

**MIROSLAW MROZKOWIAK<sup>1</sup>, BARTOSZ POSLUSZNY<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Uniwersytet Przyrodniczy, Katedra Turystyki i Rekreacji w Lublinie<sup>2</sup>KREG-CLINIC w Poznaniu

## **Deskrypcja wysokości pięciu łuków podłużnych stóp w warunkach obciążenia masą własną, populacji żeńskiej w wieku od 4 do 18 lat w świetle mory projekcyjnej**

Height description of five longitudinal arches of foot burdened with its weight on the basis of female population at the age between 4 and 18 in the light of projection moire

**Słowa kluczowe:** wysokość łuku podłużnego, wysklepienie stopy

### **STRESZCZENIE**

W obrębie stóp u niemowląt trudno mówić o wysklepieniu, ponieważ podeszwową powierzchnię stopy wyściela tkanka tłuszczowa, a małe zaawansowanie procesu kostnienia wyklucza istnienie łuku podłużnego i poprzecznego. Początki chodzenia i coraz większe obciążanie kończyn dolnych stają się poważnym bodźcem kształtującym stopę dziecka.

Celem pracy jest określenie przebiegu zmian wysokości pięciu łuków wysklepienia podłużnego stóp populacji żeńskiej w wieku od 4 do 18 lat regionu warmińsko-mazurskiego.

Badaniami objęto populację 9804 dziewcząt w wieku od 4 do 18 lat, z wybranych losowo przedszkoli i szkół regionu warmińsko-mazurskiego. Metodyka badań obejmowała pomiar wysokości pięciu łuków dynamicznych wysklepienia podłużnego stopy lewej i prawej. Do oceny wykorzystano stanowisko do komputerowej oceny postawy ciała, techniką mory projekcyjnej – Posturometr M.

Rezultaty badań przedstawiono na wykresie 1 – przebieg zmian średnich wartości wysokości 5 łuków stóp populacji żeńskiej.

1. Rozwój wysokości łuków podłużnych stopy lewej i prawej jest bardzo zbliżony.
2. Łuk I jest najwyższy, dalej odpowiednio II i III, łuki IV i V są zdecydowanie niższe. W 13 r.ż. występuje znaczące obniżenie wysokości wszystkich pięciu łuków podłużnych obu stóp.
3. Wysklepienie podłużne stóp osiąga wymaganą optymalną wartość w 6-8 roku życia.

**Key words:** longitudinal arch height, foot arch

As regards infants' foot, it is inadequate to use the term of a foot arch as the foot plantar surface is lined with fat tissue, and poor advancement of ossification process excludes the existence of longitudinal and transverse arch. The beginnings of walking and gradual increase in burdening lower limbs becomes a significant stimulus which shapes the child's foot.

Specifying the course of changes in the height of five longitudinal arches of foot on the basis of female population at the age between 4 to 18 in the warmińsko-mazurski region.

The research covers the population of 9804 women at the age between 4 and 18 from nursery and other schools selected randomly and located in the warmińsko-mazurski region. The research methodology covered the height measurement of five dynamic longitudinal arches of the right and left foot. For the purpose of the assessment, the attitude towards a computer assessment of posture, with the application of projection moire technique – Posturometr M, has been used.

The research results are presented in Diagram 1 – the course of changes in average values of height of the 5 foot arches in male population.

1. Development of longitudinal arch height in left and right foot is very similar.
2. Arch I is the highest, whereas arch II and III as well as IV and V are remarkably lower. At the age of 13 a considerable reduction in the height of all five longitudinal foot arches is observed.
3. Longitudinal foot arch reaches the required optimal value at the age between 6 and 8.

## Wstęp

Współczesny i ogólnie praktykowany styl życia sukcesywnie ogranicza wysiłek fizyczny na rzecz sedenteryjnego modelu spędzania czasu wolnego. Destrukcyjny wpływ hipokinezy i obciążeń statycznych znajduje odzwierciedlenie w stawach kręgosłupa, barkowych, biodrowych i stóp, skutkując zaburzeniami morfologicznymi całego organizmu, bowiem zmiany te ze względu na jedność morfofunkcjonalną całego narządu ruchu nie ograniczają się tylko do lokalnych zmian. Stopa pełni wiele funkcji: czuciową, podporową, dźwiga masę ciała w różnych warunkach i podłożu. Jest także amortyzatorem hydromechanicznym.

