

## Technika skanowania 3D i jej zastosowanie w badaniach populacyjnych stóp dzieci i projektowaniu kopyt

3D scanning technique and its use in population studies of children's feet and lasts design

Katarzyna Piotrowska\*, Joanna Kwiecień, Robert Gajewski, Małgorzata Janocha

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Przemysłu Skózanego

---

### Abstrakt

Kopyto to narzędzie w produkcji obuwia. Dotychczas do projektowania kopyt wykorzystuje się dane uzyskane na przełomie lat 60 i 70 XX w. za pomocą pomiarów ręcznych. W ramach tej pracy przebadano przy użyciu skanera 3D grupę 461 dzieci polskich w wieku 6-10 lat. Analizowano następujące wymiary: długość stopy, szerokość i obwód przodostopia, obwód przez piętę, obwód przez podbicie. Zbadano przydatność metody skanowania stóp w badaniach populacyjnych dzieci. Uzyskane wyniki stanowią wstęp do opracowania nowego standardu dla projektowania kopyt zarówno w odniesieniu do metody przenoszenia wymiarów z badań populacyjnych na kopyto, w oparciu o dane uzyskane z badań dla wszystkich grup wielkościowych.

### Abstract

The last is the basic tool in the production of footwear, determining the shape of the foot and the comfort of footwear. Until now, last design is based on data obtained at the turn of the 1960s and 1970s using manual measurements. A group of 461 Polish children aged 6-10 was examined using a 3D scanner. It was analyzed: foot length, forefoot width, ball girth, heel circumference, instep circumference. The obtained results are an introduction to the development of a new standard for hoof design, both in relation to the method of transferring dimensions from population studies to the last, based on data obtained from studies for all size groups.

*Słowa kluczowe:* stopy dzieci, skaner 3D, pomiary stóp, ergonomia

*Keywords:* children's feet, 3D scanner, foot measurement, ergonomics

---

\*autor korespondencyjny: mgr Katarzyna Piotrowska: katarzyna.piotrowska@ips.lukasiewicz.gov.pl

## **1. Wstęp**

Kopyto (forma szewska) należy do podstawowych narzędzi stosowanych w produkcji obuwia od wieków [1,2]. Jest odzwierciedleniem stopy (trudnej do zwymiarowania ze względu na krzywoliniową powierzchnię), determinuje kształt wnętrza obuwia, odpowiadając tym samym za komfort i „jakość ergonomiczną” [3,4]. W Polsce piękne przykłady średniowiecznych kopyt można znaleźć w Muzeum Powiatowym w Nysie. Przez stulecia obuwie było projektowane na miarę. W XX w. tradycyjne, indywidualne szewstwo zanikło na korzyść produkcji masowej. Pomiary antropometryczne są punktem wyjścia przy konstrukcji obuwia, dostarczającym informacji na temat wymiarów stóp, ich budowy i proporcji. O ile produkcja obuwia na miarę wymaga znajomości wymiarów stóp tylko jednego konkretnego klienta, któremu dedykowane jest obuwie, o tyle wytwarzanie obuwia seryjnego wymaga dostępu do danych populacyjnych, które umożliwią opracowanie kopyta „pasującego” do możliwie dużej frakcji populacji ogólnej.

W Polsce pierwsze pomiary antropometryczne stóp prowadzone na masową skalę miały miejsce w latach 1955-59. Badania prowadziła Komisja Antropometrii PAN we Wrocławiu. Kolejne badania prowadzone przez IPS Łódź miały miejsce w latach 1968 oraz 1973 (wyniki tych ostatnich stanowiły podstawę do skonstruowania norm do projektowania kopyt). Następne badania prowadzono w latach 1985 (ostatnie badania antropometryczne na dużą skalę), 1996 (CLPO – badanie w ośrodku krakowskim PBZ-021-06 pt. „Opracowanie systemu działań profilaktycznych mających na celu ochronę stanu zdrowotnego stóp dzieci). Aktualną bazą danych z pomiarów antropometrycznych stóp dzieci stała się populacja 11,5 tysiąca dzieci w wieku 0-15 lat zbadanych w ramach Akademii Zdrowej Stopy BARTEK 2007-2013. Badania prowadzone przez IPS Kraków polegały na wykonaniu odbitki statycznej stopy, pomiarów antropometrycznych za pomocą ręcznych przyrządów pomiarowych oraz oceny ortopedycznej stanu

