

# Wpływ czynników epidemiologicznych na wystąpienie stopy płaskiej u dzieci

Impact of epidemiological factors on occurrence of platypodia in children

Numer DOI: 10.2478/v10109-010-0055-2

Jolanta Pauk<sup>1</sup>, Valeriy Ezerskiy<sup>1</sup>, Mirosław Rogalski<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Politechnika Białostocka  
Technical University of Białystok

<sup>2</sup> Dziecięcy Szpital Kliniczny Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku  
Childrens' Clinical Hospital, Medical University of Białystok

## Streszczenie:

Celem pracy jest weryfikacja wpływu wybranych czynników epidemiologicznych na wystąpienie płaskostopia u dzieci oraz opracowanie modelu matematycznego zależności wysokości łuku podłużnego stopy od takich czynników, jak: wiek, płeć, wskaźnik wagowo-wzrostowy Cole'a oraz miejsce zamieszkania dziecka. W badaniach przesiewowych uczestniczyło 450 uczniów z północno-wschodniej Polski. Po wstępnej analizie danych wytypowano 80 dzieci ze stopą płasko-koślawą w wieku 7-15 lat. W oparciu o uzyskane dane opracowano model matematyczny, za pomocą którego wykryto, że największy wpływ na wysokość łuku podłużnego stopy wykazują wiek i wskaźnik wagowo-wzrostowy Cole'a. Zaobserwowano, że wysokość łuku zwiększa się z wiekiem. Natomiast zwiększeniu wskaźnika Cole'a towarzyszy zmniejszenie się wysklepienia stopy. U chłopców wysokość łuku podłużnego była mniejsza niż u dziewczynek.

**Słowa kluczowe:** płaskostopie, wysokość łuku podłużnego stopy, analiza regresyjna, wskaźnik Cole'a.

## Abstract:

The aim of this study was to verify the effect of selected epidemiological factors on the occurrence of platypodia in children and to establish a mathematical model of correlations for the impact of the following factors on the height of the longitudinal arch of the foot: gender, age, domicile and Cole's coefficient. 450 children from north-eastern parts of Poland were screened for the purpose of this study. After initial analysis, 80 children with valgus flat foot aged 7-15 years were chosen for further examination. The results of further examination were used to establish the mathematical model, which helped find out that age and the Cole coefficient have the highest impact on the height of the longitudinal arch of the foot. It was observed that the height of the arch increases with age, but decreases when the Cole coefficient rises. The height of the arch was greater in girls.

**Key words:** flat foot, arch height, regression analysis, Cole coefficient.

## Wprowadzenie

Etiopatogeneza stóp człowieka nie została jednoznacznie wyjaśniona, budzą wątpliwości czynniki, które są odpowiedzialne za prawidłowy rozwój łuku podłużnego stopy u dzieci. Problem oceny wysklepienia stopy u dzieci był poruszany przez autorów [1-2], którzy podają, że zakres zmienności wskaźników wysklepienia podłużnego stopy jest bardzo duży, szczególnie między 3 a 6 rokiem życia.

Nieprawidłowa wysokość łuku podłużnego stóp wpływa niekorzystnie na postawę ciała i narząd ruchu człowieka, może przyczynić się do przeciążenia kręgosłupa oraz nieodwracalnych zmian w strukturze układu kostnego. W związku z tym profilaktyka i leczenie dzieci powinny być uwzględniane od najmłodszych lat [1, 2]. Dotychczasowe rozważania w tym zakresie prowadzono w kierunku badania pojedynczych czynników, które mogą mieć istotny wpływ na kształtowanie się łuku podłużnego stopy. Stosowano przy tym następujące metody zmienności: średnią arytmetyczną, odchy-

## Introduction

The etiopathogenesis of human feet has not been thoroughly explained. There are certain factors responsible for normal development of the longitudinal arch in children. The problem of assessment of the arch in children was studied by researchers [1, 2], who claim that the longitudinal arch parameters can change quickly and excessively, especially between the third and sixth year of life.

Abnormal height of the longitudinal foot arch has a negative effect on posture and the motor system of a human being and may result in spine strain as well as irreversible changes in the structure of the skeletal system. Therefore, preventive actions and treatment of platypodia are of great importance and ought to be introduced at the early stages of life [1, 2]. So far, the studies in this field concentrated on examining particular factors, which might have significant impact on the shape of the longitudinal arch. The following statistical methods have been in use: arithmetical mean, stan-

lenie standardowe, kryterium siatki centylowej, kryterium regresji logistycznej oraz kryterium regresji liniowej [3, 4]. Istnieje potrzeba oceny wpływu jednoczesnego kilku czynników na występowanie stopy płaskiej u dzieci w wieku szkolnym.

Ocena prawidłowego rozwoju stopy nie jest łatwa ze względu na nie w pełni poznany wpływ różnych czynników oraz złożoność procesów ontogenetycznych. Utrudnia to określenie granic normy i patologii, czyli wahań fizjologicznych. W tym celu niezbędna jest informacja o wpływie różnych czynników epidemiologicznych i antropometrycznych na kształtowanie się stopy.

