

ANNA PUCHALSKA-SARNA<sup>1,2</sup>, KAROLINA PIETROŃSKA<sup>1</sup>,  
JOANNA BARAN<sup>1,3</sup>, TERESA POP<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Instytut Nauk o Zdrowiu, Kolegium Nauk Medycznych, Uniwersytet Rzeszowski, Polska

<sup>2</sup> Kliniczny Regionalny Ośrodek Rehabilitacyjno-Edukacyjny dla Dzieci i Młodzieży w Rzeszowie

<sup>3</sup> Przyrodniczo-Medyczne Centrum Badań Innowacyjnych, Uniwersytet Rzeszowski, Polska

## 12. Siła mięśniowa młodych dorosłych w zależności od składu masy ciała

*Muscular strength of young adults depending  
on body weight composition*

### Streszczenie

**Wstęp:** Celem pracy było wykazanie zależności między składem masy ciała a siłą mięśniową u młodych dorosłych. Rozpatrzono zależności między siłą mięśniową kończyn górnych a wysokością, masą ciała, wiekiem oraz płcią. Przeanalizowano również, jaki wpływ na siłę ma tkanka tłuszczowa i tkanka mięśniowa. **Materiał i metoda:** Badania przeprowadzono na Wydziale Medycznym Uniwersytetu Rzeszowskiego. Badaniom poddano 79 osób obu płci, w wieku 19–26, byli to studenci z kierunku fizjoterapia. W pracy zaprezentowano możliwość pomiaru siły mięśniowej kończyn górnych za pomocą dynamometru ręcznego. Ocenę składu masy ciała umożliwiła TANITA 780MA. **Wyniki:** Stwierdzono zależności między składem masy ciała a siłą mięśniową. Mężczyźni wykazywali się znacznie większą siłą mięśniową w stosunku do kobiet w obu kończynach górnych. Kobiety charakteryzowały się większą zawartością tkanki tłuszczowej, co więcej uzyskano istotne zależności między tkanką tłuszczową i mięśniową a siłą mięśniową mężczyzn. Poza tym silna korelacja w kgP u kobiet istniała dla wysokości, a kgL zarówno dla wysokości, jak i masy ciała. W przypadku mężczyzn brak zależności między siłą mięśniową a masą i wysokością ciała. **Wnioski:** Siła mięśniowa kończyn górnych w grupie kobiet zależy od masy i wysokości ciała. Siła mięśniowa kończyn górnych w grupie mężczyzn zależy od zawartości tkanki mięśniowej i tłuszczowej.

**Słowa kluczowe:** siła mięśniowa, skład masy ciała, młodzi dorośli

### Abstract

**Introduction:** The aim of this study was to show the relationship between the composition of body mass and muscle strength in young adults. The relationship between muscular strength of upper limbs and height, body weight, age and gender was considered. We also analyzed the influence of fat tissue and muscle tissue on the strength. **Material and methods:** The research was carried out at the Medical Faculty of the University of

Rzeszów. The study involved 79 people of both sexes, aged 19-26, students from the field of physiotherapy. The paper presents the possibility of measuring the muscular strength of the upper limbs using a hand dynamometer. The evaluation of body composition was made possible by TANITA 780MA. **Results:** The relationship between the composition of body weight and muscular strength has been demonstrated. Men showed significantly greater muscular strength compared to women in both upper limbs. Women were characterized by a higher content of adipose tissue, what is more, significant relationships existed between fat and muscle tissue and muscular strength of men. In addition, a strong correlation in kgP in women existed for height, and kgL for both height and body weight. In the case of men, there is no dependence between muscular strength and weight and body height. **Conclusions:** The muscular strength of the upper limbs in the group of women depends on the weight and height. The muscular strength of the upper limbs in the group of men depends on the content of muscle tissue and fat tissue.

**Key words:** muscular strength, body composition, young adults

## Wprowadzenie

Tkanka mięśniowa zbudowana jest z wyspecjalizowanych komórek posiadających zdolność do kurczenia się i rozkurczania. Ze względu na różnice w budowie i czynnościach tkankę mięśniową można podzielić na: gładką, sercową i poprzecznie prążkowaną [1]. W mięśniach szkieletowych występują dwa rodzaje włókien: czerwone oraz białe. Włókna czerwone w porównaniu do włókien białych posiadają mniej miofibryli, zaś więcej mioglobiny i mitochondriów, dlatego są zdolne do dłuższej pracy bez oznak zmęczenia. Włókna białe stworzone są do szybkiej, ale krótkotrwałej pracy [2, 3]. Ze względu na czynności istnieje podział na: mięśnie antagonistyczne oraz synergistyczne [4].

Mięśnie posiadają szereg właściwości biologicznych m.in. kurczliwość, pobudliwość, sprężystość oraz napięcie mięśniowe (tonus). Istnieją trzy rodzaje skurczów mięśni szkieletowych: izometryczny, izotoniczny (z pracą koncentryczną i ekscentryczną) i auksotoniczny. Pobudliwość to kolejna biologiczna właściwość mięśni, określana jako zdolność przyjmowania bodźców i reagowania na nie. Sprężystość mięśnia to zdolność powrotu do pierwotnego kształtu, po skurczu lub rozciągnięciu [5]. Napięcie mięśniowe jest regulowane przez układ nerwowy autonomiczny. Poziom napięcia spoczynkowego zależy od: wieku, płci, pory dnia i stanu psychicznego człowieka [3].

Mięśnie szkieletowe przede wszystkim umożliwiają poruszanie się, a to za sprawą zintegrowanego działania kości stawów i mięśni. Odpowiadają za regulację i przepływ płynów w ustroju [6]. Co więcej, funkcje mięśni wynikają z ich rozmieszczenia. Mięśnie głowy umożliwiają poruszanie gałkami ocznymi, językiem, szczęką, żuchwą oraz odpowiadają za mimikę twarzy. Za ruchy głowy odpowiedzialne są mięśnie szyi. Mięśnie klatki piersiowej wspomagają proces oddychania i umożliwiają porusza-

nie kończynami górnymi. Za stabilizację gorsetu mięśniowego odpowiadają mięśnie brzucha i grzbietu [7].

