



## PRACA ORYGINALNA / ORIGINAL PAPER

Anna Burdukiewicz<sup>A,B,C,D,E,F,G,H</sup>, Jadwiga Pietraszewska<sup>B,C,D,E</sup>, Justyna Andrzejewska<sup>B,C,D,E</sup>,  
Tomasz Piojda<sup>F,G</sup>, Aleksandra Stachoń<sup>F,G</sup>

### Postawa a skład ciała dziewcząt w wieku pokwitania

### Body posture vs body composition in adolescent girls

Zakład Antropologii Fizycznej Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu

#### STRESZCZENIE

**Cel pracy.** Okres dojrzewania płciowego wyróżnia się dużymi zmianami w cechach morfologicznych i funkcjonalnych ustroju. Jest to również faza krytyczna dla kształtowania się postawy ciała. Celem pracy jest zbadanie zmienności rozwojowej cech posturalnych i składu ciała dziewcząt w wieku 13–15 lat.

**Materiał i metoda.** Wykorzystano ciągłe dane pomiarowe 91 dziewcząt uczęszczających do gimnazjum publicznego we Wrocławiu. Zmierzono masę i wysokość ciała, które posłużyły do wyliczenia BMI. Skład ciała oceniono metodą bioelektrycznej impedancji (aparatus BIA 101S firmy Akern, oprogramowanie Bodygram 1.31). W analizie wykorzystano następujące cechy: masa komórkowa, masa pozakomórkowa, masa tłuszczu, masa ciała szczupłego. Na podstawie wielkości bezwzględnych wyliczono dwa wskaźniki: masa komórkowa/masa pozakomórkowa i ciało szczupłe/tłuszcz. Ocenę postawy ciała przeprowadzono, korzystając ze sprzężonego z komputerem Posturometru S. Obliczenia przeprowadzono, korzystając z pakietu *Statistica 10*.

#### ABSTRACT

**Aim.** The puberty is distinguished by significant changes in the morphological and functional characteristics of the organism's systems. It is also a critical phase during forming of body posture. The aim of the paper is to examine the variability of development of postural characteristics and body composition of girls aged 13-15 years.

**Material and Method.** There were used the longitudinal measurements of 91 girls attending a public high school in Wrocław, namely body weight and height, which were then used to calculate BMI. The body composition was assessed by bioelectrical impedance analysis (apparatus BIA 101S produced by Akern, software Bodygram 1.31). In the analysis, the following features were considered: body cell mass, extracellular mass, fat mass, lean body mass. On the basis of the absolute values two ratios were calculated: body cell mass / extracellular mass and lean body/fat. The posture assessment was carried out using a computer coupled with Posturometr S. The calculations were performed using *Statistica 10* package.

**Adres do korespondencji / Mailing address:** Anna Burdukiewicz, Zakład Antropologii Fizycznej, Akademia Wychowania Fizycznego, al. I.J. Paderewskiego 35, P-2, 51-612 Wrocław, 71 347 3313, [anna.burdukiewicz@awf.wroc.pl](mailto:anna.burdukiewicz@awf.wroc.pl)

Udział współautorów / Participation of co-authors: A – przygotowanie projektu badawczego/ preparation of a research project; B – zbieranie danych / collection of data; C – analiza statystyczna / statistical analysis; D – interpretacja danych / interpretation of data; E – przygotowanie manuskryptu / preparation of a manuscript; F – opracowanie piśmiennictwa / working out the literature; G – pozyskanie funduszy / obtaining funds

Artykuł otrzymano / recived: 20.02.2015 | Zaakceptowano do publikacji / accepted: 15.06.2015

Burdukiewicz A, Pietraszewska J, Andrzejewska J, Piojda T, Stachoń A. *Postawa a skład ciała dziewcząt w wieku pokwitania*. *Prz Med Uniw Rzesz Inst Leków* 2015; 13 (3): 232–243. doi: 10.15584/przmed.2015.3.4

**Wyniki i wnioski.** Odnotowano wzrost masywności sylwetki oceniany wskaźnikiem BMI oraz powiększenie masy komórkowej w relacji do pozakomórkowej. Masa ciała szczupłego w odniesieniu do masy tłuszczu ulega natomiast wyraźnemu zmniejszeniu, co wiąże się z kształtowaniem właściwych dla płci żeńskiej relacji w składzie ciała. Wzrastanie cech posturalnych, takich jak wysokości wyrostków barkowych, dolnych kątów łopatek i wysokości kolców biodrowych tylnych górnych kształtuje się podobnie do zmian w wysokości ciała. Z wiekiem zmniejszeniu ulega nachylenie części krzyżowej kręgosłupa, a powiększa się kąt nachylenia części piersiowo-łędźwiowej. W kolejnych porównaniach zaobserwowano zwiększenie frekwencji sylwetek kifotycznych (podtyp II), równoważnych (wszystkie podtypy) i lordotycznych (podtyp II). Ponadto odnotowano tendencję do zwiększania się liczby osób cechujących się bardzo dobrą sylwetką. Jedynie w wieku 14 lat zaobserwowano przejściowe zwiększenie częstości występowania postaw wadliwych i złych.

**Słowa kluczowe:** tłuszcz, masa komórkowa, krzywizny kręgosłupa

## Wstęp

Postawa ciała człowieka to cecha indywidualna, która uwarunkowana jest rozwojem ontogenetycznym, m.in. układu kostno-więzadłowego, mięśniowego, ich inervacji, rozwojem zmysłu równowagi i czucia proprioceptywnego, a także zależy od czynników środowiskowych, oddziałujących na człowieka (np. stres). W trakcie rozwoju utrwalany jest ponadto nawyk postawy ciała na podstawie m.in. wrażeń kinestetycznych, sugestii rodziców i opiekunów [1].

Istotnym elementem postawy jest kręgosłup. Kształtowanie się jego krzywizn w trakcie ontogenezy przebiega stopniowo. W trzecim miesiącu życia kształtuje się lordoza szyjna ze względu na aktywność mięśni karku, podczas unoszenia głowy przez dziecko w pozycji leżenia na brzuchu. Siadanie i raczkowanie około 6 miesiąca kształtuje rozległą kifozę piersiową. Charakterystyczna dla gatunku ludzkiego lordoza łędźwiowa pojawia się wraz z przybraniem postawy stojącej przez dziecko około 9–12 miesiąca życia. Przed 10. rokiem życia krzywizny kręgosłupa charakteryzują się dużą labilnością. W wieku ok. 8–11 r.ż. lordoza łędźwiowa znacznie się pogłębia, by po skoku pokwitania ulec ponownemu zmniejszeniu [2, 3].

Kończyny dolne mają istotny wpływ na kształtowanie się krzywizn kręgosłupa [4]. Stopy początkowo są ustawione w pozycji koślawej i ok. 7–8 r.ż. kształtuje się prawidłowe wysklepienie stóp, które związane jest z optymalną siłą mięśniową i kostnieniem poszczególnych elementów kończyn dolnych. Kształt stawów kolanowych u dzieci przechodzi od szpotawości, poprzez koślawość do stanu pośredniego. Odchylenia od tych form mogą wpływać na wady postawy kończyn dolnych [1, 5].

Z upływem lat w organizmie człowieka dochodzi do zmian fizjologicznych i patofizjologicznych. Postawa ciała

**Results and conclusions.** There has been noted an increase in the massiveness of body build assessed by BMI and larger body cell mass in relation to the extracellular mass. The relation in lean body mass to the fat was markedly reduced, which is associated with the shape typical for female proportions of body composition. Growing postural characteristics such as shoulder height, infrascapular height and iliospinale superior posterior height is similar to the changes in body height. With age, the slope of sacral part of spine decreases and increases the angle of inclination of the thoraco-lumbar part. In the following comparisons, increasing frequency of kyphotic silhouettes (subtype II), balanced (all subtypes) and lordotic (subtype II) were observed. Moreover, there was a tendency to increasing number of persons with very good body posture. At the age of 14 years, there was noted a transient increase in the frequency of defective and bad posture.