## Założenia i cel badań

Celem pracy jest weryfikacja wpływu wybranych czynników epidemiologicznych na występowanie stopy płaskiej u dzieci oraz opracowanie modelu matematycznego zależności wskaźnika płaskostopia od tych czynników. Jest to szczególnie ważne, ponieważ w różnych okresach życia dziecka kształtowanie się kończyn dolnych i stóp jest nieco odmienne. Wyniki badań mogą umożliwić wczesne wykrywanie nieprawidłowości i zaburzeń stóp, zastosowanie odpowiedniej terapii, a także prognozowanie dalszego przebiegu ich rozwoju.

## Material i metody badań

### Material badawczy

Badaniami przesiewowymi objętych zostało 450 uczniów szkół podstawowych północno-wschodniej Polski w ramach badań bilansowych. Z badania wykluczono dzieci z rozpoznaniem chorób przewlekłych (np. cukrzyca), skoliozą, innymi dysfunkcjami kończyn dolnych.

Stopy wszystkich uczniów zostały poddane ocenie ortopedycznej, na podstawie której zakwalifikowano je do trzech podstawowych grup: wydrążona, płasko-koślawą, prawidłowa. W stanie ortopedycznym ogólnym statycznym oceniono typ budowy, proporcje, symetrię, postawę ciała. W stanie ortopedycznym dynamicznym (w sposób jakościowy) badano sposób poruszania się dziecka i określono cechy chodu, stwierdzając ewentualnie jego nieprawidłowości. Natomiast w stanie ortopedycznym odcinkowym określono proporcje ciała, sprawdzono symetrię. W badaniu ortopedycznym miejscowym oglądano stopy pod kątem obecności i lokalizacji ewentualnych zmian skórnych o charakterze nagniotków i modzeli. Oceniano również ewentualne odchylenia osi pięty w stosunku do osi goleni (na szpotawo lub koślawo, uwzględniając fizjologiczną koślawość około  $+5^\circ$ ), wysokość łuku podłużnego stopy, ustawienie przodostopia (przywiedzione), ustawienie palucha (koślawość).

Do dalszych badań wytypowano 80 uczniów (39 chłopców i 41 dziewczynek) ze stopą płasko-koślawą w wieku 7-15 lat. Kryterium włączenia do badania stanowiły:

- wiek: od 7 do 15 lat,
- obniżona wysokość łuku podłużnego obu stóp,
- koślawość stępu,
- zróżnicowana masa ciała,
- zróżnicowanie płciowe,
- zróżnicowane miejsce zamieszkania.

W ramach wizyty ambulatoryjnej dzieciom ze stwierdzoną stopą płasko-koślawą wykonano badanie rentgenowskie obu stóp w obciążeniu w projekcji przednio-tylnej i bocznej.

### Metoda badań

Badanie przeprowadzono zgodnie z zasadami planowania eksperymentu. Do oceny wysklepienia stopy wybrano wysokość łuku podłużnego  $h$  [mm] (zmienna zależna  $Y$ ). Pomiar tej wielkości charakteryzuje zmiany w kształcie łuku podłużnego oraz pokazuje odchylenia w rozwoju stopy, jest

dard deviation, centile grid and logistic and linear regression [3, 4]. There is a need for multifactor assessment of platypodia in schoolchildren.

Assessing the development of feet is difficult because of incomplete knowledge on the effect of various factors and complexity of the ontogenetic processes. This hinders defining the limits of physiological norms and drawing a distinct line between normal and pathological. In order to define physiological norms, the researchers have to acquire data on the effects of various epidemiological and anthropometric factors on the development of feet.

## Aims

The aim of this study was to verify the effect of selected epidemiological factors on the occurrence of platypodia in children and to establish a mathematical model of correlations for the impact of the aforementioned factors on the height of the longitudinal arch of the foot. It is of great importance as the characteristics of the child's feet development change slightly throughout childhood. The results of this study may facilitate early detection of foot anomalies, the choice of adequate therapy and prognosis for further development of the organ.

## Material and methods

### Material

The screening examination covered 450 pupils of primary schools of north-eastern parts of Poland. Children with chronic diseases (i.e. diabetes), scoliosis and other dysfunctions of lower limbs were excluded from the study.

The feet of all of the pupils were subjected to orthopaedic assessment, upon which they were divided into three base groups: hollow foot, abducted flat foot and normal foot. The static orthopaedic tests included examination of body build type, posture, proportions and symmetry of the body. The dynamic orthopaedic tests included gait assessment and measuring of gait parameters. Local orthopaedic inspection revealed cutaneous changes such as corns and calluses. The researchers also assessed the deviation of the heel axis from the shin axis (inward, outward taking into consideration the physiological valgity of around  $+5^\circ$ ), height of the longitudinal arch, position of the forefoot and of the great toe (valgity).

80 pupils with valgus flatfoot aged 7-15 years were typed for further examinations (39 boys and 41 girls). The selection criteria were as follows:

- age: 7-15 years,
- decreased height of the longitudinal arch of both feet,
- instep valgity,
- weight,
- gender,
- domicile.

All of the children with platypodia were subjected to x-ray imaging of both feet under load (antero-posterior projection and lateral projection).

### Method

The study was conducted accordingly to the rules of experiment planning. The height of the longitudinal arch  $h$  [mm] (dependent variable  $Y$ ) was the assessed parameter. Values of this parameter reflect alterations of the longitudinal arch shape and show anomalies of the foot development. The

nieinwazyjny – w przeciwieństwie do innych metod, np. badania rentgenowskiego. Wysokość łuku podłużnego mierzono od podłoża do guzowatości kości łódkowatej.

