

UNIwersytet JANA KOCHANOWSKIEGO W KIELCACH  
COLLEGIUM MEDICUM

Kierunek studiów: **Nauki o Zdrowiu**

**mgr Sylwia Janecka**  
**Nr albumu: 128580**

**Praca doktorska**

**Cechy somatyczne i skład ciała u dzieci z postawą skoliotyczną  
i wadami postawy w płaszczyźnie strzałkowej**

The somatic features and body composition in children with scoliotic posture  
and sagittal posture defects

Rozprawa doktorska  
napisana pod kierunkiem  
**dr. hab. prof. UJK**  
**Jacka Wilczyńskiego**

Praca przyjęta pod względem merytorycznym  
i formalnym w formie papierowej i elektronicznej

.....  
/data i podpis promotora/

**Kielce 2022**

# SPIS TREŚCI

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. WSTĘP</b> .....  | <b>3</b>  |
| 1.1. Uzasadnienie wyboru tematu .....  | 5         |
| <b>2. CECHY SOMATYCZNE I SKŁAD CIAŁA U DZIECI</b> .....  | <b>8</b>  |
| <b>3. POSTAWA SKOLIOTYCZNA I WADY POSTAWY W PŁASZCZYŹNIE STRZAŁKOWEJ</b> .....                                   | <b>10</b> |
| <b>4. MATERIAŁY I METODY</b> .....   | <b>12</b> |
| 4.1. Charakterystyka grupy badanej .....   | 12        |
| 4.2. Problemy i hipotezy badawcze .....  | 14        |
| 4.3. Zmienne i wskaźniki.....  | 14        |
| 4.4. Metody, techniki, narzędzia badawcze.....   | 15        |
| 4.4.1. Badanie składu ciała.....   | 15        |
| 4.4.2. Badanie postawy ciała i kręgosłupa metodą Diers Formetric III 4D .....                                    | 17        |
| 4.5. Zastosowane metody statystyczne.....  | 20        |
| <b>5. WYNIKI BADAŃ</b> .....   | <b>21</b> |
| 5.1. Charakterystyka cech somatycznych i składu ciała oraz charakterystyka zmiennych postaw ciała badanych ..... | 21        |
| 5.2. Charakterystyka antropometryczna badanych dzieci .....  | 23        |
| 5.3. Charakterystyka typów postaw.....   | 25        |
| 5.4. Analiza związku między cechami somatycznymi i składem ciała a postawami.....                                | 26        |
| <b>6. OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA</b> .....   | <b>43</b> |
| <b>7. WNIOSKI</b> .....  | <b>46</b> |
| <b>8. PIŚMIENNICTWO</b> .....  | <b>47</b> |
| <b>9. ANEKS</b> .....  | <b>56</b> |
| <b>10. SPIS TABEL</b> .....  | <b>60</b> |
| <b>11. SPIS RYCIN</b> .....  | <b>62</b> |
| <b>12. STRESZCZENIE, SUMMARY</b> .....   | <b>63</b> |

# 1. WSTĘP

Postawa ciała to sposób trzymania się osoby w swobodnej pozycji stojącej, którego przejawem jest wzajemny układ poszczególnych segmentów ciała [107]. Kształtuje ją wiele czynników, w tym kondycja fizyczna i psychiczna, dziedziczność, wiek, płeć, zmysł kinestetyczny, równowaga mięśniowa i koordynacja nerwowo-mięśniowa [28,44,58,75,88,113]. Postawa ciała jest unikalną i indywidualną cechą każdego człowieka. Utrzymanie postawy ciała oznacza ciągle balansowanie ciała, tak aby wydatek energetyczny pracujących mięśni był możliwie najniższy [10,13,105]. Równowaga jest kluczowym elementem utrzymania prawidłowej postawy ciała [103,104,115].

Postawa ciała jest swoistym nawykiem ruchowym [22]. Postawa prawidłowa to zharmonizowany układ poszczególnych odcinków ciała względem siebie. Optymalna postawa ciała przebiega następująco: linia głowy, zaczynająca się od zewnętrznego przewodu słuchowego (lub od wyrostka sutkowatego kości skroniowej), powinna przebiegać pionowo przez akromion, trzony kręgów lędźwiowych, cypel, następnie nieco do tyłu do osi stawu biodrowego, nieco przed osią stawu kolanowego i zakończyć na kostce bocznej lub nieco przed nią [17].

Mechanizmy warunkujące rozwój umiejętności przeciwstawiania się sile grawitacji wpływają na ostateczne ukształtowanie się postawy ciała. W kształtowaniu prawidłowej postawy ciała nadrzędną rolę odgrywa tzw. mechanizm antygravitacyjny. Prawidłowy system antygravitacyjny (system odruchu postawy) zawiera w sobie prawidłowe napięcie posturalne, prawidłowe reakcje sensoryczne, prawidłowe unerwienie recyprokalne oraz wzorce posturalne i motoryczne. Rozwój systemu antygravitacyjnego uwarunkowany jest dojrzewaniem coraz to wyższych pięter ośrodkowego układu nerwowego. Prawidłowy system antygravitacyjny kontroluje postawę ciała, zapewnia zdolność do aktywnego przeciwstawiania się sile grawitacji, umożliwia płynne oraz ekonomiczne wykonywanie czynności ruchowych [32]. Postawa ciała ulega fizjologicznym zmianom w trakcie rozwoju organizmu i wiąże się z dużą zmiennością osobniczą, zależną od typu budowy ciała. Zespoły odruchów warunkowych oraz nawyki ruchowe decydują o ostatecznym ukształtowaniu się przednio-tylnych krzywizn kręgosłupa. Przejawem rozwoju somatycznego w toku rozwoju dzieci są zmiany w postawie ciała i kształcie przednio-tylnych krzywizn kręgosłupa [107].

Kształtowanie się przednio-tylnych krzywizn kręgosłupa i postawy ciała zależy od czynników genetycznych oraz od współdziałania układu nerwowego i hormonalnego. Budowa ciała, od której też zależy postawa ciała, związana jest z cechami somatycznymi i ze składem ciała. Nieprawidłowa budowa zarówno w zakresie otyłości, nadwagi, jak i niedowagi wpływa

w sposób niekorzystny na postawę. Stwierdzono, że nadmierna masa ciała zwiększa ryzyko wystąpienia hiperlordozy lędźwiowej i powoduje tylne przechylenie osiowe [48]. Deformacja kręgosłupa modyfikuje kształt tułowia, a także zmienia relacje między segmentami ciała, wpływając na postawę u dzieci skoliozycznych [68]. Nieprawidłowe ułożenie ciała w przetrzeni zwiększa napięcie tkanki mięśniowo-powięziowej i obciąża szkielet [49]. Zwiększone proporcje tkanki tłuszczowej w stosunku do tkanki mięśniowej, jak również zbyt niska zawartość obydwu tych tkanek warunkują nieprawidłową pracę mięśni strukturalnych poprzez obniżenie ich napięcia i siły mięśniowej, co w konsekwencji powoduje błędy i wady postawy.

Postawa ciała stale ulega zmianie. U dzieci w wieku 6–7 lat dominuje kifoza piersiowa, która wiąże się ze słabym napięciem mięśniowym stabilizującym kręgosłup. Najpierw stabilizuje się lordoza szyjna, a w wieku 8–11 lat wzrost siły mięśni pleców nasila lordozę lędźwiową [42,46]. Istnieje zjawisko pewnej etapowości w kształtowaniu się postawy ciała dzieci i młodzieży, polegającej na nasileniu wad i postaw wadliwych najpierw w początkach nauki szkolnej, a potem w okresie pokwitania. Pogorszenie postawy ciała u dzieci na początku nauki szkolnej związane jest z długotrwałym utrzymywaniem pozycji siedzącej w szkole i ze zmniejszeniem ich aktywności ruchowej [78,100]. Zniekształcenia strukturalne tułowia i kręgosłupa mogą pogłębiać się gwałtownie zwłaszcza w okresie intensywnego wzrostu [96]. Badania Paprockiej i wsp. na grupie 2732 dzieci w wieku 3–18 lat wykazały, że część występowania błędów postawy była istotnie wyższa wśród dzieci i młodzieży z nadwagą i otyłością niż w grupie o prawidłowej masie ciała. Nieprawidłowości te dotyczyły głównie występowania koślawych kolan oraz płaskostopia [61]. Płaskostopiu towarzyszą zmiany w kinematyce kostki, kolana i biodra, co skutkuje mechanizmami kompensacyjnymi prowadzącymi najpierw do powstania postawy skoliozycznej, a później do rozwinięcia się skoliozy [52]. Nadwaga i otyłość prowadzą do spadku aktywności ruchowej, w efekcie czego zmniejsza się sprawność i wydolność fizyczna. Asymetria mięśni przykręgosłupowych prowadzi do zaburzenia harmonii postawy i kontroli ruchu kręgosłupa, przyczyniając się do progresji młodzieńczej idiopatycznej skoliozy [74]. Obniża się poziom cech motorycznych, powstają także przeciążenia w układzie kostno-stawowo-więzadłowym, co sprzyja zaburzeniom statyki ciała i powstawaniu wadliwej postawy [45]. Wiele czynników, takich jak: wiek, masa ciała, wskaźnik masy ciała (BMI), płeć czy rasa, może oddziaływać na układ mięśniowo-szkieletowy [38]. Zbyt wysoka i zbyt niska masa ciała mają wpływ również na poziom lepityny we krwi. Jej wysoki lub zbyt niski poziom działa niekorzystnie na tkankę kostną, której rozwój u dzieci w młodszym wieku szkolnym przebiega dość intensywnie [3,80,91].

W badaniach przeprowadzonych na grupie 301 dzieci w wieku 10–12 lat, które miały ocenić powiązania pomiędzy cechami somatycznymi a zaburzeniami postawy, wykazano istotny związek między cechami somatycznymi a zmiennymi dotyczącymi wad postawy. Utrzymanie prawidłowej postawy ciała jest zależne od składu ciała i budowy somatycznej [20].

Celem pracy jest wykazanie zależności pomiędzy cechami somatycznymi i składem ciała a postawą skoliotyczną i wadami postawy w płaszczyźnie strzałkowej.

## **1.1. Uzasadnienie wyboru tematu**

Współczesna cywilizacja oprócz pozytywnych aspektów niesie za sobą również wiele niekorzystnych czynników wpływających na zdrowie dzieci, w tym na utrzymanie przez nich prawidłowej postawy, budowy i składu ciała. Postawa ciała zapewnia optymalną równowagę oraz stabilność sylwetki, wymaga minimalnego wysiłku mięśniowego oraz stwarza odpowiednie warunki dla ułożenia i działania narządów wewnętrznych. Postawa ciała człowieka zależy od budowy ciała. Z kolei budowa ciała związana jest z cechami somatycznymi i składem ciała [112]. Wśród niektórych typów somatycznych częściej spotyka się nieprawidłowy sposób utrzymywania prawidłowej postawy. U osób z przewagą beztłuszczowej masy ciała (FFM) oraz prawidłowym wskaźnikiem przemiany materii (BMI) nawyk utrzymania prawidłowej postawy ciała jest łatwiejszy niż u osób z przewagą tłuszczowej masy ciała (FM) i zwiększonym wskaźnikiem przemiany materii (BMI), jak również u osób z niską beztłuszczową masą ciała (FFM) i niskim wskaźnikiem przemiany materii (BMI) [78].

Prawidłowa budowa ciała i jego właściwy skład warunkują prawidłowy rozwój dziecka, ułatwiając mu utrzymanie prawidłowej postawy. Wszelkie nieprawidłowości w budowie ciała i jego składzie zaburzają nawyk w zakresie utrzymywania prawidłowej postawy. Jednym z głównych zaburzeń są zmiany składu ciała w kierunku nadwagi i otyłości, co jest narastającym problemem wśród dzieci i młodzieży powodującym rozwój nieprawidłowej postawy ciała. Nieprawidłowa budowa zarówno w zakresie otyłości, nadwagi, jak i niedowagi wpływa w sposób niekorzystny na postawę. Stwierdzono, że nadmierna masa ciała zwiększa ryzyko wystąpienia hiperlordozy lędźwiowej i powoduje tylne przechylenie osiowe [48]. Deformacja kręgosłupa modyfikuje kształt tułowia, a także zmienia relacje między segmentami ciała, wpływając na postawę u dzieci skoliotycznych [68]. Nieprawidłowe ułożenie ciała w prze-

strzeni zwiększa napięcie tkanki mięśniowo-powięziowej i obciąża szkielet [49]. Zwiększone proporcje tkanki tłuszczowej w stosunku do tkanki mięśniowej, jak również zbyt niska zawartość obydwu tych tkanek warunkują nieprawidłową pracę mięśni strukturalnych poprzez obniżenie ich napięcia i siły mięśniowej, co w konsekwencji powoduje błędy i wady postawy.

Istnieje zjawisko pewnej etapowości w kształtowaniu się postawy ciała dzieci i młodzieży, polegającej na nasileniu wad i postaw wadliwych najpierw w początkach nauki szkolnej, a potem w okresie pokwitania. Pogorszenie postawy ciała u dzieci na początku nauki szkolnej związane jest z długotrwałym utrzymywaniem pozycji siedzącej w szkole, a także ze zmniejszeniem ich aktywności ruchowej [78].

Badania Maciałyk-Paprockiej i wsp. na grupie 2732 dzieci i młodzieży w wieku 3–18 lat wykazały, że częstotliwość występowania błędów postawy była istotnie wyższa wśród dzieci i młodzieży z nadwagą i otyłością niż w grupie osób o prawidłowej masie ciała [62].

Nadwaga i otyłość prowadzą do spadku aktywności ruchowej, w efekcie czego zmniejsza się sprawność i wydolność fizyczna. Asymetria mięśni przykręgosłupowych prowadzi do zaburzenia harmonii postawy i kontroli ruchu kręgosłupa, przyczyniając się do powstania nieprawidłowości w postawie ciała [74]. Obniża się poziom cech motorycznych, powstają także przeciążenia w układzie kostno-stawowo-więzadłowym, co sprzyja zaburzeniom statyki ciała i tworzeniu wadliwej postawy [45]. Wiele czynników, jak np. wiek, masa ciała, wskaźnik masy ciała (BMI), płeć i rasa, może oddziaływać na układ mięśniowo-szkieletowy [38].

Otyłość w chwili obecnej uznawana jest przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) za chorobę przewlekłą, która przyczynia się do rozwoju innych chorób cywilizacyjnych, takich jak: cukrzyca typu II, nadciśnienie, choroba nowotworowa, choroby sercowo-naczyniowe, zaburzenia hormonalne i metaboliczne, szybsze występowanie zmian zwyrodnieniowych w układzie kostno-stawowym. Otyłość jest najpowszechniejszym problemem zdrowotnym, z jakim borykają się młodzi ludzie [40,90]. Dzieci i młodzież z nadmierną masą ciała są narażeni na zwiększone ryzyko powikłań medycznych i psychologicznych [85,97]. Według badań PitNuts z 2016 r. liczba otyłych dzieci (powyżej 5 roku życia) i młodzieży wyniosła 124 mln, natomiast 213 mln dzieci w tym przedziale wiekowym miało nadwagę. Światowa Organizacja Zdrowia prognozuje, że do roku 2025 na świecie problem nadmiernej masy ciała dotyczyć będzie 70 mln dzieci do 5 roku życia. W Polsce problem nadwagi i otyłości dotyczy około 10% dzieci w wieku 1–3 lat, 30% dzieci w wieku wczesnoszkolnym i 22% dzieci do 15 roku życia [101].

W porównaniu z badaniami europejskimi Polska charakteryzuje się wysokim stopniem rozpowszechniania problemu nadwagi i otyłości wśród dzieci i młodzieży. Badania Health

Behaviour in Schoolaged Children (HSBC) z 2018 r. pokazały, że otyłość i nadwaga występuje u 29,7% chłopców i u 14,3% dziewcząt (zgodnie z kryteriami WHO). Według danych Instytutu Żywności i Żywienia otyłość dotyczy 10% małych dzieci w wieku 1–3 lat, 30% dzieci w wieku wczesnoszkolnym i 22% dzieci w wieku 10–15 lat [55].

Dzieci i młodzież borykające się z nadwagą są około pięć razy bardziej narażone na otyłość w wieku dorosłym. Zgodnie z badaniami blisko 55% dzieci otyłych będzie nadal miało ten problem w wieku dojrzewania, a 80% otyłych nastolatków będzie nadal borykać się z tym problemem w wieku dorosłym [86]. Jest to stan niepokojący, ponieważ według badań Complication Of Obesity otyłe dzieci w późniejszych latach narażone są na wyższe wskaźniki śmiertelności z powodu chorób serca, udarów i wielu nowotworów [53]. Nadmierne nagromadzenie tkanki tłuszczowej w jamie brzusznej zwiększa ryzyko rozwoju insulinooporności, cukrzycy i chorób układu krążenia w wieku dorosłym [29,31,87]. Badania wskazują również, że epidemia otyłości dzieci i młodzieży w wieku 2–18 lat jest istotnym problemem zdrowia publicznego w krajach rozwijających się ze względu na to, że otyłość w dzieciństwie i wieku młodzieńczym wiąże się ze zwiększoną śmiertelnością w wieku dorosłym lub zwiększonym ryzykiem przedwczesnej śmierci. Brak równowagi między spożyciem kalorii a aktywnością fizyczną jest główną przyczyną otyłości, ale trzeba też zwrócić uwagę na czynniki genetyczne, biologiczne oraz społeczno-środowiskowe [59]. Narastająca otyłość u dzieci staje się nie tylko poważnym problemem zdrowotnym, lecz także może być jedną z przyczyn rosnącej liczby dzieci o nieprawidłowej postawie ciała [39,62]. Siedzący tryb życia zwiększa ryzyko powstania wady postawy u dzieci [14]. Nowe badania sugerują, że dzieci, które biorą udział w programach przedszkolnych na temat wiedzy o zdrowiu i odżywianiu, mają w wieku dorosłym niższy wskaźnik masy ciała (BMI) [81].

W wielu badaniach wykazano istotny wpływ zarówno niedowagi, jak i nadwagi dziecka na rozwój wad postawy ciała. U dzieci z nadmierną masą ciała często dochodzi do pogłębienia lordozy lędźwiowej, co wiąże się z uwypukleniem brzucha i pośladków oraz nadmiernym przodopochyleniem miednicy. Badania postawy dzieci z nadmierną masą ciała wykazały również, że wzrost stopnia otluszczenia wpływał na stopniowe spłaszczenie kifozy piersiowej i powiększenie lordozy lędźwiowej. Stany niedoborowe masy ciała mogą także przyczyniać się do powstawania nieprawidłowości w postawie. Dzieci niedożywione i zbyt szczupłe bardzo często mają odstające łopatki, wysuniętą głowę i barki, a czasami nawet powiększoną kifozę piersiową. Barszczyk i wsp. [11] oraz Pausić i wsp. [73] stwierdzili, że zarówno niedobór masy ciała (niedowaga), jak i nadwaga predysponują do negatywnych zmian w położeniu kręgosłupa, ustawieniu kończyn dolnych oraz wysklepieniu stóp. Podobnie stwierdzili Burdu-

kiewicz i wsp. [16], którzy wskazali, że zarówno nadmiar, jaki i niedobór masy ciała może wpłynąć na kształtowanie się nieprawidłowej postawy ciała. Postawa ciała winna być regularnie kontrolowana u dzieci w wieku szkolnym, szczególnie u osób z nadmierną i niedoborową masą ciała [12].

## **2. CECHY SOMATYCZNE I SKŁAD CIAŁA U DZIECI**

Cechy somatyczne odnoszą się do cielesności, a także fizyczności ludzkiego ciała. Do głównych cech somatycznych zaliczamy wysokość i masę ciała. Na obydwie te wartości mają wpływ zarówno czynniki wewnątrzpochodne, tj. genetyczne, hormonalne, jak i czynniki zewnętrzne: środowiskowe, ekonomiczne itp. Cechy somatyczne ściśle związane są z wiekiem rozwojowym dziecka. U dzieci do 2 roku życia przeważa tempo przyrostu masy ciała nad tempem wzrostu. Po 3 roku życia tendencja ta ulega zmianie, zwalnia przyrost masy ciała na rzecz wysokości ciała, przez co sylwetka dziecka się wysmukla. W okresie przedszkolnym przyrost masy ciała osiąga około 10 kg, a wysokość 23–27 cm. Okres wczesnoszkolny charakteryzuje się wolnym przyrostem rocznym masy do 3,5 kg i wysokości ciała do 5,5 cm. W okresie dojrzewania następuje intensywny rozwój masy kostnej, przyspieszenie tempa wzrastania (skok wysokościowy). W tym okresie roczne przyrosty wysokości ciała wahają się od 9 cm u dziewcząt do 12 cm u chłopców [26,76].

Skład ciała to proporcja tkanki tłuszczowej i beztłuszczowej w organizmie, prawidłowego nawodnienia organizmu oraz mineralizacji kości. Jest on ściśle związany z rozwojem cech somatycznych. Na zmiany w jego obrębie wpływają zarówno czynniki wewnętrzne, jak i zewnętrzne, takie jak sposób odżywiania, rodzaj aktywności ruchowej albo jej brak. Zdrowa kompozycja ciała uwarunkowana jest mniejszym procentem tkanki tłuszczowej, z kolei wyższym procentem beztłuszczowej masy ciała, na którą składają się mięśnie, kości, narządy i płyny. Ma to istotne znaczenie dla prawidłowego rozwoju, zachowania zdrowia i profilaktyki wielu chorób. Zwiększenie tkanki tłuszczowej wiąże się z ryzykiem rozwoju nadwagi i otyłości. Zmniejszony udział tkanki tłuszczowej prowadzi do zaburzeń hormonalnych, zmniejszenia masy tkanki kostnej i narządów, przez co wpływa na rozwój cech somatycznych.

U dziewcząt w okresie pokwitaniowym dynamika przyrostu masy ciała kształtuje się na wyższym poziomie niż zmiany wysokości ciała, co odzwierciedla się większym wskaźnikiem masy ciała (BMI). Inaczej kształtuje się także dymorfizm płciowy w zakresie składu ciała.

Masa tłuszczu jest wyższa u dziewcząt, natomiast u chłopców wyższe wartości przyjmuje beztłuszczowa masa ciała. Rozwój cech somatycznych ma swoje odzwierciedlenie w zmianie składu tkankowego ciała. Wzrost wysokości ciała wiąże się z przyrostem tkanki kostnej i mięśniowej. U chłopców wzrost masywności budowy wiąże się z rozwojem beztłuszczowej masy ciała, natomiast u dziewcząt powiększenie masywności ciała wynika z większych przyrostów masy tłuszczu [4,56].

Kolejną kwestią jest rozmieszczenie tkanki tłuszczowej na ciele. Tłuszcz trzewny znajdujący się w tułowie jest bardziej aktywny metabolicznie niż tłuszcz podskórny i jest silnym czynnikiem ryzyka wystąpienia insulinooporności cukrzycy typu II oraz chorób układu krążenia. Tłuszcz podskórny kończyn dolnych wiąże się ze zwiększoną wrażliwością na insulinę i może chronić przed rozwojem chorób kardiometabolicznych poprzez hamowanie uwalniania wolnych kwasów tłuszczowych.

Brazowa tkanka tłuszczowa (BAT) jest silnie unaczyniona, bogata w mitochondria i jest wysoce aktywna metabolicznie. Jej podstawową funkcją jest utrzymywanie temperatury ciała poprzez bezdrganiową termogenezę. Brazowa tkanka tłuszczowa występuje najliczniej w okresie niemowlęcym. U niemowląt pozakomórkowa woda i masa narządów stanowi większą część masy ciała w porównaniu z dziećmi i dorosłymi. W okresie dzieciństwa zmiany w składzie ciała postępują wolniej, dopiero w okresie dojrzewania dochodzi do znacznych zmian zarówno w składzie chemicznym, jak i tkankowym organizmu. Dziewczęta zyskują większą masę tłuszczu w stosunku do masy beztłuszczowej, z tendencją do gromadzenia tłuszczu na biodrach i udach. U chłopców następuje szybki przyrost beztłuszczowej masy ciała i redukcja tkanki tłuszczowej na kończynach. W tym czasie gromadzi się 40% szczytovej masy kostnej, wzrasta mineralizacja kości i gęstość beleczek kostnych [57].