Wysiłek fizyczny to praca mięśni szkieletowych umożliwiającą ruch ciała. Celem wysiłku jest poprawa bądź utrzymanie sprawności fizycznej [8]. Pod wpływem wysiłku fizycznego dochodzi do wzrostu czynności układu oddechowego, mięśniowego, krążenia, a także zmiany w napięciu układu nerwowego. Rodzaj treningu, jego czas trwania oraz intensywność wpływają na zmiany zachodzące w mięśniach. Praca nad układem mięśniowym ma przełożenie na układ kostny [9].

Układ oddechowy czerpie wiele korzyści płynących z aktywności m.in. zwiększenie siły mięśni oddechowych i ruchomości klatki piersiowej, wiąże się to ze wzrostem wentylacji płuc i ich pojemności życiowej.

Zauważalne są również przemiany zachodzące w układzie krwionośnym. Treningi kształtują strukturę serca, poprzez przerost jej jam, dochodzi do zwiększenia objętości wyrzutowej, a tym samym oszczędności zasobów energetycznych [10].

Siła mięśniowa jest efektem napięcia mięśni, pozwala człowiekowi na swobodne poruszanie się w przestrzeni [11]. Wyróżniamy poszczególne rodzaje sił: absolutną i względną [12].

Pomiary siły wykonywane są za pomocą precyzyjnych urządzeń – tensometrów, dynamometrów oraz w formie badania – testu Lovetta. Badanie to przeprowadza się w odpowiednich pozycjach wyjściowych, w pięciostopniowej skali [13, 14].

Pomiary dynamometryczne dostarczają informacji na temat siły mięśniowej poszczególnych grup mięśni [15, 16].

Prawidłowa masa ciała to taka, która odpowiada średniej masie ciała w danej grupie populacyjnej. Wskaźnik BMI jest to stosunek masy ciała (wyrażonej w kg) do wysokości ciała (wyrażonej w metrach) podniesionej do kwadratu. Na jego wynik ma wpływ: płeć, wiek antropologiczny, typ budowy oraz wytrenowanie [17].

Na poziomie chemicznym ciało człowieka zbudowane jest z wody, węglowodanów, białek, tłuszczu, składników mineralnych, które łączą się w komórki i budują tkanki, oraz narządy. Wyróżniamy pięć rodzajów tkanek: kostną, mięśniową, nerwową, tłuszczową i nabłonkową. Na poziomie atomowym nasz organizm tworzy około 50 składników, do których zaliczamy m.in. związki węgla, fosforu, tlenu, azotu i wapnia [18, 19].

Istnieje wiele metod służących do oceny składu masy ciała. Zaliczamy do nich pomiary antropometryczne [20, 21], densytometryczne [22], analizę bioimpedancji elektrycznej [23], tomografię komputerową [24], absorpcjometrię rentgenowską [25] oraz rezonans magnetyczny [26].

Celem pracy było wykazanie zależności między składem masy ciała a siłą mięśniową u młodych dorosłych.

## **Pytania badawcze:**

1. Czy siła mięśniowa kończyn górnych zależy od wysokości, masy ciała, wieku i płci badanych?
2. Czy siła mięśniowa kończyn górnych zależy od zawartości tkanki tłuszczowej?
3. Czy siła mięśniowa kończyn górnych zależy od zawartości tkanki mięśniowej?

## **Materiał i metoda**

### **Materiał**

Badania przeprowadzono w okresie styczeń–marzec 2019 r, objęto nimi grupę 97 osób w wieku 19–26 lat, w tym 79 kobiet i 18 mężczyzn. Badania przeprowadzono za zgodą Komisji Bioetycznej.

Średnia wieku badanych wynosiła 21 lat. Dokładny rozkład wieku przedstawiony został w tabeli 2.

### **Kryteria włączenia do badań**

1. Świadoma zgoda na uczestnictwo w badaniach.
2. Przedział wiekowy od 19 do 26 lat.

### **Kryteria wyłączenia z badań**

1. Niepełnosprawność lub urazy uniemożliwiające przyjęcie pozycji pionowej.
2. Przeciwwskazania do badania składu masy ciała metodą bioimpedancji elektrycznej:
  - metalowe implanty,
  - rozrusznik serca,
  - ciąża w momencie badania,
  - miesiączka w dniu badania,
  - padaczka.

### **Metoda**

Przed przystąpieniem do pomiarów wszyscy uczestnicy zostali powiadomieni o celach, sposobie wykonania oraz o kryteriach wykluczających zdolność do udziału w badaniach. Po wyrażeniu zgody przez

biorących udział studentów podjęto kolejne etapy badań. Pomiary były wykonywane w godzinach porannych, dlatego wszyscy uczestnicy byli badani na czczo. Zastosowaną metodą był kwestionariusz autorskiej ankiety, dynamometr oraz analizator składu masy ciała TANITA 780 MA.

## **Ankieta autorska**

Ankieta miała charakter anonimowy i służyła wyłącznie celom naukowym. Składała się z 21 pytań zarówno jednokrotnego, jak i wielokrotnego wyboru. Początkowa część ankiety dostarczyła podstawowych informacji o uczestnikach, takich jak: płeć, wiek, stan cywilny, miejsce zamieszkania, sytuacja zawodowa, rodzaj wykonywanej pracy, kierunek oraz charakter studiów. Część główna ankiety dotyczyła zagadnień związanych z aktywnościami podejmowanymi poza studiami, ilością zajęć ruchowych na studiach oraz subiektywną oceną wpływu studiów na styl życia. Ponadto poruszała kwestie związane ze sposobem odżywiania, zażywania używek, stresu oraz ilości snu na dobę.