Uwzględniając wpływ wielu czynników zewnętrznych na kształtowanie się stóp dzieci i badania innych autorów postanowiono zweryfikować:

- wiek osoby badanej, lata (czynnik  $X_1$ ),
- masę i wzrost ciała na podstawie wskaźnika Cole'a, niemianowany (czynnik  $X_2$ ),
- płeć osoby badanej: dziewczynki lub chłopcy (czynnik  $X_3$ ),
- miejsce zamieszkania: miasto lub wieś (czynnik  $X_4$ ).

Jako czynnik  $X_2$ , określający masę ciała i wzrost osoby badanej, przyjęto wskaźnik Cole'a wyrażony w procentach:

$$\text{Wsk. Cole'a} = \frac{m_c \cdot w_{cst}^2}{m_{cst} \cdot w_c^2} \cdot 100\%, \quad (1)$$

gdzie:

- $m_c$  – masa ciała,
- $w_{cst}$  – wysokość ciała standardowa,
- $m_{cst}$  – masa ciała standardowa,
- $w_c$  – wysokość ciała.

Masą standardową jest masa na poziomie 50 centyla dla tzw. wieku wysokościowego, tj. wieku, dla którego aktualna wysokość odpowiada 50 centylowi. Kwalifikacja tego wskaźnika obejmuje następujące zakresy: < 75 – wyniszczenie; 75-85 – niedożywienie; 85-90 – nieznaczne niedożywienie; 90-110 – norma; >110 - nadmierne odżywienie [5].

Wybrane czynniki nie wyczerpują wszystkich źródeł zmienności. Prawdopodobnie na występowanie płaskostopia mogą wpływać również takie czynniki jak: aktywność fizyczna, wiotkość wielostawowa, morfologia stopy itp. Postawiono hipotezę, że powyższe czynniki mają istotny wpływ na występowanie płaskostopia u dzieci w wieku szkolnym.

Podczas obserwacji stóp płasko-koślawych u dzieci niezależna zmiana wybranych czynników okazała się niemożliwa. Układ czynników określał cechy charakterystyczne badanego dziecka. W każdym układzie odpowiedź  $Y$  zależała nie od jednego, lecz od kilku cech lub czynników  $X_i$  i mogła być określona w postaci jednej wartości uzyskanej w wyniku jednostkowego pomiaru, tj. bez powtórzeń. Analiza korelacyjna pozwoliła na sprecyzowanie postaci funkcji zależności badanej cechy od wybranych czynników, którą należało opracować metodą najmniejszych kwadratów [6]:

$$\hat{Y} = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 + a_4 \cdot X_4 + a_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + a_{13} \cdot X_1 \cdot X_3 + a_{14} \cdot X_1 \cdot X_4 + a_{23} \cdot X_2 \cdot X_3 + a_{24} \cdot X_2 \cdot X_4 + a_{34} \cdot X_3 \cdot X_4 + a_{11} \cdot X_1^2 + a_{22} \cdot X_2^2. \quad (2)$$

gdzie:

- $a_i$  – współczynniki modelu,
- $X_1 \dots X_4$  – zmienne niezależne.

### Opracowanie i analiza wyników badania

Po wstępnej analizie danych pomiarowych zaobserwowano następujące zakresy zmiany czynników:

- wiek osoby badanej, lata (czynnik  $X_1$ ): od 7 do 15 lat,
- wskaźnik Cole'a, niemianowany (czynnik  $X_2$ ): od 82.2 do 152,
- płeć osoby badanej: dziewczynki lub chłopcy (czynnik  $X_3$ ): 31 dziewczynek i 29 chłopców,
- miejsce zamieszkania: miasto lub wieś (czynnik  $X_4$ ): 29 dzieci ze wsi i 31 dzieci z miast.

Średnia wysokość łuku podłużnego stopy wynosiła  $10,9 \pm 4,6$  mm.

Ocenę zgodności wyników badania z rozkładem normalnym przeprowadzono za pomocą testu  $\chi^2$ . Obliczone  $\chi^2$  porównano z wartościami krytycznymi  $\chi^2_{kr}$  [4]. Jeżeli  $\chi^2$  było

measurement itself is not invasive as opposed to x-ray imaging. The height of the longitudinal arch is the length between the base surface and the scaphoid bone tuberosity. Taking into consideration the impact of various external factors on the development of feet in children and findings of other researchers, the authors decided to verify the following factors:

- age of the subjects, years (factor  $X_1$ ),
- Cole's coefficient (factor  $X_2$ ),
- gender (factor  $X_3$ ),
- domicile: urban or rural (factor  $X_4$ ).

The Cole's coefficient, as a factor defining weight and height of the subject:

where:

- $m_c$  – weight,
- $w_{cst}$  – standard height,
- $m_{cst}$  – standard weight,
- $w_c$  – height.

Standard weight is a value at the level of 50 centile for so called height age – that is, age for which the actual height of the subject corresponds to 50<sup>th</sup> centile. This parameter has four categories: < 75 – cachexy; 75-85 – malnutrition; 85-90 – slight malnutrition; 90-110 – normal; > 110 – excessive nutrition [5].

The chosen factors do not cover all the sources of variation. Possibly, the occurrence of platypodia may be influenced by factors such as physical activity, flaccidity, feet morphology etc. There is a hypothesis stating that those factors have a significant influence on the rate of occurrence of platypodia in schoolchildren.