Pomiar składu ciała, w tym określenie beztłuszczowej masy ciała (FFM) i masy tłuszczu (FM), dostarcza cennych informacji potrzebnych do oceny stanu zdrowia dzieci. Udział wody i składników mineralnych kości w beztłuszczowej masie ciała (FFM) zmienia się w trakcie wzrostu. Całkowita ilość wody w organizmie (TBW) zmniejsza się z 80,6% beztłuszczowej masy ciała (FFM) po urodzeniu do 75,1% u chłopców w wieku 10 lat i do 76,9% u dziewcząt w tym samym wieku. Dzieci w porównaniu z dorosłymi mają większą ilość tkanki zewnątrzkomórkowej, która ma wyższą zawartość elektrolitów w porównaniu z tkanką wewnątrzkomórkową. U dzieci beztłuszczowa masa ciała (FFM) zawiera stosunkowo więcej wody, mniej białka i składników mineralnych niż u dorosłych, przez co ich gęstość ciała jest niższa. Wraz z rozwojem cech somatycznych następuje stopniowa zmiana składu chemicznego beztłuszczowej masy ciała (FFM) [33,51].

### 3. POSTAWA SKOLIOTYCZNA I WADY POSTAWY W PŁASZCZYŹNIE STRZAŁKOWEJ

Kręgosłup człowieka składa się z 33–34 kręgów i podzielony jest na pięć odcinków. Wyróżniamy w kręgosłupie:

- odcinek szyjny, złożony z 7 kręgów (C1-C7),
- odcinek piersiowy, złożony z 12 kręgów (Th1-Th12),
- odcinek lędźwiowy, złożony z 5 kręgów (L1-L5),
- odcinek krzyżowy, złożony z 5 zrosniętych ze sobą kręgów (S1-S5),
- odcinek guziczny, złożony z 4–5 kręgów (Co1-Co4/Co5).

Kręgosłup pełni następujące funkcje:

- amortyzuje wstrząsy,
- utrzymuje ciężar całego ciała,
- zapewnia równowagę ciała,
- chroni rdzeń kręgowy oraz nerwy rdzeniowe przed uszkodzeniem.

Kręgosłup oglądany z boku nie jest prostą kolumną kostną lecz jest esowato wygięty; są to prawidłowe krzywizny kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej. W płaszczyźnie strzałkowej wyróżnia się cztery krzywizny: w części szyjnej i lędźwiowej występują krzywizny skierowane do przodu, zwane lordozami, a w części piersiowej i krzyżowej wygięcia skierowane do tyłu, zwane kifoza. Fizjologiczne krzywizny kręgosłupa zwiększają jego elastyczność oraz pełnią funkcję amortyzującą. Kształt krzywizn kręgosłupa uzależniony jest od przestrzennego ustawienia kości krzyżowej. Jeżeli kość krzyżowa ustawiona jest bardziej poziomo, krzywizny kręgosłupa ulegają pogłębieniu. Jeżeli kość krzyżowa ustawiona jest bardziej pionowo, krzywizny kręgosłupa ulegają wypłaszczeniu [34].

Lordoza i kifoza występują naprzemiennie, kształtują się one wraz z rozwojem dziecka i zdobywaniem przez nie coraz to nowych zdolności ruchowych. Kifoza piersiowa i krzyżowa formują się w życiu płodowym. Kifoza piersiowa utrwała się do 6–7 roku życia; jej prawidłowa wartość powinna mieścić się w przedziale od 20° do 40°. Lordoza szyjna kształtuje się po 6 tygodniu życia w momencie unoszenia głowy przez dziecko i zostaje utrwalona do 6–7 roku życia; jej prawidłowa wartość powinna mieścić się w przedziale od 20° do 40°. Lordoza lędźwiowa zaczyna się kształtować w momencie, kiedy dziecko zaczyna chodzić, a zostaje utrwalona w okresie dojrzewania płciowego; jej prawidłowa wartość powinna mieścić się w przedziale od 30° do 50° [109].

Najczęstszymi patologicznymi ustawieniami fizjologicznych krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej są warianty:

- powiększona kifoza piersiowa, prawidłowa lordoza lędźwiowa – „plecy okrągłe”. Powiększona kifoza piersiowa polega na nadmiernym uwypukleniu fizjologicznej krzywizny piersiowej kręgosłupa. Skutkuje to protrakcyjnym ustawieniem obręczy barkowej i wysuniętą ku przodowi głową. Klatka piersiowa staje się zapadnięta, pogarsza się praca płuc i przepony, z tego powodu cały organizm z czasem staje się niedotleniony. Wada ta powoduje ucisk na narządy jamy brzusznej oraz jelita, co wpływa na pogorszenie trawienia, przyczepy mięśni międzyżebrowych ulegają zbliżeniu, przez co klatka piersiowa ustawia się w pozycji wydechowej. W wadzie tej przykurczeniu ulegają mięśnie szyi i klatki piersiowej oraz mięśnie brzucha. Rozluźnieniu i osłabieniu ulegają mięśnie powierzchowne grzbietu, tj.: mięsień czworoboczny, mięsień równoległoboczny, mięsień najszerszy grzbietu oraz mięśnie głębokie grzbietu, głównie mięsień prostownik grzbietu odcinka piersiowego. Wystąpienie tej wady predysponuje do występowania dolegliwości bólowych głowy, silnych bólów okolicy międzyłopatkowej, bólów szyi i karku [2];
- prawidłowa kifoza piersiowa, powiększona lordoza lędźwiowa – „plecy wklęsłe”. Plecy wklęsłe to wada postawy ciała występująca w odcinku lędźwiowym kręgosłupa, polegająca na pogłębieniu fizjologicznej lordozy lędźwiowej. Sylwetka ciała osoby z pogłębioną lordozą lędźwiową charakteryzuje się wypiętym brzuchem i uwypuklonymi pośladkami. Pogłębieniu lordozy lędźwiowej towarzyszy najczęściej przodopochylenie miednicy. Osłabieniu i nadmiernemu rozciągnięciu ulegają mięśnie pośladkowe wielkie, mięśnie kulszowo-goleniowe, mięsień prosty brzucha. Zwiększone napięcie mięśniowe obserwuje się na mięśniach biodrowo-lędźwiowych, mięśniach czworobocznych lędźwi, mięśniach prostych uda oraz na mięśniu prostowniku grzbietu odcinka lędźwiowego. Wada ta prowadzi do ograniczenia ruchomości odcinka lędźwiowego kręgosłupa, zwiększenia jego sztywności, co skutkuje występowaniem zespołów bólowych w odcinku lędźwiowo-krzyżowym kręgosłupa oraz zaburzeń pracy narządów wewnętrznych. Do zwiększenia fizjologicznej lordozy lędźwiowej prowadzą czynniki wrodzone związane z wadami kości, mięśni, uwarunkowania genetyczne oraz czynniki nabyte, takie jak: nawyk złej postawy ciała, otyłość brzuszna, długotrwałe siedzenie, brak aktywności ruchowej [19];
- pomniejszona kifoza piersiowa, pomniejszona lordoza lędźwiowa – „plecy płaskie”. Plecy płaskie to wada postawy ciała, która charakteryzuje się spłaszczeniem fizjolo-

gicznych krzywizn kręgosłupa. Wadzie tej towarzyszy zmniejszenie przodopochylenia miednicy, upośledzenie funkcji amortyzacyjnych kręgosłupa oraz zmniejszenie pojemności i ruchomości klatki piersiowej [22];

- powiększona kifoza piersiowa, powiększona lordoza lędźwiowa – „plecy okrągło-wklęsłe”. W obrazie klinicznym zauważa się nieprawidłowości widoczne przy „plecach okrągłych” i „plecach wklęsłych”.

Rzadziej występującymi patologicznymi ustawieniami fizjologicznych krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej są warianty:

- pomniejszona kifoza piersiowa, prawidłowa lordoza lędźwiowa,
- pomniejszona kifoza piersiowa, powiększona lordoza lędźwiowa,
- prawidłowa kifoza piersiowa, pomniejszona lordoza lędźwiowa,
- powiększona kifoza piersiowa, pomniejszona lordoza lędźwiowa.

W płaszczyźnie czołowej może dochodzić do odchyień kręgosłupa skutkujących powstaniem postawy skoliozycznej bądź skoliozy. Postawa skoliozyczna oznacza skłonność do odchylenia osi kręgosłupa od prostej i wiąże się z nawykiem utrzymywania nieprawidłowej postawy [30,95]. Postawa skoliozyczna związana jest z zaburzonym balansem mięśniowym, przy czym kąt skrzywienia według skali Cobba nie przekracza  $10^{\circ}$ .

## **4. MATERIAŁY I METODY**

### **4.1. Charakterystyka grupy badanej**

Badania, pod kierunkiem dr. hab. prof. UJK Jacka Wilczyńskiego, przeprowadzono na grupie 261 dzieci z województwa świętokrzyskiego w Laboratorium Posturologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Dobór grupy był losowy. Badania prowadzono w okresie od stycznia 2019 r. do marca 2020 r. Wykonano je jednorazowo, po uprzednim uzyskaniu pisemnej zgody rodzica/opiekuna badanego.

Do oceny postawy ciała zastosowano technikę fotogrametrii przestrzennej z wykorzystaniem urządzenia Diers Formetric III 4D. Natomiast ocenę składu masy ciała wykonano techniką impedancji bioelektrycznej przy zastosowaniu urządzenia Tanita MC-780. Wszystkie procedury badawcze przeprowadzono zgodnie z obowiązującą deklaracją helsińską z 1964 r. oraz za zgodą Uczelnianej Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach (Uchwała nr 57/2018).

Opracowaniu statystycznemu poddano wyniki badań 155 dzieci, w tym 73 dziewcząt (47,1%) i 82 chłopców (52,9%). Biorąc pod uwagę kryteria wyłączeń, odrzucono wyniki 96 badań (36,7%). Natomiast w związku z uzyskaniem niepełnych wyników pomiarów u 10 badanych dzieci (3,8%) przy wykorzystaniu urządzenia Diers Formetric III 4D, ich wyniki także zostały odrzucone. Rozbieżności wyników otrzymanych w podobnych badaniach przez innych autorów wynikają z zastosowanych różnych urządzeń pomiarowych, które działają z różną precyzją. Na wyniki badań również ma wpływ czynnik ludzki. Dobór badanych był mieszany, po wcześniejszym ustaleniu kryteriów, jakim powinny odpowiadać poszczególne grupy. Badaniami objęto dzieci uczęszczające do szkół podstawowych na terenie województwa świętokrzyskiego.

**Kryteria włączenia do badań:**

- wiek 9 lat,
- brak orzeczenia o niepełnosprawności fizycznej oraz niepełnosprawności intelektualnej,
- brak stwierdzonej skoliozy potwierdzonej badaniem skoliometrem poniżej 7°,
- brak zdiagnozowanych zespołów chorobowych i wad wrodzonych ośrodkowego układu nerwowego (OUN) i narządu ruchu, uniemożliwiających prawidłowy rozwój psychomotoryczny,
- brak zaburzeń mogących stanowić przyczynę patologicznej postawy ciała, takich jak: zespoły genetyczne, zaburzenia hormonalne, choroby nerwowo-mięśniowe, wrodzone wady układu ruchu,
- pisemna zgoda rodziców lub opiekunów prawnych na badania,
- skośność miednicy DL-DR do 5 mm,
- odchylenie boczne (VPDM) (rms) do 5 mm,
- rotacja powierzchni (rms) do 5°.

**Kryteria wyłączenia:**

- wiek poniżej 9 i powyżej 9 roku życia,
- orzeczenie o niepełnosprawności fizycznej oraz niepełnosprawności intelektualnej,
- stwierdzona skolioza potwierdzona badaniem skoliometrem powyżej 7°,
- zdiagnozowanie zespołów chorobowych i wad wrodzonych OUN i narządu ruchu, uniemożliwiających prawidłowy rozwój psychomotoryczny,
- obecność zaburzeń mogących stanowić przyczynę patologicznej postawy ciała, takich jak: zespoły genetyczne, zaburzenia hormonalne, choroby nerwowo-mięśniowe, wrodzone wady układu ruchu,

- brak pisemnej zgody rodziców lub opiekunów na badania,
- obecność w ciele metalowych implantów i rozrusznika serca,
- skośność miednicy DL-DR powyżej 5 mm,
- odchylenie boczne (VPDM) (rms) powyżej 5 mm,
- rotacja powierzchni (rms) powyżej 5°.

## 4.2. Problemy i hipotezy badawcze

### Pytania badawcze:

- Czy istnieje związek między zmiennymi postawy ciała a cechami somatycznymi i składem ciała?
- Czy zachodzą różnice w obrębie cech somatycznych i składu ciała u dzieci z postawą skoliotyczną i postawą prawidłową?
- Czy zachodzą różnice w obrębie cech somatycznych i składu ciała u dzieci z wadami postawy w płaszczyźnie strzałkowej?

### Hipoteza główna:

- Istnieje zależność pomiędzy cechami somatycznymi i składem ciała a postawą skoliotyczną i wadami postawy w płaszczyźnie strzałkowej.

### Hipotezy szczegółowe:

- Zmienne cech somatycznych i składu ciała u dzieci mają związek z postawą skoliotyczną.
- Zmienne cech somatycznych i składu ciała u dzieci mają związek z wadami postawy w płaszczyźnie strzałkowej.
- Istnieją różnice cech somatycznych i składu ciała między grupą dziewcząt i chłopców.

## 4.3. Zmienne i wskaźniki

Zgodnie z celem badania i problemami badawczymi przyjęto następujący układ zmiennych:

**Zmienne zależne** (jako cechy wpływające na ilość i kierunek zmian innej cechy):

- postawy skoliotyczne,
- wady postawy w płaszczyźnie strzałkowej.

**Wskaźniki zmiennych zależnych:**

- wielkość kąta kifozy ICT-ITL (maks.) (°) (ang. *kyphotic angle*),
- wielkość kąta lordozy ITL-ILS (maks.) (°) (ang. *lordotic angle*),
- stopień rotacji powierzchni (rms) (°) (ang. *surface rotation*),

- stopień skośności miednicy DL-DR (mm) (ang. *pelvic tilt*),
- wielkość odchylenia bocznego (VPDM) (rms) (mm) (ang. *lateral deviation*),

**Zmienne niezależne** (jako cechy zmieniające się pod wpływem innej cechy niezależnej):

- cechy somatyczne,
- skład ciała.

**Wskaźniki zmiennych niezależnych:**

- wysokość ciała (cm),
- masa ciała (kg),
- wskaźnik masy ciała BMI (*Body Mass Index*) ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ),
- wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal),
- procent zawartości tkanki tłuszczowej (%),
- procent zawartości tkanki beztłuszczowej FFM (*Fat Free Mass*) (kg),
- procent zawartości masy mięśniowej (%),
- procent zawartości masy tkanki kostnej (%),
- procent zawartości wody (%),
- impedancja (Ohm),
- kąt fazowy ( $^{\circ}$ ).

## 4.4. Metody, techniki, narzędzia badawcze

W badaniach zastosowano obiektywne i rzetelne metody, techniki i narzędzia badawcze. Technikami, którymi posłużono się podczas wykonywania badań, były fotogrametria przestrzenna oraz impedancja bioelektryczna. Na podstawie zastosowanych technik w pracy wykorzystano następujące narzędzia badawcze: Tanita MC-780 oraz Diers Formetric III 4D.

### 4.4.1. Badanie składu ciała

Ocena składu masy ciała została wykonana za pomocą urządzenia Tanita MC-780. Jest to urządzenie wielofunkcyjne, stosowane w badaniach naukowych na całym świecie, służące do wieloczęstotliwościowego pomiaru składu ciała. Wykorzystuje ono osiem elektrod, dzięki czemu daje dokładny obraz analizy segmentowej ustroju. W trakcie badania zastosowane zostały trzy częstotliwości: 5 kHz, 50 kHz oraz 250 kHz, dzięki czemu otrzymano dokładną analizę składu ciała. Urządzenie posiada własny system operacyjny, jest proste w użytkowaniu oraz w transporcie. Badanie wykonuje się w pozycji stojącej. Pacjent proszony jest o zdjęcie biżuterii oraz metalowych akcesoriów ubioru, które mogą zaburzać przepływ prądu.

Podczas badania pacjent powinien mieć bose stopy. Badania metodą impedancji bioelektrycznej powinny unikać osoby z wszczepionymi rozrusznikami serca lub metalowymi implantami. Pacjent proszony jest o wejście na wagę, tak aby każda stopa znajdowała się na dwóch metalowych elektrodach. Po zmierzeniu masy ciała badany chwyta uchwyty z wbudowanymi elektrodami w obie dłonie. Po 30 sekundach możliwy jest odczyt wyników przeprowadzonej analizy.

Analiza impedancji bioelektrycznej (BIA) jest powszechnie stosowana do oceny składu ciała dzieci i młodzieży [18]. Do analizy tej wykorzystuje się wiedzę o przewodnictwie elektrycznym. Sygnał elektryczny z łatwością przepływa przez tkanki zawierające duże ilości wody, np. tkankę mięśniową. Przechodząc przez tkankę tłuszczową napotyka większy opór, ponieważ zawiera ona niewielkie ilości płynów. Opór ten nazywa się impedancją. Odczyty impedancji są następnie wprowadzane do medycznie ustalonych formuł matematycznych służących do obliczenia składu ciała. Badanie impedancji bioelektrycznej stanowi wiarygodny, nieinwazyjny oraz łatwo dostępny środek do oceny parametrów składu ciała [15,79,84].

Analizator Tanita MC-780 pozwala na uzyskanie pełnego profilu składu ciała badanej osoby w czasie około 20 sekund. Urządzenie określa następujące parametry składu ciała: całkowitą masę ciała człowieka określaną w kilogramach – *Body Mass* (kg) (BM); minimalny poziom energii, której potrzebuje organizm, aby w stanie spoczynku mógł funkcjonować prawidłowo – tzw. wskaźnik podstawowej przemiany materii *Basal Metabolic Rate* (BMR), wyrażony w kJ i kcal; procentową zawartość tkanki tłuszczowej w całkowitej masie ciała – *Fat Percent* (%) (FP%) oraz masę tkanki tłuszczowej w kilogramach – *Fat Mass* (kg) (FM); masę tkanki beztłuszczowej w składającej się z masy mięśniowej masy narządów wewnętrznych i masy kości – *Fat Maas Percent* (kg) (FMP), która jest najważniejszą metabolicznie składową organizmu; całkowitą zawartość wody w organizmie *Total Body Water* (kg) (TBW); masę mięśniową w kilogramach, w skład której wchodzi mięśnie szkieletowe i mięśnie gładkie *Muscle Mass* (kg) (PMM); impedancję (Ohm), która jest uogólnieniem oporu elektrycznego przepływającego prądu przez organizm – *Impedance* ( $\Omega$ ) (IMP); wskaźnik masy ciała jako stosunek masy ciała do wysokości ciała, który jest standardowym wskaźnikiem oceny masy ciała – *Body Mass Index* (BMI) ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ); kąt fazowy obliczany na podstawie współczynnika rezystancji i reaktancji.

Według Instytutu Matki i Dziecka dla dziewcząt w wieku 9 lat za prawidłowe wartości cech somatycznych przyjmuje się wartości: masa ciała 22–45 kg, wysokość ciała 124–147 cm, wskaźnik masy ciała BMI 14,5–25,00. Dla chłopców w wieku 9 lat za prawidłowe wartości

cech somatycznych przyjmuje się wartości: masa ciała 22–48 kg, wysokość ciała 124–147 cm, wskaźnik masy ciała BMI 14,2–25,00 [82].

#### **4.4.2. Badanie postawy ciała i kręgosłupa metodą Diers Formetric III 4D**

Postawę ciała oceniono metodą optoelektroniczną Diers Formetric III 4D. Pozwala ona na fotogrametryczną rejestrację wideo powierzchni pleców za pomocą procesu stereografii rastrowej. Na podstawie otrzymanych danych powstaje precyzyjny, trójwymiarowy model powierzchni pleców. Istotą urządzenia jest analiza formy pleców. Uwzględniając anatomiczne i biomechaniczne założenia modelu, możliwe jest obliczenie stałych punktów anatomicznych krzywych kręgosłupa oraz określenie wynikających z tych obliczeń parametrów przestrzennej formy tułowia. Niezawodność rezultatów analizy pleców za pomocą urządzenia Diers Formetric III 4D została potwierdzona przez porównanie z około 500 cyfrowymi i rzeczowo-numerycznie przeanalizowanymi zdjęciami rentgenowskimi. Zdjęcie RTG dostarcza bezpośrednich i zobrazowanych informacji o formie i odstępstwach od normy, jednak tylko w projekcji dwuwymiarowej. Ponadto minusem badania RTG jest szkodliwość promieniowania, które uniemożliwia wykonanie zdjęć kontrolnych w krótszych odstępach czasu. Najbardziej powszechną metodą diagnozowania i kontynuacji leczenia skoliozy jest wykonanie dwupłaszczyznowych zdjęć rentgenowskich, a następnie wykorzystanie ich do określenia strzałkowych kątów przedniego skrzywienia kręgosłupa metodą Cobba [93]. Metoda optoelektroniczna Diers Formetric III 4D jest bezdotykowym, automatycznym i przede wszystkim niepromieniującym sposobem pomiaru statyki ciała. Urządzenie pozwala m.in. dokonać trójwymiarowej diagnozy skoliozy i wad postawy, oceny ruchomości kręgosłupa, analizy skrócenia długości kończyn przy skośnym położeniu miednicy oraz kontroli przebiegu choroby. Ograniczeniami w używaniu Diers Formetric III 4D są skoliozy z kątem Cobba większym niż 52°, pacjenci z bliznami pooperacyjnymi w okolicy kręgosłupa oraz pacjenci z dużą nadwagą. Pomieszczenie, w którym wykonywany jest pomiar kręgosłupa, powinno być przyciemnione, tak żeby nie było możliwe bezpośrednie padanie promieni słonecznych na ciało badanego. W odległości około trzech metrów od statywu optycznego zamocowane jest ciemne tło dostarczone razem z urządzeniem [3,71,110].

Badanie polega na ustawieniu pacjenta w odpowiednim miejscu w postawie nawykowej, pozycjonowaniu systemu do wykonania pomiaru, wyświetleniu na plecach badanego ciemnych, poziomych prążków o szerokości około 1 cm oraz przeprowadzeniu badania i jego analizy zgodnie ze wskazówkami programu. W czasie pomiaru pacjent musi być rozebrany do bielizny. Przed badaniem należy zdjąć pierścionki, zegarki i łańcuszki, które mogą spowo-

dować odbicie światła. Badanie pacjenta jest przeprowadzane w programie Di-CAM za pomocą pomiaru Average, polegającym na wykonaniu sekwencji 12 zdjęć, które poprzez tworzenie średniej wartości redukują wariacje postawy i tym samym poprawiają wartość kliniczną badania. Komputer dokonuje uśrednienia zdjęć i zapisuje jedno z nich.

Diers Formetric III 4D zapewnia bezpieczną metodę monitorowania i śledzenia progresji deformacji postawy w czasie [1,25,54,64,69,102]. Topografia powierzchni jest coraz częściej stosowana w analizie postawy ciała. Diers Formetric III 4D mierzy 40 zdefiniowanych parametrów kształtu kręgosłupa na podstawie sześciosekundowego skanu tułowia [24,54,92]. Ocena postawy ciała przeprowadzona przy pomocy Diers Formetric III 4D jest nowoczesną metodą wykorzystywaną w diagnostyce obrazowej młodzieńczej idiopatycznej skoliozy, dającą możliwość jej diagnozowania i monitorowania bez konieczności ciągłej ekspozycji na promieniowanie rentgenowskie [37,72,89]. System Diers Formetric III 4D umożliwia również monitorowanie efektów terapeutycznych [47,114]. Pomimo że system ten jest wysoce wiarygodny, to nie jest w 100% precyzyjny. Badane parametry mogą ulegać zmianie w zależności od przyjętej postawy podczas badania.