## **Pomiar składu masy ciała**

Masa i skład masy ciała studentów zostały zbadane metodą bioimpedancji elektrycznej, wykorzystując analizator TANITA 780 MA. Pomiar masy ciała wykonywany był z dokładnością do 100 g, a pomiar zawartości tkanki tłuszczowej z dokładnością do 0,1 proc. Analizator ten ocenia m.in.:

- masę ciała w kg,
- indeks masy ciała BMI,
- masę tkanki tłuszczowej w kg i proc,
- wskaźnik trzewnej tkanki tłuszczowej,
- masę tkanki mięśniowej w kg,
- całkowitą zawartość wody w organizmie w kg i proc,
- Masę Wody Wewnątrzkomórkowej (ICW),
- Masę Wody Zewnątrzkomórkowej (ECW),
- stosunek TBW/ECW,
- Masę Tkanki Beztłuszczowej w kg,
- wiek metaboliczny,
- podstawową przemianę materii (BMR),
- zmineralizowaną masę kości w kg.

Analizator ocenia osobno dla każdej z kończyn oraz tułowia:

- masę mięśni,
- masę tkanki beztłuszczowej,
- masę tkanki tłuszczowej,

- impedancję,
- zawartość tkanki tłuszczowej w proc,
- wskaźnik masy mięśni w poszczególnych segmentach,
- wskaźnik rozmieszczenia tkanki tłuszczowej.

W trakcie badania uczestnik miał za zadanie stanąć bosymi stopami na analizatorze, kończyny górne były ułożone wzdłuż tułowia, w delikatnym odsunięciu od tułowia. Po uzupełnieniu w oprogramowaniu urządzenia danych, takich jak wiek, płeć, wysokość ciała badanego, otrzymywano wynik w formie raportu z danymi graficznymi i liczbowymi.

## Pomiar siły mięśniowej

Siła mięśniowa została zbadana za pomocą dynamometru ręcznego Jamar. Osoba badana znajdowała się w pozycji stojącej, jej staw ramienny ustawiony był w zgięciu do kąta 90 stopni, zaś staw łokciowy w wyproście. Pozycja przedramienia i nadgarstka – neutralna, w dłoni znajdował się dynamometr. Następnie został wykonany pomiar poprzez maksymalny uścisk dłoni, który trwał 6 sekund. Badaniem objęto obie kończyny górne. Uzyskany wynik określony jest w kilogramach.

## Analiza statystyczna

W celu udzielenia odpowiedzi na postawione pytania badawcze i przetestowania postawionych hipotez przeprowadzono analizy statystyczne przy użyciu pakietu Statistica w wersji 12. Za jego pomocą wykonano analizę podstawowych statystyk opisowych oraz szereg analiz korelacji z wykorzystaniem współczynnika  $r$  Pearsona, a także testu  $t$  Studenta. Za poziom istotności uznano klasyczny próg  $p=0,05$ .

## Wyniki

### Charakterystyka grupy badanej

W grupie badanej było 79 kobiet oraz 18 mężczyzn (tab. 1). Średnia wieku grupy badanej wynosiła 21 lat i mieściła się w zakresie 19–26 lat. Masa ciała wynosiła średnio 64,2 kg, a wysokość ciała średnio 168,5 cm (tab. 2).

**Tabela 1. Podział grupy badanej ze względu na płeć badanych**

Płeć	Liczba	Procent
Kobiety	79	81,4
Mężczyźni	18	18,6

**Tabela 2. Średnia wieku, masy ciała, wysokości ciała z podziałem na płeć badanych**

Zmienna	N	Cała grupa Średnia	Min.	Max.
Wiek [lata]	97	21	19	23
Masa ciała [kg]	97	64,2	40,8	103,4
Wysokość ciała [cm]	97	168,5	153	191

Następnie dokonano podziału grupy badanej ze względu na płeć. Średnia masa ciała kobiet wynosiła 61,6 kg, u mężczyzn zaś 75,7 kg. Podobnie jak w przypadku masy ciała, kobiety były niższe w porównaniu z mężczyznami (166,4 cm vs. 177,4 cm) (tab. 3).

**Tabela 3. Średnia wieku, masy ciała, wysokości ciała z podziałem na płeć badanych**

Zmienna	Kobiety				Mężczyźni			
	N	Średnia	Min.	Max.	N	Średnia	Min.	Max.
Wiek [lata]	79	21,1	19	23	18	20,5	19	22
Masa ciała [kg]	79	61,6	40,8	103,4	18	75,7	55,9	95,6
Wysokość ciała [cm]	79	166,4	153	180	18	177,4	164	191

Kolejno obliczono siłę mięśniową młodych dorosłych. Mężczyźni wykazywali się znacznie większą siłą mięśniową w stosunku do kobiet, zarówno w kończynie górnej prawej (43,1 vs. 28,4), jak i lewej (38,8 vs. 25,1) (tab. 4).

**Tabela 4. Średnia wartość siły mięśniowej z podziałem na płeć badanych**

Siła mięśniowa	Kobiety	Mężczyźni	p
kgP [kg]	28,4	43,2	<0,001
kgL [kg]	25,1	38,8	<0,001

kgL – kończyna górna lewa; kgP – kończyna górna prawa

Dokonano również pomiarów średnich wartości składowych masy ciała: FATP (tkanka tłuszczowa), PMP (tkanka mięśniowa ogółem), BONEP (masa minerałów kostnych ogółem), FFP (tkanka beztłuszczowa ogółem) i TBW (zawartość wody ogółem) z podziałem na płeć badanych. Kobiety charakteryzowały się większą zawartością FATP w stosunku do mężczyzn (25,2 vs. 18,0). W pozostałych składowych to mężczyźni uzyskiwali większe wartości PMP (77,9 vs. 71,0), BONEP (4,1 vs. 3,8), FFP (82,0 vs. 74,8) i TBW (59,6 vs. 54,0). Wszystkie zmienne były istotne statystycznie ( $p < 0,05$ ) (tab. 5).