**Key words:** fat, body cell mass, spine curvature

## Introduction

Posture is an individual feature determined by the ontogenetic development of, among others, bones, ligaments, muscles, by their innervation, development of the sense of equilibrium and proprioceptive sensibility, as well as by environmental factors (e.g. stress). In addition, as human beings grow, they develop their postural habits on the basis of e.g. kinaesthetic sensations, and suggestions from parents or carers [1].

An important element of posture is the spine. The formation of its curvatures during ontogenesis is gradual. Cervical lordosis is formed in the third month of a child's life thanks to the activity of neck muscles as the child lifts its head when lying prone. Sitting up and crawling at the age of about 6 months shapes the thoracic kyphosis. The characteristic human lumbar lordosis appears as the child begins to stand up around the age of 9–12 months. Before the age of 10 spinal curvatures are very labile. At the age of about 8–11 lumbar lordosis becomes much more pronounced, only to diminish again after the pubertal spurt [2, 3].

The lower limbs have a significant impact on the development of spinal curvatures [4]. Initially, the feet are in the valgus position and around the age of 7–8 the arch of the foot takes its correct shape, a process linked to optimum muscle strength and ossification of the various elements of lower limbs. The shape of knee joints in children changes from varus deformity through valgus deformity to the intermediate state. Deviations from these forms may lead to faulty posture in lower limbs [1, 5].

As time goes by the human body experiences physiological and pathophysiological changes. Posture changes as a result of changes in soft tissues (muscles, tendons, ligaments), which are characterised by loss of strength,

zmienia się na skutek zmian w tkankach miękkich (mięśnie, ścięgna, więzadła), co charakteryzuje się spadkiem siły, mocy, wytrzymałości, elastyczności różnych struktur morfologicznych. Istotny wpływ ma również pojawienie się zmian kompensacyjnych i zwyrodnieniowo-wytwórczych w układzie kostno-stawowym [6].

Okres dojrzewania płciowego jest etapem ontogenezy wyróżniającym się dużymi zmianami w cechach morfologicznych i funkcjonalnych ustroju [7]. Jest to również okres krytyczny dla kształtowania się postawy ciała. Zróżnicowana dynamika wzrastania poszczególnych segmentów ciała powoduje zmiany w proporcjach ciała i przemieszczanie środka ciężkości ciała. Nierównomierne przyrosty wykazują również cechy składu ciała. Ponadto zmiany rozwojowe komponentów wykazują różnice w zależności od płci [8]. U chłopców wzrost masywności budowy jest konsekwencją głównie większego tempa rozwoju masy ciała szczupłego, a zwłaszcza masy komórkowej. U dziewcząt natomiast powiększenie masywności ciała wynika z większych przyrostów masy tłuszczu. W konsekwencji zróżnicowanie płciowe w składzie ciała przejawia się większym udziałem masy ciała szczupłego u chłopców i większym otłuszczeniem u płci żeńskiej.

Tempo dojrzewania wykazuje powiązania ze stanem rozwoju masy i wysokości ciała [9]. Badania dziewcząt wykazały istnienie korelacji wieku wystąpienia pierwszej menstruacji z większymi wartościami wskaźnika BMI. Dziewczeta późno dojrzewające charakteryzowała natomiast smuklejsza budowa ciała w porównaniu z wcześniej dojrzewającymi rówieśniczkami. Nie odnotowano istotnych różnic w wartościach wysokości ciała, szerokości barków i bioder oraz wymiarach klatki piersiowej.

Postawa ciała wykazuje również powiązania z budową somatyczną [10]. W wieku 7–12 lat u dziewcząt i chłopców zaobserwowano występowanie pogłębionej lordozy towarzyszącej dominacji endomorfii w somatotypie. Z kolei kifotyczna sylwetka ciała cechowała dzieci o budowie ektomorficznej, a postawa równoważna była charakterystyczna dla osób o przewadze mezomorfii w budowie ciała. Również Grabara i Pstrągowska [11], analizując postawę ciała dzieci i młodzieży w aspekcie proporcji wagowo-wzrostowych ocenianych wskaźnikiem BMI, stwierdziły występowanie wad postawy zarówno u dzieci z prawidłową, jak i nadmierną czy też niedostateczną masą ciała. U dzieci z nadwagą i otyłością odnotowano występowanie pogłębionych krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa.

Aktywność fizyczna jest czynnikiem kształtującym sylwetkę ciała. Lizis i wsp. [12], analizując postawę ciała i wysklepienie stopy chłopców trenujących piłkę nożną stwierdzili, że na tle nieuprawiających sportu rówieśników młodzież aktywną fizycznie cechowała mniejsza częstość występowania odchyżeń od wzorca postawy prawidłowej. Natomiast we wspomnianej grupie częściej odnotowywano obniżenie wysklepienia podłużnego

power, endurance and elasticity of various morphological structures. Of great significance are also compensatory and degenerative-proliferative changes in the osteoarticular system [6].

Pubescence is a stage in ontogenesis characterised by substantial changes in the morphological and functional traits of the body [7]. It is also a period that is critical to the development of posture. The varied dynamics of growth in the various segments of the body cause changes in the proportions of the body and a shift in its centre of gravity. Uneven increments can also be observed in the elements of body composition. In addition, developmental changes in these components differ depending on sex [8]. In boys, the growth of the body mass is mainly a consequence of a quicker growth of the lean body mass, especially body cell mass. In girls, on the other hand, the increase in body mass results from a greater growth in the fat mass. Consequently, sex-related differences in the composition of the body are manifested in a higher share of the lean body mass in boys and higher fat deposition in girls.

The rate of sexual maturation is linked to body mass and body height growth [9]. Studies of girls have revealed a correlation between the age of the first menstruation and higher BMI values. On the other hand, late maturing girls are characterised by slenderer figures in comparison with their early maturing peers. No significant differences have been observed in body height, shoulder and hip width, and chest dimensions.

Posture is also linked to the somatic constitution [10]. At the age of 7–12 girls and boys display an enhanced lordosis accompanying predominantly endomorphic somatotypes. A kyphotic posture, on the other hand, has been found in children with ectomorphic body types, while a balanced posture is characteristic of a predominantly mesomorphic body type. When analysing the posture of children and adolescents with regard to weight-height proportions measured by the BMI, Grabara and Pstrągowska [11], have observed faulty postures in children with the correct body weight as well as overweight and underweight children. Enhanced anterior-posterior spinal curvatures have been found in overweight and obese children.

Physical activity is a posture-shaping factor. When analysing the posture and foot arches in boys practising football, Lizis et al. [12] found that when compared to their peers not practising sport, they were characterised by fewer deviations from the correct posture. On the other hand, the researchers found more cases of lowered longitudinal arches of the foot, which could be linked to the specificity of their sport. The impact of training on the development of posture has also been confirmed in studies of young track and field athletes [13]. Research has demonstrated that among training athletes there are more cases of faulty or incorrect posture, numerous asymmetries and enhanced spinal curvatures in the sag-

stopy, co może wynikać ze specyfiki uprawianej dyscypliny. Wpływ treningu na ukształtowanie cech posturalnych znalazł również potwierdzenie w badaniach młodych lekkoatletów [13]. Badania wykazały, że w grupie trenującej częściej występowały wady i błędy postawy, liczne asymetrie oraz pogłębienie krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej, co mogło być konsekwencją techniki biegania po łuku wymagającej częstego pochylania tułowia. Analiza postawy ciała piłkarek ręcznych w porównaniu do nietrenujących rówieśniczek dowiodła występowania u nich typu kifotycznego, co można uzasadnić specyfiką treningu, w którym znaczną część stanowi bieg z piłką w pochylonej postawie ciała [14].