W pracy doktorskiej opracowaniu zostały poddane następujące parametry opisujące postawę ciała:

- Badane parametry w płaszczyźnie strzałkowej:
  - kąt kifozy ICT-ITL (maks.) (°) (ang. *kyphotic angle* ICT-ITL (maks.)). ICT to punkt przegięcia szyjno-piersiowego (ang. *inflexion point cervical thoracic*), natomiast ITL to punkt przegięcia piersiowo-lędźwiowego (ang. *inflexion point thoracic lumbar*). Jest to maksymalny kąt kifozy zmierzony między stycznymi do powierzchni górnego punktu przegięcia ICT (punktu najwyższego pozytywnego nachylenia powierzchni w obrębie szyi, powyżej szczytu kifozy), w pobliżu piersiowo-lędźwiowego punktu przegięcia ITL (punktu przegięcia piersiowo-lędźwiowego, czyli punktu najwyższego negatywnego nachylenia powierzchni w obrębie między szczytem kifozy a szczytem lordozy);
  - kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) (ang. *lordotic angle* ITL-ILS (maks.)). ITL to punkt przegięcia piersiowo-lędźwiowego (ang. *inflexion point thoracic lumbar*), natomiast ILS to punkt przegięcia lędźwiowo-krzyżowego (ang. *inflexion point lumbar sacral*). Jest to maksymalny kąt lordozy zmierzony między stycznymi do powierzchni piersiowo-lędźwiowego punktu przegięcia ITL a dolnym lędźwiowo-krzyżowym punktem przegięcia ILS (punktem najwyższego pozytywnego nachylenia powierzchni w obrębie między szczytem lordozy a odcinkiem krzyżowym).

- Badane parametry w płaszczyźnie czołowej:
  - skośność miednicy DL-DR (mm) (ang. *pelvic tilt*). DL to lewy dołeczek lędźwiowy (ang. *dimple left*), DR to prawy dołeczek lędźwiowy (ang. *dimple right*). Skośność miednicy odnosi się do różnicy w wysokościach dołeczków lędźwiowych w odniesieniu do płaszczyzny poziomej (przekroju poprzecznego). Dodatnia wartość oznacza, że dołeczek prawy znajduje się wyżej od lewego, wartość ujemna występuje wtedy, gdy dołeczek prawy usytuowany jest poniżej dołeczka lewego;
  - odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) (ang. *lateral deviation VPDM (rms)*). Ten parametr oznacza średnie odchylenie kwadratowe (ang. *root mean square*) linii środkowej kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej. Nazewnictwo określane jako „R” oznacza średnie odchylenie boczne w prawo, natomiast „L” określane jest jako średnie odchylenie boczne w lewo.
- Badane parametry w płaszczyźnie poprzecznej:
  - rotacja powierzchni (rms) (°) (ang. *surface rotation (rms)*). Parametr ten oznacza średnią wartość kwadratową (ang. *root mean square*) rotacji powierzchni na linii symetrii. Dlatego na potrzeby pracy doktorskiej przyjęto następujący podział:
- **postawa skoliozytyczna:**
  - skośność miednicy DL-DR  $1 \text{ mm} < 5 \text{ mm}$ ,
  - odchylenie boczne (VPDM) (rms)  $1 \text{ mm} < 5 \text{ mm}$ ,
  - rotacja powierzchni (rms)  $1^\circ < 5^\circ$ ;
- **typy krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej:**
  - pomniejszona kifoza, pomniejszona lordoza ( $K < 42^\circ$ ;  $L < 33^\circ$ ),
  - pomniejszona kifoza, prawidłowa lordoza ( $K < 42^\circ$ ;  $L = 33^\circ\text{--}47^\circ$ ),
  - pomniejszona kifoza, powiększona lordoza ( $K < 42^\circ$ ;  $L > 47^\circ$ ),
  - prawidłowa kifoza, pomniejszona lordoza ( $K = 42^\circ\text{--}55^\circ$ ;  $L < 33^\circ$ ),
  - prawidłowa kifoza, prawidłowa lordoza ( $K = 42^\circ\text{--}55^\circ$ ;  $L = 33^\circ\text{--}47^\circ$ ) (to jedyny przypadek postawy prawidłowej),
  - prawidłowa kifoza, powiększona lordoza ( $K = 42^\circ\text{--}55^\circ$ ;  $L > 47^\circ$ ),
  - powiększona kifoza, pomniejszona lordoza ( $K > 55^\circ$ ;  $L < 33^\circ$ ),
  - powiększona kifoza, prawidłowa lordoza ( $K > 55^\circ$ ;  $L = 33^\circ\text{--}47^\circ$ ),
  - powiększona kifoza, powiększona lordoza ( $K > 55^\circ$ ;  $L > 47^\circ$ ).

Kryteria podziału krzywizn kręgosłupa wykorzystano za zgodą twórców pomiaru metodą Diers Formetric III 4D.

## 4.5. Zastosowane metody statystyczne

W celu optymalizacji wniosków analizy zastosowano i sprawdzono najbardziej użyteczne metody i narzędzia analizy statystycznej.

Wykorzystano modele regresji wielu zmiennych oraz analizy wariancji ANOVA. Jednorodność wariancji zmiennych zbadano z wykorzystaniem testu Levene'a. Rozkłady normalności sprawdzono testem Shapiro-Wilka.

Zastosowano metody statystyki opisowej w celu scharakteryzowania materiału badawczego.

Aby uzyskać odpowiedzi dotyczące testowania hipotez o braku różnic pomiędzy wartościami poszczególnych badanych zmiennych wewnątrzgrupowych oraz opisujących zależności międzygrupowe, zastosowano analizę wariancji ANOVA.

Budowę modeli regresyjnych w celu ustalenia predyktorów dla wybranych zmiennych zależnych (wektor R1) rozpoczęto od wyznaczenia macierzy korelacji współzależności między rozpatrywanymi zmiennymi według następującego wzoru:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_{ii} - \bar{x}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^n (x_{ii} - \bar{x}_i)^2}}$$

(i, j = 1,2,...,m)

Metoda ta jest potrzebna, ponieważ zjawisko korzystne dla modelu następuje wówczas, gdy zmienne objaśniające X są ze sobą słabo skorelowane, natomiast korelacja pomiędzy X a Y jest silna. Otrzymano macierz współczynników korelacji pomiędzy analizowanymi zmiennymi niezależnymi. Otrzymano wektor R0. W dalszej kolejności, według pięcioetapowej wstępnej weryfikacji zmiennych modelowych, rozpoczęto budowę następujących modeli regresyjnych:

1. Ujęcie wszystkich zmiennych wchodzących do modelu.
2. Wsteczna eliminacja zmiennych.
3. Selekcja postępująca.
4. Dwukierunkowa eliminacja zmiennych.
5. Porównanie wyników modeli – kryterium dobroci dopasowania (kryterium Akaike).

Modele regresji budowano zgodnie z definicją ogólnej postaci opisowego (parametrycznego) modelu regresji, dla  $k$  wielkości wejściowych oraz  $p$  parametrów, który określany jest wzorem:

$$y = f(x_1, \dots, x_k; a_1, \dots, a_p) + \varepsilon = f(x, a) + \varepsilon$$

gdzie:

$x_j$  – zmienne deterministyczne ( $x = |x_1, \dots, x_k|^T$ )

$a_j$  – parametr ( $a = |a_1, \dots, a_p|^T$ )

$\varepsilon$  – składowa losowa (inaczej zwany czynnik losowy lub błąd pomiaru).

Dopasowanie modelu do danych empirycznych sprawdzono współczynnikiem determinacji  $R^2$ . Współczynnik ten przyjmuje zawsze wartości w przedziale  $[0;1]$ , który informuje o tym, jaka część zmienności zmiennej (zależnej) została wyjaśniona przez model. Zbliżona do jedności wartość współczynnika determinacji oznacza dobre dopasowanie modelu do danych empirycznych.

Zależności pomiędzy poszczególnymi zmiennymi analizowano z wykorzystaniem korelacji Pearsona. Statystycznie przyjęto za istotne  $p < 0,05$ .

## 5. WYNIKI BADAŃ

### 5.1. Charakterystyka cech somatycznych i składu ciała oraz charakterystyka zmiennych postaw ciała badanych

Obliczenia oraz analizy zostały przeprowadzone z wykorzystaniem wartości bezwzględnych. Sprawdzone rozkłady wszystkich analizowanych zmiennych, uzyskanych podczas kolejnych pomiarów. Zmienne w poszczególnych grupach badawczych miały rozkład normalny lub zbliżony do normalnego, jak wykazały wyniki testu Shapiro-Wilka. Zmienne oraz statystyki opisowe zmiennych pomiarowych dla badanych grup przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Zmienne cech somatycznych w zależności od płci u dzieci z postawą prawidłową oraz postawą skoliozytyczną

| Zmienne cech somatycznych | Płeć       | Postawa prawidłowa<br>N = 22 | Postawa skoliozytyczna<br>N = 133 |
|---------------------------|------------|------------------------------|-----------------------------------|
|                           |            | $X \pm S$                    | $X \pm S$                         |
| Wysokość ciała (cm)       | Dziewczęta | 136,98 ± 8,15                | 135,08 ± 6,93                     |
|                           | Chłopcy    | 137,59 ± 7,19                | 139,00 ± 5,24                     |
| Masa ciała (kg)           | Dziewczęta | 33,52 ± 9,52                 | 34,78 ± 10,43                     |
|                           | Chłopcy    | 34,40 ± 9,55                 | 37,49 ± 9,35                      |

Analiza zmiennych cech somatycznych wykazała, że w badanych grupach dziewcząt i chłopców z prawidłową postawą ciała oraz postawą skoliotyczną większe zróżnicowanie wykazała zmienna masa ciała (kg).

Dziewczęta i chłopcy z postawą skoliotyczną w porównaniu z dziećmi z prawidłową postawą ciała mają wyższą masę ciała. Chłopcy z postawą prawidłową i postawą skoliotyczną mają średnio większą wysokość ciała oraz wyższą masę ciała niż dziewczęta.

**Tabela 2.** Zmienne składu ciała w zależności od płci u dzieci z postawą prawidłową oraz postawą skoliotyczną

| Zmienne składu ciała                                | Płeć       | Postawa prawidłowa | Postawa skoliotyczna |
|---|------------|--------------------|----------------------|
|   |            | N = 22             | N = 133              |
|   |            | $X \pm S$          | $X \pm S$            |
| Wskaźnik masy ciała (BMI)                           | Dziewczęta | 17,84 ± 3,88       | 18,91 ± 5,01         |
|   | Chłopcy    | 18,08 ± 3,66       | 19,21 ± 3,80         |
| Wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) | Dziewczęta | 1 120,31 ± 139,65  | 1 147,33 ± 149,12    |
|   | Chłopcy    | 1 277,48 ± 138,55  | 1 309,25 ± 150,26    |
| Zawartość tkanki tłuszczowej (%)                    | Dziewczęta | 24,02 ± 5,86       | 25,43 ± 6,51         |
|   | Chłopcy    | 21,73 ± 6,43       | 23,90 ± 6,72         |
| Zawartość tkanki beztłuszczowej (kg)                | Dziewczęta | 24,89 ± 5,28       | 25,38 ± 5,48         |
|   | Chłopcy    | 26,39 ± 5,28       | 28,82 ± 5,76         |
| Zawartość tkanki mięśniowej (kg)                    | Dziewczęta | 23,59 ± 5,01       | 24,04 ± 5,21         |
|   | Chłopcy    | 24,93 ± 5,05       | 26,47 ± 4,61         |
| Zawartość tkanki kostnej (kg)                       | Dziewczęta | 1,30 ± 0,27        | 1,33 ± 0,28          |
|   | Chłopcy    | 1,46 ± 0,25        | 1,52 ± 0,23          |
| Zawartość wody (%)                                  | Dziewczęta | 55,17 ± 4,84       | 54,43 ± 4,69         |
|   | Chłopcy    | 57,30 ± 4,66       | 55,68 ± 4,89         |
| Impedancja (Ohm)                                    | Dziewczęta | 776,11 ± 89,16     | 769,67 ± 124,95      |
|   | Chłopcy    | 741,04 ± 86,18     | 713,67 ± 64,92       |
| Kąt fazowy (°)                                      | Dziewczęta | 5,05 ± 0,53        | 5,05 ± 0,36          |
|   | Chłopcy    | 5,12 ± 0,51        | 5,29 ± 0,36          |

Analiza zmiennych składu ciała wykazała, że największe zróżnicowanie wartości w badanych grupach wykazały zmienne wskaźnika zawartości tkanki tłuszczowej (%), wskaźnika zawartości tkanki beztłuszczowej (kg) oraz wskaźnika zawartości tkanki mięśniowej (kg).

Dziewczęta i chłopcy z postawą skoliotyczną w porównaniu z dziećmi z prawidłową postawą ciała mają wyższą zawartość tkanki tłuszczowej, wyższy wskaźnik masy ciała BMI oraz wyższy wskaźnik przemiany materii BMR. Dziewczęta i chłopcy z postawą skoliotyczną mają niższą zawartość wody oraz niższą impedancję.

Chłopcy charakteryzują się wyższą zawartością tkanki mięśniowej, wyższą zawartością tkanki kostnej, wyższą zawartością tkanki beztłuszczowej oraz wyższą zawartością wody. Mają wyższy wskaźnik masy ciała BMI oraz wyższy wskaźnik podstawowej przemiany mate-

rii BMR, charakteryzują się natomiast niższym poziomem tkanki tłuszczowej oraz niższą impedancją.

**Tabela 3.** Zmienne składu ciała w zależności od płci u dzieci z postawą prawidłową oraz postawą skoliozytyczną

| Zmienne postawy ciała               | Płeć       | Postawa prawidłowa<br>N = 22 | Postawa skoliozytyczna<br>N = 133 |
|-------------------------------------|------------|------------------------------|-----------------------------------|
|                                     |            | $X \pm S$                    | $X \pm S$                         |
| Rotacja powierzchni (rms) (°)       | Dziewczęta | 4,58 ± 2,26                  | 3,42 ± 0,67                       |
|                                     | Chłopcy    | 4,62 ± 2,04                  | 2,83 ± 1,12                       |
| Skośność miednicy DL-DR (mm)        | Dziewczęta | 2,21 ± 2,28                  | 2,92 ± 0,52                       |
|                                     | Chłopcy    | 3,39 ± 3,56                  | 3,00 ± 0,00                       |
| Odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) | Dziewczęta | 3,24 ± 3,77                  | 2,25 ± 1,22                       |
|                                     | Chłopcy    | 3,92 ± 3,78                  | 2,33 ± 1,16                       |
| Kąt kifozy ICT-ITL (maks.) (°)      | Dziewczęta | 41,65 ± 9,01                 | 45,08 ± 8,37                      |
|                                     | Chłopcy    | 42,45 ± 6,54                 | 45,83 ± 7,99                      |
| Kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°)     | Dziewczęta | 39,92 ± 9,03                 | 40,83 ± 9,48                      |
|                                     | Chłopcy    | 36,56 ± 9,14                 | 37,67 ± 7,43                      |

Analiza zmiennych postawy ciała dowiodła, że w badanej grupie największe zróżnicowanie wartości wykazały zmienne kąt kifozy ICT-ITL (maks.) (°) oraz kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°).

Dziewczęta i chłopcy z postawą skoliozytyczną mają średnio niższą rotację powierzchni (rms) (°) od dzieci z prawidłową postawą ciała (dziewczęta o 1,16°, a chłopcy o 1,79°).

Skośność miednicy DL-DR (mm) u dziewcząt z postawą skoliozytyczną jest wyższa niż u dziewcząt z prawidłową postawą ciała o 0,77 mm, natomiast skośność miednicy DL-DR (mm) u chłopców z prawidłową postawą ciała jest wyższa niż u chłopców z postawą skoliozytyczną o 0,39 mm.

Odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) u dziewcząt i chłopców z postawą skoliozytyczną jest niższe niż u dziewcząt i chłopców z prawidłową postawą ciała (u dziewcząt o 0,99 mm, u chłopców o 1,59 mm).

Dziewczęta i chłopcy z postawą skoliozytyczną mają średnio wyższy kąt kifozy ICT-ITL (maks.) (°) niż dzieci z prawidłową postawą ciała (dziewczęta o 3,43°, a chłopcy o 3,38°).

Dziewczęta i chłopcy z postawą skoliozytyczną mają średnio wyższy kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) niż dzieci z prawidłową postawą ciała (dziewczęta o 0,91°, a chłopcy o 1,11°).

## 5.2. Charakterystyka antropometryczna badanych dzieci

Obliczenia oraz analizy przeprowadzono z wykorzystaniem wartości bezwzględnych. Przeanalizowano grupę badanych dzieci pod kątem norm wysokości ciała, masy ciała, wskaźnika BMI przy użyciu siatek centylowych oraz zawartości tkanki tłuszczowej według norm anali-

zatora składu ciała wykorzystanego w badaniach. Parametry zmiennych wskaźników dla badanych grup przedstawiono w tabeli 4.

**Tabela 4.** Charakterystyka cech antropometrycznych i zawartość tkanki tłuszczowej według płci

| Płeć   | Dziewczęta<br>N = 73   | Chłopcy<br>N = 82      |
|--|------------------------|------------------------|
| Zmienne  | $X \pm S$              | $X \pm S$              |
| <b>Wysokość ciała (cm)</b>                                     | <b>135,75 ± 6,63</b>   | <b>137,54 ± 5,75</b>   |
| (↓ 3 centyla)  | 6,8%<br>121,60 ± 0,88  | 1,2%<br>123,00 ± 0,0   |
| Norma (3–97 centyla)   | 87,7%<br>135,97 ± 5,54 | 92,7%<br>136,84 ± 5,14 |
| (↑ 97 centyla)   | 5,5%<br>150,00 ± 0,50  | 6,1%<br>151,00 ± 1,60  |
| <b>Masa ciała (kg)</b>   | <b>33,88 ± 7,98</b>    | <b>34,68 ± 7,94</b>    |
| (↓ 3 centyla)  | 5,5%<br>21,43 ± 0,28   | 2,2%<br>19,10 ± 0,0    |
| Norma (3–97 centyla)   | 80,8%<br>31,40 ± 5,12  | 82,9%<br>32,07 ± 5,47  |
| (↑ 97 centyla)   | 13,7%<br>53,51 ± 3,52  | 14,9%<br>52,69 ± 3,73  |
| <b>Wskaźnik BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>                         | <b>18,10 ± 3,50</b>    | <b>18,19 ± 3,16</b>    |
| niedowaga (↓5 centyla)   | 17,8%<br>13,73 ± 0,36  | 8,5%<br>12,93 ± 0,96   |
| norma (5–85 centyla)   | 53,4%<br>16,45 ± 1,24  | 53,7%<br>16,23 ± 1,25  |
| nadwaga (86–95 centyla)  | 23,3%<br>23,07 ± 0,79  | 32,9%<br>22,09 ± 1,29  |
| otyłość (↑ 95 centyla)   | 5,5%<br>28,88 ± 0,24   | 4,9%<br>25,65 ± 0,20   |
| <b>Zawartość tkanki tłuszczowej (%)</b>                        | <b>24,20 ± 5,27</b>    | <b>21,94 ± 5,48</b>    |
| niedowaga (dziewczęta < 15,2%,<br>chłopcy < 12,8%)             | 0,0%<br>0,00 ± 0,00    | 2,4%<br>9,26 ± 1,41    |
| norma (dziewczęta 15,2-26,2%,<br>chłopcy 12,8-22,2%)           | 60,3%<br>20,14 ± 2,36  | 52,4%<br>17,61 ± 1,29  |
| nadwaga (dziewczęta 26,2 < - 31,2%,<br>chłopcy 22,2 < - 25,8%) | 24,7%<br>28,92±1,45    | 17,1%<br>23,77 ± 1,29  |
| otyłość (dziewczęta 31,2% <,<br>chłopcy 25,8% <)               | 15,1%<br>34,31±1,74    | 28,0%<br>31,17 ± 2,31  |

Wysokość ciała (cm): norma dla dziewcząt 124–147 cm, norma dla chłopców 124–147 cm. Masa ciała (kg): norma dla dziewcząt 22–45 kg, norma dla chłopców 22–48 kg. Wskaźnik BMI (kg/m<sup>2</sup>): norma dla dziewcząt 14,4–20,3, norma dla chłopców 14,2–19,3. Wskaźnik BMI (kg/m<sup>2</sup>): nadwaga dla dziewcząt 20,3 < - 25,0, nadwaga dla chłopców 19,3 < - 25,1. Zawartość tkanki tłuszczowej (%): norma dla dziewcząt 15,2–26,2%, norma dla chłopców 12,8–22,2%. Zawartość tkanki tłuszczowej (%): nadwaga dla dziewcząt 26,2 < -31,2%, norma dla chłopców 22,2 < -25,8%.

Porównując parametry cech somatycznych badanych dziewcząt i chłopców nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w wysokości ciała, masie ciała, wartościach wskaźnika BMI oraz zawartości tkanki tłuszczowej między poszczególnymi grupami. Nie wykazano istotnych różnic w częstości występowania nieprawidłowych wartości analizowanych zmiennych. Wśród badanych dziewcząt i chłopców przeważały osoby o prawidłowych proporcjach wagowo-wzrostowych. Porównując zawartość tkanki tłuszczowej wśród badanych dzieci można zauważyć, że u dziewcząt udział tkanki tłuszczowej w składzie ciała był średnio o około 10,3% wyższy niż u chłopców (średnia zawartość tkanki tłuszczowej (%) wyniosła u dziewcząt  $24,20 \pm 5,27$ , natomiast u chłopców  $21,94 \pm 5,48$ ).

Charakterystyka cech somatycznych i składu ciała w podziale ze względu na płeć potwierdza wyniki zaobserwowane w grupach dziewcząt i chłopców z podziałem na prawidłową postawę ciała i postawę skoliozy, gdzie zaobserwowano te same tendencje, a mianowicie, że chłopcy mają wyższą wysokość ciała, wyższą masę ciała, niższą zawartość tkanki tłuszczowej oraz wyższy wskaźnik masy ciała BMI.

### 5.3. Charakterystyka typów postawy

Przeanalizowano grupę badanych dzieci pod kątem typu postawy. Parametry zmiennych wskaźników dla badanych grup przedstawiono w tabeli 5.

**Tabela 5.** Charakterystyka typów postawy w zależności od płci

| Typ postawy              | Dziewczęta |                     |                      | Chłopcy |                     |                      |
|--------------------------|------------|---------------------|----------------------|---------|---------------------|----------------------|
|                          | Liczba     | Udział w grupie (%) | Udział w całości (%) | Liczba  | Udział w grupie (%) | Udział w całości (%) |
| K < 42°; L < 33°         | 9          | 12,33               | 5,81                 | 19      | 23,17               | 12,26                |
| K < 42°; L = 33°-47°     | 18         | 24,66               | 11,61                | 11      | 13,41               | 7,10                 |
| K < 42°; L > 47°         | 7          | 9,59                | 4,52                 | 5       | 6,10                | 3,23                 |
| K = 42°-55°; L < 33°     | 5          | 6,85                | 3,23                 | 7       | 8,54                | 4,52                 |
| K = 42°-55°; L = 33°-47° | 22         | 30,14               | 14,19                | 29      | 35,37               | 18,71                |
| K = 42°-55°; L > 47°     | 9          | 12,33               | 5,81                 | 5       | 6,10                | 3,23                 |
| K > 55°; L < 33°         | 0          | 0,00                | 0,00                 | 2       | 2,44                | 1,29                 |
| K > 55°; L = 33°-47°     | 1          | 1,37                | 0,65                 | 1       | 1,22                | 0,65                 |
| K > 55°; L > 47°         | 2          | 2,74                | 1,29                 | 3       | 3,66                | 1,94                 |

Wśród badanych typów skrzywień kręgosłupa największą grupę stanowił prawidłowy typ postawy, czyli prawidłowa kifoza piersiowa i prawidłowa lordoza lędźwiowa.