**Tabela 5. Składowe masy ciała z podziałem na płeć badanych**

Zmienne [%]	Kobiety	Mężczyźni	p
FATP [%]	25,2	18,0	<0,001
PMP [%]	71,0	77,9	<0,001
BONEP [%]	3,8	4,1	0,001
FFP [%]	74,8	82,0	<0,001
TBW [%]	54,0	59,6	<0,001

BONEP – masa minerałów kostnych [%]; FATP– tkanka tłuszczowa ogółem [%]; FFP – tkanka beztłuszczowa ogółem [%]; PMP – tkanka mięśniowa ogółem [%]; TBW – zawartość wody ogółem

W kolejnym etapie dokonano bardziej szczegółowych pomiarów dla obu kończyn górnych, a mianowicie: RAFATP (tkanka tłuszczowa kończyny górnej prawej), RAFFP (tkanka beztłuszczowa kończyny górnej prawej), RAPMP (tkanka mięśniowa kończyny górnej prawej), LAFATP (tkanka tłuszczowa kończyny górnej lewej), LAFFP (tkanka beztłuszczowa kończyny górnej lewej), LAPMP (tkanka mięśniowa kończyny górnej lewej). Wykazano, że kobiety charakteryzują się większą zawartością tkanki tłuszczowej zarówno w kończynie górnej prawej (27,4 vs. 15,7), jak i lewej (28,3 vs. 16,3). W związku z tym ciała mężczyzn zawierają więcej tkanki beztłuszczowej: kończyna górna prawa: (84,3 vs. 72,6), kończyna górna lewa (83,7 vs. 71,7). W przypadku zawartości tkanki mięśniowej to znowu płeć męska dominuje: kończyna górna prawa (79,2 vs. 69,0) i kończyna górna lewa (78,6 vs. 68,1) (tab. 6). Wyniki dla wszystkich zmiennych były istotne statystycznie ( $p < 0,001$ ) (tab. 6).

**Tabela 6. Składowe masy ciała kończyn górnych z podziałem na płeć badanych**

Zmienne [%]	Kobiety	Mężczyźni	p
RAFATP [%]	27,4	15,7	<0,001
RAFFP [%]	72,6	84,3	<0,001
RAPMP [%]	69,0	79,2	<0,001
LAFATP [%]	28,3	16,3	<0,001
LAFFP [%]	71,7	83,7	<0,001
LAPMP [%]	68,1	78,6	<0,001

LAFATP – tkanka tłuszczowa kończyny górnej lewej [%]; LAFFP – tkanka beztłuszczowa kończyny górnej lewej [%]; LAPMP – tkanka mięśniowa kończyny górnej lewej [%]; RAFATP – tkanka tłuszczowa kończyny górnej prawej [%]; RAFFP – tkanka beztłuszczowa kończyny górnej prawej [%]; RAPMP – tkanka mięśniowa kończyny górnej prawej [%]

## Siła mięśniowa badanych a wiek, masa ciała i wysokość ciała

Następnie sprawdzono korelację siły mięśniowej kończyn górnych z wiekiem, wysokością ciała i wagą osobno dla obu płci. Korelacje istotne statystycznie występowały jedynie u kobiet, wraz ze wzrostem jednej zmiennej wzrasta druga. Biorąc pod uwagę KGP, najsilniejsza zależność występuje dla wysokości ciała (0,30;  $p=0,007$ ). W przypadku KGL zależności występują zarówno dla masy ciała (0,38;  $p=0,001$ ), jak i wysokości ciała (0,31;  $p=0,006$ ). U mężczyzn brak istotnych korelacji. Wartości  $p$  są większe od 0,05 – zatem współczynnik korelacji nie jest istotny statystycznie (tab. 7).

**Tabela 7. Porównanie siły mięśniowej KKG z wiekiem, wzrostem i masą ciała z podziałem na płeć badanych**

Zmienne	Kobiety n=79 $p<0,05$			Mężczyźni n=17 $p<0,05$		
	Wiek [lata]	Masa ciała [kg]	Wysokość ciała [cm]	Wiek [lata]	Masa ciała [kg]	Wysokość ciała [cm]
kg P [kg]	- 0,31 $p= 0,781$	0,19 $p= 0,094$	0,30 $p= 0,007$	- 0,82 $p= 0,744$	0,1 $p= 0,694$	0,17 $p= 0,494$
kg L [kg]	0,05 $p= 0,677$	0,38 $p= 0,001$	0,31 $p= 0,006$	- 0,04 $p= 0,868$	-0,02 $p= 0,944$	0,11 $p= 0,651$

kgL – kończyna górna lewa [kg]; kgP – kończyna górna prawa [kg]

## Siła mięśniowa badanych a skład masy ciała

W ostatniej części badania dokonano analizę, która miała na celu sprawdzić, czy siła mięśniowa kończyn górnych zależy od składu masy ciała badanych. Grupę podzielono ze względu na płeć, a następnie obliczono zależności, traktując ciało jako całość, później zaś osobno dla obu kończyn górnych.

Rozpatrując budowę ciała całościowo, nie wykazano istotnych statystycznie zależności w przypadku kobiet (tab. 8).

**Tabela 8. Porównanie siły mięśniowej KKG z składowymi masy ciała u kobiet**

Zmienne	Kobiety n= 79 $p< 0,05$			
	kg P [kg]		kg L [kg]	
FATP [%]	0,0003	$p=0,998$	0,147	$p=0,195$
PMP [%]	-0,0008	$p=0,995$	-0,145	$p=0,204$
BONEP [%]	-0,003	$p=0,979$	-0,190	$p=0,094$
FFP [%]	-0,001	$p=0,993$	-0,147	$p=0,195$
TBWP [%]	-0,009	$p=0,935$	-0,166	$p=0,145$

BONEP – masa minerałów kostnych [%]; FATP – tkanka tłuszczowa ogółem [%]; FFP – tkanka beztłuszczowa ogółem [%]; kgL – kończyna górna lewa [kg]; kgP – kończyna górna prawa [kg]; PMP – tkanka mięśniowa ogółem [%]; TBW – zawartość wody ogółem

W grupie mężczyzn nie wykazano korelacji między siłą mięśniową kończyny górnej lewej a zawartością minerałów kostnych (0,405;  $p=0,095$ ) oraz między siłą mięśniową kończyny górnej prawej a tkanką tłuszczową, beztłuszczową, mięśniową, masą minerałów kostnych i zawartością wody ogółem. Pozostałe przypadki korelują z umiarkowaną siłą ( $p<0,05$ ) (tab. 9).