**Celem pracy** jest zbadanie zmienności rozwojowej cech posturalnych i składu ciała dziewcząt w wieku 13–15 lat.

### Materiał i metoda

W pracy wykorzystano ciągłe dane pomiarowe 91 dziewcząt w wieku 13–15 lat uczęszczających do gimnazjum publicznego we Wrocławiu. Badania przeprowadzono w godzinach przedpołudniowych w odstępach rocznych. Na wykonanie pomiarów uzyskano zgodę rodziców dziewcząt i uczestniczek. Projekt realizowano zgodnie z etycznymi standardami Deklaracji Helsińskiej.

Pomiar wysokości ciała wykonano antropometrem z dokładnością do 0,1 cm, a masy ciała z użyciem wagi elektronicznej z dokładnością do 0,1 kg. Obie wymienione cechy posłużyły do obliczenia wskaźnika *Body Mass Index* (masa ciała/wysokość ciała<sup>2</sup>), który umożliwia przeprowadzenie oceny proporcji wagowo-wzrostowych.

Skład ciała oceniono metodą bioelektrycznej impedancji [15]. Wykorzystano aparat BIA 101S (firma Akern) z oprogramowaniem Bodygram 1.31. Podczas pomiaru składu ciała badany (na czczo) znajdował się w pozycji leżącej, celem wyrównania poziomu płynów oraz impedancji tkanek organizmu, co jest ważnym punktem przy ocenie dokładności wykonywanych pomiarów. Elektrody umieszczono na skórze, w linii pośrodkowej, w dwóch miejscach na powierzchni grzbietowej ręki i stopy. Ułożenie elektrod w ten sposób umożliwiło penetrację prądu na większym obszarze badanego ciała bez skracania obwodu, co zwiększa dokładność pomiaru. W analizie wykorzystano następujące cechy składu ciała: masę komórkową [kg, %], masę pozakomórkową [kg, %], masę tłuszczu [kg, %], masę ciała szczupłego [kg, %]. Na podstawie wielkości bezwzględnych wybranych komponentów wyliczono dwa wskaźniki: masa komórkowa/masa pozakomórkowa i ciało szczupłe/tłuszcz.

Ocenę postawy ciała przeprowadzono, korzystając ze sprzężonego z komputerem Posturometru S [16]. Umożliwia on ocenę typu postawy i występowanie zaburzeń w postawie ciała pojawiających się w ustawieniu barków, łopatek i miednicy. Podczas pomiaru głowa badanego znajdowała się w pozycji „frankfurckiej” (górna kra-

ittal plane, which may be linked to the curve running technique, which requires frequent bending of the torso. An analysis of the posture of female handball players in comparison with their non-training peers has demonstrated the presence of the kyphotic type among them, which may be explained by the specificity of their training, a large part of which involves running with the ball with bent torso [14].

The objective of the present study was to investigate developmental variability in posture and body composition in girls aged 13–15.

### Material and methods

The study used measurements of 91 girls aged 13–15 attending a state secondary school in Wrocław. Measurements were taken in the mornings at yearly intervals. The researchers obtained permission to take the measurements from the girls and their parents. The project was carried out in line with the ethical standards of the Helsinki Declaration.

Measurements of body height were taken with an anthropometer with an accuracy of 0.1 cm and of body mass – electronic scales with an accuracy of 0.1 kg. Both variables were used to calculate the Body Mass Index (body mass/body height<sup>2</sup>), which made it possible to assess weight-height proportions.

Body composition was assessed by means of bioelectrical impedance analysis [15]. The researchers used the BIA 101S device (by Akern) with the Bodygram 1.31 software. During body composition measurements the subjects (on empty stomachs) were lying down in order to balance the level of fluids and tissue impedance, an important factor in the assessment of measurement accuracy. Electrodes were placed on the skin on the midline, at two points on the dorsal surface of the hand and foot. Such a placement of the electrodes made it possible for the current to penetrate a larger part of the body without the need to shorten the circuit, which increased the accuracy of the measurements. The following body composition elements were featured in the analysis: body cell mass [kg, %], extracellular mass [kg, %], fat mass [kg, %] and lean body mass [kg, %]. Two ratios were calculated on the basis of absolute values of the selected components: body cell mass/extracellular mass and lean body/fat.

Body posture was analysed by means of the Posturometr S device coupled with a computer [16]. The device makes it possible to assess posture type and posture defects in the position of the shoulders, scapulae and pelvis. During the measurement the head of the subject was in the Frankfurt horizontal plane (the upper edge of the external acoustic foramina and lower edge of the orbital cavities should be on the same level). Next, selected points were marked with a dermatograph on the patient's skin on the right and left sides: *acromion* (a), *infrascap-*



wędź zewnętrznych otworów słuchowych i dolna krawędź oczodołów powinna znajdować się na tej samej wysokości). Następnie na ciele pacjenta dermatografem zaznaczone zostały wybrane punkty po prawej i lewej stronie *acromion (a)*, *infrascapulare (ins)*, *iliospinale superior posterior (isp)*. W analizie uwzględnione zostały następujące cechy posturalne: wysokość barku *B-a* [cm], wysokość dolnego kąta łopatki *B-ins* [cm], wysokość kolca biodrowego tylnego *B-isp* [cm]. Ponadto uwzględniono wielkość kąta nachylenia odcinka piersiowego górnego kręgosłupa (kąta alfa), piersiowo-lędźwiowego (kąta beta) i krzyżowego (kąta gamma).

W artykule zastosowano metodę sylwetkową Wolańskiego jako metodę oceny postawy ciała. Przednio-tylne krzywizny kręgosłupa wyznaczają trzy rodzaje postaw:

- postawa o przewadze krzywizny kifotycznej (piersiowej) nad lordotyczną (lędźwiową) – tzw. postawa kifotyczna, oznaczana literą „K”;
- postawa o przewadze krzywizny lordotycznej nad kifotyczną – tzw. postawa lordotyczna, oznaczana literą „L”;
- postawa o wyrównanej kifozie piersiowej i lordozie lędźwiowej – tzw. postawa równoważna, oznaczana literą „R”.

Wymienione typy postawy występują w trzech wariantach wyróżnionych na podstawie głębokości krzywizn kręgosłupa (K I, K II, K III, L I, L II, L III, R I, R II, R III). Postawy można podzielić na prawidłowe (bardzo dobre, dobre) oraz nieprawidłowe (wadliwe, złe) [17]. Do postawy bardzo dobrej zaliczany jest podtyp R I, do postawy dobrej K I, L I i R II, do postawy wadliwej zalicza się K II i L II, natomiast wśród postaw złych znajdują się K III, R III, L III.

Obliczenia przeprowadzono, korzystając z pakietu *Statistica 9*. Ocenę normalności rozkładów cech przeprowadzono, stosując test Shapiro-Wilka. W pracy uwzględniono podstawowe charakterystyki statystyczne – średnią arytmetyczną oraz odchylenie standardowe analizowanych cech. Ocenę zmian z wiekiem poziomu rozwoju cech morfologicznych i składu ciała przeprowadzono za pomocą testu t-Studenta dla prób zależnych. Do oceny istotności różnic międzyrocznych w częstości występowania typowej postawy ciała zastosowano test chi-kwadrat.