Dominującymi postawami nieprawidłowymi wśród dziewcząt okazały się postawy typu: pomniejszona kifoza piersiowa i prawidłowa lordoza lędźwiowa, prawidłowa kifoza piersiowa i powiększona lordoza lędźwiowa (plecy wklęsłe) oraz pomniejszona kifoza piersiowa

i pomniejszona lordoza lędźwiowa. Wśród chłopców dominującymi postawami nieprawidłowymi były postawy typu: pomniejszona kifoza piersiowa i prawidłowa lordoza lędźwiowa, oraz pomniejszona kifoza piersiowa i pomniejszona lordoza lędźwiowa.

## 5.4. Analiza związku między cechami somatycznymi i składem ciała a postawami

### Zależności korelacyjne oraz analiza regresji pomiędzy zmiennymi cech somatycznych i składem ciała a zmiennymi postawy ciała w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej

Tabele zamieszczone poniżej zawierają wyniki przeprowadzonej analizy korelacji w poszczególnych badanych grupach pomiędzy zmiennymi cech somatycznych i składu ciała a zmiennymi postawy ciała w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej.

**Tabela 6.** Wyniki analizy korelacji cech somatycznych w zależności od płci u dzieci z postawą prawidłową i postawą skoliozytyczną

| Dziewczęta z postawą prawidłową     |                               |                              |                                     |                                |                                 |
|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Zmienne                             | Rotacja powierzchni (rms) (°) | Skośność miednicy DL-DR (mm) | Odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) | Kąt kifozy ICT-ITL (maks.) (°) | Kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) |
| Wysokość ciała (cm)                 | 0,05                          | 0,20                         | <b>0,25</b>                         | <b>0,29</b>                    | 0,03                            |
| Masa ciała (kg)                     | 0,07                          | 0,19                         | <b>0,51</b>                         | <b>0,50</b>                    | <b>0,25</b>                     |
| Chłopcy z postawą prawidłową        |                               |                              |                                     |                                |                                 |
| Zmienne                             | Rotacja powierzchni (rms) (°) | Skośność miednicy DL-DR (mm) | Odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) | Kąt kifozy ICT-ITL (maks.) (°) | Kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) |
| Wysokość ciała (cm)                 | 0,01                          | -0,04                        | -0,08                               | <b>0,42</b>                    | <b>0,43</b>                     |
| Masa ciała (kg)                     | 0,05                          | -0,02                        | -0,12                               | <b>0,58</b>                    | <b>0,53</b>                     |
| Dziewczęta z postawą skoliozytyczną |                               |                              |                                     |                                |                                 |
| Zmienne                             | Rotacja powierzchni (rms) (°) | Skośność miednicy DL-DR (mm) | Odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) | Kąt kifozy ICT-ITL (maks.) (°) | Kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) |
| Wysokość ciała (cm)                 | 0,32                          | 0,19                         | -0,17                               | 0,06                           | -0,21                           |
| Masa ciała (kg)                     | 0,46                          | 0,24                         | 0,51                                | <b>0,80</b>                    | 0,07                            |
| Chłopcy z postawą skoliozytyczną    |                               |                              |                                     |                                |                                 |
| Zmienne                             | Rotacja powierzchni (rms) (°) | Skośność miednicy DL-DR (mm) | Odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) | Kąt kifozy ICT-ITL (maks.) (°) | Kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) |
| Wysokość ciała (cm)                 | 0,01                          | -0,04                        | 0,14                                | -0,03                          | 0,56                            |
| Masa ciała (kg)                     | 0,05                          | -0,20                        | 0,52                                | 0,13                           | <b>0,79</b>                     |

Wyniki przeprowadzonej analizy korelacji w grupie dziewcząt z prawidłową postawą ciała wykazały istotne zależności pomiędzy zmiennymi odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) i kątem kifozy ICT-ITL (maks.) (°) a zmiennymi wysokość ciała (cm) i masą ciała (kg). Odnosząc

towano również istotną zależność pomiędzy kątem lordozy ITL-ILS (maks.) (°) a zmienną masą ciała (kg).

Wyniki przeprowadzonej analizy korelacji w grupie chłopców z prawidłową postawą ciała wykazały istotne zależności pomiędzy zmiennymi kątem kifozy ICT-ITL (maks.) (°) i kątem lordozy ITL-ILS (maks.) (°) a zmiennymi cech somatycznych (wysokość ciała (cm), masa ciała (kg)).

W grupie dziewcząt z postawą skoliozyczną analiza korelacji wykazała istotną zależność pomiędzy zmienną kątem kifozy ICT-ITL (maks.) (°) a zmienną masą ciała (kg).

W grupie chłopców z postawą skoliozyczną analiza korelacji wykazała istotną zależność pomiędzy zmienną kątem lordozy ITL-ILS (maks.) (°) a zmienną masą ciała (kg).

Analiza korelacji pomiędzy zmiennymi cech somatycznych a zmiennymi postawy ciała wskazuje, że wysokość ciała (cm) i masa ciała (kg) są silnie skorelowane z kątem kifozy ICT-ITL (maks.) (°) i kątem lordozy ITL-ILS (maks.) (°).

**Tabela 7.** Wyniki analizy korelacji składu ciała w zależności od płci u dzieci z postawą prawidłową i postawą skoliozyczną

| Dziewczeta z postawą prawidłową                     |                               |                              |                                     |                                |                                 |
|---|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Zmienne   | Rotacja powierzchni (rms) (°) | Skośność miednicy DL-DR (mm) | Odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) | Kąt kifozy ICT-ITL (maks.) (°) | Kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) |
| Wskaźnik masy ciała (BMI)                           | 0,11                          | 0,13                         | <b>0,49</b>                         | <b>0,47</b>                    | <b>0,33</b>                     |
| Wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) | 0,10                          | 0,18                         | <b>0,44</b>                         | <b>0,49</b>                    | 0,20                            |
| Zawartość tkanki tłuszczowej (%)                    | 0,01                          | 0,23                         | <b>0,36</b>                         | <b>0,46</b>                    | <b>0,40</b>                     |
| Zawartość tkanki beztłuszczowej (kg)                | 0,14                          | 0,16                         | <b>0,49</b>                         | <b>0,46</b>                    | 0,19                            |
| Zawartość tkanki mięśniowej (kg)                    | 0,14                          | 0,16                         | <b>0,49</b>                         | <b>0,46</b>                    | 0,19                            |
| Zawartość tkanki kostnej (kg)                       | 0,13                          | 0,16                         | <b>0,47</b>                         | <b>0,46</b>                    | 0,18                            |
| Zawartość wody (%)                                  | 0,04                          | -0,17                        | <b>-0,34</b>                        | <b>-0,36</b>                   | -0,23                           |
| Impedancja (Ohm)                                    | -0,20                         | 0,05                         | <b>-0,35</b>                        | -0,24                          | -0,05                           |
| Kąt fazowy (°)                                      | 0,30                          | -0,01                        | 0,20                                | 0,15                           | <b>0,31</b>                     |
| Chłopcy z postawą prawidłową                        |                               |                              |                                     |                                |                                 |
| Zmienne   | Rotacja powierzchni (rms) (°) | Skośność miednicy DL-DR (mm) | Odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) | Kąt kifozy ICT-ITL (maks.) (°) | Kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) |
| Wskaźnik masy ciała (BMI)                           | 0,08                          | <b>-0,24</b>                 | -0,09                               | <b>0,53</b>                    | <b>0,41</b>                     |
| Wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) | 0,00                          | -0,18                        | -0,12                               | <b>0,56</b>                    | <b>0,53</b>                     |
| Zawartość tkanki tłuszczowej (%)                    | 0,15                          | <b>-0,24</b>                 | -0,12                               | <b>0,56</b>                    | <b>0,44</b>                     |
| Zawartość tkanki beztłuszczowej (kg)                | 0,00                          | -0,17                        | -0,13                               | <b>0,56</b>                    | <b>0,53</b>                     |
| Zawartość tkanki mięśniowej (kg)                    | 0,00                          | -0,17                        | -0,13                               | <b>0,56</b>                    | <b>0,53</b>                     |
| Zawartość tkanki kostnej (kg)                       | 0,01                          | -0,16                        | -0,14                               | <b>0,56</b>                    | <b>0,53</b>                     |
| Zawartość wody (%)                                  | -0,15                         | <b>0,25</b>                  | 0,12                                | <b>-0,56</b>                   | <b>-0,44</b>                    |
| Impedancja (Ohm)                                    | 0,13                          | 0,13                         | 0,12                                | <b>-0,32</b>                   | <b>-0,33</b>                    |
| Kąt fazowy (°)                                      | -0,12                         | -0,03                        | -0,05                               | 0,16                           | 0,16                            |

| Dziewczęta z postawą skoliozy                       |                               |                              |                                     |                                |                                 |
|---|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Zmienne   | Rotacja powierzchni (rms) (°) | Skośność miednicy DL-DR (mm) | Odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) | Kąt kifozy ICT-ITL (maks.) (°) | Kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) |
| Wskaźnik masy ciała (BMI)                           | 0,42                          | 0,20                         | 0,58                                | <b>0,85</b>                    | 0,13                            |
| Wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) | 0,23                          | -0,12                        | 0,29                                | <b>0,64</b>                    | -0,05                           |
| Zawartość tkanki tłuszczowej (%)                    | 0,48                          | 0,39                         | <b>0,73</b>                         | <b>0,93</b>                    | 0,25                            |
| Zawartość tkanki beztłuszczowej (kg)                | 0,43                          | 0,19                         | 0,38                                | <b>0,70</b>                    | 0,01                            |
| Zawartość tkanki mięśniowej (kg)                    | 0,44                          | 0,19                         | 0,38                                | <b>0,70</b>                    | 0,01                            |
| Zawartość tkanki kostnej (kg)                       | 0,32                          | 0,10                         | 0,38                                | <b>0,69</b>                    | -0,02                           |
| Zawartość wody (%)                                  | -0,53                         | -0,40                        | <b>-0,68</b>                        | <b>-0,90</b>                   | -0,20                           |
| Impedancja (Ohm)                                    | -0,23                         | 0,14                         | -0,09                               | -0,55                          | -0,03                           |
| Kąt fazowy (°)                                      | -0,27                         | -0,37                        | 0,37                                | 0,24                           | 0,16                            |
| Chłopcy z postawą skoliozy                          |                               |                              |                                     |                                |                                 |
| Zmienne   | Rotacja powierzchni (rms) (°) | Skośność miednicy DL-DR (mm) | Odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) | Kąt kifozy ICT-ITL (maks.) (°) | Kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) |
| Wskaźnik masy ciała (BMI)                           | 0,08                          | -0,24                        | <b>0,61</b>                         | 0,17                           | <b>0,79</b>                     |
| Wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) | 0,00                          | -0,18                        | 0,50                                | -0,15                          | <b>0,71</b>                     |
| Zawartość tkanki tłuszczowej (%)                    | 0,15                          | -0,24                        | 0,53                                | 0,37                           | <b>0,81</b>                     |
| Zawartość tkanki beztłuszczowej (kg)                | 0,00                          | -0,17                        | 0,51                                | 0,09                           | <b>0,74</b>                     |
| Zawartość tkanki mięśniowej (kg)                    | 0,00                          | -0,17                        | 0,48                                | -0,04                          | <b>0,73</b>                     |
| Zawartość tkanki kostnej (kg)                       | 0,01                          | -0,16                        | 0,52                                | -0,09                          | <b>0,73</b>                     |
| Zawartość wody (%)                                  | -0,15                         | 0,25                         | -0,54                               | -0,36                          | <b>-0,81</b>                    |
| Impedancja (Ohm)                                    | 0,13                          | 0,13                         | -0,59                               | 0,31                           | -0,54                           |
| Kąt fazowy (°)                                      | -0,12                         | -0,03                        | 0,12                                | -0,57                          | -0,07                           |

Przeprowadzona analiza korelacji w grupie dziewcząt z prawidłową postawą ciała wykazała istotne zależności pomiędzy zmiennymi odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) i kątem kifozy ICT-ITL (maks.) (°) a większością zmiennych składu ciała. Analiza korelacji wykazała również istotne zależności pomiędzy kątem lordozy ITL-ILS (maks.) (°) a zmiennymi wskaźnikami masy ciała (BMI), zawartością tkanki tłuszczowej (%) oraz kątem fazowym (°).

Przeprowadzona analiza korelacji w grupie chłopców z prawidłową postawą ciała wykazała istotne zależności pomiędzy zmiennymi kątem kifozy ICT-ITL (maks.) (°) i kątem lordozy ITL-ILS (maks.) (°) a większością wskaźników składu ciała. Analiza korelacji wykazała również istotne zależności pomiędzy zmienną skośnością miednicy DL-DR (mm) a zmiennymi wskaźnikami masy ciała (BMI), zawartością tkanki tłuszczowej (%) oraz zawartością wody (%).

W grupie dziewcząt z postawą skoliozy przeprowadzona analiza korelacji wykazała istotne zależności pomiędzy zmienną kątem kifozy ICT-ITL (maks.) (°) a większością zmiennych składu ciała. Analiza korelacji wykazała również istotne zależności pomiędzy odchyleniem

niem bocznym (VPDM) (rms) (mm) a zmiennymi zawartość tkanki tłuszczowej (%) oraz zawartość wody (%).

W grupie chłopców z postawą skoliozytyczną przeprowadzona analiza korelacji wykazała istotne zależności pomiędzy zmienną kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) a większością zmiennych składu ciała. Analiza korelacji wykazała również istotne zależności pomiędzy odchyleniem bocznym (VPDM) (rms) (mm) a zmienną wskaźnik masy ciała BMI.

Analiza korelacji pomiędzy zmiennymi składu ciała a zmiennymi postawy ciała wskazuje, że zmienne składu ciała są silnie skorelowane z kątem kifozy ICT-ITL (maks.) (°) i kątem lordozy ITL-ILS (maks.) (°).

Przeprowadzona analiza regresji pozwoliła wyznaczyć prognozy zmian zmiennych postawy ciała spośród zmiennych cech somatycznych i składu ciała w grupie dziewcząt i chłopców z postawą prawidłową oraz postawą skoliozytyczną.

**Tabela 8.** Wyniki analizy regresji dla zmiennych postawy ciała u dziewcząt z postawą prawidłową  
Kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) u dziewcząt w wieku 9 lat z postawą prawidłową

| Zmienne                          | Beta        | B           | p           |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Wyraz wolny                      | -           | -12,05      | 0,50        |
| Zawartość tkanki tłuszczowej (%) | <b>0,37</b> | <b>0,57</b> | <b>0,00</b> |
| Kąt fazowy (°)                   | <b>0,28</b> | <b>4,71</b> | <b>0,03</b> |
| $R_2 = 0,93$                     |             |             |             |

Analiza regresji wielorakiej dla grupy dziewcząt z prawidłową postawą ciała wyznaczyła następujące postacie funkcji regresji:

- $Y$  – kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) = -12,053 + 0,57 \* zawartość tkanki tłuszczowej (%) + 4,71 \* kąt fazowy (°), co oznacza, że jeżeli wartość zmiennej masy tkanki tłuszczowej (%) wzrośnie o jednostkę, to średnia wartość kąta lordozy ITL-ILS (maks.) (°) zwiększy się o 0,57° i jednocześnie, jeżeli kąt fazowy wzrośnie o jednostkę, to średnia wartość kąta lordozy ITL-ILS (maks.) (°) zwiększy się o 4,71 (°) (tabela 8).

**Tabela 9.** Wyniki analizy regresji dla zmiennych postawy ciała u dziewcząt z postawą skoliozytyczną  
Odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) u dziewcząt w wieku 9 lat z postawą skoliozytyczną

| Zmienne         | Beta | B     | p    |
|-----------------|------|-------|------|
| Wyraz wolny     | -    | -6,83 | 0,09 |
| Masa ciała (kg) | 0,44 | 0,18  | 0,00 |
| $R_2 = 0,92$    |      |       |      |

Analiza regresji wielorakiej dla grupy dziewcząt z postawą skoliozytyczną wyznaczyła następujące postacie funkcji regresji:

- $Y$  – odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) =  $6,83 + 0,18 * \text{masa ciała (kg)}$ , co oznacza, że jeżeli wartość zmiennej masa ciała (kg) wzrośnie o jednostkę, to odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) zwiększy się o 0,18 (mm) (tabela 9).

**Tabela 10.** Wyniki analizy regresji dla zmiennych postawy ciała u chłopców z postawą prawidłową

| Kąt kifozy ICT-ITL (maks.) (°) u chłopców w wieku 9 lat z postawą prawidłową  |             |              |             |
|---|-------------|--------------|-------------|
| Zmienne   | Beta        | B            | p           |
| Wyraz wolny   | -           | <b>26,45</b> | <b>0,00</b> |
| Zawartość tkanki tłuszczowej (%)  | <b>0,26</b> | <b>0,26</b>  | <b>0,04</b> |
| $R_2 = 0,86$  |             |              |             |
| Kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) u chłopców w wieku 9 lat z postawą prawidłową |             |              |             |
| Zmienne   | Beta        | B            | p           |
| Wyraz wolny   | -           | 3,42         | 0,75        |
| Wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal)                           | <b>0,26</b> | <b>0,02</b>  | <b>0,03</b> |
| Zawartość tkanki mięśniowej (kg)  | <b>0,25</b> | <b>0,46</b>  | <b>0,03</b> |
| $R_2 = 0,86$  |             |              |             |
| Skośność miednicy DL-DR (mm) u chłopców w wieku 9 lat z postawą prawidłową    |             |              |             |
| Zmienne   | Beta        | B            | p           |
| Wyraz wolny   | -           | -6,35        | 0,20        |
| Zawartość wody (%)  | 0,22        | 0,17         | 0,05        |
| $R_2 = 0,86$  |             |              |             |

Analiza regresji wielorakiej dla grupy chłopców z prawidłową postawą ciała wyznaczyła następujące postacie funkcji regresji:

- $Y$  – kąt kifozy ICT-ITL (maks.) (°) =  $26,45 + 0,26 * \text{zawartość tkanki tłuszczowej (\%)}$ , co oznacza, że jeżeli wartość zmiennej masa tkanki tłuszczowej wzrośnie o jednostkę, to średni kąt kifozy ICT-ITL (maks.) zwiększy się o 0,26 (°) (tabela 10).
- $Y$  – kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) =  $3,42 + 0,02 * \text{wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal)} + 0,46 * \text{zawartość tkanki mięśniowej (kg)}$ , co oznacza, że jeżeli wartość zmiennej wskaźnika podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) wzrośnie o jednostkę, to średni kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) zwiększy się o 0,02 (°) i jednocześnie, jeżeli wartość zmiennej zawartość tkanki mięśniowej (kg) wzrośnie o jednostkę, to średni kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) zwiększy się o 0,46 (°) (tabela 10).
- $Y$  – skośność miednicy DL-DR (mm) =  $-6,35 + 0,17 * \text{zawartość wody (\%)}$ , co oznacza, że jeżeli wartość zmiennej zawartość wody wzrośnie o jednostkę, to średnia skośność miednicy DL-DR (mm) zwiększy się o 0,17 (mm) (tabela 10).

**Tabela 11.** Wyniki analizy regresji dla zmiennych postawy ciała u chłopców z postawą skoliozytyczną

| Kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) u chłopców w wieku 9 lat z postawą skoliozytyczną     |              |              |             |
|---|--------------|--------------|-------------|
| Zmienne   | Beta         | B            | p           |
| Wyraz wolny   | -            | 17,06        | 0,78        |
| Zawartość wody (%)  | <b>-0,58</b> | <b>-0,94</b> | <b>0,03</b> |
| R <sub>2</sub> = 0,86   |              |              |             |
| Odchylenie boczne (VPDM) (rms) (mm) u chłopców w wieku 9 lat z postawą skoliozytyczną |              |              |             |
| Zmienne   | Beta         | B            | p           |
| Wyraz wolny   | -            | -6,95        | 0,12        |
| Wskaźnik masy ciała (BMI)   | 0,53         | 0,17         | 0,04        |
| R <sub>2</sub> = 0,81   |              |              |             |

Analiza regresji wielorakiej dla grupy chłopców z postawą skoliozytyczną wyznaczyła następujące postacie funkcji regresji:

- $Y$  – kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) = 17,06 – 0,94 \* zawartość wody (%), co oznacza, że jeżeli wartość zmiennej zawartość wody wzrośnie o jednostkę, to średni kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°) zmniejszy się o 0,94 (°) (tabela 11).
- $Y$  – odchylenie boczne VPDM (rms) (mm) = 6,95 + 0,17 \* wskaźnik masy ciała (BMI), co oznacza, że jeżeli wartość zmiennej wskaźnika masy ciała (BMI) wzrośnie o jednostkę, to średnie odchylenie boczne VPDM (rms) (mm) zwiększy się o 0,17 (mm) (tabela 11).

Wyniki analizy związku między cechami somatycznymi i składem ciała a zmiennymi postawy ciała wskazują na wpływ wzrostu zawartości tkanki tłuszczowej (%) i kąta fazowego (°) na wzrost kąta lordozy ITL-ILS (maks.) u dziewcząt z postawą prawidłową. U dziewcząt z postawą skoliozytyczną zwiększenie masy ciała (kg) spowoduje wzrost odchylenia bocznego VPDM (rms) (mm). U chłopców z postawą prawidłową można zauważyć wpływ wzrostu zawartości tkanki tłuszczowej (%) na zwiększenie się kąta kifozy ICT-ITL (maks.) (°), wzrost wskaźnika podstawowej materii (BMR) (kcal). Wzrost zawartości tkanki mięśniowej (kg) wpłynie również na wzrost kąta lordozy, a zwiększenie zawartości wody (%) spowoduje zwiększenie skośności miednicy. U chłopców z postawą skoliozytyczną zwiększenie zawartości wody (%) spowoduje zmniejszenie kąta lordozy ITL-ILS (maks.) (°), natomiast wzrost wskaźnika masy ciała (BMI) spowoduje zwiększenie odchylenia bocznego VPDM (rms) (mm).

Wyniki analizy związku między cechami somatycznymi i składem ciała a zmiennymi postawy ciała pokazują również, że najczęściej zmiany składu ciała wpływają na zmianę kąta lordozy ITL-ILS (maks.) (°).

## **Analiza wariancji międzygrupowa w wartościach analizowanych zmiennych cech somatycznych pomiędzy dziewczętami a chłopcami według różnych typów postaw z uwzględnieniem postawy prawidłowej i postawy skoliozy**

Tabela 12 zawiera wyniki przeprowadzonej analizy Anova, porównującej zmienne cech somatycznych pomiędzy dziewczętami a chłopcami według różnych typów postaw z uwzględnieniem postawy prawidłowej i postawy skoliozy.

**Tabela 12.** Istotne statystycznie różnice badanych cech somatycznych pomiędzy dziewczętami a chłopcami według różnych typów postaw z uwzględnieniem postawy prawidłowej i postawy skoliozy, wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA

| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców, wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA |      |      |
|--|------|------|
| Zmienne  | F    | p    |
| Wysokość ciała (cm)  | 0,73 | 0,60 |
| Masa ciała (kg)  | 1,20 | 0,31 |

Dla zmiennych cech somatycznych w badanej grupie dziewcząt i chłopców analiza wariancji z powtarzanymi pomiarami na poziomie istotności statystycznej  $p < 0,05$  wykazała, że nie można było odrzucić hipotezy o braku różnic.

W przeprowadzonej analizie nie zaobserwowano istotnych różnic zmiennych cech somatycznych między grupą dziewcząt i chłopców według różnych typów postaw z uwzględnieniem postawy prawidłowej i postawy skoliozy.

Tabele 13 i 14 zawierają wyniki przeprowadzonej analizy Anova i testy post-hoc RIR Tukeya, porównujące zmienne składu ciała pomiędzy dziewczętami a chłopcami według różnych typów postaw z uwzględnieniem postawy prawidłowej i postawy skoliozy.

