwencji w grupach zawodniczek piłki siatkowej różniących się poziomem sportowym i wielkością otłuszczenia podskórnego..... | 66 |
| 45. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek i zawodników piłki ręcznej.....                                                          | 69 |
| 46. Masa ciała oraz wskaźniki budowy ciała zawodników oraz zawodniczek piłki ręcznej.....                                                 | 70 |
| 47. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników piłki ręcznej.....                                                      | 70 |
| 48. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodniczek i zawodników piłki ręcznej.....                                                      | 73 |
| 49. Skład tkankowy zawodniczek i zawodników piłki ręcznej mierzony metodą BIA.....                                                        | 73 |
| 50. Masa ciała zawodniczek i zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy.....                                           | 74 |
| 51. Charakterystyka antropometryczna zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy.....                                   | 75 |
| 52. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy.....                                  | 76 |
| 53. Wskaźniki budowy ciała zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy.....                                             | 77 |
| 54. Wskaźniki budowy ciała zawodniczek piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy.....                                            | 77 |
| 55. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy.....                               | 78 |
| 56. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy.....                              | 78 |
| 57. Miara siły efektu poziomu sportowego dla zmienności fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników piłki ręcznej.....          | 80 |
| 58. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy.....                               | 80 |

|                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 59. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodniczek piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy.....                             | 80  |
| 60. Skład tkankowy zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy .....                                                   | 81  |
| 61. Skład tkankowy zawodniczek piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy.....                                                   | 82  |
| 62. Charakterystyka antropometryczna zawodników piłki ręcznej w skupieniach o różnym poziomie otłuszczenia podskórnego .....             | 83  |
| 63. Analiza frekwencji w grupach zawodników piłki ręcznej różniących się poziomem sportowym i wielkością otłuszczenia podskórnego .....  | 84  |
| 64. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek piłki ręcznej w skupieniach o różnym poziomie otłuszczenia podskórnego .....            | 85  |
| 65. Analiza frekwencji w grupach zawodniczek piłki ręcznej różniących się poziomem sportowym i wielkością otłuszczenia podskórnego ..... | 86  |
| 66. Masa ciała oraz wskaźniki budowy ciała zawodniczek i zawodników piłki nożnej .....                                                   | 88  |
| 67. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek i zawodników piłki nożnej.....                                                          | 89  |
| 68. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników piłki nożnej.....                                                      | 91  |
| 69. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodniczek i zawodników piłki nożnej .....                                                     | 91  |
| 70. Skład tkankowy ciała zawodniczek i zawodników piłki nożnej mierzony metodą BIA.....                                                  | 93  |
| 71. Masa ciała zawodniczek i zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy .....                                          | 94  |
| 72. Charakterystyka antropometryczna zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy .....                                  | 95  |
| 73. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy .....                                 | 96  |
| 74. Wskaźniki BMI, WHR oraz WHtR zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy.....                                       | 97  |
| 75. Wskaźniki BMI, WHR oraz WHtR zawodniczek piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy .....                                     | 97  |
| 76. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy.....                               | 98  |
| 77. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy .....                             | 98  |
| 78. Miara siły efektu poziomu sportowego dla zmienności fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek i zawodników piłki nożnej .....         | 100 |
| 79. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy.....                               | 100 |
| 80. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego u zawodniczek piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy .....                             | 100 |
| 81. Skład tkankowy zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy .....                                                    | 101 |
| 82. Skład tkankowy zawodniczek piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy.....                                                    | 101 |
| 83. Charakterystyka antropometryczna zawodników piłki nożnej w skupieniach o różnym poziomie otłuszczenia podskórnego .....              | 103 |
| 84. Analiza frekwencji w grupach zawodników piłki nożnej różniących się poziomem sportowym i wielkością otłuszczenia podskórnego .....   | 103 |
| 85. Charakterystyka antropometryczna zawodniczek piłki nożnej w skupieniach o różnym poziomie otłuszczenia podskórnego .....             | 104 |
| 86. Analiza frekwencji w grupach zawodniczek piłki nożnej różniących się poziomem sportowym i wielkością otłuszczenia podskórnego .....  | 105 |
| 87. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodników poszczególnych dyscyplin .....                                                       | 110 |
| 88. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego oraz zawartość procentowa tłuszczu u zawodników poszczególnych dyscyplin.....                     | 110 |

|                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 89. Grubość fałdów skórno-tłuszczowych u zawodniczek poszczególnych dyscyplin.....                                        | 111 |
| 90. Wskaźniki otłuszczenia podskórnego oraz zawartość procentowa tłuszczu<br>u zawodniczek poszczególnych dyscyplin ..... | 111 |