## Wyniki

W tabeli 1 przedstawiono charakterystyki statystyczne cech somatycznych i składu ciała dziewcząt. Między 13 i 15 rokiem życia badanych odnotowano znaczące zmiany z wiekiem w wielkości analizowanych cech morfologicznych (tabela 2). W badanym okresie na tle ogólnej tendencji w kierunku powiększania się analizowanych cech odnotowano w wieku 13–14 lat znaczące zmniejszenie masy pozakomórkowej wyrażonej w kilogramach. W kolejnym porównaniu (14–15 lat) nieznacznemu zmniejszeniu uległ odsetkowy udział masy komórkowej.

*ulare (ins)*, *iliospinale superior posterior (isp)*. The analysis covered the following postural variables: shoulder height *B-a* [cm], infrascapular height *B-ins* [cm], iliospinale superior posterior height *B-isp* [cm]. In addition, the researchers took into account the inclination of the upper thoracic spine (alpha angle), thoracic-lumbar spine (beta angle) and the sacral slope (gamma angle).

The Wolański method was used to assess posture. The anterior-posterior spinal curvatures determine three types of posture:

- posture with a predominantly kyphotic (thoracic) rather than lordotic (lumbar) curvature – the so-called kyphotic posture, marked with the letter “K”;
- posture with a predominantly lordotic rather than kyphotic curvature – the so-called lordotic posture, marked with the letter “L”;
- posture with a balanced thoracic kyphosis and lumbar lordosis – the so-called balanced posture marked with the letter “R” [“równoważna” for balanced in Polish];

All types occur in three variants distinguished on the basis of spinal curvature depths (KI, KII, KIII, LI, LII, LIII, RI, RII, RIII). Postures can be divided into correct (very good, good) and incorrect (faulty, bad) [17]. The very good posture is represented by subtype RI, good posture – KI, LI and RII, faulty posture – KII and LII, and bad posture – KIII, RIII, LIII.

The calculations were carried out by means of the *Statistica 9 10* software. The Shapiro-Wilk test was used to check distribution normality. The analysis took into account the basic statistical characteristics – arithmetic average and standard deviation of the analysed variables. Age-related changes in the level of development of morphological traits and body composition were analysed by means of Student’s t-test for dependent samples. The significance of differences between age groups with regard to the frequency of typical body posture was assessed by means of a chi-squared test.

## Results

Table 1 presents statistical characteristics of the somatic and body composition variables of 13-15-year-old girls. Between the ages of 13 and 15 the researchers noted significant age-related changes in the values of the analysed morphological variables (Table 2). In spite of a general tendency for the analysed variables to increase, the age of 13-14 was marked by a substantial decrease of the extracellular mass expressed in kilograms. In another comparison (14-15 years of age), there was a slight decrease of the percentage of the body cell mass.

In the analysed ontogenetic period there was an increase of the massiveness of body build measured by the BMI as well as an increase in the body cell mass in relation to the extracellular mass. The lean body mass,

Tab. 1. Charakterystyka statystyczna cech morfologicznych 13–15 letnich dziewcząt

Tab. 1. The statistical characteristics of the morphological variables of 13–15 year old girls

Cecha / Variable	13		14		15	
	x	s	x	s	x	s
Wysokość ciała [cm] / Body height [cm]	162,1	7,63	164,4	7,14	165,9	7,11
Masa ciała [kg] / Body mass [kg]	52,7	11,48	55,2	10,03	58,0	12,75
Masa komórkowa [kg] / Body cell mass [kg]	20,2	3,34	21,8	3,78	22,5	4,18
Masa pozakomórkowa [kg] / Extracellular mass [kg]	19,0	3,09	18,4	2,72	18,8	3,76
Tłuszcz [kg] / Fat [kg]	13,5	6,71	15,0	5,70	16,7	7,67
Masa ciała szczupłego [kg] / Fat free mass [kg]	39,3	5,45	40,2	5,31	41,3	6,38
% Masa komórkowa / % Body cell mass	38,9	4,50	39,8	4,30	39,1	4,80
% Masa pozakomórkowa / % Extracellular mass	36,8	5,02	33,8	4,51	32,8	4,99
% Tłuszcz / % Fat	24,3	6,82	26,4	5,62	28,0	5,52
Masa ciała/wysokość ciała <sup>2</sup> Body mass/Body height <sup>2</sup>	19,9	3,60	20,4	3,17	20,9	4,18
Masa komórkowa/masa pozakomórkowa Body cell mass/Extracellular mass	1,1	0,23	1,2	0,30	1,2	0,46
Masa ciała szczupłego/tłuszcz Fat free mass/ Fat	3,5	1,60	2,9	0,97	2,7	0,78

Tab. 2. Charakterystyka statystyczna przyrostów (d) cech morfologicznych

Tab. 2. The statistical characteristics of the increments (d) of morphological variables

Cecha / Variable	14–13		15–14	
	d	s	d	s
Wysokość ciała [cm] / Body height [cm]	<b>2,3*</b>	1,81	<b>1,5</b>	1,45
Masa ciała [kg] / Body mass [kg]	<b>2,5</b>	3,87	<b>2,8</b>	8,29
Masa komórkowa [kg] / Body cell mass [kg]	<b>1,6</b>	2,29	<b>0,7</b>	2,09
Masa pozakomórkowa [kg] / Extracellular mass [kg]	<b>-0,7</b>	2,26	0,4	2,59
Tłuszcz [kg] / Fat [kg]	<b>1,5</b>	2,80	<b>1,7</b>	6,08
Masa ciała szczupłego [kg] / Fat free mass [kg]	<b>0,9</b>	2,05	<b>1,1</b>	2,87
% Masa komórkowa / % Body cell mass	0,8	4,28	-0,6	3,68
% Masa pozakomórkowa / % Extracellular mass	<b>3,0</b>	4,26	<b>5,4</b>	7,13
% Tłuszcz / % Fat	<b>2,2</b>	3,68	<b>1,5</b>	3,75
Masa ciała/wysokość ciała <sup>2</sup> Body mass/Body height <sup>2</sup>	<b>0,4</b>	1,32	0,6	2,93
Masa komórkowa/masa pozakomórkowa Body cell mass/Extracellular mass	<b>0,1</b>	0,27	0,0	0,29
Masa ciała szczupłego/tłuszcz Fat free mass/ Fat	<b>-0,5</b>	1,09	<b>-0,3</b>	0,54

\* pogrubionym drukiem zaznaczono wartości istotne na poziomie 0.05

\* bold marked values significant at 0.05

W analizowanym okresie ontogenezy odnotowano wzrost masywności sylwetki oceniany wskaźnikiem BMI oraz powiększenie masy komórkowej w relacji do pozakomórkowej. Natomiast masa ciała szczupłego w odniesieniu do masy tłuszczu ulega wyraźnemu zmniejszeniu.

Na podstawie analizy średnich wielkości przyrostów rocznych można zauważyć, że tempo zmian wysokości ciała wykazuje tendencję do zmniejszania wraz z wiekiem badanych (tab. 2). Podobny kierunek zmian zaobserwowano również w przypadku masy komórkowej. Natomiast przyrosty roczne masy ciała, ciała szczupłego, tłuszczu oraz masy pozakomórkowej ulegają powiększeniu w kolejnych porównaniach. Jedynie

on the other hand, was markedly reduced in relation to the fat mass.

An analysis of the average annual increments reveals that the rate of body height changes has a tendency to decrease with age (Table 2). A similar tendency was observed also in the case of body cell mass. On the other hand, the annual increments of the body mass, lean body mass, fat and extracellular mass increased in successive comparisons. Only at the age of 13–14 were the annual differences in the analysed variables statistically significant. In the next comparison (14–15 years of age) the significance threshold was reached only by the annual changes in the lean body mass/fat ratio.