**Tabela 13.** Istotne statystycznie różnice badanych parametrów składu ciała pomiędzy dziewczętami a chłopcami według różnych typów postaw z uwzględnieniem postawy prawidłowej i postawy skoliozy, wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA

| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów składu ciała z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców, wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA |              |             |
|---|--------------|-------------|
| Zmienne   | F            | p           |
| Wskaźnik masy ciała (BMI)   | 1,43         | 0,22        |
| Wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal)   | <b>10,84</b> | <b>0,00</b> |
| Masa tkanki tłuszczowej (%)   | 2,26         | 0,05        |
| Masa tkanki beztłuszczowej (kg)   | 2,04         | 0,08        |
| Masa mięśniowa (kg)   | 1,81         | 0,11        |
| Masa tkanki kostnej (kg)  | <b>3,94</b>  | <b>0,00</b> |
| Zawartość wody (%)  | 2,45         | 0,06        |
| Impedancja (Ohm)  | 2,09         | 0,07        |
| Kąt fazowy (°)  | 0,99         | 0,43        |

Dla zmiennych składu ciała w grupie dziewcząt i chłopców z prawidłową postawą ciała i postawą skoliozy (tabela 13) analiza wariancji z powtarzającymi pomiarami na poziomie istotności statystycznej  $p < 0,05$  wykazała istotne różnice w przypadku dwóch zmiennych: wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) ( $p < 0,000$ ) oraz masa tkanki kostnej (kg) ( $p < 0,002$ ).

**Tabela 14.** Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennych składu ciała w podgrupach dziewcząt i chłopców z uwzględnieniem typów postaw

| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej wskaźnika podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal)<br>w poszczególnych podgrupach dziewcząt i chłopców |                                     |                                   |                                  |                                |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Grupa  | Dziewczęta<br>postawa<br>prawidłowa | Dziewczęta<br>postawa<br>skoliozy | Chłopcy<br>postawa<br>prawidłowa | Chłopcy<br>postawa<br>skoliozy |
| Wartości różnicujące   | M = 1 120,31                        | M = 1 129,55                      | M = 1 277,48                     | M = 1 323,36                   |
| Dziewczęta postawa prawidłowa  | -                                   | 1,00                              | <b>0,00</b>                      | <b>0,00</b>                    |
| Dziewczęta postawa skoliozy  | 1,00                                | -                                 | <b>0,01</b>                      | <b>0,02</b>                    |
| Chłopcy postawa prawidłowa   | <b>0,00</b>                         | <b>0,01</b>                       | -                                | 0,92                           |
| Chłopcy postawa skoliozy   | <b>0,00</b>                         | <b>0,02</b>                       | 0,92                             | -                              |
| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej masa tkanki kostnej (kg)<br>w poszczególnych podgrupach dziewcząt i chłopców                             |                                     |                                   |                                  |                                |
| Grupa  | Dziewczęta<br>postawa<br>prawidłowa | Dziewczęta<br>postawa<br>skoliozy | Chłopcy<br>postawa<br>prawidłowa | Chłopcy<br>postawa<br>skoliozy |
| Wartości różnicujące   | M = 1,31                            | M = 1,31                          | M = 1,46                         | M = 1,55                       |
| Dziewczęta postawa prawidłowa  | -                                   | 1,00                              | <b>0,01</b>                      | <b>0,04</b>                    |
| Dziewczęta postawa skoliozy  | 1,00                                | -                                 | 0,46                             | 0,25                           |
| Chłopcy postawa prawidłowa   | <b>0,01</b>                         | 0,46                              | -                                | 0,90                           |
| Chłopcy postawa skoliozy   | <b>0,04</b>                         | 0,25                              | 0,90                             | -                              |

Test post-hoc RIR Tukeya wykazał jednoznacznie, że wystąpiły różnice pomiędzy podgrupami dziewcząt i chłopców:

- w grupie dziewcząt i chłopców dla zmiennej wskaźnika podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) zaobserwowano istotne różnice grupy chłopców z postawą prawidłową i postawą skoliozy w odniesieniu do dziewcząt z postawą prawidłową i postawą skoliozy (tabela 14),
- w grupie dziewcząt i chłopców dla zmiennej masa tkanki kostnej (kg) zaobserwowano różnice grupy chłopców z postawą prawidłową i postawą skoliozy w odniesieniu do dziewcząt z postawą prawidłową (tabela 14).

Przeprowadzona analiza korelacji dowiodła, że istotne różnice zmiennych składu ciała pomiędzy dziewczętami a chłopcami, według różnych typów postaw i z uwzględnieniem po-

stawy prawidłowej i postawy skoliozy, wykazywały zmienne wskaźnika podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) oraz masa tkanki kostnej (kg).

### **Analiza wariancji międzygrupowa w wartościach analizowanych zmiennych cech somatycznych pomiędzy dziewczętami a chłopcami według różnych typów postaw z uwzględnieniem krzywizn kręgosłupa**

Tabele zamieszczone poniżej zawierają wyniki przeprowadzonej analizy Anova oraz test post-hoc RIR Tukeya, porównujące zmienne cech somatycznych pomiędzy grupami dziewcząt i chłopców według różnych typów postaw z uwzględnieniem krzywizn kręgosłupa.

**Tabela 15.** Istotne statystycznie różnice cech somatycznych z uwzględnieniem różnych typów postaw dziewcząt i chłopców, wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA

| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców z pomniejszoną kifozą i pomniejszoną lordozą ( $K < 42^\circ$ ; $L < 33^\circ$ ), wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA               |              |             |
|---|--------------|-------------|
| Zmienne   | F            | p           |
| Wysokość ciała (cm)   | 0,27         | 0,61        |
| Masa ciała (kg)   | 0,63         | 0,44        |
| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców z pomniejszoną kifożą i prawidłową lordozą ( $K < 42^\circ$ ; $L = 33^\circ-47^\circ$ ), wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA        |              |             |
| Zmienne   | F            | p           |
| Wysokość ciała (cm)   | 0,41         | 0,53        |
| Masa ciała (kg)   | 1,27         | 0,27        |
| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców z pomniejszoną kifożą i powiększoną lordozą ( $K < 42^\circ$ ; $L > 47^\circ$ ), wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA                |              |             |
| Zmienne   | F            | p           |
| Wysokość ciała (cm)   | 0,11         | 0,75        |
| Masa ciała (kg)   | 0,10         | 0,77        |
| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców z prawidłową kifożą i pomniejszoną lordozą ( $K = 42^\circ-55^\circ$ ; $L < 33^\circ$ ), wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA        |              |             |
| Zmienne   | F            | p           |
| Wysokość ciała (cm)   | 0,09         | 0,78        |
| Masa ciała (kg)   | 0,62         | 0,45        |
| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców z prawidłową kifożą i prawidłową lordozą ( $K = 42^\circ-55^\circ$ ; $L = 33^\circ-47^\circ$ ), wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA |              |             |
| Zmienne   | F            | p           |
| Wysokość ciała (cm)   | 2,56         | 0,12        |
| Masa ciała (kg)   | 1,34         | 0,25        |
| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców z prawidłową kifożą i powiększoną lordozą ( $K = 42^\circ-55^\circ$ ; $L > 47^\circ$ ), wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA         |              |             |
| Zmienne   | F            | p           |
| Wysokość ciała (cm)   | <b>10,71</b> | <b>0,01</b> |
| Masa ciała (kg)   | 2,91         | 0,11        |

| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców z powiększoną kifozą i powiększoną lordozą ( $K > 55^\circ$ ; $L > 47^\circ$ ), wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA |      |      |
|---|------|------|
| Zmienne   | F    | p    |
| Wysokość ciała (cm)   | 0,07 | 0,82 |
| Masa ciała (kg)   | 0,00 | 0,83 |

Dla zmiennych cech somatycznych (tabela 15) w badanej grupie dziewcząt i chłopców, analiza wariancji z powtarzanymi pomiarami na poziomie istotności statystycznej  $p < 0,05$  wykazała istotne różnice pomiędzy wartościami jednej zmiennej wysokość ciała (cm) ( $p < 0,01$ ), dotyczącej postawy z prawidłową kifozą i powiększoną lordozą ( $K = 42^\circ-55^\circ$ ;  $L > 47^\circ$ ).

**Tabela 16.** Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennych somatycznych w podgrupach dziewcząt i chłopców z uwzględnieniem typów postaw

| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej wysokość ciała (cm) w poszczególnych podgrupach z uwzględnieniem prawidłowej kifozy i powiększonej lordozy ( $K = 42^\circ-55^\circ$ ; $L > 47^\circ$ ) |  |   |
|---|--|---|
| Grupa   | Dziewczęta 9 lat<br>$K = 42^\circ-55^\circ$ ; $L > 47^\circ$ | Chłopcy 9 lat<br>$K = 42^\circ-55^\circ$ ; $L > 47^\circ$ |
| Wartości różnicujące  | M = 137,33   | M = 148,40  |
| Dziewczęta 9 lat<br>$K = 42^\circ-55^\circ$ ; $L > 47^\circ$  | -  | <b>0,01</b>   |
| Chłopcy 9 lat<br>$K = 42^\circ-55^\circ$ ; $L > 47^\circ$   | <b>0,01</b>  | -   |

Dla zmiennej wysokość ciała (cm) test post-hoc RIR Tukeya wykazał jednoznacznie, że wystąpiły różnice pomiędzy podgrupami dziewcząt i chłopców z prawidłową kifożą i powiększoną lordozą ( $K = 42^\circ-55^\circ$ ;  $L > 47^\circ$ ) (tabela 16).

Zauważono istotne różnice cech somatycznych między grupą dziewcząt i chłopców w jednym nieprawidłowym typie postawy (prawidłowa kifoza i powiększona lordoza). Zaobserwowana istotna różnica dotyczyła wysokości ciała (cm).

### **Analiza wariancji międzygrupowa w wartościach analizowanych zmiennych składu ciała pomiędzy dziewczętami a chłopcami według różnych typów postaw z uwzględnieniem krzywizn kręgosłupa**

Tabele 17 i 18 zawierają wyniki przeprowadzonej analizy wariancji Anova oraz testy post-hoc RIR Tukeya, porównujące zmienne składu ciała pomiędzy grupami dziewcząt i chłopców według różnych typów postaw z uwzględnieniem krzywizn kręgosłupa.

**Tabela 17.** Istotne statystycznie różnice badanych parametrów składu ciała według różnych typów postaw z uwzględnieniem krzywizn kręgosłupa dziewcząt i chłopców, wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA

| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców z pomniejszoną kifozą i pomniejszoną lordozą $K < 42^\circ$ ; $L < 33^\circ$ , wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA           |              |             |
|--|--------------|-------------|
| Zmienne  | F            | p           |
| Wskaźnik masy ciała (BMI)  | 0,02         | 0,89        |
| Wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal)  | <b>14,57</b> | <b>0,00</b> |
| Masa tkanki tłuszczowej (%)  | 2,89         | 0,10        |
| Masa tkanki beztłuszczowej (kg)  | 0,16         | 0,69        |
| Masa mięśniowa (kg)  | 0,24         | 0,63        |
| Masa tkanki kostnej (kg)   | 1,15         | 0,29        |
| Zawartość wody (%)   | <b>5,00</b>  | <b>0,03</b> |
| Impedancja (Ohm)   | 0,02         | 0,88        |
| Kąt fazowy ( $^\circ$ )  | 0,53         | 0,47        |
| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców z pomniejszoną kifozą i prawidłową lordozą ( $K < 42^\circ$ ; $L = 33^\circ-47^\circ$ ), wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA |              |             |
| Zmienne  | F            | p           |
| Wskaźnik masy ciała (BMI)  | 1,58         | 0,22        |
| Wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal)  | <b>19,06</b> | <b>0,00</b> |
| Masa tkanki tłuszczowej (%)  | 0,34         | 0,56        |
| Masa tkanki beztłuszczowej (kg)  | 3,24         | 0,08        |
| Masa mięśniowa (kg)  | 3,04         | 0,09        |
| Masa tkanki kostnej (kg)   | <b>8,53</b>  | <b>0,01</b> |
| Zawartość wody (%)   | 0,85         | 0,36        |
| Impedancja (Ohm)   | <b>6,01</b>  | <b>0,02</b> |
| Kąt fazowy ( $^\circ$ )  | 4,05         | 0,05        |
| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców z pomniejszoną kifozą i powiększoną lordozą ( $K < 42^\circ$ ; $L > 47^\circ$ ), wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA         |              |             |
| Zmienne  | F            | p           |
| Wskaźnik masy ciała (BMI)  | 0,02         | 0,89        |
| Wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal)  | 1,08         | 0,35        |
| Masa tkanki tłuszczowej (%)  | 0,22         | 0,66        |
| Masa tkanki beztłuszczowej (kg)  | 0,36         | 0,58        |
| Masa mięśniowa (kg)  | 0,36         | 0,58        |
| Masa tkanki kostnej (kg)   | 0,37         | 0,57        |
| Zawartość wody (%)   | 0,20         | 0,67        |
| Impedancja (Ohm)   | 0,31         | 0,60        |
| Kąt fazowy ( $^\circ$ )  | 0,16         | 0,70        |
| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców z prawidłową kifozą i pomniejszoną lordozą ( $K = 42^\circ-55^\circ$ ; $L < 33^\circ$ ), wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA |              |             |
| Zmienne  | F            | p           |
| Wskaźnik masy ciała (BMI)  | 0,82         | 0,39        |
| Wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal)  | 2,10         | 0,18        |
| Masa tkanki tłuszczowej (%)  | 3,34         | 0,10        |
| Masa tkanki beztłuszczowej (kg)  | 0,03         | 0,87        |
| Masa mięśniowa (kg)  | 0,05         | 0,83        |
| Masa tkanki kostnej (kg)   | 0,05         | 0,83        |
| Zawartość wody (%)   | 3,56         | 0,09        |
| Impedancja (Ohm)   | 0,05         | 0,83        |
| Kąt fazowy ( $^\circ$ )  | 0,17         | 0,69        |

| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców z prawidłową kifozą i prawidłową lordozą (K = 42°–55°; L = 33°–47°), wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA |              |             |
|--|--------------|-------------|
| Zmienne  | F            | p           |
| Wskaźnik masy ciała (BMI)  | 0,63         | 0,43        |
| Wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal)  | <b>25,10</b> | <b>0,00</b> |
| Masa tkanki tłuszczowej (%)  | 0,20         | 0,66        |
| Masa tkanki beztłuszczowej (kg)  | 3,79         | 0,06        |
| Masa mięśniowa (kg)  | 3,13         | 0,08        |
| Masa tkanki kostnej (kg)   | <b>9,57</b>  | <b>0,00</b> |
| Zawartość wody (%)   | 0,20         | 0,65        |
| Impedancja (Ohm)   | 3,49         | 0,07        |
| Kąt fazowy (°)   | 0,51         | 0,48        |
| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców z prawidłową kifożą i powiększoną lordozą (K = 42°–55°; L > 47°), wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA    |              |             |
| Zmienne  | F            | p           |
| Wskaźnik masy ciała (BMI)  | 0,24         | 0,63        |
| Wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal)  | <b>17,28</b> | <b>0,00</b> |
| Masa tkanki tłuszczowej (%)  | 0,00         | 0,95        |
| Masa tkanki beztłuszczowej (kg)  | <b>5,41</b>  | <b>0,04</b> |
| Masa mięśniowa (kg)  | <b>5,34</b>  | <b>0,04</b> |
| Masa tkanki kostnej (kg)   | <b>6,55</b>  | <b>0,03</b> |
| Zawartość wody (%)   | 0,01         | 0,93        |
| Impedancja (Ohm)   | 1,29         | 0,28        |
| Kąt fazowy (°)   | 0,41         | 0,53        |
| Istotne statystycznie różnice badanych parametrów z uwzględnieniem podziału na dziewczęta i chłopców z powiększoną kifożą i powiększoną lordozą (K > 55°; L > 47°), wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA       |              |             |
| Zmienne  | F            | p           |
| Wskaźnik masy ciała (BMI)  | 0,04         | 0,86        |
| Wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal)  | 0,27         | 0,66        |
| Masa tkanki tłuszczowej (%)  | 0,11         | 0,78        |
| Masa tkanki beztłuszczowej (kg)  | 0,00         | 0,96        |
| Masa mięśniowa (kg)  | 1,31         | 0,37        |
| Masa tkanki kostnej (kg)   | 0,02         | 0,90        |
| Zawartość wody (%)   | 0,10         | 0,78        |
| Impedancja (Ohm)   | 0,09         | 0,79        |
| Kąt fazowy (°)   | 0,33         | 0,62        |

Dla zmiennych składu ciała (tabela 17) analiza wariancji z powtarzanymi pomiarami na poziomie istotności statystycznej  $p < 0,05$  wykazała, że:

- w badanych grupach dziewcząt i chłopców z uwzględnieniem pomniejszonej kifozy, pomniejszonej lordozy (K < 42°; L < 33°) zaobserwowano istotne różnice pomiędzy wartościami dwóch zmiennych: wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) ( $p < 0,001$ ) oraz zawartość wody (%) ( $p < 0,03$ ),
- w badanych grupach dziewcząt i chłopców z uwzględnieniem pomniejszonej kifozy i prawidłowej lordozy (K < 42°; L = 33°–47°) zaobserwowano istotne różnice pomiędzy wartościami trzech zmiennych: wskaźnika podstawowej przemiany materii

(BMR) (kcal) ( $p < 0,001$ ), zawartość tkanki kostnej (kg) ( $p < 0,02$ ) oraz impedancja (Ohm) ( $p < 0,01$ ),

- w badanych grupach dziewcząt i chłopców z uwzględnieniem pomniejszonej kifozy i powiększonej lordozy ( $K < 42^\circ$ ;  $L > 47^\circ$ ) żadna zmienna nie różniła się istotnie pomiędzy grupami,
- w badanych grupach dziewcząt i chłopców z uwzględnieniem prawidłowej kifozy i pomniejszonej lordozy ( $K = 42^\circ-55^\circ$ ;  $L < 33^\circ$ ) żadna zmienna nie różniła się istotnie pomiędzy grupami,
- w badanych grupach dziewcząt i chłopców z uwzględnieniem prawidłowej kifozy i prawidłowej lordozy ( $K = 42^\circ-55^\circ$ ;  $L = 33^\circ-47^\circ$ ) zaobserwowano istotne różnice w przypadku dwóch zmiennych: wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) ( $p < 0,001$ ) oraz zawartość tkanki kostnej (kg) ( $p < 0,003$ ),
- w badanych grupach dziewcząt i chłopców z uwzględnieniem prawidłowej kifozy i powiększonej lordozy ( $K = 42^\circ-55^\circ$ ;  $L > 47^\circ$ ) zaobserwowano istotne różnice w przypadku czterech zmiennych: wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) ( $p < 0,001$ ), zawartość tkanki beztłuszczowej (kg) ( $p < 0,04$ ), zawartość masy mięśniowej (kg) ( $p < 0,04$ ) oraz zawartość tkanki kostnej (kg) ( $p < 0,03$ ),
- w badanych grupach dziewcząt i chłopców z uwzględnieniem powiększonej kifozy i powiększonej lordozy ( $K > 55^\circ$ ;  $L > 47^\circ$ ) żadna zmienna nie różniła się istotnie pomiędzy grupami.

**Tabela 18.** Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennych składu ciała w podgrupach dziewcząt i chłopców z uwzględnieniem typów postaw

| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej wskaźnika podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) w poszczególnych podgrupach z uwzględnieniem pomniejszonej kifozy i pomniejszonej lordozy ( $K < 42^\circ$ ; $L < 33^\circ$ ) |   |  |
|--|---|--|
| Grupa  | Dziewczęta<br>$K < 42^\circ$ ; $L < 33^\circ$ | Chłopcy<br>$K < 42^\circ$ ; $L < 33^\circ$ |
| Wartości różnicujące   | M = 1 049,1                                   | M = 1 161,8                                |
| Dziewczęta<br>$K < 42^\circ$ ; $L < 33^\circ$  | -   | <b>0,00</b>                                |
| Chłopcy<br>$K < 42^\circ$ ; $L < 33^\circ$   | <b>0,00</b>                                   | -  |
| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej zawartość wody (%) w poszczególnych podgrupach z uwzględnieniem pomniejszonej kifozy i pomniejszonej lordozy ( $K < 42^\circ$ ; $L < 33^\circ$ )                                   |   |  |
| Grupa  | Dziewczęta<br>$K < 42^\circ$ ; $L < 33^\circ$ | Chłopcy<br>$K < 42^\circ$ ; $L < 33^\circ$ |
| Wartości różnicujące   | M = 57,02                                     | M = 60,52                                  |
| Dziewczęta<br>$K < 42^\circ$ ; $L < 33^\circ$  | -   | <b>0,03</b>                                |
| Chłopcy<br>$K < 42^\circ$ ; $L < 33^\circ$   | <b>0,03</b>                                   | -  |

| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej wskaźnika podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) w poszczególnych podgrupach z uwzględnieniem pomniejszonej kifozy i prawidłowej lordozy (K < 42°; L = 33°–47°) |  |                                     |
|---|--|-------------------------------------|
| Grupa   | Dziewczęta<br>K < 42°; L = 33°–47°     | Chłopcy<br>K < 42°; L = 33°–47°     |
| Wartości różnicujące  | M = 1 072,2                            | M = 1 267,8                         |
| Dziewczęta<br>K < 42°; L = 33°–47°  | -                                      | <b>0,00</b>                         |
| Chłopcy<br>K < 42°; L = 33°–47°   | <b>0,00</b>                            | -                                   |
| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej masa tkanki kostnej (kg) w poszczególnych podgrupach z uwzględnieniem pomniejszonej kifozy i prawidłowej lordozy (K < 42°; L = 33°–47°)                             |  |                                     |
| Grupa   | Dziewczęta<br>K < 42°; L = 33°–47°     | Chłopcy<br>K < 42°; L = 33°–47°     |
| Wartości różnicujące  | M = 1,22                               | M = 1,44                            |
| Dziewczęta<br>K < 42°; L = 33°–47°  | -                                      | <b>0,01</b>                         |
| Chłopcy<br>K < 42°; L = 33°–47°   | <b>0,01</b>                            | -                                   |
| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej impedancja (Ohm) w poszczególnych podgrupach z uwzględnieniem pomniejszonej kifozy i prawidłowej lordozy (K < 42°; L = 33°–47°)                                     |  |                                     |
| Grupa   | Dziewczęta<br>K < 42°; L = 33°–47°     | Chłopcy<br>K < 42°; L = 33°–47°     |
| Wartości różnicujące  | M = 794,79                             | M = 729,14                          |
| Dziewczęta<br>K < 42°; L = 33°–47°  | -                                      | <b>0,02</b>                         |
| Chłopcy<br>K < 42°; L = 33°–47°   | <b>0,02</b>                            | -                                   |
| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej wskaźnika podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) w poszczególnych podgrupach z uwzględnieniem prawidłowej kifozy i prawidłowej lordozy (K = 42–55; L = 33°–47°) |  |                                     |
| Grupa   | Dziewczęta<br>K = 42°–55°; L = 33°–47° | Chłopcy<br>K = 42°–55°; L = 33°–47° |
| Wartości różnicujące  | M = 1 149,1                            | M = 1 327,3                         |
| Dziewczęta<br>K = 42°–55°; L = 33°–47°  | -                                      | <b>0,00</b>                         |
| Chłopcy<br>K = 42°–55°; L = 33°–47°   | <b>0,00</b>                            | -                                   |
| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej masa tkanki kostnej (kg) w poszczególnych podgrupach z uwzględnieniem prawidłowej kifozy i prawidłowej lordozy (K = 42°–55°; L = 33°–47°)                           |  |                                     |
| Grupa   | Dziewczęta<br>K = 42°–55°; L = 33°–47° | Chłopcy<br>K = 42°–55°; L = 33°–47° |
| Wartości różnicujące  | M = 1,35                               | M = 1,55                            |
| Dziewczęta<br>K = 42°–55°; L = 33°–47°  | -                                      | <b>0,00</b>                         |
| Chłopcy<br>K = 42°–55°; L = 33°–47°   | <b>0,00</b>                            | -                                   |
| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej wskaźnika podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) w poszczególnych podgrupach z uwzględnieniem prawidłowej kifozy i powiększonej lordozy (K = 42°–55°; L > 47°)  |  |                                     |
| Grupa   | Dziewczęta<br>K = 42°–55°; L > 47°     | Chłopcy<br>K = 42°–55°; L > 47°     |
| Wartości różnicujące  | M = 1 188,90                           | M = 1 483,20                        |
| Dziewczęta<br>K = 42°–55°; L > 47°  | -                                      | <b>0,00</b>                         |
| Chłopcy<br>K = 42°–55°; L > 47°   | <b>0,00</b>                            | -                                   |

| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej masa tkanki beztłuszczowej (kg) w poszczególnych podgrupach z uwzględnieniem prawidłowej kifozy i powiększonej lordozy (K = 42°–55°; L > 47°) |                                    |                                 |
|---|------------------------------------|---------------------------------|
| Grupa   | Dziewczęta<br>K = 42°–55°; L > 47° | Chłopcy<br>K = 42°–55°; L > 47° |
| Wartości różnicujące  | M = 27,74                          | M = 34,12                       |
| Dziewczęta<br>K = 42°–55°; L > 47°  | -                                  | <b>0,04</b>                     |
| Chłopcy<br>K = 42°–55°; L > 47°   | <b>0,04</b>                        | -                               |
| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej masa mięśniowa (kg) w poszczególnych podgrupach z uwzględnieniem prawidłowej kifozy i powiększonej lordozy (K = 42°–55°; L > 47°)             |                                    |                                 |
| Grupa   | Dziewczęta<br>K = 42°–55°; L > 47° | Chłopcy<br>K = 42°–55°; L > 47° |
| Wartości różnicujące  | M = 26,30                          | M = 32,20                       |
| Dziewczęta<br>K = 42°–55°; L > 47°  | -                                  | <b>0,04</b>                     |
| Chłopcy<br>K = 42°–55°; L > 47°   | <b>0,04</b>                        | -                               |
| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej masa tkanki kostnej (kg) w poszczególnych podgrupach z uwzględnieniem prawidłowej kifozy i powiększonej lordozy (K = 42°–55°; L > 47°)        |                                    |                                 |
| Grupa   | Dziewczęta<br>K = 42°–55°; L > 47° | Chłopcy<br>K = 42°–55°; L > 47° |
| Wartości różnicujące  | M = 1,44                           | M = 1,82                        |
| Dziewczęta<br>K = 42°–55°; L > 47°  | -                                  | <b>0,03</b>                     |
| Chłopcy<br>K = 42°–55°; L > 47°   | <b>0,03</b>                        | -                               |