Stopa jest nie tylko strukturalnym ogniwem narządu ruchu, ale nade wszystko łańcucha wszystkich narządów człowieka.

W obrębie stóp u niemowląt trudno mówić o wysklepieniu, ponieważ podeszwową powierzchnię stopy wyściela tkanka tłuszczowa, a małe zaawansowanie procesu kostnienia wyklucza istnienie łuku podłużnego i poprzecznego. Początki chodzenia i coraz większe obciążanie kończyn dolnych stają się poważnym bodźcem kształtującym stopę dziecka. W ciągu pierwszego roku życia utrzymuje się przywiedzenie stopy, powiększane jej rotacją. W wieku 3 - 4 lat zaznacza się wklęsłość podeszwowa części stopy, a w 6 roku życia oba łuki stopy są wyraźne i ulegają dalszemu szybkiemu rozwojowi do około 8 roku życia. Przebiega to równocześnie ze wzrostem stopy początkowo większym wzdłuż, a później w szerz. Wzrastanie stóp jest szczególnie szybkie w okresie skoku pokwitaniowego, po którym ustala się jej ostateczna architektura

z indywidualnymi fizjologicznymi łukami wysklepiającymi. Kształtowanie sklepienia uwarunkowane jest głównie bodźcami proprioceptywnymi z zatoki stępu i zginaniem podszwowych palców, symulującym ruchy chwytania nierówności podłoża w trakcie chodzenia po nieutwardzonej nawierzchni [6].

Wysklepienie podłużne wykazuje zmiany budowy wraz z wiekiem. Polegają one na zwiększaniu wysklepienia podłużnego łuku do 20 roku życia i spadku wysklepienia w końcowym etapie ontogenezy. Kobiety cechuje mniejsza wydolność stopy niż mężczyźni, co znajduje wyraz we wcześniejszym spadku kąta Clarke'a. Dynamiczne wykształcanie wysklepienia stopy zachodzi u kobiet od 3 do 19 lat [4].

Ewa Demczuk-Włodarczyk [2] na podstawie danych anatomicznych i biomechanicznych dokonała własnego podziału ukształtowania strony podszwowej stopy na 4 typy:

- 1 – stopa wydrążona: w odciążeniu V łuk podłużny uniesiony jest nad podłoże powyżej 5 mm, w obciążeniu ponad 3 mm
  - 2 – stopa prawidłowa:
    - Podtyp A – w obciążeniu V łuk podłużny uniesiony jest nad podłoże do 3 mm, nie występuje obniżenie pozostałych 4 łuków podłużnych
    - Podtyp B – w obciążeniu V łuk podłużny uniesiony jest nad podłoże do 3 mm z obniżeniem pozostałych 4 łuków podłużnych,
  - 3 – stopa płaska funkcjonalnie: w odciążeniu IV i V łuk przylegają do podłoża, nisko przebiega III łuk. W obciążeniu V, IV i III łuk przylega do podłoża, II przebieg nad nimi stosunkowo nisko,
  - 4 – stopa płaska strukturalnie: w odciążeniu V i IV łuk przylegają do podłoża, III przylega lub przebiega ponad nimi. W obciążeniu łuki I-V przylegają do podłoża
- Celem badań jest określenie:
1. Przebiegu zmian wysokości pięciu łuków wysklepienia podłużnego stóp populacji żeńskiej w wieku od 4 do 18 lat regionu warmińsko-mazurskiego.
  2. Wieku występowania poszczególnych typów ukształtowania podszwowej strony stóp

## **Materiał i metoda**

Badaniami objęto populację 9804 kobiet w wieku od 4 do 18 lat, z wybranych losowo przedszkoli i szkół regionu warmińsko-mazurskiego, tabela 1. Analizę statystyczną objęto wyniki badań tylko tych dzieci, u których lekarz nie stwierdził znaczących wad postawy.