Observation of flat feet in the examined children showed that independent change of the selected factors was not possible. Combination of factors determines characteristic traits of each examined child. For every combination, the  $Y$  parameter depended on more than one of  $X$  factors and could only be determined as a singular value obtained by means of singular measurement with no repetitions. A correlation analysis allowed defining precisely the formula showing the function of dependence of the examined parameters from the selected factors [6]:

where:

- $a_i$  – model coefficients
- $X_1 \dots X_4$  – independent variables.

### Analysis of findings

After the initial analysis of the measurement data, the following changes of the factors were observed:

- age of subjects (factor  $X_1$ ): 7-15 years,
- Cole coefficient (factor  $X_2$ ): 82.2 to 152,
- gender (factor  $X_3$ ): 31 girls and 29 boys,
- domicile (factor  $X_4$ ): 29 children from the country and 31 children from towns and cities.

The mean height of the longitudinal arch in the examined group was  $10,9 \pm 4,6$  mm.

Comparison of the results with the normal values was conducted by means of  $\chi^2$  test. The calculated  $\chi^2$  were compared with critical values  $\chi^2_{kr}$  [4]. If  $\chi^2$  was lower than  $\chi^2_{kr}$  then the results were normal. 20 of the cases had to be eliminated after verification of the distribution of the re-

Tabela 1. Wyniki obserwacji wysokości łuku podłużnego stóp dzieci w zależności od wybranych czynników  
 Table 1. Results of the observation of the longitudinal arch in the examined children in relation to the selected factors

Nr obserwacji Observation	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$Y_i$ [mm]
1	12	111,5	-1	-1	15
2	8	113,3	-1	+1	5
3	14	87,9	-1	+1	17
4	9	100,4	-1	-1	12
5	10	95,2	1	+1	8
6	12	98,6	1	+1	6
:	:	:	:	:	:
60	12	109,4	1	-1	4

mniejsze niż  $\chi^2_{kr}$ , to częstotliwości odpowiadały warunkom rozkładu normalnego. W wyniku sprawdzenia normalności rozkładu powstała konieczność wyeliminowania 20 obserwacji. Jako podstawę do przeprowadzenia analizy korelacyjnej i regresyjnej, a także interpretacji uzyskanej informacji wykorzystywano wyniki obserwacji (tab. 1).

W celu sprawdzenia piątego postulatu analizy regresyjnej dokonano analizy korelacyjnej kolumn macierzy czynników. Macierz korelacyjna  $R_X$  miała postać:

$$R_X = \begin{pmatrix} 1 & -0.2422 & 0.0736 & -0.1789 \\ -0.2422 & 1 & 0.0658 & 0.1044 \\ 0.0736 & 0.0658 & 1 & 0.2013 \\ -0.1789 & 0.1044 & 0.2013 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Analiza macierzy (3) dowiodła, że współczynniki  $X_1, X_2, X_3, X_4$  wykazują bardzo słabą korelację. Ich wpływ w postaci efektów liniowych na funkcję odpowiedzi  $Y$  mógł być oceniony za pomocą analizy regresyjnej. Natomiast efekty kwadratowe oceniono tylko dla czynników  $X_1, X_2$ , ponieważ czynniki  $X_3$  i  $X_4$  zmieniały się na dwóch poziomach (+/-1) i nie było możliwe uzyskanie tych efektów.

W celu uproszczenia obliczeń macierzowych oraz podwyższenia ich dokładności czynniki unormowano według wzoru:

$$X_j = \frac{\tilde{X}_j - (\tilde{X}_{j \max} + \tilde{X}_{j \min}) / 2}{(\tilde{X}_{j \max} - \tilde{X}_{j \min}) / 2}, \quad (4)$$

gdzie:

$\tilde{X}_j$  – wartość unormowana  $j$ -tego czynnika,  
 $\tilde{X}_j, \tilde{X}_{j \max}, \tilde{X}_{j \min}$  – odpowiednio bieżące, maksymalne i minimalne wartości naturalne  $j$ -tego czynnika.

Dla czynników  $X_3$  i  $X_4$ , rozpatrywanych na dwóch poziomach, unormowane wartości zostały przyjęte w następujący sposób:  $X_3$  – płeć: dziewczynki (-1), chłopcy (+1);  $X_4$  – miejsce zamieszkania: miasto (+1), wieś (-1).

Na podstawie uzyskanych wyników obserwacji, za pomocą metody najmniejszych kwadratów, [6] zostały obliczone współczynniki równania regresji według wzoru:

$$A = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot Y, \quad (5)$$

gdzie:

$X$  – macierz rozpatrywanych czynników  $X_j$ ;  
 $X^T$  – transponowana macierz czynników  $X_j$ ;  
 $Y$  – wektor wartości  $Y_j$ .

The results of the observations were subjected to correlation and regression analyses (Tab. 1).

In order to verify the fifth postulate of regression analysis a correlation analysis of the factors was conducted. The correlation matrix  $R_X$  is presented below:

The analysis of the matrix proved that the correlation between  $X_1, X_2, X_3, X_4$  coefficients is very weak. Their impact, in the form of linear effects, on the  $Y$  response function could only be assessed by means of a regression analysis. Whereas, the square effects were only assessed for  $X_1, X_2$  factors, as the  $X_3$  i  $X_4$  factors were changing only at two levels (+/-1) and it was not possible to evaluate those effects.