Test post-hoc RIR Tukeya (tabela 18) wykazał, że:

- dla zmiennych wskaźnika podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) oraz zawartość wody (%) wystąpiły różnice pomiędzy podgrupami dziewcząt i chłopców z pomniejszoną kifozą i pomniejszoną lordozą (K < 42°; L < 33°),
- dla zmiennych wskaźnika podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal), masa tkanki kostnej (kg) oraz impedancja (Ohm) wystąpiły różnice pomiędzy podgrupami dziewcząt i chłopców z pomniejszoną kifozą i prawidłową lordozą (K < 42°; L = 33°–47°),
- dla zmiennych wskaźnika podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) oraz masa tkanki kostnej (kg) wystąpiły różnice pomiędzy podgrupami dziewcząt i chłopców z prawidłową kifozą i prawidłową lordozą (K = 42°–55°; L = 33°–47°),
- dla zmiennych wskaźnika podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal), masa tkanki beztłuszczowej (kg), masa mięśniowa (kg) oraz masa tkanki kostnej (kg) wystąpiły różnice pomiędzy podgrupami dziewcząt i chłopców z prawidłową kifozą i powiększoną lordozą (K = 42°–55°; L > 47°).

Wyniki przeprowadzonej analizy korelacji w trzech nieprawidłowych typach postawy wskazały, że istotne różnice w składzie ciała między grupą dziewcząt i chłopców wykazywała zmienna wskaźnika podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal).

### **Analiza wariancji międzygrupowa w wartościach analizowanych zmiennych cech somatycznych i składu ciała pomiędzy różnymi typami postaw z uwzględnieniem płci**

W tabelach 19 i 20 wykonano analizy wariancji Anova i testy post-hoc RIR Tukeya, porównujące zmienne cech somatycznych pomiędzy grupami dziewcząt i chłopców z prawidłową postawą ciała i postawą skoliotyczną.

**Tabela 19.** Istotne statystycznie różnice cech somatycznych według typów postaw dziewcząt i chłopców, wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA

| Zmienne              | F                  | p    | F                    | p           |
|----------------------|--------------------|------|----------------------|-------------|
| Dziewczęta i chłopcy | Postawa prawidłowa |      | Postawa skoliotyczna |             |
| Wysokość ciała (cm)  | 0,17               | 0,85 | <b>9,84</b>          | <b>0,00</b> |
| Masa ciała (kg)      | 1,76               | 0,18 | 0,81                 | 0,37        |

Dla zmiennych cech somatycznych (tabela 19) analiza wariancji z powtarzanymi pomiarami na poziomie istotności statystycznej  $p < 0,05$  wykazała, że:

- w badanej grupie dziewcząt i chłopców z prawidłową postawą żadna zmienna nie różniła się istotnie pomiędzy grupami,
- w badanych grupach dziewcząt i chłopców z postawą skoliotyczną zaobserwowano istotne różnice pomiędzy wartościami jednej zmiennej: wysokość ciała (cm) ( $p < 0,003$ )

**Tabela 20.** Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennych somatycznych dziewcząt i chłopców z postawą skoliotyczną

| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej wysokość ciała (cm) w grupie dziewcząt i chłopców z postawą skoliotyczną |                                 |                              |
|--|---------------------------------|------------------------------|
| Grupa  | Dziewczęta postawa skoliotyczna | Chłopcy postawa skoliotyczna |
| Wartości różnicujące   | M = 137,51                      | M = 144,50                   |
| Dziewczęta postawa skoliotyczna  | -                               | <b>0,003</b>                 |
| Chłopcy postawa skoliotyczna   | <b>0,003</b>                    | -                            |

Dla zmiennej wysokość ciała (cm) (tabela 20) test post-hoc RIR Tukeya wykazał jednoznacznie, że wystąpiły różnice pomiędzy podgrupami dziewcząt i chłopców z postawą skoliotyczną.

Analiza wariancji wewnątrzgrupowa wykazała, że u dzieci z postawą skoliozytyczną zauważono istotne różnice cech somatycznych między grupą dziewcząt i chłopców. Zaobserwowana istotna różnica dotyczyła wysokości ciała (cm).

W tabelach 21 i 22 wykonano analizy wariancji Anova i testy post-hoc RIR Tukeya, porównujące zmienne składu ciała pomiędzy grupami dziewcząt i chłopców z prawidłową postawą ciała i postawą skoliozytyczną.

**Tabela 21.** Istotne statystycznie różnice składu ciała dziewcząt i chłopców według typów postaw, wykazane jednoczynnikową analizą wariancji ANOVA

| Zmienne   | F                  | p    | F                      | p           |
|---|--------------------|------|------------------------|-------------|
| Dziewczęta i chłopcy                                | Postawa prawidłowa |      | Postawa skoliozytyczna |             |
| Wskaźnik masy ciała (BMI)                           | 2,34               | 0,10 | 0,09                   | 0,77        |
| Wskaźnik podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) | 1,44               | 0,25 | 2,14                   | 0,15        |
| Masa tkanki tłuszczowej (%)                         | 1,87               | 0,16 | 0,08                   | 0,78        |
| Masa tkanki beztłuszczowej (kg)                     | 1,45               | 0,24 | <b>4,22</b>            | <b>0,05</b> |
| Masa mięśniowa (kg)                                 | 1,44               | 0,24 | 3,20                   | 0,08        |
| Masa tkanki kostnej (kg)                            | 1,62               | 0,21 | <b>4,23</b>            | <b>0,04</b> |
| Zawartość wody (%)                                  | 1,24               | 0,30 | 3,80                   | 0,06        |
| Impedancja (Ohm)                                    | 0,89               | 0,41 | 3,25                   | 0,08        |
| Kąt fazowy (°)                                      | 0,66               | 0,52 | <b>4,25</b>            | <b>0,04</b> |

Dla zmiennych składu ciała (tabela 21) analiza wariancji z powtarzanymi pomiarami na poziomie istotności statystycznej  $p < 0,05$  wykazała, że:

- w badanych grupach dziewcząt i chłopców z prawidłową postawą żadna zmienna nie różniła się istotnie pomiędzy grupami,
- w badanych grupach dziewcząt i chłopców z postawą skoliozytyczną zaobserwowano istotne różnice pomiędzy wartościami trzech zmiennych: masa tkanki beztłuszczowej (kg) ( $p < 0,05$ ), masa tkanki kostnej (kg) ( $p < 0,04$ ) oraz kąt fazowy (°) ( $p < 0,04$ ).

**Tabela 22.** Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennych składu ciała dziewcząt i chłopców z postawą skoliozytyczną

| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej masa tkanki beztłuszczowej (kg) |                                   |                                |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|
| Grupa   | Dziewczęta postawa skoliozytyczna | Chłopcy postawa skoliozytyczna |
| Wartości różnicujące  | M = 26,31                         | M = 29,95                      |
| Dziewczęta postawa skoliozytyczna                                     | -                                 | <b>0,05</b>                    |
| Chłopcy postawa skoliozytyczna  | <b>0,05</b>                       | -                              |
| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej masa tkanki kostnej (kg)        |                                   |                                |
| Grupa   | Dziewczęta postawa skoliozytyczna | Chłopcy postawa skoliozytyczna |
| Wartości różnicujące  | M = 24,94                         | M = 28,40                      |
| Dziewczęta postawa skoliozytyczna                                     | -                                 | <b>0,04</b>                    |
| Chłopcy postawa skoliozytyczna  | <b>0,04</b>                       | -                              |

| Test post-hoc RIR Tukeya dla zmiennej kąt fazowy (°) |                                   |                                |
|--|-----------------------------------|--------------------------------|
| Grupa  | Dziewczęta<br>postawa skoliozytna | Chłopcy<br>postawa skoliozytna |
| Wartości różnicujące                                 | M = 19,25                         | M = 21,92                      |
| Dziewczęta postawa skoliozytna                       | -                                 | <b>0,04</b>                    |
| Chłopcy postawa skoliozytna                          | <b>0,04</b>                       | -                              |

Dla zmiennych masa tkanki beztłuszczowej (kg), masa tkanki kostnej (kg), kąt fazowy (°) test post-hoc RIR Tukeya wykazał jednoznacznie, że wystąpiły różnice pomiędzy podgrupami dziewcząt i chłopców z postawą skoliozytną (tabela 22).

Analiza wariancji wewnątrzgrupowa wykazała, że u dzieci z postawą skoliozytną zauważono istotne różnice zmiennych składu ciała między grupą dziewcząt i chłopców. Zaobserwowane istotne różnice dotyczyły zmiennych: masa tkanki beztłuszczowej (kg), masa tkanki kostnej (kg) oraz kąt fazowy (°).

## 6. OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

Celem pracy było wykazanie zależności pomiędzy cechami somatycznymi i składem ciała a postawą skoliozytną i wadami postawy w płaszczyźnie strzałkowej.

Nieprawidłowe wartości składu ciała są czynnikiem ryzyka występowania wielu chorób i dysfunkcji w obrębie narządu ruchu zarówno w płaszczyźnie strzałkowej, jak i w płaszczyźnie czołowej. Zwiększona wartość masy tkanki tłuszczowej w dzieciństwie naraża organizm na szereg niekorzystnych zmian w wieku dorosłym [65,99]. Dojrzewanie jest okresem krytycznym dla rozwoju układu mięśniowo-szkieletowego, ponieważ różnice morfologiczne i zmiany w składzie ciała między płciami stają się bardziej widoczne [62]. Zauważyć to można w obrębie budowy kręgosłupa, miednicy i kończyn dolnych.

Zmiany w składzie ciała (niedowaga, nadwaga, otyłość) prowadzą do zmian postawy ciała dzieci i młodzieży, rozumianych jako nieoptymalne ustawienie segmentów ciała. Nadmierna masa tkanki tłuszczowej powoduje zwiększenie mechanicznego obciążenia kości/stawów i nadmierną aktywację mięśni, prowadząc do bólu i schorzeń układu mięśniowo-szkieletowego [23,36,66,94].

W dostępnej literaturze można znaleźć skąpe dowody na korelacje między składem ciała a postawą ciała dzieci, również wyniki badań nad analizą różnic postawy między płciami są niejednoznaczne. W badaniach Barczyk, Olszewskiej i Coelho nie stwierdzono istotnych statystycznych różnic w parametrach charakteryzujących postawę dziewcząt i chłopców

[9,21,70]. Najnowsze badania dowodzą, że płeć jest czynnikiem silnie różnicującym i determinującym skład ciała. Badania Rusek i wsp., oceniające skład ciała i postawę ciała, wykazały istotne statystycznie różnice we wszystkich składowych masy ciała oraz w pochyleniu miednicy. Chłopcy charakteryzowali się wyższą zawartością tkanki mięśniowej, tkanki kostnej i zawartością wody w organizmie oraz większym kątem nachylenia miednicy. U dziewcząt stwierdzono natomiast większą zawartość tkanki tłuszczowej. U dzieci z mniejszą zawartością tkanki mięśniowej, mniejszą zawartością wody i większą zawartością tkanki tłuszczowej zauważono większą skośność miednicy [83]. Analiza badań własnych potwierdziła, że chłopcy charakteryzują się wyższą zawartością tkanki mięśniowej, tkanki kostnej i zawartością wody w organizmie (tabela 1). Zaobserwowano również zależności między skośnością miednicy DL-DR (mm) w grupie chłopców z postawą prawidłową a wskaźnikiem masy ciała BMI, zawartością tkanki tłuszczowej (%) i zawartością wody (%) (tabela 5).

Wyniki badania Protić-Gava i wsp., którego celem była ocena występowania nieprawidłowej postawy ciała w zależności od wskaźnika masy ciała BMI i płci dowiodły, że u dziewcząt częściej występuje postawa lordotyczna niż u chłopców [77]. Badania przeprowadzone przez Araújo i wsp. wykazały podwyższone wartości kąta lordozy u dziewcząt. U obu płci masa ciała, wskaźnik masy ciała BMI, masa tkanki tłuszczowej i masa tkanki beztłuszczowej były słabo związane z kątem lordozy [7]. Badania Dolphens pokazały różnice między płciami w każdym typie postawy. Dziewczęta mają tendencje do przodopochylenia miednicy, koślawości kolan oraz wykazują mniejszą kifozę piersiową. U chłopców natomiast stwierdzono większą kifozę piersiową, większe pochylenie miednicy, a także większą hiperkifozę klatki piersiowej [27].

Badania Molina-Garcia i wsp. wykazały, że dzieci z nadwagą i otyłością miały 1,4 razy większe ryzyko wystąpienia hiperlordozy, 5,9 razy większe ryzyko wystąpienia koślawości kolan, 1,5 raza większe ryzyko wystąpienia płaskostopia i 1,7 razy większe ryzyko wystąpienia wszelkiego rodzaju zmian postawy w porównaniu z dziećmi o prawidłowej masie ciała [67].

Badania Jankowicz-Szymańskiej na grupie 910 dzieci, których celem było określenie wpływu nadwagi i otyłości na kształt kręgosłupa u dzieci wykazały, że wskaźnik masy ciała BMI i zawartość tkanki tłuszczowej miały wpływ na kształt lordozy lędźwiowej, ale nie miały żadnego wpływu na boczne zgięcie kręgosłupa. Stwierdzono, że nadmierna masa ciała zwiększa ryzyko rozwoju hiperlordozy odcinka lędźwiowego kręgosłupa [48].

Badania Smith wykazały istotny związek pomiędzy wskaźnikiem masy ciała BMI a postawą ciała w płaszczyźnie strzałkowej [88]. Arruda i Araújo w swoich badaniach potwierdzili, że wzrost wskaźnika masy ciała BMI zwiększa ryzyko zaburzeń układu mięśniowo-szkieletowego [5,6,8].

Badania własne potwierdziły, że u dziewcząt częściej występuje postawa lordotyczna niż u chłopców. Chłopcy natomiast charakteryzują się częstszym występowaniem pleców płaskich.

Badania Grabary i Pstrągowskiej wykazały, że u dzieci z nadmierną masą tkanki tłuszczowej dochodzi do spłaszczenia kifozy piersiowej i zwiększenia lordozy lędźwiowej [43]. Górnjak i wsp. potwierdzili, że nadmiar tkanki tłuszczowej sprzyja powstawaniu przednio-tylnych skrzywień kręgosłupa oraz nieprawidłowości w postawie w płaszczyźnie czołowej [41]. Tezę tę potwierdzili również w swoich badaniach Burdukiewicz i wsp., udowadniając większą częstość występowania nieprawidłowych przednio-tylnych skrzywień kręgosłupa u dzieci z nadmierną masą tkanki tłuszczowej. U otyłych dzieci dochodzi wówczas do zwiększenia lordozy lędźwiowej i przodopochylenia miednicy jako mechanizmu kompensacyjnego w celu utrzymania pionowej postawy ciała.

Celem badania Wilczyńskiego i wsp. była ocena między składem masy ciała u dzieci a postawą ciała. Wykazano, że u dzieci z niską zawartością tkanki tłuszczowej obserwuje się najwięcej błędów w postawie ciała w płaszczyźnie czołowej. U dzieci z wysokim poziomem tkanki tłuszczowej zauważano z kolei najwięcej błędów w postawie ciała w płaszczyźnie strzałkowej [111]. Wilczyński wykazał także istnienie zależności między kształtem krzywizn przednio-tylnych a składem ciała u dzieci w wieku szkolnym. Badane osoby z wysoką masą beztłuszczową (FFM) i niską masą tłuszczową (FM) charakteryzowały się prawidłowym ukształtowaniem tych krzywizn. Natomiast u pacjentów z niską masą beztłuszczową (FFM) i niską masą tłuszczową (FM) stwierdzono liczne nieprawidłowości w postawie ciała [107]. Potwierdzają to badania Kyle i wsp., które wykazały, że osoby z niskim indeksem masy ciała (BMI) i niską masą ciała mają istotnie wyższe ryzyko rozwoju nieprawidłowej postawy [50]. Badania Lonner dowiodły z kolei, że zbyt niska masa ciała wiąże się z niebezpieczeństwem rozwoju skoliozy i jej progresją [60].

Analiza wyników badań własnych wykazała istotne statystycznie korelacje pomiędzy zmiennymi kątem kifozy ICT-ITL (maks.) ( $^{\circ}$ ) oraz kątem lordozy ITL-ILS (maks.) ( $^{\circ}$ ) a zmienną zawartość tkanki tłuszczowej (%).

Badania Valdovino udowodniły, że zwiększenie indeksu masy ciała (BMI) wpływa na kształt kifozy piersiowej. Zwiększenie indeksu masy ciała (BMI) nasilało kifozę piersiową zarówno globalnie, jak i segmentowo [98].

Celem badań Rusek i wsp. była ocena związku pomiędzy wskaźnikiem masy ciała BMI a postawą ciała. Badania dowiodły, że dzieci z nieprawidłowym wskaźnikiem BMI mają tendencję do nieprawidłowego ustawienia barków i miednicy w porównaniu z dziećmi z prawidłową masą ciała [83]. Wyniki badań Malepe i wsp. oraz Fu i wsp. stwierdziły brak istotnego

związku pomiędzy wskaźnikiem masy ciała a występowaniem nieprawidłowej kifozy i skoliozy, wykazały one jednak zależność pomiędzy wskaźnikiem masy ciała a lordozą lędźwiową. Wzrost wskaźnika masy ciała warunkował pogłębienie lordozy lędźwiowej [35,63]. Badania własne wykazały, że wraz ze wzrostem wskaźnika masy ciała (BMI) zwiększy się kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°).

Zależności pomiędzy postawą ciała a budową somatyczną było przedmiotem wielu badań. Według nich zarówno obniżona, jak i zwiększona masa tkanki tłuszczowej predysponuje do wystąpienia niekorzystnych zmian w postawie ciała.

Analiza składu ciała stanowi ważny element oceny stanu zdrowia dzieci. Prawidłowa postawa ciała warunkowana jest odpowiednimi proporcjami tkanki mięśniowej, tkanki tłuszczowej i poziomem aktywności fizycznej. Dzieci z nadwagą i otyłością, wyższym indeksem masy ciała (BMI) mają tendencję do przyjmowania nieprawidłowej postawy ciała [108].

Istnieje potrzeba działań profilaktycznych w zakresie zdrowia i kontroli masy ciała. Ważna jest edukacja i zachęcanie dzieci do różnych form aktywności fizycznej. Badania w tym kierunku powinny być kontynuowane na dużą skalę, obejmując większą liczbę dzieci i młodzieży. Pozwoli to na jeszcze lepsze poznanie zależności występujących pomiędzy parametrami składu ciała a parametrami postawy ciała i, co za tym idzie, przyczyni się do poprawy profilaktyki w zakresie prawidłowej postawy ciała. Przy prawidłowej budowie ciała i odpowiednich proporcjach składu ciała utrzymanie nawyku prawidłowej postawy ciała jest bowiem łatwiejsze i zapobiega występowaniu większości błędów [106].

## 7. WNIOSKI

1. Stwierdzono istnienie zależności między zmiennymi cech somatycznych i składu ciała a zmiennymi postawy ciała dotyczącymi zmiennych kąt kifozy ICT-ITL (maks.) (°) oraz kąt lordozy ITL-ILS (maks.) (°).
2. Cechy somatyczne i skład ciała różniły się istotnie u dzieci z postawą skoliotyczną i postawą prawidłową. Różnice te dotyczyły masy ciała (kg) oraz wskaźnika masy ciała (BMI).
3. Stwierdzono istotne różnice dotyczące wskaźnika podstawowej przemiany materii (BMR) (kcal) u dzieci z wadami postawy w płaszczyźnie strzałkowej.

## 8. PIŚMIENNICTWO

1. Abdel Raouf NA, Battecha KH, Elsayed SE et al. The correlation between radiographic and surface topography assessments in three plane pelvic parameters. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabil* 2017; 30: 175-181.
2. Abelin-Genevois K. Sagittal balance of the spine. *Orthop Traumatol Surg Res* 2021; 107(1S): 102769.
3. Adamczyk A, Wrona K, Książek-Czekaj A et al. Zastosowanie systemu Diers i urządzenia Diers Formetric 4D w badaniach screeningowych – program profilaktyki skolioz, wad postawy i badania postawy ciała u dzieci i dorosłych. *Praktyczna Rehabilitacja i Fizjoterapia* 2014; 53: 62-64.
4. Alves Junior CA, Mocellin MC, Gonçalves ECA et al. Anthropometric indicators as body fat discriminators in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Adv Nutr* 2017; 8(5): 718-727.
5. Araújo FA, Lucas R, Simpkin AJ et al. Associations of anthropometry since birth with sagittal posture at age 7 in a prospective birth cohort: the Generation XXI Study. *BMJ Open* 2017; 7(7): e013412.
6. Araújo FA, Severo M, Alegrete N et al. Defining patterns of sagittal standing posture in girls and boys of school age. *Phys Ther.* 2017; 97(2): 258-267.
7. Araújo FA, Simões D, Silva P et al. Sagittal standing posture and relationships with anthropometrics and body composition during childhood. *Gait Posture* 2019; 73: 45-51.
8. Arruda MF. Evaluation posture computerized in disturbance on musculoskeletal resulting from by overweight schoolchildren. *Motriz. Revista de Educ Fis* 2009; 15(1): 143-150.
9. Barczyk K, Skolimowski T, Hawrylak A. Shaping the asymmetry of trunk in younger children. *Fizjoterapia Polska* 2004; 4: 203-208.
10. Barczyk-Pawelec K, Dziubek W, Piechura JR et al. Correlations between somatic features, anteroposterior spinal curvatures and trunk muscle strength in schoolchildren. *Acta Bioeng Biomech* 2017; 19(1): 133-139.
11. Barczyk K, Skolimowski T, Anwajer J et al. Somatic features and parameters of anterior-posterior spinal curvature in 7-years-old with particular posture types. *Ortop Traumatol Rehabil* 2005; 7(5): 555-562.