#### ANEKS

|                                                                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| I. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy dla cech antropometrycznych .....                                                    | 145 |
| II. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy dla masy ciała oraz wskaźników budowy ciała .....                                   | 146 |
| III. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy dla fałdów skórno-tłuszczowych oraz wskaźników otłuszczenia podskórnego.....       | 147 |
| IV. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników koszykówki prezentujących różny poziom sportowy dla komponentów składu tkankowego ciała .....                                       | 147 |
| V. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy skupieniami zawodniczek i zawodników koszykówki o różnym poziomie otłuszczenia .....                                                                                  | 148 |
| VI. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy dla cech antropometrycznych .....                                              | 149 |
| VII. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy dla masy ciała oraz wskaźników budowy ciała .....                             | 150 |
| VIII. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy dla fałdów skórno-tłuszczowych oraz wskaźników otłuszczenia podskórnego..... | 151 |
| IX. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki siatkowej prezentujących różny poziom sportowy dla komponentów składu tkankowego ciała .....                                  | 151 |
| X. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy skupieniami zawodniczek i zawodników piłki siatkowej o różnym poziomie otłuszczenia .....                                                                             | 152 |
| XI. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy dla cech antropometrycznych .....                                                | 153 |
| XII. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy dla masy ciała oraz wskaźników budowy ciała .....                               | 154 |
| XIII. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy dla fałdów skórno-tłuszczowych oraz wskaźników otłuszczenia podskórnego.....   | 155 |
| XIV. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki ręcznej prezentujących różny poziom sportowy dla komponentów składu tkankowego ciała .....                                   | 155 |
| XV. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy skupieniami zawodniczek i zawodników piłki ręcznej o różnym poziomie otłuszczenia .....                                                                              | 156 |
| XVI. Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy dla cech antropometrycznych .....                                                | 157 |

|        |                                                                                                                                                                                                                |     |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| XVII.  | Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy dla masy ciała oraz wskaźników budowy ciała.....                              | 158 |
| XVIII. | Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy dla fałdów skórno-tłuszczowych oraz wskaźników otłuszczenia podskórnego ..... | 159 |
| XIX.   | Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodniczek i zawodników piłki nożnej prezentujących różny poziom sportowy dla komponentów składu tkankowego ciała.....                                  | 159 |
| XX.    | Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy skupieniami zawodniczek i zawodników piłki nożnej o różnym poziomie otłuszczenia.....                                                                            | 160 |
| XXI.   | Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodników reprezentujących różne zespołowe gry sportowe dla fałdów skórno-tłuszczowych .....                                                            | 161 |
| XXII.  | Wyniki testów porównań wielokrotnych pomiędzy grupami zawodników reprezentujących różne zespołowe gry sportowe dla wskaźnika dystrybucji tłuszczu podskórnego.....                                             | 162 |

## SUMMARY

### Body adiposity and subcutaneous fat distribution as determinants of the sports performance level in male and female team sport players

Athletes practising team sport disciplines are subjected to constant body tissue composition follow-up and pressure to minimise body adiposity, often without a detailed analysis of the adiposity pattern. Higher adiposity has been established to adversely affect an athlete's performance. It is, however, forgotten that an effective player needs to have appropriate energy conditions provided in their body, which depend on body tissue composition. Therefore, efforts should be made to ensure that each athlete is characterised by their own optimal adiposity, in terms of both fat content and distribution. Such optimisation can be achieved by taking into account the athlete's gender, sport discipline specificity, and the player's sports performance.