**Tabela 9. Porównanie siły mięśniowej KKG ze składowymi masy ciała u mężczyzn**

Zmienne	Mężczyźni n= 18 $p< 0,05$			
	kg P [kg]		kg L [kg]	
FATP [%]	-0,324	$p=0,189$	-0,483	$p=0,042$
PMP [%]	0,330	$p=0,181$	0,488	$p=0,040$
BONEP [%]	0,254	$p=0,310$	0,405	$p=0,095$
FFP [%]	0,327	$p=0,186$	0,484	$p=0,042$
TBWP [%]	0,317	$p=0,199$	0,474	$p=0,047$

BONEP – masa minerałów kostnych [%]; FATP – tkanka tłuszczowa ogółem [%]; FFP – tkanka beztłuszczowa ogółem [%]; kgL – kończyna górna lewa [kg]; kgP – kończyna górna prawa [kg]; PMP – tkanka mięśniowa ogółem [%]; TBW – zawartość wody ogółem

Rozpatrzenie składu masy osobno dla obu kończyn górnych w grupie kobiet nie przyniosło żadnych istotnych statystycznie korelacji między jej składowymi (tkanką tłuszczową, tkanką beztłuszczową, tkanką mięśniową) a siłą mięśniową kończyny górnej prawej i lewej (tab. 10).

**Tabela 10. Porównanie siły mięśniowej KKG ze składowymi masy ciała kończyn górnych u kobiet**

Zmienne	Kobiety n= 79 $p< 0,05$			
	kg P [kg]		kg L [kg]	
RAFATP [%]	0,005	$p=0,967$	0,140	$p=0,220$
RAFFP [%]	-0,005	$p=0,967$	-0,140	$p=0,220$
RAPMP [%]	0,008	$p=0,943$	-0,115	$p=0,310$
LAFATP [%]	-	-	-	-
LAFFP [%]	-	-	-	-
LAPMP [%]	-	-	-	-

kgL – kończyna górna lewa [kg]; kgP – kończyna górna prawa [kg]; LAFATP – tkanka tłuszczowa kończyny górnej lewej [%]; LAFFP – tkanka beztłuszczowa kończyny górnej lewej [%]; LAPMP – tkanka mięśniowa kończyny górnej lewej [%]; RAFATP – tkanka tłuszczowa kończyny górnej prawej [%]; RAFFP – tkanka beztłuszczowa kończyny górnej prawej [%]; RAPMP – tkanka mięśniowa kończyny górnej prawej [%]

Odwrotna sytuacja miała miejsce u mężczyzn, gdyż wszystkie składowe korelują z siłą mięśniową obu kończyn. Wyższa zawartość tkanki tłuszczowej wykazywała zależność z niższą siłą mięśniową w kończynie górnej prawej i lewej. Automatycznie większa zawartość tkanki mięśniowej dodatkowo wpływała na poziom siły mięśniowej w obydwu kończynach górnych (tab. 11).

**Tabela 11. Porównanie siły mięśni KKG ze składowymi masy ciała kończyn górnych u mężczyzn**

Zmienne	Mężczyźni n= 18 p< 0,05			
	kg P [kg]		kg L [kg]	
RAFATP [%]	-0,511	p=0,030	-	-
RAFFP [%]	0,511	p=0,030	-	-
RAPMP [%]	0,474	p=0,047	-	-
LAFATP [%]	-		-0,651	p=0,003
LAFFP [%]	-	-	0,651	p=0,003
LAPMP [%]	-	-	0,650	p=0,003

kgL – kończyna górna lewa [kg]; kgP – kończyna górna prawa [kg]; LAFATP – tkanka tłuszczowa kończyny górnej lewej [%]; LAFFP – tkanka beztłuszczowa kończyny górnej lewej [%]; LAPMP – tkanka mięśniowa kończyny górnej lewej [%]; RAFATP – tkanka tłuszczowa kończyny górnej prawej [%]; RAFFP – tkanka beztłuszczowa kończyny górnej prawej [%]; RAPMP – tkanka mięśniowa kończyny górnej prawej [%]

## Dyskusja

Pierwsze pytanie badawcze brzmiało: czy siła mięśniowa kończyn górnych zależy od wysokości, masy ciała, wieku i płci? Pytanie to należy rozłożyć na czynniki pierwsze, ponieważ w grupie badanej istniała znaczna przewaga kobiet w stosunku do mężczyzn (79 vs. 18). W grupie kobiet uzyskane wyniki potwierdziły istnienie zależności między siłą mięśniową a wysokością ciała. Co ciekawe, korelacja dodatnia została uzyskana między siłą mięśniową kończyny górnej lewej a masą ciała. Zależności tych nie udowodniono w grupie mężczyzn, co świadczy, że siła mięśniowa nie zależy od wysokości i masy ciała mężczyzn.

W 2017 r. badacze z Korei przeprowadzili eksperyment, który udowodnił, że zmniejszenie masy ciała poprzez ograniczenie przyjmowanych kalorii i ćwiczeń nie powoduje spadku siły mięśniowej. Badania trwały rok i zostały przeprowadzone w grupie 43 mężczyzn: 14 osób po redukcji masy ciała i 23 z prawidłowym BMI. Do oceny składu masy ciała zastosowano absorpcjometrię promieniowania rentgenowskiego o podwójnej energii (DXA), ponadto zmierzono wysokość, masę ciała oraz jej wskaźnik – BMI. Pomiar siły kończyn górnych umożliwił dynamometr Grip,

a kończyn dolnych – Biodex System3. Otrzymane wyniki umożliwiły potwierdzenie tezy, że siła mięśniowa nie zależy od masy ciała [27].