zdrowotnego kończyn dolnych. Zdobyte pomiary antropometrycznych danej populacji stanowi dopiero wstęp. Kopyto nie jest idealną „kopia” stopy i nie wystarczy jedynie uśrednienie wyników. Konieczne jest przełożenie uzyskanych wymiarów stopy na parametry kopyt, z uwzględnieniem naddatków: funkcjonalnego i na modę oraz z uwzględnieniem przeznaczenia kopyta i wysokości obcasa. Podstawowym problemem jest opracowanie tzw. ściółki kopyta, czyli jego spodniej strony. Opracowane zostały liczne metody konstrukcji ściółki. Takie jak: konstrukcja ściółki Heinricha Meiera, Franciszka Schneidera, H. Macy’ego [5], czy też stosowana w Polsce metoda opisana w normie branżowej BN-73/7781-04.

Postęp technologii sprawił, że obecnie możliwa jest automatyzacja pomiarów antropometrycznych i oceny ortopedycznej, co znacznie skraca czas badania. Jest to szczególnie ważne w trakcie wykonywania badań stóp u dzieci, które szybko się niecierpliwia. Kolejną zaletą tej metody jest pominięcie tzw. czynnika ludzkiego, który zwiększał ryzyko błędu pomiaru podczas pomiarów wykonywanych ręcznie. Pewne usprawnienia, w formie wykonywania zdjęć i na tej podstawie tworzenie standardów były podejmowane już w latach 70-tych. Jednak dopiero w XXI w. wprowadzono narzędzia w postaci skanerów 3D, które pozwalają zmniejszyć ryzyko wystąpienia „ludzkich błędów”. Skanery 3D znalazły już zastosowanie w projektowaniu ubiorów: zarówno powszechnego użytku [6], jak i wyrobów specjalistycznych, gdzie wymagany jest podwyższony komfort użytkownika [7] oraz w produktach medycznych [8]. W praktyce stosowanie skanerów 3D nie rozwiązuje szeregu problemów. Większość skanerów wykonuje pomiary według własnych algorytmów, które nie są ze sobą porównywalne. W większości przypadków możliwe jest dokonywanie pomiarów skanów 3D z pominięciem narzuconego przez program algorytmu (samodzielnie definiując punkty pomiarowe). Takie postępowanie niesie jednak za sobą ryzyko popełnienia błędów w powtarzalności wykonywanych pomiarów - podobnych jak w przypadku

pomiarów wykonywanych za pomocą tradycyjnych narzędzi pomiarowych (cyrkiel kabłąkowy, miarka taśmowa, wysokościomierz). Ponadto, "ręczne" definiowanie punktów pomiarowych przy każdym skanie stopy można porównać do żmudności metody tradycyjnej. W przypadku skanerów 3D może być jeszcze bardziej czasochłonne ze względu na trudność w zidentyfikowaniu punktów anatomicznych względem których wykonuje się pomiary. Niemniej najistotniejszym problemem jaki należy rozwiązać jest metoda przeniesienia wymiarów na kopyto. Istniejące metody są dostosowane do pomiarów ręcznych. W przypadku pomiaru wykonywanego ręcznie, badacz naciska na tkanki miękkie, natomiast skaner otrzymuje pomiar z „powierzchni”. Tak więc otrzymane wyniki są różne [9]. Tym samym, w przypadku pomiarów stóp uzyskanych za pomocą skanera 3D nie można stosować istniejących metod konstrukcji ściółki ani kopyt. Wprawdzie stosowanie skanera 3D może wpłynąć znacząco na poprawę ergonomii produkowanego obuwia, jednak oprócz zebrania dostatecznej ilości danych populacyjnych konieczne jest opracowanie nowych metod konstrukcji kopyt. Jest to szczególnie istotne w odniesieniu do dzieci. Celem niniejszego badania pilotażowego było sprawdzenie możliwości zastosowania skanera do badań populacyjnych u dzieci.