12. Bogucka A, Głębocka A. Postawa ciała 9-12-letnich dzieci o zróżnicowanej względnej masie ciała wyrażonej wskaźnikiem BMI. *Physical Activity and Health* 2017; 12: 11-17.
13. Borges PA, Zelada FGB, Dos Santos Barros TF et al. A comparative study of sagittal balance in patients with neuromuscular scoliosis. *Clinics* 2017; 72(8): 481-484.
14. Brzęk A, Plinta R. Exemplification of movement patterns and their influence on body posture in younger school-age children on the basis of an authorial program "I Take Care of My Spine". *Medicine* 2016; 95(12): e2855.
15. Buckinx F, Reginster JY, Dardenne N et al. Concordance between muscle mass assessed by bioelectrical impedance analysis and by dual energy X-ray absorptiometry: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord* 2015; 16: 60.
16. Burdukiewicz A, Miałkowska J, Pietraszewska J. Body build versus body posture of children and youth aged 7-12 years. *Stand Med* 2006; 3: 307-313.
17. Calloni SF, Huisman TA, Poretti A et al. Back pain and scoliosis in children: when to image, what to consider. *Neuroradiol J* 2017; 30 (5): 393-404.
18. Chula de Castro JA, Rodrigues de Lima T, Santos Silva DA. Body composition estimation in children and adolescents by bioelectrical impedance analysis: a systematic review. *J Bodyw Mov Ther* 2018; 22(1): 134-146.
19. Chun S, Lim C, Kim K et al. The relationships between low back pain and lumbar lordosis: a systematic review and meta-analysis. *Spine J* 2017; 17(8): 1180-1191.
20. Clark EM, Taylor HJ, Harding I et al. Association between components of body composition and scoliosis: a prospective cohort study reporting differences identifiable before the onset of scoliosis. *J Bone Miner Res* 2014; 29(8): 1729-1736.
21. Coelho JJ, Graciosa MD, de Medeiros DL et al. Influence of flexibility and gender on the posture of school children. *Revista Paulista de Pediatria* 2014; 32(3): 223-228.
22. Czaprowski D, Stoliński Ł, Tyrakowski M et al. Non-structural misalignments of body posture in the sagittal plane. *Scoliosis Spinal Disord* 2018; 5(13): 6.
23. de Sa Pinto AL, de Barros Holanda PM, Radu AS et al. Musculoskeletal findings in obese children. *J Paediatr Child Health* 2006; 42(6): 341-344.
24. Degenhardt BF, Starks Z, Bhatia S et al. Appraisal of the DIERS method for calculating postural measurements: an observational study. *Scoliosis Spinal Disord* 2017; 12: 28.
25. Degenhardt BF, Starks Z, Bhatia S. Reliability of the DIERS Formetric 4D spine shape parameters in adults without postural deformities. *Biomed Res Int* 2020; 7: 1-10.

26. Díaz Bonilla E, Torres Galvis CL, Gómez Campos R et al. Weight, height and body mass index of children and adolescents living at moderate altitude in Colombia. *Arch Argent Pediatr* 2018; 116(2): e241-e250.
27. Dolphens M, Cagnie B, Vleeming A et al. Gender differences in sagittal standing alignment before pubertal peak growth: the importance of subclassification and implications for spinopelvic loading. *J Anat* 2013; 223(6): 629-40.
28. Drzał-Grabiec J, Snela S. The influence of rural environment on body posture. *Ann Agric Environ Med* 2012; 19: 846-850.
29. Eckel N, Meidtner K, Kalle-Uhlmann T et al. Metabolically healthy obesity and cardiovascular events: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol* 2016; 23: 956-966.
30. Fadzani M, Bettany-Saltikov J. Etiological theories of adolescent idiopathic scoliosis: past and present. *Open Orthop J* 2017; 11: 1466-1489.
31. Fan L, Qiu J, Zhao Y et al. The association between body composition and metabolically unhealthy profile of adults with normal weight in Northwest China. *PLoS One* 2021; 16(3): e0248782.
32. Feldman AG. The relationship between postural and movement stability. *Adv Exp Med Biol* 2016; 957: 105-120.
33. Fomon SJ, Haschke F, Ziegler EE et al. Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am J Clin Nutr* 1982; 35: 1169-1175.
34. Frost BA, Camarero-Espinosa S, Foster EJ. Materials for the spine: anatomy, problems, and solutions. *Materials (Basel)* 2019; 12(2): 253.
35. Fu L, Chang MS, Crandall DG et al. Does obesity affect surgical outcomes in degenerative scoliosis? *Spine* 2014; 39(24): 2049-2055.
36. Garcia PM, Miranda-Aparicio D, Ubago-Guisado E et al. The impact of childhood obesity on joint alignment: a systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy* 2021; 1: 101(7)
37. Girdler SR, Cho B, Mikhail CM et al. Emerging techniques in diagnostic imaging for idiopathic scoliosis in children and adolescents: a review of the literature. *World Neurosurg* 2020; 136: 128-135.
38. Golalizadeh D, Toopchizadeh V, Fasaie N et al. Body composition indices in a sample of female adolescents with postural deformity: a case control study. *BMC Research Notes* 2019; 12: 754.

39. Goodbody CM, Asztalos IB, Sankar WN et al. It's not just the big kids: both high and low BMI impact bracing success for adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop* 2016; 10(5): 395-404.
40. Goodbody CM, Sankar WN, Flynn JM. Presentation of adolescent idiopathic scoliosis: the bigger the kid, the bigger the curve. *J Pediatr Orthop* 2017; 37: 41-46.
41. Górniak K, Lichota M, Popławska H et al. Body posture of rural boys with deficiency or excess of body fat. *Rocznik Lubuski* 2014; 2(40): 163-176.
42. Grabara M, Bieniec A, Nawrocka A. Spinal curvatures of children and adolescents – a cross-sectional study. *Biomedical Human Kinetics* 2017; 9: 69-74.
43. Grabara M, Pstrągowska D. Estimation of the body posture in girls and boys related to their body mass index (BMI). *Polish Journal of Sports Medicine* 2008; 24(4): 231-239.
44. Grabara M. Sagittal spinal curvatures in adolescent male basketball players and non-training individuals – a two-year study. *Sci Sports* 2016; 31: 147-153.
45. Güngör NK. Overweight and obesity in children and adolescents. *J Clin Res Pediatr Endocrinol* 2014; 6(3): 129-143.
46. Hagner W, Bąk D, Hagner-Derengowska M. Zmiany w postawie ciała u dzieci w pierwszych trzech latach nauki szkolnej. *Forum Medycyny Rodzinnej* 2010; 4(4): 287-290.
47. Harzmann HCh. Optischer Gipsabdruck hilft bei der Rückenanalyse. *Süddeutscher Orthopädenkongress. Kongressausgabe* 1999; 2: 15.
48. Jankowicz-Szymańska A, Bibro M, Wodka K et al. Does excessive body weight change the shape of the spine in children? *Child Obes* 2019; 15(5): 346-352.
49. Jankowicz-Szymańska A, Fałatowicz M, Smoła E et al. Relationship between frontal knee position and the degree of thoracic kyphosis and lumbar lordosis among 10-12-year-old children with normal body weight. *PLoS One* 2020; 15(7): e0236150.
50. Jeon K, Kim DI. The association between low body weight and scoliosis among korean elementary school students. *Int J Environ Res Public Health* 2018; 15(12): 2613-2620.
51. Kagawa M, Wishart C, Hills AP. Influence of posture and frequency modes in total body water estimation using bioelectrical impedance spectroscopy in boys and adult males. *Nutrients* 2014; 6(5): 1886-1898.
52. Kerr CM, Zavatsky AB, Theologis T et al. Kinematic differences between neutral and flat feet with and without symptoms as measured by the Oxford foot model. *Gait Posture* 2019; 67: 213-218.
53. Kinlen D, Cody D, O'Shes D. Complications of obesity. *QJM: An International Journal of Medicine* 2018; 111(7): 437-443.

54. Knott P, Sturm P, Lonner B et al. Multicenter comparison of 3D spinal measurements using surface topography with those from conventional radiography. *Spine Deform* 2016; 4: 98-103.
55. Kułaga Z, Grajda A, Gurzkowska B et al. The prevalence of overweight and obesity among Polish school-aged children and adolescents. *Przegl Epidemiol* 2016; 70(4): 641-651.
56. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD et al. Composition of the ESPEN Working Group. Bioelectrical impedance analysis. *Clin Nutr* 2004; 23(5): 1226-1243.
57. Kyle UG, Earthman CP, Pichard C et al. Body composition during growth in children: limitations and perspectives of bioelectrical impedance analysis. *Eur J Clin Nutr* 2015; 69(12): 1298-1305.
58. Lang-Tapia M, España-Romero V, Anelo J et al. Differences on spinal curvature in standing position by gender, age and weight status using a noninvasive method. *J Appl Biomech* 2011; 27: 143-150.
59. Lee EY, Yoon KH. Epidemic obesity in children and adolescents: risk factors and prevention. *Front Med* 2018; 12(6): 658-666.
60. Lonner BS, Toombs CS, Husain QM et al. Body mass index in adolescent spinal deformity: comparison of scheuermann's kyphosis, adolescent idiopathic scoliosis, and normal controls. *Spine Deform* 2015; 3(4): 318-326.
61. Maciałczyk-Paprocka K, Krzyżaniak A, Kotwicki T et al. Postural defects in primary school students in Poznań. *Probl Hig Epidemiol* 2012; 93(2): 309-314.
62. Maciałczyk-Paprocka K, Stawińska-Witoszyńska B, Kotwicki T et al. Prevalence of incorrect body posture in children and adolescents with overweight and obesity. *Eur J Pediatr* 2017; 176(5): 563-572.
63. Malepe MM, Goon DT, Anyanwu FC et al. The relationship between postural deviations and body mass index among university students. *Biomedical Research* 2015; 26(3): 437-442.
64. Manca A, Monticone M, Lucia C et al. Back surface measurements by rasterstereography for adolescent idiopathic scoliosis: from reproducibility data to data reduction analyses. *European Spine Journal* 2018; 27: 2130-2138.
65. Mazur A, Matusik P, Małecka-Tendera E. Adipose tissue as an endocrine organ. *Pediatrics Polska* 2010; 85(3): 255-264.
66. Merder-Coşkun D. Relationship between obesity and musculoskeletal system findings among children and adolescents. *Turkish J Phys Med Rehabil* 2017; 63(3): 207-214.

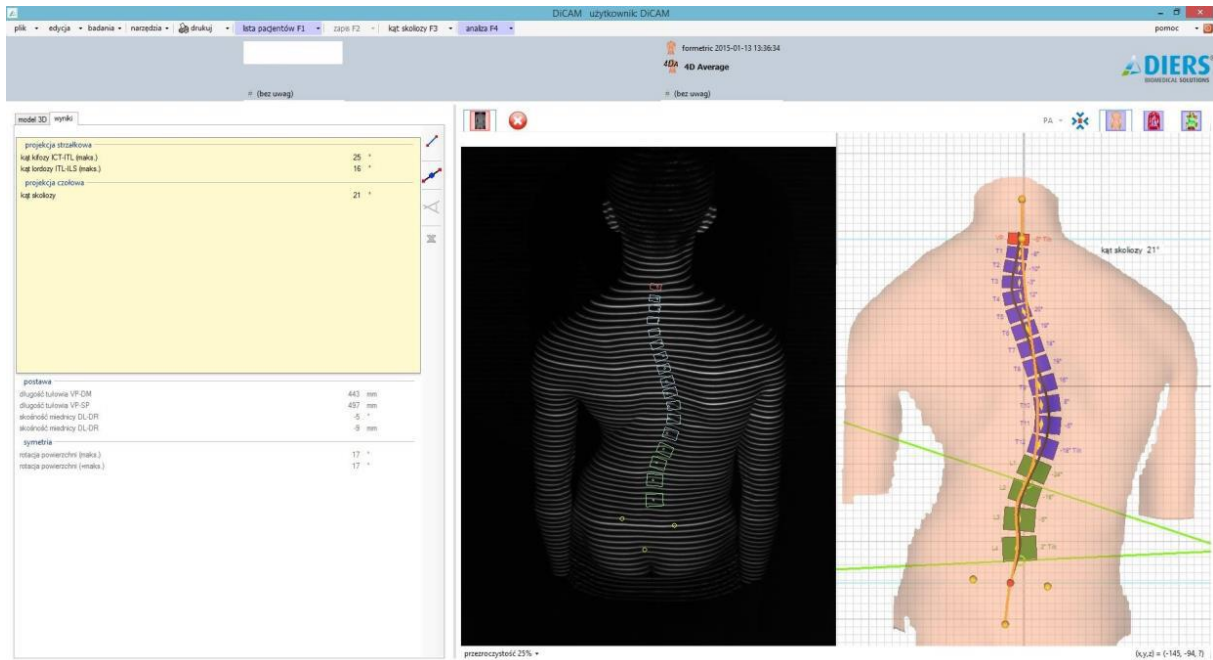
67. Molina-Garcia P, Migueles JH, Cadenas-Sanchez C et al. A systematic review on bio-mechanical characteristics of walking in children and adolescents with overweight/obesity: possible implications for the development of musculoskeletal disorders. *Obes Rev* 2019; 20(7): 1033-1044.
68. Nault ML, Allard P, Hinse S et al. Relations between standing stability and body posture parameters in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002; 27(17): 1911-1917.
69. Navarro IJRL, Rosa BND, Candotti CT. Anatomical reference marks, evaluation parameters and reproducibility of surface topography for evaluating the adolescent idiopathic scoliosis: a systemic review with meta-analysis. *Gait and Posture* 2019; 69: 112-120.
70. Olszewska E, Trzcińska D. The correction and compensation of disorders in physical development of children and adolescents. *ZWWF. Biała Podlaska* 2005: 66-75.
71. Paprocki M, Rychter P, Wilczyński J. Accuracy of the optoelectronic test body posture Formetric Diers Method III 4D in comparison with the result of the X-ray pictures. *Journal of Education, Health and Sport* 2016; 6(4): 385-398.
72. Park SM, Ahn SH, Lee AY et al. Raster-stereographic evaluation of the effects of bio-mechanical foot orthoses in patients with scoliosis. *J Phys Ther Sci* 2016; 28(7): 1968-1971.
73. Pausić J, Cavala M, Katić R. Relations of the morphological characteristic latent structure and body posture indicators in children ages seven to nine years. *Coll Antropol* 2006; 30(3): 621-627.
74. Peng Y, Wang SR, Qiu GX et al. Research progress on the etiology and pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis. *Chin Med J (Engl)* 2020; 133(4): 483-493.
75. Penha PJ, Casarotto RA, Sacco ICN et al. Qualitative postural analysis among boys and girls of seven to ten years of age. *Rev Bras Fisioter* 2008; 12: 386-391.
76. Pourabbas Tahvildari B, Erfani MA, Nouraei H et al. Evaluation of bone mineral status in adolescent idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Surg* 2014; 6(2): 180-184.
77. Protić-Gava B, Šćepanović T, Batez M. Body posture in young schoolchildren in a novi sad elementary school. *Research in Kinesiology* 2013; 41(2): 146-149.
78. Przewęda R. *Rozwój somatyczny i motoryczny*. Wydanie 2. WSiP. Warszawa 1981.
79. Ræder H, Kværner AS, Henriksen C et al. Validity of bioelectrical impedance analysis in estimation of fat-free mass in colorectal cancer patients. *Clin Nutr* 2018; 37(1): 292-300.

80. Ramirez M, Martínez-Llorens J, Sanchez JF et al. Body composition in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 2013; 22(2): 324-329.
81. Rapaport L. Comprehensive preschool program tied to lower BMI decades later. *Reuters Health Information* 2021; 24(3).
82. Rózdżyńska-Świątkowska A, Kułaga Z, Grajda A et al. Height, weight and body mass index references for growth and nutritional status assessment in children and adolescents 3-18 year of age. *Standardy Medyczne. Pediatria* 2013; 10(1): 11-20.
83. Rusek W, Baran J, Leszczak J et al. The influence of body mass composition on the postural characterization of school-age children and adolescents. *Biomed Res Int* 2018; 2018: 9459014.
84. Sergi G, De Rui M, Stubbs B et al. Measurement of lean body mass using bioelectrical impedance analysis: a consideration of the pros and cons. *Aging Clin Exp Res* 2017; 29(4): 591-597.
85. Seth A, Sharma R. Childhood obesity. *Indian J Pediatr* 2013; 80(4): 309-317.
86. Simmonds M, Llewellyn A, Owen CG et al. Predicting adult obesity from childhood obesity: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev* 2016; 17(2): 95-107.
87. Simoni P, Guglielmi R, Aparisi Gómez MP. Imaging of body composition in children. *Quant Imaging Med Surg* 2020; 10(8): 1661-1671.
88. Smith AJ, O'Sullivan PB, Beales DJ et al. Trajectories of childhood body mass index are associated with adolescent sagittal standing posture. *Int J Pediatr Obes* 2011; 6: e97-e106.
89. Stolinski L, Kozinoga M, Czaprowski D et al. Two-dimensional digital photography for child body posture evaluation: standardized technique, reliable parameters and normative data for age 7-10 years. *Scoliosis Spinal Disord* 2017; 12: 38.
90. Strauss RS, Knight J. Influence of the home environment on the development of obesity in children. *Pediatrics* 1999; 103(6): 85-95.
91. Sun X, Qiu Y, Qiu XS et al. Association between circulating leptin level and anthropometric parameters in girls with adolescent idiopathic scoliosis. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi* 2007; 87(9): 594-598.
92. Tabard-Fougere A, Bonnefoy-Mazure A, Hanquinet S et al. Validity and reliability of spine rasterstereography in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2017; 42: 98-105.

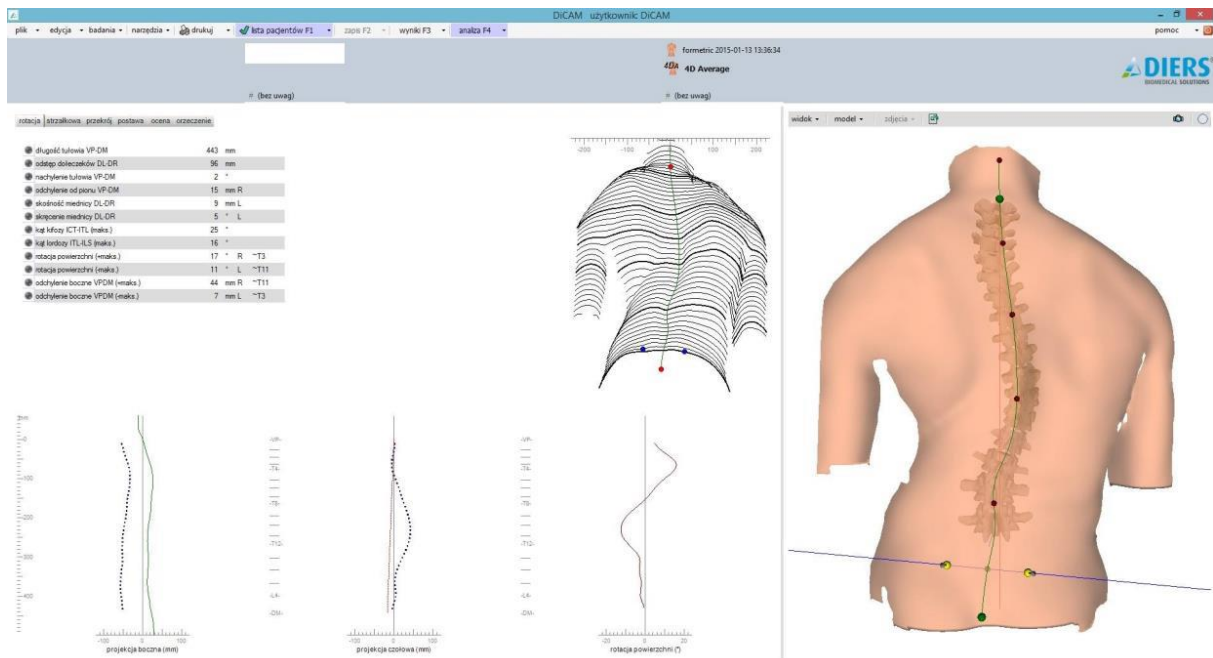
93. Takács M, Orlovits Z, Jáger B et al. Comparison of spinal curvature parameters as determined by the ZEBRIS spine examination method and the Cobb method in children with scoliosis. *PLoS One* 2018; 13(7): e0200245.
94. Taylor ED, Theim KR, Mirch MC et al. Orthopedic complications of overweight in children and adolescents. *Pediatrics* 2006; 117(6): 2167-2174.
95. Tilley MK, Justice CM, Swindle K et al. CHD7 genepolymorphisms and familial idiopathic scoliosis. *Spine* 2013; 38(22): 1432-1436.
96. Trzcńska S, Nowak Z. Kompensacyjne leczenie skolioz – zastosowanie parametrów oceniających globalną wartość rotacji tułowia. *Fizjoterapia & Rehabilitacja* 2020; 113.
97. Twig G, Yaniv G, Levine H et al. Body-mass index in 2,3 million adolescents and cardiovascular death in adulthood. *N Engl J Med* 2016; 374(25): 2430-2440.
98. Valdovino AG, Bastrom TP, Reighard FG et al. Obesity is associated with increased thoracic kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis patients and nonscoliotic adolescents. *Spine Deform* 2019; 7(6): 865-869.
99. Van Gaal LF, Mertens IL, DeBlock CE. Mechanisms linking obesity with cardiovascular disease. *Nature* 2004; 444(7121): 875–880.
100. Walicka-Cupryś K, Skalska-Izdebska R, Rachwał M et al. Influence of the weight of a school backpack on spinal curvature in the sagittal plane of seven-year-old children. *Biomed Res Int* 2015; 2015: 817913.
101. Weker H, Barańska M, Riahi A et al. Nutrition of infants and young children in Poland – PITNUTS 2016, *Dev Period Med* 2017; 21(1): 13-28.
102. Wilczyński J, Habik N, Bieniek K et al. Body posture and balance reactions in girls and boys aged 12-15 years. *Modern Applied Science* 2018; 12(4): 89-97.
103. Wilczyński J, Habik N, Bieniek K. Canonical correlations between body posture variables and postural stability in children with scoliosis and scoliotic posture. *Modern Applied Science* 2018; 12(6): 58-69.
104. Wilczyński J, Habik N, Bieniek K et al. The analysis of selected posturogram parameters in children with scoliotic changes. *Modern Applied Science* 2018; 12(8): 38-44.
105. Wilczyński J, Janecka S, Wilczyński I. Anthropometric features and postural reactions in children with scoliosis and scoliotic posture. *Journal of Education, Health and Sport* 2017; 7(9): 320-331.
106. Wilczyński J, Karolak P, Janecka S. Anthropometric variables and body composition and SEMG frequency of the spine rectifier in children with scoliosis and scoliotic posture. *Journal of Education, Health and Sport* 2018; 8(12): 558-574.

107. Wilczyński J, Lipińska-Stańczak M, Wilczyński I. Body posture defects and body composition in school-age children. *Children (Basel)* 2020; 7(11): 204.
108. Wilczyński J, Lipińska-Stańczak M, Wilczyński I. The shape of anterior-posterior spinal curvatures and body composition in school-children. *Children* 2020, 7(11): 204.
109. Wilczyński J. Korekcja wad postawy człowieka. *Anthropos*. Starachowice 2005.
110. Wilczyński J. Wykorzystanie aparatu Diers Formetric 4D do badania postawy ciała i kręgosłupa. *Wychowanie Fizyczne i Zdrowotne* 2014; 2: 13-22.
111. Wyszynska J, Podgórska-Bednarz J, Drzał-Grabiec J et al. Analysis of Relationship between the body mass composition and physical activity with body posture in children. *Biomed Res Int* 2016; 2016: 1851670.
112. Zawieska D, Zeyland-Malawka E, Prętkiewicz-Abacjew E. Objawy asymetrii w postawie ciała dzieci i młodzieży – potencjalne zagrożenie pełnosprawności układu ruchu i zdrowia. *Nowiny Lekarskie* 2006; 75(4): 394-398.
113. Zeyland-Malawka E. Effects of prolonged sport training on the sagittal shape of the spine. *Biol Sport* 1989; 6(3): 255-260.
114. Zmyślna A, Kiebzak W, Żurawski A et al. Effect of physiotherapy on spinal alignment in children with postural defects. *Int J Occup Med Environ Health* 2019; 32(1): 25-32.
115. Żurawski AŁ, Kiebzak WP, Kowalski IM et al. Evaluation of the association between postural control and sagittal curvature of the spine. *PLoS One* 2020; 15(10): e0241228.