Tab. 3. Charakterystyka statystyczna cech posturalnych 13–15 letnich dziewcząt

Tab. 3. The statistical characteristics of postural variables of 13–15 year old girls

Cecha / Variable	Wiek [lata] / Age [years]		13		14		15	
	x	s	x	s	x	s	x	s
Wysokość barku L [cm] / Shoulder height L [cm]	131,2	6,65	134,0	6,57	135,2	6,49		
Wysokość barku P [cm] / Shoulder height R [cm]	130,8	6,70	133,2	6,55	134,3	6,52		
Wysokość dolnego kąta łopatki L [cm] Infrascapular height L [cm]	119,6	6,46	121,4	6,09	122,6	6,03		
Wysokość dolnego kąta łopatki P [cm] Infrascapulare height R [cm]	119,4	6,48	120,9	6,03	122,1	6,07		
Wys. kolca biodrowego tylnego g. L [cm] Iliospinale superior posterior height L [cm]	95,4	5,17	96,7	4,99	98,6	4,91		
Wys. kolca biodrowego tylnego g. P [cm] Iliospinale superior posterior height R [cm]	95,3	5,23	96,6	5,01	98,2	4,87		
Kąt alfa [°] / Alpha angle [°]	15,2	3,97	15,0	3,95	13,6	4,59		
Kąt beta [°] / Beta angle [°]	9,2	3,04	9,7	3,23	9,8	2,88		
Kąt gamma [°] / Gamma angle [°]	11,5	4,54	12,8	4,15	11,2	4,63		

Tab. 4. Charakterystyka statystyczna przyrostów (d) cech posturalnych

Tab. 4. The statistical characteristics of the increments (d) of the postural variables

Cecha / Variable	Wiek [lata] / Age [years]		14–13		15–14	
	d	s	d	s	d	s
Wysokość barku L [cm] / Shoulder height L [cm]	<b>2,9</b>	1,94	<b>1,2</b>	1,39		
Wysokość barku P [cm] / Shoulder height R [cm]	<b>2,4</b>	1,83	<b>1,1</b>	1,60		
Wysokość dolnego kąta łopatki L [cm] Infrascapular height L [cm]	<b>1,8</b>	1,92	<b>1,2</b>	1,82		
Wysokość dolnego kąta łopatki P [cm] Infrascapulare height R [cm]	<b>1,5</b>	1,86	<b>1,2</b>	1,77		
Wys. kolca biodrowego tylnego g. L [cm] Iliospinale superior posterior height L [cm]	<b>1,3</b>	1,84	<b>1,9</b>	2,85		
Wys. kolca biodrowego tylnego g. P [cm] Iliospinale superior posterior height R [cm]	<b>1,2</b>	1,92	<b>1,6</b>	1,60		
Kąt alfa [°] / Alpha angle [°]	-0,2	4,93	-1,4	5,65		
Kąt beta [°] / Beta angle [°]	0,6	3,83	0,1	4,29		
Kąt gamma [°] / Gamma angle [°]	<b>1,3</b>	5,03	-1,6	5,42		

\* pogrubionym drukiem zaznaczono wartości istotne na poziomie 0.05

\* bold marked values significant at 0.05

w wieku 13–14 lat różnice roczne w wielkości rozpatrywanych wskaźników są statystycznie znamienne. W następnym porównaniu (14–15 lat) próg istotności osiągają tylko zmiany roczne w relacji między masą ciała szczupłego i tłuszczu.

Wzrastanie cech posturalnych, takich jak wysokości wyrostków barkowych, dolnych kątów łopatek i wysokości kolców biodrowych tylnych górnych kształtują się podobnie do wysokości ciała (tab. 3 i 4). Między 13. a 14. rokiem życia średnie przyrostów rocznych są największe w przypadku wysokości wyrostków barkowych. Najmniejsze zmiany wykazują wysokości kolców biodrowych tylnych górnych. W kolejnym porównaniu nieznacznie wyższe przyrosty wykazują wysokości punktów *iliospinale*. We wszystkich porównaniach wysokości barku i dolnego kąta łopatki kształtują się na wyższym poziomie po lewej stronie ciała i różnice są statystycznie znamienne (tab. 5). Również położenie kolców biodrowych

The growth of such postural characteristics as shoulder height, infrascapular height and iliospinale superior posterior height is similar to the changes in body height (Tables 3 and 4). Between the ages of 13 and 14 the average annual increments were the highest in the case of shoulder height. The smallest changes were recorded for the iliospinale superior posterior height. In another comparison slightly higher increments were recorded for iliospinale height. In all comparisons shoulder height and infrascapular height were on a higher level on the left side of the body and the differences were statistically significant (Table 5). The position of the posterior superior iliac spine, too, suggests the dominance of the left side. However, only at the age of 14 was this difference statistically significant.

The average increments of the sacral slope decreased with age. The opposite phenomenon was recorded for the angle of inclination of the thoraco-lumbar spine, which

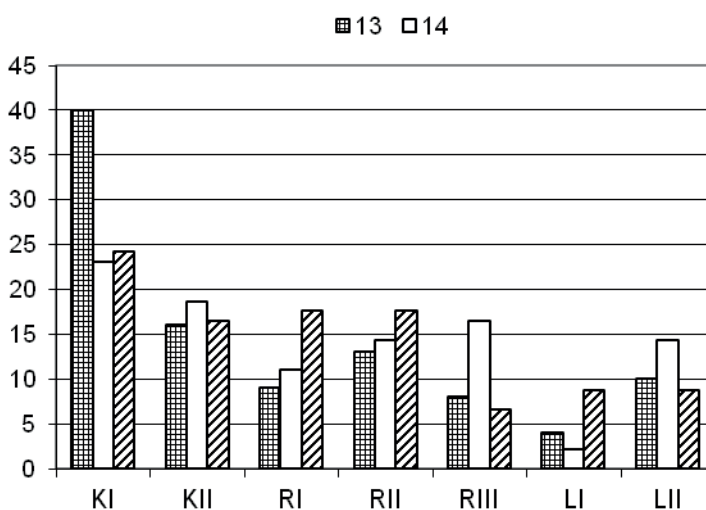
Tab. 5. Stronne różnice w położeniu punktów posturalnych (test t Studenta dla prób zależnych)

Tab. 5. The sided differences in the position of points postural (Student's t-test for dependent samples)

13 lat – Age 13 years		t
Wysokość barku L – P / Shoulder height L-R		<b>3,01</b>
Wysokość dolnego kąta łopatki L – P / Infrascapular height L-R		<b>2,50</b>
Wysokość kolca biodrowego tylnego górnego L – P / Iliospinale superior posterior height L - R		1,88
14 lat – Age 14 years		t
Wysokość barku L – P / Shoulder height L-R		<b>7,85</b>
Wysokość dolnego kąta łopatki L – P / Infrascapular height L-R		<b>8,08</b>
Wysokość kolca biodrowego tylnego górnego L – P / Iliospinale superior posterior height L - R		<b>4,01</b>
15 lat – Age 15 years		t
Wysokość barku L – P / Shoulder height L-R		<b>8,73</b>
Wysokość dolnego kąta łopatki L – P / Infrascapular height L-R		<b>3,90</b>
Wysokość kolca biodrowego tylnego górnego L – P / Iliospinale superior posterior height L - R		1,93