## **2. Metody**

Pomiary stóp dzieci w wieku 6-10 lat prowadzone były z użyciem skanera 3D Laser FULL Foot Scanner, pozwalającego na uzyskanie skanu całej stopy dziecka wraz z określonymi wymiarami stopy. Skaner pozwala na wykonanie pomiarów długościowych (13), szerokościowych (10), wysokościowych (10) i obwodowych (6). Stanowią one podstawowe kategorie pomiarów antropometrycznych wykorzystywanych zarówno w celu monitorowania populacji jak i projektowania obuwia. Skaner daje również możliwość manualnego ustawienia niektórych parametrów. W grupie pilotażowej zbadano 461 dzieci w wieku 6-10 (238

dziewcząt i 223 chłopców). Każdorazowo, rodzic lub opiekun prawny dziecka podpisywał zgodę na badanie. W trakcie pomiaru dziecko stawiało jedną stopę wewnątrz skanera, a drugą ustawiało na specjalnej podstawie. Skan stopy trwał około 10 sekund. W tym czasie badany utrzymywał nieruchomą pozycję, a jego stopy znajdowały się pod kątem prostym do podudzia. Podczas 10-sekundowego skanu wykonane zostały pomiary antropometryczne stopy wraz z oceną ortopedyczną sklepienia, a także ustawienia stępu.



**Rys.1.** Ustawienie dziecka na skanerze podczas wykonywania badania [źródło: opracowanie własne].

Dokonano klasyfikacji z uwzględnieniem kryterium długości stopy oraz płci. Wyniki klasyfikacji przedstawiono w tabeli poniżej (Tab. 1).

**Tab. 1.** Sposób klasyfikowania dzieci.

Numeracja metryczna	Numeracja francuska	Zakres długości stopy [mm]	Liczebności	
			Dz.	Ch.
20	31	198-202	47	47
20 ½	32	203-207	61	40
21	33	208-212	46	48
21 ½	33 ½	213-217	46	33
22	34	218-222	38	55
Razem:			238	223
Całość:			461	

Przyjęto taki sposób klasyfikacji dzieci, według numerów długościowych, ponieważ jest to bardziej przydatny sposób z punktu widzenia późniejszego projektowania kopyta. Informacja o wieku użytkownika w tym wypadku jest mniej istotna, ponieważ zróżnicowanie numerów długościowych w danej klasie wiekowej może być bardzo duże – przykład (Tab. 2).

**Tab. 2.** Zróżnicowanie numerów długościowych w grupie szkolnej (6-10 lat).

nm	nf	Zakres długości			Wiek [lat]			
		stopy w mm			7	8	9	10
		Średnia długość stopy			194,7	203,1	213,1	218,9
15,5	24,5	153	155	157	0,2	0,3	0,4	
16	25	158	160	162	0,4	0,3	0,4	
16,5	26	163	165	167	0,4	0,3	0,4	
17	27	168	170	172	2,7	0,9	0,4	
17,5	27,5	173	175	177	4,6	0,6	0,0	
18	28	178	180	182	7,1	2,3	1,1	0,6
18,5	29	183	185	187	14,2	6,0	2,3	0,0
19	30	188	190	192	12,7	8,3	1,1	1,9
19,5	30,5	193	195	197	15,6	12,9	6,0	1,9
20	31	198	200	202	14,6	18,9	8,6	0,6
20,5	32	203	205	207	10,4	14,6	15,7	8,8
21	33	208	210	212	10,6	12,3	11,6	17,5
21,5	33,5	213	215	217	3,8	8,6	14,6	19,4
22	34	218	220	222	1,9	8,0	13,5	15,0
22,5	35	223	225	227	0,8	3,4	10,1	13,1
23	36	228	230	232		1,2	7,9	7,5
23,5	36,5	233	235	237		0,6	3,0	6,9
24	37	238	240	242		0,6	0,8	4,4
24,5	38	243	245	247			0,4	1,2
25	39	248	250	252			1,1	0,6
25,5	39,5	253	255	257			0,8	0,0
26	40	258	260	262				0,6

Adnotacja: nm- numeracja metryczna, nf – numeracja francuska Źródło: [10].

### 3. Wyniki

Dokonano analizy statystycznej poszczególnych parametrów długościowych, szerokościowych i obwodowych determinujących późniejsze wymiary kopyta. Obliczenia prowadzono w grupach numerycznych zgodnie z numerem długościowym w numeracji metrycznej. Analizie względem długości stopy poddano następujące wymiary: szerokość przodostopia, obwód przodostopia, obwód przez piętę, obwód przez podbicie, wysokość w miejscu zakończenia i w miejscu stawu palucha. Ponieważ stopy ludzkie są asymetryczne i różnią się swoją długością, kwalifikacji do odpowiedniego numeru długościowego stopy dokonano na podstawie większego wymiaru długościowego spośród obu stóp. Wyniki analizy przedstawiono poniżej. W pierwszym etapie prac dokonano charakterystyki badanej populacji z uwzględnieniem kryterium płci. Działania takie miały na celu scharakteryzowanie różnic w proporcjach stóp pomiędzy płciami.