Odpowiedzi na to, czy siła mięśniowa kończyn górnych zależy od wieku nie udało się uzyskać, związane jest to przede wszystkim z tym, że grupa osób badanych mieściła się w podobnym przedziale wiekowym 19–26.

Jednakże badanie dostarczyło ewidentnego potwierdzenia, że siła mięśniowa kończyn górnych jest uzależniona od płci. W tej kwestii przewaga leży zdecydowanie po stronie mężczyzn. Uzyskano następujące wyniki dla kończyny górnej prawej (43,1 vs. 28,4), jak i lewej (38,8 vs. 25,1).

Ciekawe badania przeprowadzono na grupie czeskich i słowackich studentów. Łączna liczba badanych wynosiła 435 osób (227 kobiet, 208 mężczyzn) od 18 do 35 lat, średni wiek kobiet to 21,76 lat, a u mężczyzn – 22,20 lat. Zmierzono siłę chwytu ręki za pomocą dynamometru sprężynowego, oddzielnie dla lewej i prawej ręki. Skład masy ciała oszacowano za pomocą analizatora Tanita BC-545. Wykazano, że mężczyźni ze względu na swój dymorfizm byli więksi, ciężsi oraz silniejsi. Średnio wartości siły chwytu dłoni u mężczyzn były prawie dwukrotnie wyższe. Ponadto charakteryzowali się oni większą ilością masy mięśniowej i masy kostnej. Kobiety zaś cechowała większą zawartością tkanki tłuszczowej. Co więcej, uzyskano słabe dodatnie statystycznie nieistotne korelacje między siłą chwytu a tkanką tłuszczową [28].

Podobne badania wykonał Günther i wsp. w 2008 r. Celem eksperymentu była aktualizacja danych referencyjnych siły uchwytu dłoni u zdrowych dorosłych obu płci w szerokim przedziale wiekowym i analiza możliwych czynników wpływu. W badaniu wzięło udział 769 zdrowych osób dorosłych (403 kobiety i 366 mężczyzn) w wieku od 20 do 95 lat. Do pomiaru siły wykorzystano dynamometr hydrauliczny (NexGen Ergonomia). Zmierzono również obwód i długość przedramienia, rozmiar dłoni i masę ciała. Wyniki, jakie uzyskano, to przede wszystkim większa siła mięśniowa u mężczyzn (kobiety były słabsze o 41 proc.). Jednoznacznie dowiedziono, że w trakcie życia siła ręki rozwija się w sposób porównywalny u obu płci, a szczyt jej siły przypada na 35. rok życia, następnie stopniowo maleje [29].

Inne badanie zostało ponownie przeprowadzone w Korei pod przewodnictwem Soo-Hong Han w 2011 r. Przebadano 235 mężczyzn i 280 kobiet w wieku od 10–84 lat. Siłę chwytu mierzono za pomocą dynamometru ręcznego Jamar. Dowiedziono, że siła zarówno prawej, jak i lewej ręki rosła wraz z wiekiem i osiągała szczyt w latach trzydziestych. Następnie stopniowo spadała przez całe życie zarówno dla mężczyzn, jak i kobiet. Istotny statystycznie był fakt, że siła uścisku mężczyzn była silniejsza niż u kobiet [30].

Obszerny artykuł stworzony przez Kirkenda i wsp. z Północnej Karoliny opisuje skutki starzenia się wpływające na mięśnie szkieletowe. Stwierdzono, że starzenie prowadzi do zwiększenia ilości tkanki tłuszcz-

czowej i zmniejszenia beztłuszczowej masy ciała. Dochodzi do utraty takich makroelementów, jak wapń i potas. Zmniejsza się masa mięśniowa oraz gęstość kości, która może prowadzić do osteoporozy, zwiększenia częstości upadków oraz licznych złamań. Artykuł ten potwierdza zależność między siłą mięśniową a wiekiem, podobnie jak w innych badaniach autorów, którzy wykorzystali osoby z różnych grup wiekowych [31].

W Centrum Rehabilitacji „Repty” w Tarnowskich Górach przeprowadzono badania wśród studentów i pacjentów z oddziału rehabilitacji neurologicznej i schorzeń narządu ruchu. Do pomiaru siły ścisku ręki wykorzystano dynamometr dłoniowy firmy Vernier. Zbadano długość kończyny górnej do końca palców, długość dłoni i kciuka, ruchomość palców dłoni w stawach oraz siłę ścisku zarówno dłoni, jak i kciuka. Wykazano, iż na wartości siły mięśniowej kończyn górnych ma wpływ płeć oraz wiek osoby badanej [32].

Podobne stwierdzenie zaprezentował R. Frontela. W jego pracy można doszukać się istotnych zależności między siłą mięśniową a wiekiem. Wykazał, że spadek siły mięśniowej wynosi około 1,0 do 1,5 proc. rocznie i jest bardziej zauważalny w kończynach dolnych. Ponadto zwraca dużą uwagę na zależność między wiekiem a składem masy ciała, im człowiek starszy, tym jego zawartość tkanki tłuszczowej rośnie [33].

Budzińska w swoim artykule pt. *Wpływ starzenia się organizmu na biologię mięśni szkieletowych* jasno stwierdza, że wraz z wiekiem maleje zarówno masa, jak i siła mięśniowa. Proces ten rozpoczyna się już od 30. roku życia i związane jest to z utratą jednostek motorycznych. Tempo spadku siły mięśniowej jest porównywalne u obu płci, jednak u mężczyzn siła pozostaje większa [34].