The aim of this study was to determine whether or not there is a relationship between body adiposity and subcutaneous fat distribution and the level of sports performance of male and female athletes practising team sport disciplines (basketball, volleyball, handball, and football). Adiposity characteristics are determined on the basis of skinfold thickness in various body areas, subcutaneous adiposity indices, and body fat percentage as measured with the bioelectrical impedance analysis (BIA) method. Another purpose of the study was to prepare adiposity maps, i.e. radar charts illustrating subcutaneous adiposity patterns for male and female athletes practising particular sport disciplines and representing different sports performance levels. Such maps may be applied by coaches, sports nutritionists, and various disciplines investigators to assess the degree of subcutaneous adiposity in individual cases, thus helping optimise training and nutrition programmes in team sport disciplines.

The study made use of the results of cross-sectional analyses that involved anthropometric measurements and body tissue composition estimation among male ( $N = 1010$ ) and female ( $N = 397$ ) team sport players. The participants were divided into the following groups: (1) athletes without a sport class; (2) athletes with the 2<sup>nd</sup> or 3<sup>rd</sup> sport class; (3) athletes with the 1<sup>st</sup> or master class. The following parameters were measured: body height, lengths, widths, selected circumferences, skinfold thickness (subscapular region, triceps, biceps, forearm, iliac crest, abdomen, medial calf), and body mass. The measurements allowed to characterise the athletes' general body build and the subcutaneous adiposity patterns. The latter were illustrated, among others, as adiposity maps, i.e. radar charts considering mean skinfold thicknesses of male and female athletes representing different sports performance levels. Three adiposity indices were also

calculated, which enabled the assessment of subcutaneous fat tissue in relation to body height (SFI, subcutaneous fat index) and body weight (SBFI, skinfold-based fat index), as well as subcutaneous fat tissue distribution in the limbs and the torso (SFDI, subcutaneous fat distribution index). Body mass index (BMI), waist-to-hip ratio (WHR), and waist-to-height ratio (WHtR) were established. Body tissue composition, including fat percentage, was examined with the BIA method by means of a BIA-101 Anniversary Sport Edition analyser (Akern, Italy) and the Akern® Bodygram 1.3.1 software. The statistical analyses were performed by using the R 3.4.3 software (The R Foundation for Statistical Computing® 2016) and the StatSoft® Statistica 13.0 software.

The analyses performed revealed a diversity in the adiposity pattern among the male and female team sport players. The use of *k*-means clustering allowed to distinguish various adiposity phenotypes. Athletes exhibiting a high level of sports performance are usually characterised by poorly developed subcutaneous adiposity and low fat percentage in body mass. They also tend to accumulate less fat in the waist area. A high level of sports performance in the analysed team disciplines is also associated with a greater development of body height, length characteristics, skeletal massiveness, and muscular characteristics.

However, there are also individuals with higher adiposity among male and female professional team sport athletes. A competitor's body build is only one of the elements that are important for achieving a high level of sports performance. Changes in regulations, training methods, and game tactics in particular disciplines, as well as players' specialisation in specific positions allow athletes with diverse somatic builds to be successful in sport.

It has been shown that the gender of team sport athletes is a fundamental factor clearly differentiating the volume and distribution of adiposity in each of the disciplines analysed. Compared with females, males are characterised by lower total body fat percentage, lower relative level of subcutaneous fat, and a less developed layer of subcutaneous fat in the limbs in relation to that in the torso. In addition, the adiposity volume and subcutaneous fat distribution differ depending on the discipline practised and the level of sports performance. The differences in the adiposity volume and subcutaneous fat distribution depending on the discipline and sports performance are less pronounced among female team sport athletes.

Team sport players representing particular disciplines and exhibiting different sports performance levels are characterised by variable, typical adiposity patterns. This becomes particularly evident when one takes into account, at the same time, skinfold thickness in various body parts, the relative subcutaneous adiposity and fat percentage in body mass, as well as subcutaneous fat distribution in the limbs and in the torso. The developed adiposity maps and the values of subcutaneous adiposity indices are a favourable tool to assess ath-

letes' adiposity patterns from the perspective of both the sports performance level and the discipline practised.

It turns out that skinfolds have a varying diagnostic relevance. Among the analysed folds, these are the arm and medial calf skinfolds that best differentiate athletes in terms of their sports performance level.

The obtained results support the use of a comprehensive assessment of adiposity in male and female athletes, taking into account the development of both subcutaneous and total adiposity, as well as fat distribution. They also point at a need to introduce individualised norms concerning total and subcutaneous adiposity in sport that would consider the athletes' gender, type of discipline practised, and sports performance level.