In order to simplify matrix calculations and increase their accuracy, the factors were normalized using the following formula:

where:

$\tilde{X}_j$  – normalized value  $j$  of the factor,  
 $\tilde{X}_j, \tilde{X}_{j \max}, \tilde{X}_{j \min}$  – current, maximum and minimum natural  $j$  values of the factor.

For  $X_3$  i  $X_4$  factors, the normalized values were presented in the following way:  $X_3$  – gender: girls (-1), boys (+1);  $X_4$  – domicile: town/city (+1), country (-1).

Basing on the observation results, the regression equation coefficients were calculated using the least squares method and the following formula:

where:

$X$  – matrix of the selected factors  $X_j$ ;  
 $X^T$  – transposed matrix of factors  $X_j$ ;  
 $Y$  – vector of value  $Y_j$ .

W wyniku oceny istotności współczynników modelu okazało się, że trzy współczynniki tego modelu ( $a_{23}$ ,  $a_{24}$ ,  $a_{34}$ ) są nieistotne. Ostateczną postać modelu, po ich wyeliminowaniu, przedstawia równanie (6):

(6)

$$\hat{Y} = 9,90 + 3,40 \cdot X_1 - 2,97 \cdot X_2 - 1,76 \cdot X_3 - 1,46 \cdot X_4 - 1,03 \cdot X_1 \cdot X_2 - 1,65 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,83 \cdot X_1 \cdot X_4 + 1,77 \cdot X_1^2 + 1,03 \cdot X_2^2,$$

Adekwatność uzyskanego modelu oceniono w sposób pośredni. Przeprowadzono analizę sumy kwadratów odchyleń, wariancję błędów aproksymacji, liczbę współczynników modelu oraz współczynnik determinacji  $R^2$ . Jakość aproksymacji danych opracowanym modelem oceniono również poprzez porównanie wariancji błędów aproksymacji  $S^2$  i wariancji  $S_y^2$  w stosunku do średniego  $\bar{Y}$  według kryterium Fiszera. Dla uzyskanego modelu suma kwadratów odchyleń wyniosła:  $\sum(Y_i - \hat{Y})^2 = 7.7123$ , wariancja błędów

$$\text{aproksymacji } S_r^2 = 0,1791, S_y^2 = \frac{(Y_i - \hat{Y})^2}{n - 1} = 21,6298 \text{ przy}$$

stopniach swobody  $f_1 = 59$ ,  $f_2 = 50$ ; współczynnik determinacji  $R^2 = 0,9919$ . Na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  przy liczbie stopni swobody  $f_1 = n - 1 = 59$ ,  $f_2 = n - d = 50$  okazało się, że obliczone kryterium  $F = S_y^2 / S_r^2 = 21,6298 / 0,1791 = 125,8278$  znacznie przewyższa tabelaryczne  $F_{0,05;59;50} = 1,57$ . To potwierdza adekwatność i efektywność otrzymanego równania regresji oraz jego przydatność do dalszej analizy wpływu czynników.

Charakter wpływu poszczególnych czynników równania regresji (6) oceniono za pomocą znaku przy odpowiednich współczynnikach równania. Ocena stopnia ich wpływu była możliwa dzięki unormowaniu zmiennych niezależnych. Największa wartość bezwzględna współczynnika oznaczała, że dany czynnik ma najmocniejszy wpływ na badaną cechę. Analizę przedstawiono w oparciu o rzeczywiste wartości zmiennych wejściowych.

W pierwszym etapie analizy wybrano zależność wysokości łuku podłużnego od wieku osoby badanej i wskaźnika Cole'a  $Y = f(X_1, X_2)$ . Zależność tę rozpatrywano w stosunku do chłopców i dziewczynek (ryc. 1) mieszkających na wsi. Analiza dowodzi, że wysokość łuku podłużnego stale wzrasta z wiekiem dziecka, przy tym można zauważyć przyspieszony wzrost wysokości łuku podłużnego w okresie dojrzewania chłopców (13-15 lat) i dziewczynek (10-15 lat). Zaobserwowano, że u chłopców mieszkających na wsi wysokość łuku podłużnego stopy zwiększała się z wiekiem z 8,77 mm do 15,79 mm (80%). Natomiast u dziewczynek wysokość wysklepienia stopy zwiększała się z 9,15 mm do 22,45 mm (145,4%). Zwiększeniu wskaźnika Cole'a z 82,2 do 152,0 towarzyszyło zmniejszenie się wysokości wysklepienia stopy u chłopców w zakresie od 13,37 mm do 9,71 mm (27%), a u dziewczynek z 16,89 mm do 13,23 mm (21,7%). Należy podkreślić, że bardziej dynamiczny przyrost wysokości łuku podłużnego zaobserwowano u chłopców.

U chłopców mieszkających w miastach łuk podłużny stopy zwiększał się z 10,09 mm do 13,47 mm (33,5%), a u dziewczynek z 10,31 mm do 20,29 mm (96,8%) (ryc. 2). Największy przyrost wysokości łuku podłużnego zaobserwowano w okresie dojrzewania obu płci. U chłopców równomierny przyrost wysokości łuku był widoczny od 10 roku życia, natomiast u dziewczynek od 12 roku życia. Zwiększeniu wskaźnika Cole'a u chłopców w zakresie od 82,3 do 152,0 i u dziewczynek w zakresie od 82,2 do 134,5 towarzyszyło zmniejszenie wysokości łuku podłużnego odpowiednio: u chłopców z 12,87 mm do 9,21 mm (28,4%); u dziewczynek z 16,39 mm do 12,73 mm (22,3%).