**Tab. 3.** Zróżnicowanie podstawowych parametrów antropometrycznych stopy w numerach wielkościowych grupy szkolnej u dziewcząt.

Cecha	Stat	Numer w numeracji metrycznej									
		20		20,5		21		21,5		22	
		P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
SP	M	75,4	75,5	78,8	78,5	79,3	79,3	79,1	78,7	82,5	82,0
	SD	3,1	3,4	4,1	4,3	10,7	10,5	13,9	13,8	3,9	3,8
OP	M	185,8	185,6	193,5	196,2	193,9	194,4	193,4	192,7	202,2	201,3
	SD	7,9	8,3	10,3	13,1	26,2	25,8	33,9	33,8	8,5	8,3
OPT	M	266,8	269,5	276,4	274,4	274,5	277,1	278,2	276,8	293,0	293,2
	SD	6,6	7,5	7,6	8,6	36,2	36,7	48,6	50,1	7,7	12,7
OPD	M	187,4	187,3	195,1	196,2	196,2	196,5	193,6	194,8	202,3	202,6
	SD	9,1	12,3	12,7	13,1	28,4	26,9	34,1	34,0	7,9	7,9
WZP	M	15,4	15,2	16,2	15,8	16,0	15,6	16,0	15,5	16,6	16,5
	SD	1,3	1,2	1,5	1,4	2,5	2,4	3,0	3,0	1,6	1,8
WSP	M	28,6	28,3	29,1	29,9	29,1	30,0	29,0	29,4	30,9	31,5
	SD	1,8	1,7	1,9	2,0	4,1	4,2	5,7	5,8	2,1	2,2

*Adnotacja: SP- szerokość przodostopia, OP- obwód przodostopia, OPT- obwód przez piętę, OPD- obwód przez podbicie, WZP- wysokość w miejscu zakończenia palucha, WSP- wysokość w miejscu stawu palucha.*

Jak wynika z zaprezentowanych danych wraz ze wzrostem długości stopy o pełen numer w numeracji metrycznej (10 mm), szerokość przodostopia u dziewcząt zmienia się średnio o 3-4 mm (przy czym większy przyrost szerokości jest zaobserwowany pomiędzy 21 a 20 numeracji metrycznej, niż 21 a 22 numeracji metrycznej). Podobna zasada zauważalna jest w przypadku obwodu przodostopia (różnica pomiędzy sąsiednimi numerami w numeracji metrycznej to około 8 mm). Także obwód przez podbicie wraz ze wzrostem długości stopy o 0,5 numeru w numeracji metrycznej, zmienił się o 1,5 cm. W przypadku obwodu przez piętę oraz obwodu przez podbicie zmiany są skokowe. Analizując jednak skrajne wartości - pomiędzy numerem 20 a 22 numeracji metrycznej – zaobserwowano prawie 2,5 cm przyrost w przypadku obwodu przez piętę oraz 1,5 cm przyrost w przypadku tego samego parametru mierzonego przez podbicie.

**Tab. 4.** Zróżnicowanie podstawowych parametrów antropometrycznych stopy w numerach wielkościowych grupy szkolnej u chłopców.

		Numer w numeracji metrycznej									
		20		20,5		21		21,5		22	
		P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
SP	M	78,8	79,2	80,0	79,5	81,5	80,9	83,0	83,1	84,3	83,8
	SD	3,4	3,3	3,1	3,2	3,9	3,5	3,1	2,9	3,6	3,7
OP	M	194,2	193,2	196,7	195,3	200,3	198,7	204,6	204,2	206,3	205,3
	SD	7,9	8,3	6,7	7,3	8,9	8,1	7,7	7,7	8,7	9,0
OP	M	273,4	271,9	279,1	277,3	286,1	285,5	291,6	291,7	294,5	296,6
T	SD	7,5	6,0	8,3	17,0	7,0	5,1	7,5	7,5	12,5	7,8
OP	M	196,0	198,4	201,7	203,1	205,6	205,6	206,8	206,4	207,7	209,2
D	SD	10,0	15,4	12,1	14,3	12,2	12,2	8,3	7,8	8,8	10,9
WZ	M	16,3	15,9	16,3	15,9	16,7	16,1	17,2	16,5	17,2	16,8
P	SD	2,8	2,7	1,6	1,3	1,2	1,4	1,3	1,4	17,23	1,3
WS	M	29,4	30,0	30,4	30,8	30,5	30,8	31,3	31,4	31,0	31,6
P	SD	1,7	2,0	3,6	3,8	1,9	1,9	3,1	2,9	1,9	2,1