Metodyka badań obejmowała pomiar wysokości pięciu łuków podłużnych stóp. Do oceny wykorzystano stanowisko do komputerowej oceny postawy ciała, techniką mory projekcyjnej – Posturometr M. Metodyka i technika były zgodne z ogólnie przyjętymi

zasadami [2, 3]. Stanowisko pomiarowe składa się z komputera i karty graficznej, programu, monitora i drukarki, urządzenia projekcyjno-odbiorczego z kamerą do pomiaru stóp. Uzyskanie przestrzennego obrazu możliwe były dzięki wyświetleniu na stopach dziecka linii o ściśle określonych parametrach. Linie, padając na stopy, ulegają zniekształceniom zależnie od konfiguracji powierzchni. Dzięki zastosowaniu obiektywu, obraz badanego mógł być odebrany przez specjalny układ optyczny z kamerą, a następnie przekazany na monitor komputera. Zniekształcenia obrazu linii rejestrowane w pamięci komputera, przetwarza algorytm numeryczny na mapę warstwicową badanej powierzchni [5]. Otrzymane wyniki w postaci przestrzennego, graficznego obrazu pozwoliły liczbowo opisać badane parametry.

Uzyskane rezultaty badań opracowano statystycznie, określając wartość średnią, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności, wartość minimalną i maksymalną.

## Uzyskane wyniki

Rezultaty badań przedstawiono na rycinie 1 – przebieg zmian średnich wartości wysokości 5 łuków stóp populacji żeńskiej.

Przebieg krzywej wysokości pierwszego łuku prawej stopy rozpoczyna się w 4 r.ż. od 2,36 mm, w roku następnym nieistotnie statystycznie obniża swoją wartość do 2,21 mm, w 6 r.ż. rośnie do 3,02 mm i w 7 r.ż. obniża do 2,52 mm, dalej do 12 r.ż. wysokość łuku jest maksymalna i wynosi 5,15 mm, dalej spada do 3,29 mm w 14 r.ż., w 15 przyjmuje wartość 5,05 mm, w 16 4,52 i ostatecznie w 18 r.ż. 5,0 mm. Ten sam łuk w stopie lewej rozpoczyna się w 4 r.ż. od

2,04 mm, w roku następnym obniża swoją wartość do 1,74 mm, w 6 r.ż. rośnie do 2,49 mm dalej do 13 r.ż. wysokość łuku jest maksymalna i wynosi 5,7 mm, dalej spada do 3,51 mm w 14 r.ż., rośnie do 6,14 mm w 18 r.ż.

Przebieg krzywej wysokości drugiego łuku prawej stopy rozpoczyna się w 4 r.ż. od 1,73 mm, w roku następnym nieistotnie statystycznie obniża swoją wartość do 1,53 mm, w 6 r.ż. rośnie do 2,32 mm i 7 obniża do 1,78 mm, dalej do 12 r.ż. wysokość łuku jest maksymalna i wynosi 4,0 mm, dalej spada do 2,69 mm w 14 r.ż., w 15 przyjmuje wartość 3,69 mm, w 16 3,42 i ostatecznie w 18 r.ż. 3,14 mm. Ten sam łuk w stopie lewej rozpoczyna się w 4 r.ż. od

1,36 mm, w roku następnym nieistotnie statystycznie obniża swoją wartość do 1,21 mm, w 6 r.ż. rośnie do 1,9 mm dalej do 12 r.ż. wysokość łuku jest maksymalna i wynosi 3,96 mm, dalej spada do 2,44 mm w 14 r.ż., rośnie do 3,85 mm w 18 r.ż.

Przebieg krzywej wysokości trzeciego łuku prawej stopy rozpoczyna się w 4 r.ż. od 1,19 mm, w roku następnym nieistotnie statystycznie obniża swoją wartość do 0,98 mm, w 6 r.ż. rośnie do 1,5 mm i 7 obniża do 1,13 mm, dalej do 12 r.ż. wysokość

łuku jest maksymalna i wynosi 2,44 mm, dalej spada do 1,87 mm w 14 r.ż., w 15 przyjmuje wartość 2,31 mm i ostatecznie w 18 r.ż. 1,28 mm. Ten sam łuk w stopie lewej rozpoczyna się w 4 r.ż. od 1,0 mm, w roku następnym nieistotnie statystycznie obniża swoją wartość do 0,8 mm, w 6 r.ż. rośnie do 1,13 mm dalej do 12 r.ż. wysokość łuku jest maksymalna i wynosi 2,41 mm, dalej spada do 1,61 mm w 14 r.ż., rośnie do 3,0 mm w 18 r.ż.