Williams, powołując się na badania przeprowadzone National Strength and Conditioning Association, stwierdza, że kobiety generują około 2/3 całkowitej siły stosowanej przez mężczyzn. Mimo tych różnic to kobiety lepiej wykorzystują swoją siłę mięśniową do zadań związanych z elastycznością, koordynacją i równowagą, podczas gdy mężczyźni bardziej predysponują do noszenia i podnoszenia ciężarów. Wszystkie te zależności wynikają z różnej budowy ciał u obu płci [35].

Ostatnie dwa pytania badawcze dotyczyły zależności między siłą mięśniową a tkanką tłuszczową i tkanką mięśniową. Uzyskano dwa różne stwierdzenia zarówno dla kobiet, jak i mężczyzn. W grupie kobiet odkryto, że siła mięśniowa kończyn górnych nie zależy od zawartości tkanki tłuszczowej i tkanki mięśniowej. W grupie mężczyzn siła mięśniowa zależy i od tkanki tłuszczowej, i od tkanki mięśniowej

Staszkiwicz porusza kwestię dymorfizmu płciowego, stwierdzając, że możliwości siłowe kobiet i mężczyzn różnią się w sposób znaczny. Wyodrębnił on dwa skrajne typy: żeński i męski. Oba różnią się pod względem parametrów morfologicznych oraz składem tkankowym. Stwierdza, że

typ skrajnie żeński posiada mniejsze zawartości parametrów morfologicznych i zwraca uwagę na większą zawartość tkanki tłuszczowej, szczególnie wokół obręczy biodrowej. W typie skrajnie męskim tkanka tłuszczowa rozmieszczona jest wokół obręczy barkowej [36].

W artykule Lee i wsp. można doszukać się wiadomości na temat wpływu hormonów na siłę mięśniową. Testosteron umożliwia mężczyznom rozwinięcie większych mięśni szkieletowych, a serca o większych rozmiarach. Co więcej, zwiększa produkcję czerwonych krwinek, które pochłaniają tlen, dając mężczyznom jeszcze większą przewagę tlenową. Ponadto mężczyźni mają więcej włókien mięśniowych typu 2, które generują moc, siłę i szybkość [37].

Niniejsze badanie ma kilka słabych punktów. Po pierwsze, nie udało się zgromadzić dwóch grup o podobnej liczebności. W tym przypadku kobiety stanowiły ponad 3/4 grupy badanej. Po drugie, ciekawszym rozwiązaniem mogłoby okazać się porównanie dwóch grup zróżnicowanych pod względem wieku. Tutaj były to osoby młode, a średnia wieku wyniosła 21 lat.

Do oceny składu masy ciała użyto metody BIA, która jest powszechnie stosowana w badaniach i daje wiarygodne wyniki. Pomiar siły mięśniowej kończyn górnych odbył się za pomocą dynamometru ręcznego. Metoda ta ma wiele zalet, jednakże w literaturze można odnaleźć doniesienia, które podważają jej wiarygodność. Związane jest to ze sposobami porównywania wyników oraz przeprowadzonego badania. Na rezultaty mogą mieć wpływ: rodzaj chwytu, ułożenie kończyny w trakcie badania oraz wielkość urządzenia pomiarowego. Do badań zazwyczaj wykorzystuje się typowy dynamometr bez regulacji lub o regulacji skokowej, który utrudnia dopasowanie do indywidualnych zmiennych rozmiarów ręki.

Przeprowadzone badania umożliwiły porównanie danych wielkości między kobietami a mężczyznami. A otrzymane wyniki i ich konfrontacja z hipotezami innych badaczy mogą świadczyć o poprawności wiarygodności eksperymentu.

Mimo szerokiego zainteresowania tematem, jakim jest siła mięśniowa, brakuje szczegółowych badań, które porównują jej zależność w stosunku do składu masy ciała. Wielu badaczy opisuje wyniki uzyskane w małych grupach, przez co są one trudne do porównania. Dlatego też dobrym przedsięwzięciem byłaby kontynuacja tego tematu. Zapewne dalsza analiza pozwoliłaby na poszerzenie wiedzy.

## **Wnioski**

1. Siła mięśniowa kończyn górnych w grupie kobiet zależy od masy i wzrostu, nie wykazano tej zależności w grupie mężczyzn, co więcej – siła nie

zależy od wieku, ze względu na podobną grupę badawczą, jednakże wykazano silną zależność między siłą mięśniową a płcią badanych.

2. Siła mięśniowa kończyn górnych kobiet nie zależy od zawartości tkanki tłuszczowej, w przypadku mężczyzn zależność ta jest silna.
3. Siła mięśniowa kończyn górnych w grupie mężczyzn zależy od zawartości tkanki mięśniowej, u kobiet zależność ta nie występuje.