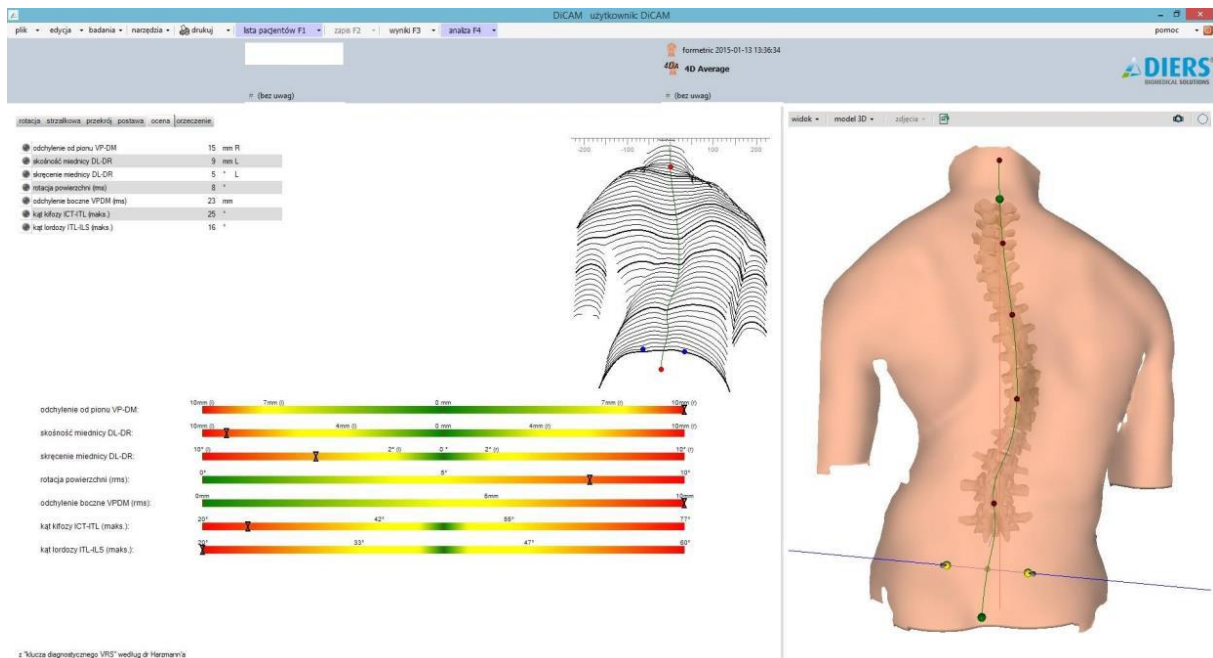
## 9. ANEKS



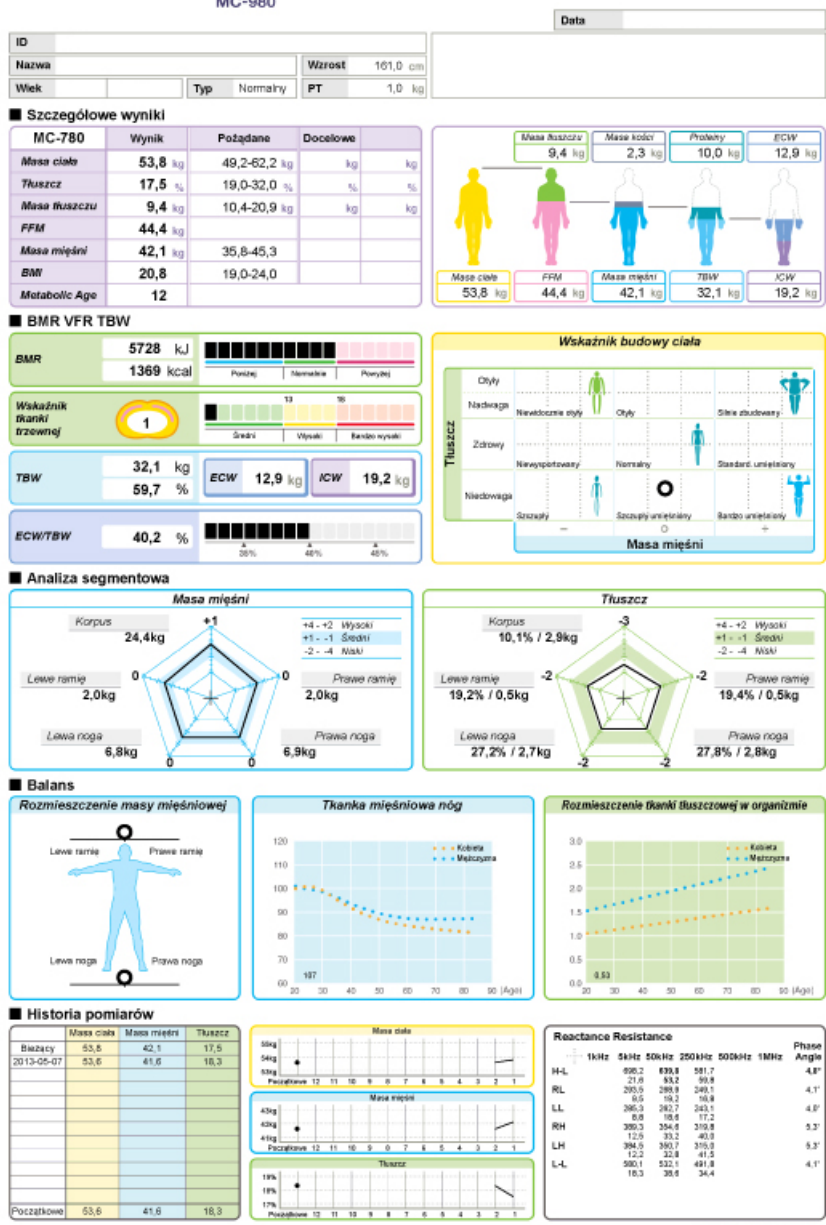
**Rycina 1.** Przykładowy wynik badania kąta skoliozy przeprowadzony za pomocą urządzenia Diers Formetric III 4D



**Rycina 2.** Przykładowy wynik badania postawy ciała przeprowadzony za pomocą urządzenia Diers Formetric III 4D



**Rycina 3.** Przykładowy wynik badania postawy ciała w płaszczyźnie poprzecznej przeprowadzony za pomocą urządzenia Diers Formetric III 4D



Rycina 4. Przykładowy wynik badania składu ciała przeprowadzony za pomocą urządzenia Tanita MC-780

**Analizator składu ciała MC-780**

Tryb: **NORMALNY**

Masa tk. tłuszcz.: **28,8 kg**  
=36,4 %

Masa tk. beztłuszcz.: **50,4 kg**

Wisceralna Tk. tłuszcz.: **4 level**

Wiek metaboliczny: **38 Lat**

Wysokość ciała: **169 cm**

Masa ciała: **79,2 kg**

BMI: **27,7 kg/m<sup>2</sup>**

BMR: **6590 kJ**  
=1574 kcal

Masa mięśni: **47,8 kg**

Skeletal Muscle Mass: **27,3 kg**  
=34,5 %

Masa tkanki kostnej: **2,6 kg**

Zawartość wody: **36,3 kg**  
=45,8 %

Kąt fazowy: **5,8 °**

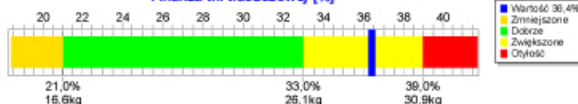
Impedancja: **687 Ohm**

ECW: **15,9 kg**

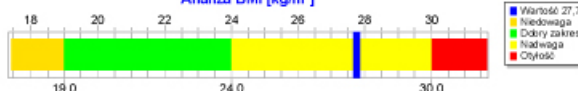
ICW: **20,4 kg**

ECW/ICW: **0,78**

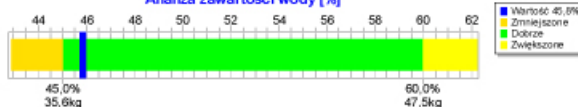
**Analiza tk. tłuszczowej [%]**



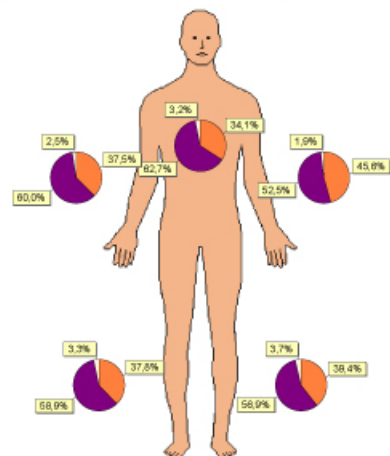
**Analiza BMI [kg/m<sup>2</sup>]**



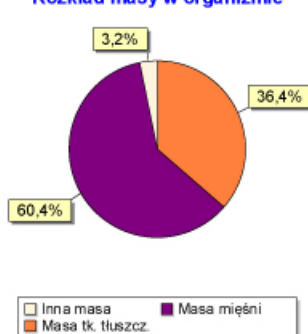
**Analiza zawartości wody [%]**



| Rozkład segmentowy | Tułów  | Prawa ręka | Lewa ręka | Prawa noga | Lewa noga | Całość |
|--------------------|--------|------------|-----------|------------|-----------|--------|
| Masa tk. tłuszcz.  | 14,8kg | 1,5kg      | 1,8kg     | 5,3kg      | 5,4kg     | 28,8kg |
| Masa mięśni        | 27,2kg | 2,4kg      | 2,1kg     | 8,3kg      | 7,8kg     | 47,8kg |
| Inna masa          | 1,4kg  | 0,1kg      | 0,1kg     | 0,5kg      | 0,5kg     | 2,6kg  |



**Rozkład masy w organizmie**



Rycina 5. Przykładowy wynik badania składu ciała przeprowadzony za pomocą urządzenia Tanita MC-780

## 10. SPIS TABEL

|   |    |
|---|----|
| TABELA 1. ZMIENNE CECH SOMATYCZNYCH W ZALEŻNOŚCI OD PŁCI U DZIECI<br>Z POSTAWĄ PRAWDŁOWĄ ORAZ POSTAWĄ SKOLIOTYCZNA  | 21 |
| TABELA 2. ZMIENNE SKŁADU CIAŁA W ZALEŻNOŚCI OD PŁCI U DZIECI<br>Z POSTAWĄ PRAWDŁOWĄ ORAZ POSTAWĄ SKOLIOTYCZNA   | 22 |
| TABELA 3. ZMIENNE SKŁADU CIAŁA W ZALEŻNOŚCI OD PŁCI U DZIECI<br>Z POSTAWĄ PRAWDŁOWĄ ORAZ POSTAWĄ SKOLIOTYCZNA   | 23 |
| TABELA 4. CHARAKTERYSTYKA CECH ANTROPOMETRYCZNYCH<br>I ZAWARTOŚĆ TKANKI TŁUSZCZOWEJ WEDŁUG PŁCI   | 24 |
| TABELA 5. CHARAKTERYSTYKA TYPÓW POSTAWY W ZALEŻNOŚCI OD PŁCI  | 25 |
| TABELA 6. WYNIKI ANALIZY KORELACJI CECH SOMATYCZNYCH<br>W ZALEŻNOŚCI OD PŁCI U DZIECI Z POSTAWĄ PRAWDŁOWĄ I POSTAWĄ<br>SKOLIOTYCZNA   | 26 |
| TABELA 7. WYNIKI ANALIZY KORELACJI SKŁADU CIAŁA W ZALEŻNOŚCI OD<br>PŁCI U DZIECI Z POSTAWĄ PRAWDŁOWĄ I POSTAWĄ SKOLIOTYCZNA   | 27 |
| TABELA 8. WYNIKI ANALIZY REGRESJI DLA ZMIENNYCH POSTAWY CIAŁA<br>U DZIEWCZĄT Z POSTAWĄ PRAWDŁOWĄ  | 29 |
| TABELA 9. WYNIKI ANALIZY REGRESJI DLA ZMIENNYCH POSTAWY CIAŁA<br>U DZIEWCZĄT Z POSTAWĄ SKOLIOTYCZNA   | 29 |
| TABELA 10. WYNIKI ANALIZY REGRESJI DLA ZMIENNYCH POSTAWY CIAŁA<br>U CHŁOPCÓW Z POSTAWĄ PRAWDŁOWĄ  | 30 |
| TABELA 11. WYNIKI ANALIZY REGRESJI DLA ZMIENNYCH POSTAWY CIAŁA<br>U CHŁOPCÓW Z POSTAWĄ SKOLIOTYCZNA   | 31 |
| TABELA 12. ISTOTNE STATYSTYCZNIE RÓŻNICE BADANYCH CECH<br>SOMATYCZNYCH POMIĘDZY DZIEWCZĘTAMI A CHŁOPCAMI WEDŁUG<br>RÓŻNYCH TYPÓW POSTAW Z UWZGLĘDNIENIEM POSTAWY<br>PRAWDŁOWEJ I POSTAWY SKOLIOTYCZNEJ, WYKAZANE<br>JEDNOCZYNNIKOWĄ ANALIZĄ WARIANCJI ANOVA       | 32 |
| TABELA 13. ISTOTNE STATYSTYCZNIE RÓŻNICE BADANYCH PARAMETRÓW<br>SKŁADU CIAŁA POMIĘDZY DZIEWCZĘTAMI A CHŁOPCAMI WEDŁUG<br>RÓŻNYCH TYPÓW POSTAW Z UWZGLĘDNIENIEM POSTAWY<br>PRAWDŁOWEJ I POSTAWY SKOLIOTYCZNEJ, WYKAZANE<br>JEDNOCZYNNIKOWĄ ANALIZĄ WARIANCJI ANOVA | 32 |

|   |    |
|---|----|
| TABELA 14. TEST POST-HOC RIR TUKEYA DLA ZMIENNYCH SKŁADU CIAŁA<br>W PODGRUPACH DZIEWCZĄT I CHŁOPCÓW Z UWZGLĘDNIENIEM TYPÓW<br>POSTAW .....  | 33 |
| TABELA 15. ISTOTNE STATYSTYCZNIE RÓŻNICE CECH SOMATYCZNYCH<br>Z UWZGLĘDNIENIEM RÓŻNYCH TYPÓW POSTAW DZIEWCZĄT<br>I CHŁOPCÓW, WYKAZANE JEDNOCZYNNIKOWĄ ANALIZĄ WARIANCJI<br>ANOVA .....  | 34 |
| TABELA 16. TEST POST-HOC RIR TUKEYA DLA ZMIENNYCH SOMATYCZNYCH<br>W PODGRUPACH DZIEWCZĄT I CHŁOPCÓW Z UWZGLĘDNIENIEM TYPÓW<br>POSTAW .....  | 35 |
| TABELA 17. ISTOTNE STATYSTYCZNIE RÓŻNICE BADANYCH PARAMETRÓW<br>SKŁADU CIAŁA WEDŁUG RÓŻNYCH TYPÓW POSTAW Z UWZGLĘDNIENIEM<br>KRZYWIZN KRĘGOSŁUPA DZIEWCZĄT I CHŁOPCÓW, WYKAZANE<br>JEDNOCZYNNIKOWĄ ANALIZĄ WARIANCJI ANOVA..... | 36 |
| TABELA 18. TEST POST-HOC RIR TUKEYA DLA ZMIENNYCH SKŁADU CIAŁA<br>W PODGRUPACH DZIEWCZĄT I CHŁOPCÓW Z UWZGLĘDNIENIEM TYPÓW<br>POSTAW .....  | 38 |
| TABELA 19. ISTOTNE STATYSTYCZNIE RÓŻNICE CECH SOMATYCZNYCH<br>WEDŁUG TYPÓW POSTAW DZIEWCZĄT I CHŁOPCÓW, WYKAZANE<br>JEDNOCZYNNIKOWĄ ANALIZĄ WARIANCJI ANOVA.....  | 41 |
| TABELA 20. TEST POST-HOC RIR TUKEYA DLA ZMIENNYCH SOMATYCZNYCH<br>DZIEWCZĄT I CHŁOPCÓW Z POSTAWĄ SKOLIO-TYCZNĄ.....   | 41 |
| TABELA 21. ISTOTNE STATYSTYCZNIE RÓŻNICE SKŁADU CIAŁA DZIEWCZĄT<br>I CHŁOPCÓW WEDŁUG TYPÓW POSTAW, WYKAZANE JEDNOCZYNNIKOWĄ<br>ANALIZĄ WARIANCJI ANOVA.....   | 42 |
| TABELA 22. TEST POST-HOC RIR TUKEYA DLA ZMIENNYCH SKŁADU CIAŁA<br>DZIEWCZĄT I CHŁOPCÓW Z POSTAWĄ SKOLIOTYCZNĄ .....   | 42 |

## 11. SPIS RYCIN

|  |    |
|--|----|
| RYCINA 1. PRZYKŁADOWY WYNIK BADANIA KĄTA SKOLIOZY<br>PRZEPROWADZONY ZA POMOCĄ URZĄDZENIA<br>DIERS FORMETRIC III 4D.....                            | 56 |
| RYCINA 2. PRZYKŁADOWY WYNIK BADANIA POSTAWY CIAŁA<br>PRZEPROWADZONY ZA POMOCĄ URZĄDZENIA<br>DIERS FORMETRIC III 4D.....                            | 56 |
| RYCINA 3. PRZYKŁADOWY WYNIK BADANIA POSTAWY CIAŁA<br>W PŁASZCZYŹNIE POPRZECZNEJ PRZEPROWADZONY ZA POMOCĄ<br>URZĄDZENIA DIERS FORMETRIC III 4D..... | 57 |
| RYCINA 4. PRZYKŁADOWY WYNIK BADANIA SKŁADU CIAŁA<br>PRZEPROWADZONY ZA POMOCĄ URZĄDZENIA TANITA MC-780.....   | 58 |
| RYCINA 5. PRZYKŁADOWY WYNIK BADANIA SKŁADU CIAŁA<br>PRZEPROWADZONY ZA POMOCĄ URZĄDZENIA TANITA MC-780.....   | 59 |

## 12. STRESZCZENIE, SUMMARY

### Streszczenie

**Wstęp.** Wady postawy dotyczą coraz większej liczby dzieci w wieku szkolnym. Badania wykazują, że dzieci z różnymi wadami postawy różnią się cechami antropometrycznymi. Celem pracy jest wykazanie związku pomiędzy cechami somatycznymi i składem ciała u dzieci z postawą skoliozy i wadami postawy w płaszczyźnie strzałkowej.

**Materiał i metody.** Badania zostały przeprowadzone na grupie 251 dzieci w wieku 9–10 lat w Laboratorium Posturologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Każdy uczestnik badania został poinformowany o celu i sposobie przeprowadzenia badań oraz o możliwości wycofania się z udziału na każdym ich etapie. Badania zostały przeprowadzone jednorazowo, po uprzednim uzyskaniu pisemnej zgody rodzica/opiekuna badanego. Na wykonanie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach (Uchwała nr 57/2018). Zmienne cech somatycznych i skład ciała analizowano przy użyciu urządzenia Tanita MC-780. Postawę ciała badano za pomocą urządzenia Diers Formetric III 4D.

**Wyniki.** Badania własne dowiodły, że w grupie dziewcząt i chłopców z postawą skoliozy istotnie statystycznie różnice między dziewczętami a chłopcami występują w odniesieniu do zmiennych: wysokość ciała, zawartość tkanki beztłuszczowej, zawartość tkanki kostnej oraz kąt fazowy. Analiza wyników własnych wykazała, że chłopcy charakteryzują się średnio większą wysokością ciała i większą masą ciała, mają wyższą zawartość tkanki mięśniowej, tkanki kostnej, tkanki beztłuszczowej oraz wyższą zawartość wody, a także mają wyższy wskaźnik masy ciała BMI oraz wyższy wskaźnik podstawowej przemiany materii BMR.

**Wnioski.** W przeprowadzonych badaniach zaobserwowano związek między zmiennymi cech somatycznych i składu ciała a zmiennymi postawy ciała. Stwierdzono zależność wpływu cech somatycznych i składu ciała na postawę skoliozy. W badanej grupie stwierdzono zależność wpływu cech somatycznych i składu ciała na postawę ciała pomiędzy podgrupami dziewcząt i chłopców.

## Summary

**The introduction.** Postural defects affect an increasing number of school-age children. Research shows that children with various posture defects have different anthropometric features. The aim of the study is to analyze the relationship between somatic features and body composition in children with scoliotic posture and sagittal posture defects.

**Material and methods.** The study was conducted on a group of 251 school children aged 9–10 years in the Posturology Laboratory at Collegium Medicum of Jan Kochanowski University in Kielce. Each research participant was informed about the purpose and method of conducting the research and about the possibility of withdrawing from participation at any stage. Studies have been carried out once with the prior written consent of the parent/supervisor. The study was approved by the Bioethical Committee of the Jan Kochanowski University in Kielce (Act No. 57/2018). Anthropometric variables and body composition were analyzed using the Tanita MC-780 device. The body postures were examined using the Diers Formetric III 4D.

**Results.** Own research has shown that in the group of girls and boys with scoliotic attitude, statistically significant differences between girls and boys occur in relation to the variables body height, lean tissue content, bone tissue content and phase angle. The analysis of own results showed that boys are, on average, taller and heavier, have a higher content of muscle and bone tissue, a higher content of lean tissue and a higher water content, have a higher body mass index (BMI) and a higher index of basal metabolic rate (BMR).

**Conclusions.** In the conducted research, relationships between the variables of somatic traits and body composition and the variables of body posture were observed. The influence of somatic features and body composition on the scoliotic attitude was found to be correlated. In the studied group, the influence of somatic features and body composition on body posture was correlated between the subgroups of girls and boys.

Kielce, dn. ... 2022 r.

Sylwia Janecka

128580

Studia doktoranckie

Kierunek: Nauki o Zdrowiu

### OŚWIADCZENIE

Przedkładając w roku akademickim 2021/2022 pracę doktorską pod tytułem: CECHY SOMATYCZNE I SKŁAD CIAŁA U DZIECI Z POSTAWĄ SKOLIOTYCZNĄ I WADAMI POSTAWY W PŁASZCZYŹNIE STRZAŁKOWEJ

oświadczam, że:

- pracę napisałam samodzielnie,
- praca nie stanowi istotnego fragmentu lub innych elementów cudzego utworu,
- praca nie narusza żadnych innych istniejących praw autorskich,
- wykorzystane w pracy materiały źródłowe zastosowane zostały z zachowaniem zasad prawa cytatu,
- wersja elektroniczna (na nośniku elektronicznym i/lub w systemie Wirtualna Uczelnia) pracy jest tożsama z wersją drukowaną.

Równocześnie oświadczam, że jestem świadoma, iż na podstawie art. 15a ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz.U. Nr 24 poz. 83 ze zm.) Uniwersytetowi Jana Kochanowskiego w Kielcach przysługuje pierwszeństwo w opublikowaniu mojej pracy doktorskiej w terminie 6 miesięcy od daty jej obrony.

W przypadku nieskorzystania przez Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach z prawa pierwszeństwa publikacji wyrażam zgodę na udostępnianie mojej pracy doktorskiej przez Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach dla celów naukowych i dydaktycznych.

Prawdziwość powyższego oświadczenia potwierdzam własnoręcznym podpisem.

.....  
czytelny podpis studenta