Mniejszy przyrost wysokości wysklepienia stopy zauważono u dzieci z miast w porównaniu do dzieci ze wsi.

As a result of the evaluation of significance of model coefficients, the researchers found out that 3 coefficients of that model ( $a_{23}$ ,  $a_{24}$ ,  $a_{34}$ ) are insignificant. The final version of the model, after elimination of said coefficients, is presented by the formula below:

Adequacy of the established model was evaluated in a non-direct way. The following analyses were conducted: deviation square sums, approximation errors variance, number of model coefficients and determination coefficient  $R^2$ . The quality of approximation of data by means of the established model was assessed by comparison of  $S^2$  approximation errors variance and  $S^2$  variance in relation to the mean according to the Fisher criterion. For the established model the sum of deviation squares was:  $\sum(Y_i - \hat{Y})^2 = 7.7123$ , approximation errors variance  $S_r^2 = 0.1791$ ,

$$S_y^2 = \frac{(Y_i - \hat{Y})^2}{n - 1} = 21,6298 \text{ edom } f_1 = 59, f_2 = 50; \text{ determi}$$

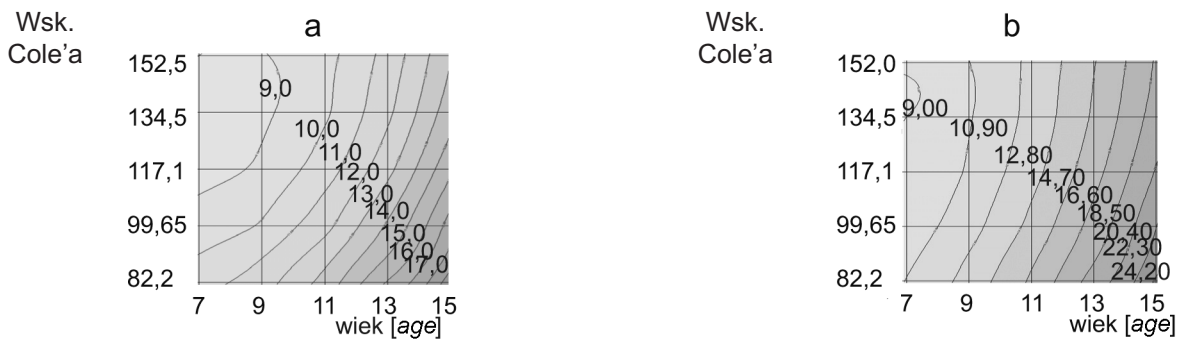
nation coefficient  $R^2=0,9919$ . At statistical significance level  $\alpha = 0,05$  with the following degrees of freedom  $f_1 = n - 1 = 59$ ,  $f_2 = n - d = 50$  it turned out that the calculated criterion  $F = S_y^2 / S_r^2 = 21,6298 / 0,1791 = 125,8278$  significantly exceeds the tabular value of  $F_{0,05;59;50} = 1,57$ . This confirms the adequacy and efficiency of the obtained regression equation and its usefulness for further analysis of the effects of the selected factors.

The character of the influence of particular factors of regression equation (6) was assessed by marking the appropriate coefficients of the equation. The evaluation of the degree of influence was possible due to normalization of the independent variables. The highest absolute value of the coefficient meant that the given factor had the strongest impact on the examined trait. The analysis was presented basing on the actual values of the input variables.

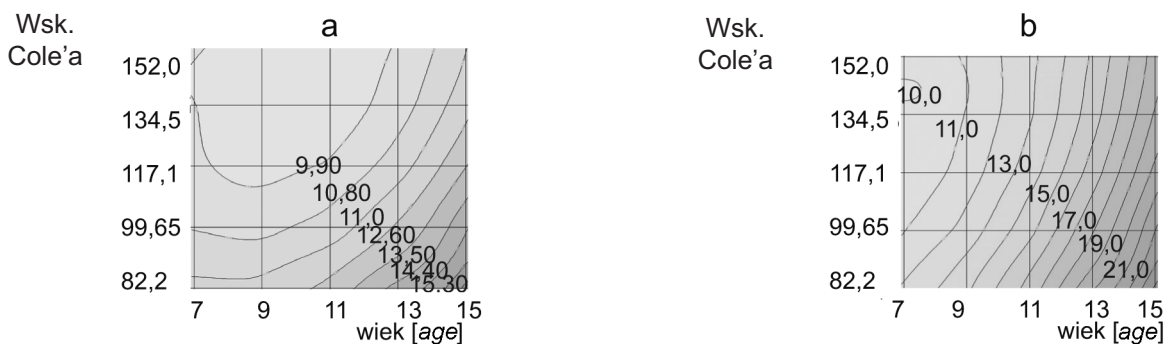
In the first stage of the analysis, the researchers concentrated on the correlation between the height of the longitudinal arch and age and the Cole's coefficient  $Y=f(X_1, X_2)$ . This correlation was analysed for boys and girls living in the country (Fig. 1). The analysis proved that the height of the arch increases along with the age of the child and an increased growth rate can be observed during puberty – boys (13-15 years) and girls (10-15 years). It was observed that in boys living in the country, the height of the longitudinal arch increased along with age from 8.77 mm to 15.79 mm (80%). The increase was even greater in girls – from 9.15 mm to 22.45 mm (145.4%). The increase of the Cole coefficient value from 82.2 to 152.0 was accompanied by a decrease of the longitudinal arch height from 13.37 mm to 9.71 mm in boys (27%) and from 16.89 mm to 13.23 mm in girls (21.7%). It has to be emphasized that the increase of the longitudinal arch height was more dynamic in boys.