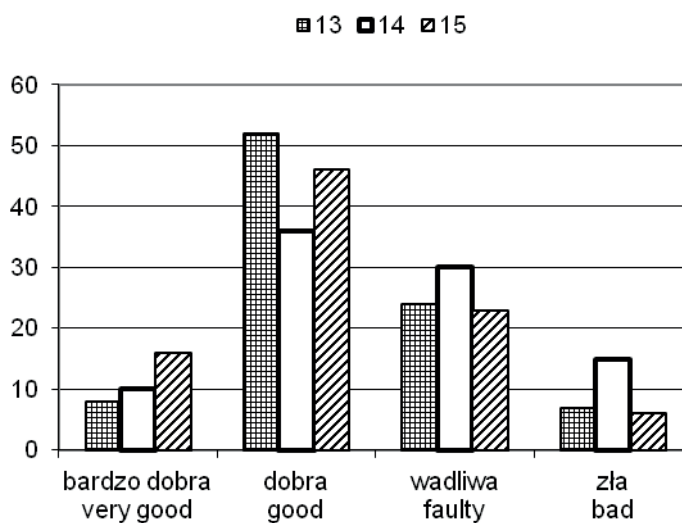
\* pogrubionym drukiem zaznaczono wartości istotne na poziomie 0.05

\* bold marked values significant at 0.05



Ryc. 1. Częstość występowania typów postawy ciała w kolejnych klasach wieku

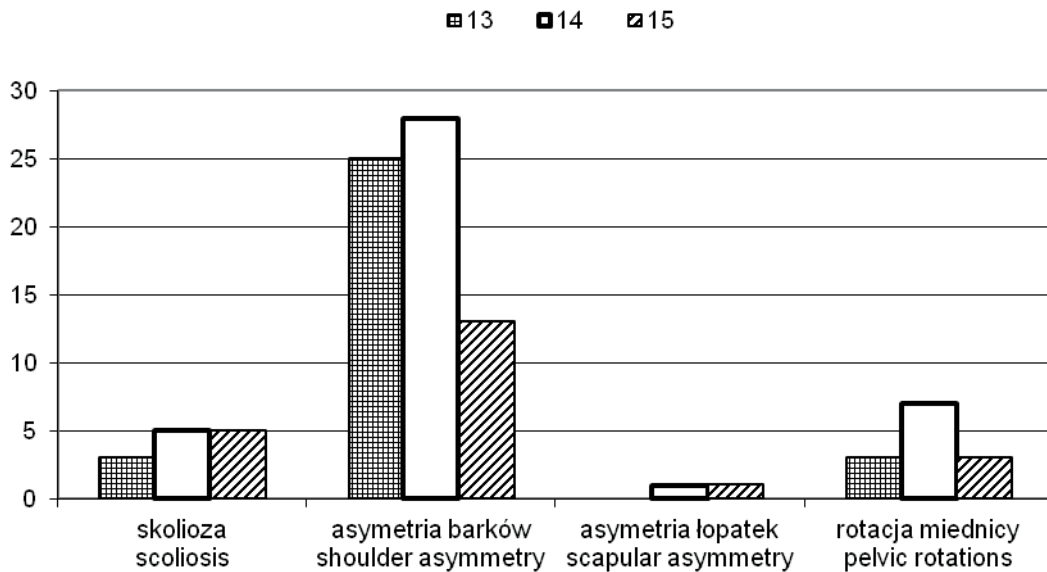
Fig. 1. The frequency of posture types in the subsequent age classes



Ryc. 2. Częstość występowania postaw prawidłowych i nieprawidłowych w kolejnych klasach wieku

Fig. 2. The frequency of correct and incorrect postures in the subsequent age classes





Ryc. 3. Częstość występowania zaburzeń w postawie ciała w kolejnych klasach wieku

Fig. 3. The frequency of posture disorders in the subsequent age classes

tylnych górnych wskazuje na występowanie dominacji lewej strony. Jednak tylko w wieku 14 lat wspomniana różnica jest statystycznie istotna.

Średnie przyrostów wielkości kąta nachylenia części krzyżowej kręgosłupa maleją wraz z wiekiem. Odwrotny kierunek zanotowano w wielkości kąta nachylenia części piersiowo-lędźwiowej kręgosłupa, która wzrasta wraz z wiekiem. Natomiast przyrost wielkości kąta nachylenia odcinka piersiowego górnego kręgosłupa wzrasta do 14. roku życia, a w wieku późniejszym ulega zmniejszeniu.

W wieku 13 lat najczęściej występuje typ kifotyczny (KI). Na kolejnym miejscu znajdują się typy K II, R II i L II (ryc. 1). Najmniej licznie reprezentowane są postawy R I, R III i L I. Wraz z wiekiem nastąpiło zwiększenie frekwencji sylwetek kifotycznych (podtyp II), równoważnych (wszystkie podtypy) i lordotycznych (podtyp II). W najstarszej grupie wieku odnotowano dalsze zwiększenie liczby osób charakteryzujących się postawą R I, R II oraz L I. Zastosowany test  $\chi^2$  wykazał obecność statystycznie istotnych różnic w częstościach występowania poszczególnych rodzajów postawy ciała w kolejnych klasach wieku (13–14 lat  $\chi^2 = 6,7$ , 14–15 lat  $\chi^2 = 7,4$ )

We wszystkich analizowanych grupach wieku największy odsetek osób cechuje się postawą dobrą. Kolejne miejsce zajmuje wadliwy typ postawy ciała. Na zbliżonym poziomie kształtuje się frekwencja postaw bardzo dobrych oraz złych. Z wiekiem odnotowano zwiększenie liczby osób cechujących się bardzo dobrą sylwetką. Zwiększenie częstości występowania postaw wadliwych i złych odnotowano wśród 14-letnich dziewcząt, czemu towarzyszy zmniejszenie frekwencji postaw dobrych.

increased with age. On the other hand, the angle of inclination of the upper thoracic spine increased until the age of 14 and then decreased with age.

The most frequent type at the age of 13 was kyphotic, followed by KII, RII and LII (Fig. 1). The least numerous were types RI, RIII and LI. The frequency of kyphotic (subtype II), balanced (all subtypes) and lordotic (subtype II) postures increased with age. In the oldest age group the researchers noted a further increase in the number of subjects with posture types RI, RII and LI. The  $\chi^2$  test revealed the presence of statistically significant differences in the frequency of the various types of posture in successive age groups (13–14 years  $\chi^2 = 6.7$ , 14–15 years  $\chi^2 = 7.4$ ).

In all analysed age groups the highest percentage was that of subjects with good postures, followed by those with faulty postures. The frequency of very good and bad postures was on a similar lever. The percentage of subjects with very good postures increased with age. An increase in the number of faulty and bad postures was recorded among 14-year-old girls as was a concurrent decrease in the number of good postures.

In all age groups the most frequent feature was shoulder asymmetry. There were markedly fewer scolioses and pelvic rotations. Scapular asymmetry was observed only in one individual at the age of 14 and 15.

## Discussion

Adolescence, the age of the analysed group of girls, is a period of substantial morphological and biological changes in the body [18]. What is characteristic of this age group is rapidity of the growth of somatic features, known as pubertal spurt. In the analysed group of girls

W każdej grupie wiekowej najczęściej stwierdzono asymetrię położenia barków. Znacznie mniej liczne są skoliozy oraz rotacje miednicy. Asymetrię położenia łopatek odnotowano tylko u 1 osoby w wieku 14 i 15 lat.