## Piśmiennictwo

1. Zabel M. Histologia. Podręcznik dla studentów medycyny i stomatologii. Wydawnictwo Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2013: 109.
2. Mendias CL. Regulation of the structure and function of skeletal muscle and tendon. The University of Michigan 2007.
3. Ignasiak Z. Anatomia układu ruchu. Wydawnictwo Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2013: 21.
4. Sokołowska-Pituchowa J. Anatomia człowieka. Podręcznik dla studentów medycyny. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2007: 30.
5. Frontera WR, Ochala J. Skeletal muscle: a brief review of structure and function. *Calcif Tissue Int.* 2015; 96(3): 183–195. doi: 10.1007/s00223-014-9915-y.
6. Woźniak W. Anatomia człowieka. Podręcznik dla studentów i lekarzy. Wydawnictwo Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2003: 29.
7. Michajlik A, Ramotowski W. Anatomia i fizjologia człowieka. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2003: 9–113.
8. Rhodes RE, Janssen I, Bredin SSD, Warburton DER, Bauman A. Physical activity: Health impact, prevalence, correlates and interventions. *Psycho Health.* 2017; 32(8): 942–975. doi: 10.1080/08870446.2017.1325486.
9. Abou Elmagd M. Benefits, need and importance of daily exercise. *International Journal of Physical Education, Sports and Health.* 2016; 3(5): 22–27.
10. Wojtasik W, Szulc A, Kołodziejczyk M, Szulc A. Wybrane zagadnienia dotyczące wpływu wysiłku na organizm człowieka. *Education, Health and Sport.* 2015; 5(10): 350–372. doi: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.44392>.
11. Enoka RM. Muscle strength and its development. New perspectives. *Sports Med.* 1988; 6(3): 146–168. doi: 10.2165/00007256-198806030-00003.
12. Szopa J, Mleczko E, Żak S. Podstawy antropomotoryki. PWN, Warszawa 2000: 30.
13. Skala Lovetta. Wikipedia; [https://pl.wikipedia.org/wiki/Skala\\_Lovetta](https://pl.wikipedia.org/wiki/Skala_Lovetta) [dostęp: 13.04.2019].
14. Zembaty A. Kinezyterapia. Wydawnictwo Kasper, Kraków 2002: 73–78.
15. Skubiszewska A, Broczek K, Olędzka G. Ocena siły mięśniowej u osób w podeszłym wieku – znaczenie badania. *Gerontologia Polska.* 2018; 26: 64–71.
16. Zasadzka E, Strzesak D, Poterska A, Trzmiel T, Pawlaczyk M. Siła uścisku ręki u osób po 65. roku życia. Poznań 2017.
17. Wadych J, Napierała M. Problem otyłości dzieci i młodzieży ze Szkoły Podstawowej nr 3 i Gimnazjum nr 1 w Wąbrzeźnie. Bydgoszcz–Poznań 2013.
18. Birch K, George K, MacLaren D. Krótkie wykłady. Fizjologia sportu. PWN, Warszawa 2018: 209.
19. Zatoń M, Jastrzębska A. Testy fizjologiczne w ocenie wydolności fizycznej. PWN, Warszawa 2018: 152.
20. Stupnicki R. Pomiar i normy w antropometrii. Wyższa Szkoła Kultury Fizycznej i Turystyki, Pruszków 2016.

21. Ojo G, Adetola O. The Relationship between Skinfold Thickness and Body Mass Index in Estimating Body Fat Percentage on Bowen University Students. *Int Biol Biomed J*. 2017; 3(3): 138–144.
22. Bolanowski M, Zadrozna-Śliwka B, Zatońska K. Badanie składu ciała – metody i możliwości zastosowania w zaburzeniach hormonalnych. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*. 2005; 1(1): 20–25.
23. Lewitt A, Mądro E, Krupienicz A. Podstawy teoretyczne i zastosowania analizy impedancji bioelektrycznej (BIA). Zakład Podstaw Pielęgniarstwa Akademii Medycznej w Warszawie 2007.
24. Prado A, Birdsell L, Baraco V. Nowa rola tomografii komputerowej w ocenie wyniszczenia nowotworowego. *Current Opinion in Supportive and Palliative Care*. 2009; 3: 269–275.
25. Kucharska K, Niemczyk S. Metody oceny ilości tkanki tłuszczowej u osób z przewlekłą chorobą nerek. Katedra i Klinika Nefrologii, Dializoterapii i Chorób Wewnętrznych Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. *Nefrol Dial Pol*. 2009; 13: 75–78.
26. Cichocka M. Techniki obrazowania rezonansu magnetycznego (MR). Katedra Radiologii. Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum 2015.
27. Kim B, Tsujimoto T, So R, Zhao X, Oh S, Tanaka K. Weight reduction does not induce an undesirable decrease in muscle mass, muscle strength, or physical performance in men with obesity: a pilot study. Faculty of Sports Health Care, Inje University, Gimhae, Republic of Korea 2017.
28. Ingrová P, Králík M, Bártová V. Relationships between the hand grip strength and body composition in Czech and Slovak students. Masaryk University, Faculty of Science, Department of Anthropology, Laboratory of Morphology and Forensic Anthropology, Czech Republic 2017.
29. Günther ChM, Bürger A, Rickert M, Crispin A, Schulz ChU. Grip strength in healthy caucasian adults: reference values. Katedra Ortopedii, Klinikum Grosshadern, Ludwig-Maximilian-University Monachium, Niemcy 2008.
30. Soo-Hong Han S-H, Ki-Shik Nam, Yong-Suk Cho, Keun-Jung Ryu. Normative data on hand grip strength. Department of Orthopaedic Surgery, Bundang CHA Hospital, Seongnam College of Medi-cine, CHA University, Korea 2011.
31. Kirkendall DT, Garrett WE. The effects of aging and training on skeletal muscle. Department of Physical and Occupational Therapy and the Division of Orthopaedic Surgery, Duke University Medical Center, Durham, North Carolina 1998.
32. Łopatka M, Guzik-Kopytko A, Michnik R, Rycerski W. Badania antropometryczne kończyny górnej oraz pomiar siły ścisku dłoni i kciuka. Katedra Biomechatroniki, Politechnika Śląska 2012.
33. Frontera WR. Physiologic changes of the musculoskeletal system with aging. Departments of Physical Medicine, Rehabilitation, and Sports Medicine, School of Medicine, University of Puerto Rico, 2017.
34. Budzińska K. Wpływ starzenia się organizmu na biologię mięśni szkieletowych. Zakład Neurobiologii Oddychania, Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej im. M. Mossakowskiego Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, 2005.
35. Williams T. Muscular strength in women compared to men; <https://www.livestrong.com/article/509536-muscular-strength-in-women-compared-to-men/>.
36. Staszkievicz R. Dymorfizm płciowy w dystrybucji siły mięśniowej u dzieci i młodzieży w wieku 8–18 lat. Akademia Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie, 2013.
37. Lexa W, Lee LW. How do men and women differ athletically; <https://www.livestrong.com/article/347443-athletic-differences-between-men-women/>.