In city and town boys the height of the longitudinal arch increased from 10.09 mm to 13.47 mm (33.5%) and from 10.31 mm to 20.29 mm in girls (96.8%) (Fig.2). The greatest increase of the height of the longitudinal arch was observed during puberty in boys and girls. In boys, a steady increase of the arch height was visible from the age of 10, while in girls it was visible from the age of 12. The growth of the Cole's coefficient from 82.3 to 152.0 in boys and from 82.2 to 134.5 in girls was accompanied by a corresponding decrease of the longitudinal arch height: from 12.87 mm to 9.21 mm (28.4%) in boys and from 16.39 mm to 12.73 mm (22.3%) in girls.

In comparison to the country children, the boys and girls from towns and cities showed lower increase of the longitudinal arch height.



Ryc. 1. Zależność wysokości łuku podłużnego od wieku osoby badanej i wskaźnika Cole'a: a) u chłopców; b) u dziewczynek, mieszkających na wsi  
 Fig. 1. Correlation between the height of the longitudinal arch and the Cole's coefficient values: a) in boys; b) in girls living in the country



Rys. 2. Zależność wysokości łuku podłużnego od wieku osoby badanej i wskaźnika Cole'a: a) u chłopców; b) u dziewczynek, mieszkających w miastach  
 Fig. 2. Correlation between the height of the longitudinal arch and the Cole's coefficient values: a) in boys; b) in girls living in town/city

## Dyskusja

W ostatnich latach opublikowano wiele prac dotyczących płaskostopia u dzieci. Wynika to przede wszystkim ze skali zjawiska. Wśród wielu czynników sprzyjających płaskostopiu należy wymienić nadwagę, która traktowana jest jako duży problem współczesny. Szybkie tempo życia, mała aktywność fizyczna, brak czasu predysponują do nadwagi i otyłości. W naszych badaniach widoczne jest zwiększone ryzyko występowania płaskostopia u dzieci z nadwagą. Zwiększaniu się wskaźnika Cole'a towarzyszyło zmniejszenie się wysokości łuku podłużnego stopy (20-30%) u chłopców i dziewczynek bez względu na miejsce zamieszkania. Potwierdzają to badania Trzczińskiej i Olszewskiej, które wykazały znamiennej korelację między kątem Clarke'a a wskaźnikiem BMI u 14-letnich uczennic [7]. W badaniach Ślężyńskiego i Rottermunda [8] stwierdzono, że stopy kobiet o piknicznym typie budowy charakteryzują się najniższym wysklepieniem, lecz za czynnik decydujący o stanie ich wydolności funkcjonalnej autorzy uznali otyłość. Zależność między płaskostopiem a masą ciała badali również Gawron i Janiszewski [9], którzy stwierdzili, że prawidłowe proporcje między masą a wzrostem nie chronią przed tą wadą stóp.

Analiza uzyskanych wyników dowiodła, że łuk podłużny stopy rozwija się najintensywniej w okresie dojrzewania chłopców (13-15 lat) i dziewcząt (10-15 lat). Volpon [10] twierdzi, że począwszy od 3 roku życia stopy chłopców i dziewcząt charakteryzują się stałym tempem wzrostu aż do 12 roku życia, u dziewcząt następuje zatrzymanie wzrostu stopy, natomiast u chłopców ten wzrost trwa aż do 15 roku życia. Morley analizował rozwój łuku podłużnego u dzieci w wieku 1-4 lat i stwierdził, że stopień płaskostopia maleje wraz z wiekiem [11]. Lebioda natomiast wskazuje, że największy przyrost wysokości łuku podłużnego występuje między 8-12 rokiem życia [12]. Rajchel [13] oraz Gołąb [14] uważają, że szybkie tempo wzrostu przypada na dwa

## Discussion

Platypodia has been a subject of many studies in recent years mainly due to the scale of the problem. Among many factors facilitating the development of platypodia there are overweight and obesity which already have the status of a serious social problem. Quick pace of living, low physical activity and stress lead to overweight and obesity. Our research showed that flat foot is more likely to occur in children with overweight. The increase of the Cole's coefficient values was accompanied by a decrease of the longitudinal arch height (by 20-30%) in boys and girls, regardless of their domicile. This was confirmed by studies of Trzczińska and Olszewska, who documented a significant correlation between Clarke's angle and BMI level in 14 year-old schoolgirls [7]. Ślężyński and Rotermund [8] observed that the feet of women of pyknic build type have the lowest longitudinal arch, yet it is obesity that determines their functional capacity. The relationship between platypodia and body mass was also studied by Gawron and Janiszewski [9], who concluded that normal proportions between weight and height do not protect one from platypodia.