Przebieg krzywej wysokości czwartego łuku prawej stopy rozpoczyna się w 4 r.ż. od 0,25 mm, dalej do 12 r.ż. wysokość łuku jest maksymalna i wynosi 0,67 mm, dalej spada do 0,45 mm w 14 r.ż., w 16 przyjmuje wartość 0,6 mm i ostatecznie w 18 r.ż. 0,0 mm. Ten sam łuk w stopie lewej rozpoczyna się w 4 r.ż. od 0,2 mm, dalej do 12 r.ż. wysokość łuku jest maksymalna i wynosi 0,67 mm, dalej spada do 0,47 mm w 14 r.ż., rośnie do 0,7 w 16 i ostatecznie przyjmuje wartość 0,57 mm w 18 r.ż.

Przebieg krzywej wysokości piątego łuku prawej stopy rozpoczyna się w 4 r.ż. od 0,04 mm, dalej do 12 r.ż. wysokość łuku jest maksymalna i wynosi 0,18 mm, dalej spada do 0,11 mm w 14 r.ż. i ostatecznie w 18 r.ż. przyjmuje wartość 0,0 mm. Ten sam łuk w stopie lewej rozpoczyna się w 4 r.ż. od 0,02 mm, dalej do 12 r.ż. wysokość łuku jest maksymalna i wynosi 0,1 mm, dalej spada do 0,0 mm w 18 r.ż.

## Dyskusja

Z powodu braku prac opisujących wysokości łuków podłużnych stóp mierzonych metodą mory projekcyjnej, dyskusję ograniczono do jednej publikacji.

Z badań Demczuk-Włodarczyk [1] metodą mory projekcyjnej wynika, że w stopie prawej występują cztery przedziały wiekowe intensywnego przyrostu sklepienia, w stopie lewej jeden. W stopie prawej pierwszy okres to czas między 6 a 9 r.ż. z tym, że łuki I i II rozwijają się intensywniej nieco później, bo od 7 do 9 r.ż. Drugi okres przypada między 11 a 14 r.ż. i dotyczy tylko sklepienia I łuku podłużnego. Trzeci okres występuje między 15 a 18 r.ż. i dotyczy sklepienia przyśrodkowego, a czwarty między 19 a 20 r.ż. i dotyczy rozwoju I, II i IV łuku podłużnego. W stopie lewej wyraźnie zaznaczony jest tylko jeden okres, który podobnie jak w stopie prawej, wystąpił w wieku 6 – 9 lat i dotyczy wysokości wszystkich łuków podłużnych stopy. Już od 4 r.ż. obserwuje się uniesienie V łuku podłużnego u niewielkiego odsetka badanych. Dopiero w wieku 7 lat u 20% badanych zauważa się częstsze występowanie uniesionego sklepienia omawianego łuku. W miarę upływu lat odsetek wzrasta, osiągając największe wartości: w stopie prawej między 12 a 14, w lewej w 13 r.ż. osiągając najczęściej wartość do 5 mm, przy czym do 18 r.ż. częstotliwość występowania uniesionego sklepienia V łuku zmniejsza się.

Badania autora pozwalają określić trzy okresy rozwoju wysokości wysklepienia stopy:

1. Okres pierwszy to intensywny rozwój wysokości I, II, III, IV i V łuku podłużnego stopy prawej i lewej występuje od 5 do 12 r. ż., a łuku I lewej stopy do 13 r.ż.
2. Okres drugi od 12 do 14 r.ż. to czas regresu wysokości łuków.
3. Okres trzeci od 14 do 18 r.ż., w którym długości łuków I, II, III i IV w stopie lewej i prawej stale zwiększają się, V łuk obu stóp nie ulega statystycznie znaczącym wahaniom, przy czym łuki I, II i III prawej stopy w 18 r.ż. obniżają swoją wysokość.