## Dyskusja

Wiek adolescencji obejmujący badaną grupę dziewcząt charakteryzuje się dużymi zmianami morfologicznymi i biologicznymi ustroju [18]. Charakterystyczne dla tej grupy wiekowej jest gwałtowne tempo wzrastania cech somatycznych, zwane skokiem pokwitaniowym. W badanej grupie dziewcząt w wieku 13–15 lat dynamika rozwoju wysokości ciała ulega zmniejszeniu, co przy ustabilizowanych przyrostach masy ciała powoduje zwiększenie masywności budowy ocenianej wskaźnikiem BMI. Podobne tendencje odnotowano dla młodzieży łódzkiej, krakowskiej i poznańskiej [19, 20, 21].

Do oceny składu ciała dziewcząt wykorzystano nieinwazyjną metodę bioelektrycznej impedancji, która jest szeroko stosowana zarówno do badań osób zdrowych, jak i chorych [22, 23]. Wspomniany sposób oceny umożliwia wyszczególnienie w obrębie masy ciała następujących składowych: masa ciała szczupłego – opisywana również jako masa ciała beztłuszczowego, oraz masę tłuszczową. Badanie BIA umożliwia również określenie wielkości składowych ciała szczupłego: masy komórkowej i masy pozakomórkowej [7].

Analiza zmian rozwojowych zachodzących w składzie ciała ułatwia interpretację zmian w wielkości wskaźnika BMI u dzieci i młodzieży [24]. W badanej grupie odnotowano większe tempo rozwoju masy komórkowej w relacji do pozakomórkowej, co znalazło odzwierciedlenie w wartościach wskaźnika. Masa pozakomórkowa jest elementem tkankowym masy ciała szczupłego, który odzwierciedla zmiany w wielkości szkieletu [25, 26]. Z kolei masę komórkową stanowią metabolicznie aktywne komórki somatyczne, głównie tkanki mięśniowej [27]. W badaniach własnych odnotowano wyraźny wzrost tej składowej, co można uzasadnić występowaniem dynamicznego rozwoju umięśnienia w fazie postpubertalnej, po wystąpieniu skoku pokwitaniowego [28, 29, 30].

W okresie pokwitania kręgosłup posiada zmniejszoną gibkość, co wraz przyrostem kończyn i wczesnym usprawnianiem sportu może zwiększać ryzyko wystąpienia wad postawy ciała. Po skoku pokwitaniowym dochodzi do zwiększenia gibkości, szczególnie u dziewcząt, na skutek przejściowego wzrostu wiotkości mięśni [3]. Z kolei w dalszym etapie rozwoju ontogenetycznego gibkość kręgosłupa maleje, co jest konsekwencją rozwoju masy mięśniowej i wzmocnienia więzadeł. Kręgosłup staje się sztywniejszy i wraz z wiekiem całość wykazuje pochylenie ku przodowi. Istotne problemy z ruchomością kręgosłupa charakterystyczne są również dla wad postawy ciała.

aged 13-15 body height increase slowed down, which, combined with stable increments in body mass, led to an increase in the massiveness of body build measured by the BMI. Similar tendencies were recorded for adolescents in Łódź, Kraków and Poznań [19, 20, 21].

In order to assess the girls' body composition, the researchers used a non-invasive method of bioelectrical impedance, widely used in the studies of both healthy and ailing individuals [22, 23]. This assessment method makes it possible to distinguish the following components of the body mass: lean body mass, also known as fat-free mass, and fat mass. BIA also makes it possible to determine the values of lean body components: body cell mass and extracellular mass [7].

An analysis of developmental changes in body composition facilitates interpretation of changes in the BMI in children and adolescents [24]. In the analysed group the researchers noted a higher rate of the growth of body cell mass in relation to extracellular mass, a phenomenon reflected in the values of the indicator. The extracellular mass is a tissue element of the lean body mass, which reflects changes in the skeleton [25, 26]. On the other hand, the body cell mass is made up of metabolically active somatic cells, mainly of muscles [27]. The researchers noted a marked increase in this component, which could be explained by dynamic muscle development in the post-pubertal stage, after the pubertal spurt [28, 29, 30].

During puberty the spine is less flexible, which, combined with limb growth and sport training begun at an early age, may increase the risk of faulty posture. After the pubertal spurt flexibility increases, especially in girls, as a result of a temporary increase of muscle flaccidity [3]. Further on in the ontogenetic development spine flexibility decreases as a result of the growth in muscle mass and strengthening of ligaments. The spine becomes more rigid and with age leans forward. Significant problems with spine mobility are characteristic of faulty postures as well.

Other studies of posture in overweight and obese children of both sexes have revealed a gradual flattening of thoracic kyphosis and deepening of lumbar lordosis [11]. Proszkowiec et al. [31] have observed a dimorphic variety in the anterior-posterior spinal curvatures in adolescents from the Opole region. Deeper lumbar lordoses have been recorded in girls, while boys have been characterised by more pronounced thoracic kyphoses. In both sexes there is a link between the growth rate and the shaping of the spine in the sagittal plane. Other authors, too [32], have observed that kyphotic postures are characteristic of males, while lordotic postures are more common in females. Faulty postures have been observed in more boys than girls. In addition, there is a tendency for scolioses to occur more frequently during puberty [33].

Na podstawie innych badań nad postawami ciała u dzieci obojga płci z nadwagą i otyłością odnotowano powolne spłaszczanie się kifozy piersiowej i zwiększanie lordozy lędźwiowej [11]. Proszkowiec i wsp. [31] zaobserwowały występowanie zróżnicowania dymorficznego w ukształtowaniu krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa u młodzieży z regionu opolskiego. Głębsze lordozy lędźwiowe obserwowano u dziewcząt, natomiast chłopców cechowały większe kifozy piersiowe. U obu płci stwierdzono występowanie współzależności między tempem wzrastania a ukształtowaniem kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej. Również inni autorzy [32] zaobserwowali, że charakterystyczne dla płci męskiej były postawy kifotyczne, natomiast postawy lordotyczne częściej występowały u płci żeńskiej. U większej liczby chłopców w porównaniu z dziewczętami stwierdzano występowanie wad postawy. Ponadto, w okresie pokwitania, odnotowano tendencję do powiększania częstości występowania skrzywień bocznych kręgosłupa [33].

## Wnioski

W analizowanym okresie ontogenezy odnotowano wzrost masywności sylwetki oceniany wskaźnikiem BMI oraz powiększenie masy komórkowej w relacji do pozakomórkowej. Masa ciała szczupłego w odniesieniu do masy tłuszczu, ulega natomiast wyraźnemu zmniejszeniu, co wiąże się z kształtowaniem właściwych dla płci żeńskiej relacji w składzie ciała. Wzrastanie cech posturalnych, takich jak wysokości wyrostków barkowych, dolnych kątów łopatek i wysokości kolców biodrowych tylnych górnych kształtuje się podobnie do zmian w wysokości ciała.

Z wiekiem zmniejszeniu ulega nachylenie części krzyżowej kręgosłupa, a powiększa się kąt nachylenia części piersiowo-lędźwiowej. W kolejnych porównaniach zaobserwowano zwiększenie frekwencji sylwetek kifotycznych (podtyp II), równoważnych (wszystkie podtypy) i lordotycznych (podtyp II). Ponadto odnotowano tendencję do zwiększania się liczby osób cechujących się bardzo dobrą sylwetką. Tylko w wieku 14 lat zaobserwowano przejściowe zwiększenie częstości występowania postaw wadliwych i złych.

## Conclusions

The analysed ontogenetic period was marked by an increase in the massiveness of body build measured by the BMI as well as an increase in the body cell mass in relation to the extracellular mass. The lean body mass, on the other hand, was markedly reduced in relation to the fat mass, a phenomenon linked to the formation of body composition ratios characteristic of females. The growth of such postural characteristics as shoulder height, infra-scapular height and ilio-spinal superior posterior height is similar to the changes in body height.