The analysis of the results proved that the longitudinal arch develops rapidly during puberty in boys (13-15 years) and girls (10-15 years). Volpon [10] claims that beginning from the age of three the feet of boys and girls grow steadily up until the age of 12 when the growth stops in girls, whereas in boys the feet grow until they are 15 years old. Morley analysed the development of the longitudinal arch in children aged 1-4 years and claims that platypodia decreases along with age [11]. Lebioda indicates that the highest increase of the height of the arch occurs between the age of eight and 12 [12]. Rajchel [13] and Gołąb [14] reached different conclusions and claim that rapid growth of the feet occurs during two periods of life: 5-9 years and 10-13 years. Similar conclusions can be found in the studies of Nadolska-Ćwikła [15] who proved

okresy: 5-9 lat i 10-13 lat. Podobne wnioski można wysnuć z opracowań Nadolskiej-Ćwikły [15], która wykazała, że architektura podłużna stopy zmienia się wraz z wiekiem.

Różnic w występowaniu płaskostopia upatruje się również w pci osób badanych. Najbardziej widoczna różnica, wg badań Lizisa [16], była w grupie chłopców oraz stopie prawej dziewcząt. Z badań tych wynika, iż u dziewcząt łuk podłużny jest niższy niż u chłopców. Nasze badania pokazały, że u chłopców z miast wysokość łuku podłużnego stopy była około trzykrotnie mniejsza niż u dziewczynek, a u chłopców mieszkających na wsi około dwukrotnie mniejsza niż u dziewczynek.

## Wnioski

Badanie zależności między występowaniem płaskostopia a wybranymi czynnikami epidemiologicznymi pozwala na stwierdzenie, że:

1. wysokość łuku podłużnego stopy zwiększa się z wiekiem dziecka,
2. przyspieszony wzrost wysokości łuku podłużnego widoczny jest w okresie dojrzewania dziewcząt (10-15 lat) i chłopców (13-15 lat),
3. u chłopców z miast wysokość łuku podłużnego stopy jest około trzykrotnie mniejsza niż u dziewczynek,
4. u chłopców mieszkających na wsi wysokość łuku podłużnego stopy jest około dwukrotnie mniejsza niż u dziewczynek,
5. zwiększeniu wskaźnika wagowo-wzrostowego Cole'a towarzyszy zmniejszenie się wysokości łuku podłużnego stopy o 20-30%.

Wykryte prawidłowości wpływu czynników na wysokość łuku podłużnego mogą być podstawą do wyboru optymalnego trybu życia oraz efektywnych metod usprawnienia aparatu ruchu dzieci.

## Piśmiennictwo References

- [1] Broks M. *Flat feet in children*. Br. Med. J., 1991, 302.
- [2] Lizis P. *Kształtowanie się wysklepienia łuku podłużnego stopy i problemy korekcji płaskostopia u dzieci i młodzieży w wieku rozwojowym*. Kraków 2000.
- [3] Ciechowski K., Kozłowski B. *Kryteria oceny płaskostopia u dzieci i młodzieży*. Przegląd Techniki, Ortopedii i Rehabilitacji, 2, 1978, 85-97.
- [4] Kryszwicki W., Bartos J. i wsp. *Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna w zadaniach, II*. Statystyka matematyczna. PWN, Warszawa 2003.
- [5] Cole T. J., Bellizzi M. C. i wsp. *Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey*. Br. Med. J., 320, 2000, 1-6.
- [6] Homer D. W., Lemshow S. *Applied logistic regression*. John Wiley and Sons, New York, BMD Statistical Software, University of California Press, Berkeley 1989.
- [7] Trzcinańska D., Olszewska E. *Cechy plankturograficzne stóp dzieci i młodzieży w różnych okresach rozwojowych*. Postępy Rehabilitacji, 1, 2006, 47-53.
- [8] Śliżyński J., Rottermund J. *Cechy plankturograficzne stóp kobiet w średnim i starszym wieku w zależności od charakteru pracy oraz czynników środowiskowych i osobniczych*. WFiS, 4, 43, 1999, 42-68.
- [9] Gawron A., Janiszewski M. *Płaskostopie u dzieci – częstość występowania wady a wartości masy i wzrostu odniesione do siatki centylowej*. Polish Journal of Sports Medicine, 21, 2, 2005, 111-122.
- [10] Volpon JB. *Footprint analysis during the growth period*. J. Pediatr. Orthop., 14, 1994, 83-85.
- [11] Morley A. J. M. *Knock-knee in children*. Br. Med. J., 2, 1957, 976-979.
- [12] Lebiada H. *Próba oceny stanu wysklepienia stopy u młodzieży szkolnej i akademickiej*. Przegląd Antropologiczny, 31, 1, 1965, 52-64.
- [13] Rajchel Z. *Wysklepienie stopy w rozwoju osobniczym człowieka*. Przegląd Antropologiczny, 25, 2, 1959, 421-32.
- [14] Gołąb S., Chrzanowski M. i wsp. *Ontogenetyczna zmienność wymiarów stopy i podudzia oraz wady budowy stóp u młodzieży krakowskiej*. Rocznik Naukowy AWF, Kraków, 17, 1980, 176-180.
- [15] Nadolska-Ćwikła I. *Wysklepienie stopy dzieci i młodzieży 7-14 letnich ze szkół koszalińskich*. AWF Poznań, Monografie, 315, 1994.
- [16] Lizis P. *Propozycja ustalenia normy dla wysklepienia podłużnego stopy u dzieci w wieku 8-15 lat*. Postępy Rehabilitacji, 9, 1, 1995, 25-35.

## Adres do korespondencji: Address for correspondence:

Jolanta Pauk  
Politechnika Białostocka  
ul. Wiejska 45 C  
15-351 Białystok  
e-mail: jpauk@pb.edu.pl