Ponadto przeprowadzone badania pozwalają na stwierdzenie, że wysokość I, II, III łuku lewej stopy jest mniejsza niż w prawej w przedziałach wiekowych: od 4 do 6 i od 8 do 11 r.ż., w 7 i 12 wysokości są niemal równe, od 13 do 15 r.ż. są zróżnicowane, a od 16 do 18 r.ż. wysokość łuków lewej stopy jest większa niż prawej.

Z weryfikacji uzyskanych wyników przeprowadzonych badań normami określonymi typologią Demczuk-Włodarczyk [2] wynika, że dzieci od 8 r.ż. posiadają stopy prawidłowe – typ 2B. Przy czym w przedziale wiekowym badanej populacji wysokość V łuku podłużnego stopy tak lewej, jak i prawej nie przekracza 1 mm, przyjmując jednocześnie najwyższą wartość między 10 a 12 r.ż. Znamienne jest także to, że omawiany parametr, będący według autorki typologii jednym z głównych wykładników wysklepienia podłużnego stopy, w 18 r.ż. przyjmuje wartość: 0,0, przy stosunkowo optymalnych wartościach pozostałych łuków. Ponadto żaden osobnik nie osiągnął typu 1, 2A, 3 i 4.

## Stwierdzenia

1. Rozwój wysokości łuków podłużnych stopy lewej i prawej jest bardzo zbliżony.
2. Łuk I jest najwyższy, dalej odpowiednio II i III, łuki IV i V są zdecydowanie niższe. W 13 r.ż. występuje znaczące obniżenie wysokości wszystkich pięciu łuków podłużnych obu stóp
3. Wysklepienie podłużne stóp osiąga wymaganą optymalną wartość w 8 roku życia – typ 2B.

**Tabela 1.** Charakterystyka antropologiczna badanej populacji dziewcząt\*

Wiek	Ilość	M.C.	Odch. stand.		W.C.	Odch. stand.	
			- sigma	+ sigma		- sigma	+ sigma
4	95	19,1	17,6	21,4	111,0	108,4	114,6
5	196	21,0	18,7	23,5	113,8	109,4	115,4
6	269	22,5	19,7	25,3	117,3	111,5	116,8
7	610	26,42	21,6	27,4	121,0	118,0	129,0

\* Materiał ilustracyjny zawarty w tym artykule opracowano w wyniku badań własnych.

8	1341	26,42	23,4	32,5	128,28	121,0	133,4
9	1839	30,14	24,5	34,2	132,87	126,9	138,7
10	1752	35,11	27,5	38,7	138,26	132,5	144,0
11	1047	41,95	38,3	43,6	145,0	141,6	151,4
12	670	44,77	37,9	48,4	151,84	145,1	154,6
13	569	46,47	39,0	54,8	157,2	151,3	161,6
14	582	52,56	42,9	60,0	162,24	153,2	165,8
15	424	55,25	44,6	64,3	165,18	157,9	170,1
16	108	55,4	44,7	65,4	162,4	155,7	172,6
17	134	57,0	46,7	67,4	164,7	156,6	173,9
18	168	61,3	52,1	68,3	166,7	161,2	174,2
Suma	9804						

Legenda: M.C. – średnia wartość masy ciała; W.C. – średnia wartość wysokości ciała.

## Bibliografia

1. Demczuk-Włodarczyk E., *Budowa stopy w okresie rozwoju progresywnego człowieka*, Studia i Monografie AWF, Wrocław 2003, nr 66.
2. Demczuk-Włodarczyk E., *Zmodyfikowana biostereometryczna metoda oceny budowy morfologicznej stopy*, Fizjoterapia 1998, t. 6, nr 1-2.
3. Mrozkowiak M., *Uwarunkowania wybranych parametrów postawy ciała dzieci i młodzieży oraz ich zmienność w świetle mory projekcyjnej*, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra 2010.
4. Nadolska-Ćwikła I., *Budowa stopy mieszkańców Gorzowa Wielkopolskiego w wieku 3-65 lat*, Monografie Podręczniki, Skrypty AWF Poznań 1990, nr 266.
5. Świerc A., *Komputerowa diagnostyka postawy ciała – instrukcja obsługi*, Czernica Wrocławska 2006.
6. Wolański N., *Rozwój biologiczny człowieka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.