The sacral slope decreases with age, while the inclination of the thoracic-lumbar spine increases. The frequency of kyphotic (subtype II), balanced (all subtypes) and lordotic (subtype II) postures increased with age, as was revealed in successive comparisons. In addition, there was a tendency for the percentage of subjects with very good postures to increase with age. Only in the 14 years of age group was there a temporary increase in the frequency of faulty and bad postures.

## Bibliografia / Bibliography

1. Grabara M. Postawa ciała dzieci z domów dziecka w wieku 8–13 lat. *Fizjoterapia* 2009; 17(4): 40–47.
2. Wolański N. *Rozwój biologiczny człowieka*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
3. Drzał-Grabiec J, Snela S, Bibrowicz K, Szczepanowska-Wołowiec B. Postawa ciała chłopców i dziewcząt 7–9-letnich. *Prz Med Uniw Rzesz Inst Leków* 2011; 4: 461–474.
4. Andrzejewska J, Grabarczyk M. Charakterystyka postawy ciała dzieci wrocławskich. *Słupskie Prace Biologiczne* 2005; 1: 7–10.
5. Zukunft-Huber B. *Trójplaszczynowa manualna terapia wad stóp u dzieci*. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2013.
6. Karasek M. *Aspekty medyczne starzenia się człowieka*. Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Łódź 2008.
7. Szilágyi-Págowska I. Charakterystyka rozwoju somatycznego w okresie dojrzewania. *Post Nauk Med* 2006; 6: 316–320.
8. Burdukiewicz A, Andrzejewska J, Pietraszewska J, Chromik K, Stachoń A. Skład ciała młodzieży w okresie pokwitania badany metodą bioelektrycznej impedancji. *Acta Bio-Opt Inform Med* 2012; 18(1): 15–19.
9. Umławska W, Krzyżanowska M. Ocena poziomu rozwoju fizycznego dziewcząt w okresie pokwitania na przykładzie uczennic z Końskich. *Wiad Lek* 2008; 61: 1–3.

10. Burdukiewicz A, Miałkowska J, Pietraszewska J. Body build versus body posture of children and youth aged 7-12 years. *Stand Med* 2006; 3(3): 307-313.
11. Grabara M, Pstrągowska D. Ocena postawy ciała dziewcząt i chłopców w świetle wskaźnika względnej masy ciała (BMI). *Polish J Sport Med* 2008; 24(4): 231-239.
12. Całka-Lizis T, Jankowicz-Szymańska A, Adamczyk K. Postawa ciała uczniów regularnie trenujących piłkę nożną na tle rówieśników. *Polish J Sport Med* 2008; 24(4): 224-230.
13. Grabara M, Hadzik A. Postawa ciała młodych lekkoatletów na tle rówieśników. *Polish J Sport Med*, 2009; 25(2): 115-124.
14. Barczyk-Pawełec K, Giemza C, Jastrzębska R, Hawrylak A, Kaczkowska A. Kształt krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej dziewcząt uprawiających piłkę ręczną. *Acta Bio-Opt Inform Med* 2012; 18(4): 237-242.
15. Bolanowski M, Zadrożna-Śliwka B, Zatońska K. Badanie składu ciała – metody i możliwości zastosowania w zaburzeniach hormonalnych. *Endokrynol Otyłość* 2005; 1(1): 20-25.
16. Stachoń A, Burdukiewicz A, Andrzejewska J, Pietraszewska J. The Imaging and Evaluation of Body Posture Defects in Hearing Impaired Children. *Bio-Algorithms and Med-Systems BAMS* 2012; 8: 221-236.
17. Zeyland-Malawka E. Ćwiczenia korekcyjne. Wydawnictwo Uczelniane Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu, 2009, Gdańsk.
18. Gasser T, Molinari L, Largo R. A comparison of pubertal maturity and growth. *Ann Hum Biol* 2013; 40(4): 341-347.
19. Nawarycz T, Ostrowska-Nawarycz L. Wskaźnik masy ciała u dzieci i młodzieży łódzkiej w wieku szkolnym. *Pol Merk Lek* 2007; 23: 264-270.
20. Kryst L, Kowal M, Woronkiewicz A, Sobiecki J, Cichocka BA. Secular changes in height, body weight, body mass index and pubertal development in male children and adolescents in Krakow. *J Biosoc Sci* 2012, 44(4): 495-507.
21. Krawczyński M, Krzyżaniak A, Walkowiak J. Normy rozwojowe wysokości i masy ciała dzieci i młodzieży miasta Poznania w wieku od 3 do 18 lat. *Dziecko poznańskie* 2000. *Pediatr Prakt* 2008; 8(4): 341-353.
22. Lewitt A, Mądro E, Krupienicz A. Podstawy teoretyczne i zastosowania analizy impedancji bioelektrycznej (BIA). *Endokrynol Otyłość* 2007; 3(4): 79-84.
23. Jaffrin MY, Morel H. Body fluid volumes measurements by impedance: A review of bioimpedance spectroscopy (BIS) and bioimpedance analysis (BIA) methods. *Med Eng Phys* 2008, 30(10): 1257-1269.
24. Freedman DS, Wang J, Maynard LM i wsp. Relation of BMI to fat and fat-free mass among children and adolescents. *Int J Obesity* 2005; 29: 1-8.
25. Dorsey KB, Thornton JC, Heymsfield SB, Gallagher D. Greater Lean Tissue and Skeletal Muscle Mass are Associated with Higher Bone Mineral Content in Children. *Nutr Metab*. 2010;7(41): doi: 10.1186/1743-7075-7-41.
26. Ackerman A, Thornton JC, Wang J, Pierson RN, Horlick M. Sex difference in the effect of puberty on the relationship between fat mass and bone mass in 926 healthy subjects, 6 to 18 years old. *Obesity* 2006, 14: 819-825.
27. Burdukiewicz A, Chmura J, Pietraszewska J, Andrzejewska J, Stachoń A, Nosal J. Characteristics of body tissue composition and functional traits in junior football players. *Human Movement* 2013, 14(2): 96-101.
28. Aerenhouts D, van Cauwenberg J, Poortmans JR, Hauspie R, Clarys P. Influence of Growth Rate on Nitrogen Balance in Adolescent Sprint Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2013, 23: 409-417.
29. Xu L, Nicholson P, Wang Q, Alén M, Cheng S. Bone and Muscle Development During Puberty in Girls: A Seven-Year Longitudinal Study. *J Bone Miner Res* 2009, 24: 1693-1698.
30. Kim J, Shen W, Gallagher D i wsp. Total-body skeletal muscle mass: estimation by dual-energy X-ray absorptiometry in children and adolescents. *Am J Clin Nutr* 2006; 84: 1014-1020.
31. Proszkowiec M, Stonka K, Hyla-Klekot L. Formation of body posture in the 2<sup>nd</sup> critical stage of postural development with regard to sexual maturity of subjects. *Physiotherapy* 2011, 19(1): 10-19.
32. Chromik K, Rohan-Fugiel A, Śliwa D, Fugiel J. Częstość występowania typów postawy ciała chłopców i dziewcząt w młodszym wieku szkolnym. *Acta Bio-Opt Inform Med* 2009; 15(4): 346-347.
33. Wiernicka M, Kania-Gudzio T, Korman P, Kaczmarek D. Analiza parametrów postawy ciała dzieci poznańskich w wieku 5-14 lat. W: Górniak K. (red): Korektywa i kompensacja zaburzeń w rozwoju fizycznym dzieci i młodzieży. Akademia Wychowania Fizycznego w Warszawie, Zamiejscowy Wydział Wychowania Fizycznego, Biała Podlaska 2005; 102-113.