*Adnotacja: SP- szerokość przodostopia, OP- obwód przodostopia, OPT- obwód przez piętę, OPD- obwód przez podbicie, WZP- wysokość w miejscu zakończenia palucha, SP- wysokość w miejscu stawu palucha.*



Analogiczna analiza w grupie chłopców wykazała, że wraz ze wzrostem długości stopy o pełen numer w numeracji metrycznej (10 mm), szerokość przodostopia zmienia się średnio o 2-3 mm i w przeciwieństwie do grupy dziewcząt ma on raczej charakter ciągły. Podobna zasada zauważalna jest w przypadku obwodu przodostopia (różnica pomiędzy sąsiednimi numerami w numeracji metrycznej to około 6 mm, a więc mniejsza niż u dziewcząt). W przypadku obwodu przez piętę oraz obwodu przez podbicie zmiany są skokowe. Analizując jednak skrajne wartości - pomiędzy numerem 20 a 22 numeracji metrycznej – zaobserwowano około 1 cm przyrost w przypadku obwodu przez podbicie oraz 2 cm przyrost w przypadku obwodu przez piętę. Parametry wysokościowe wraz ze wzrostem długości stopy zmieniały się maksymalnie o 2 mm pomiędzy numerami skrajnymi (22-20 numeracji metrycznej nm). Analiza jednoczynnikowa ANOVA wykazała obecność różnic istotnych statystycznie pomiędzy grupą chłopców i dziewcząt w zakresie następujących parametrów: szerokość przodostopia, obwód przodostopia, obwód podbicia, obwód przez piętę. Natomiast brak różnic zaobserwowano w przypadku parametrów wysokości w miejscu stawu oraz w miejscu zakończenia palucha. Ze względu na obecność różnic istotnych statystycznie pomiędzy chłopcami i dziewczętami dokonano analizy proporcji stóp w osobnych kategoriach, w celu sprawdzenia, czy różnice w parametrach rzutują na odmienne proporcje stóp u chłopców i dziewcząt. Obliczono wartości wskaźników informujących o proporcjach stóp. Wyniki analizy zamieszczono poniżej.

**Tab. 5.** Średnie wskaźniki obrazujące proporcje stóp u chłopców.

nm	Wskaźnik obwodowo-długościowy		Wskaźnik szerokościowo – długościowy		Wskaźnik szerokościowo-obwodowy	
	P	L	P	L	P	L
20	97,50	97,29	39,78	39,68	40,79	40,79
20,5	96,50	95,52	39,26	38,89	40,68	40,72
21	95,73	95,04	38,94	38,66	40,67	40,68
21,5	95,69	95,54	38,82	38,88	40,58	40,70
22	94,24	93,86	38,51	38,32	40,87	40,83

**Tab. 6.** Średnie wskaźniki obrazujące proporcje stóp u dziewcząt.

nm	Wskaźnik obwodowo- długościowy		Wskaźnik szerokościowo – długościowy		Wskaźnik szerokościowo- obwodowy	
	P	L	P	L	P	L
20	93,52	93,21	37,98	37,94	40,61	40,71
20,5	94,84	94,35	38,68	38,51	40,79	40,82
21	94,26	94,53	38,60	38,56	40,97	40,80
21,5	93,65	93,06	38,29	37,99	40,88	40,82
22	90,54	90,05	36,96	35,85	39,91	38,91

Adnotacja do Tab. 5 i Tab. 6.: nm- Numeracja metryczna.

Jak wynika z danych przedstawionych w powyższych tabelach, wartości wskaźnika obwodowo - długościowego maleją wraz ze wzrostem stopy na długość. Oznacza to, że stopa smukleje z wiekiem. Zjawisko takie obserwujemy zarówno w grupie dziewcząt, jaki i chłopców, przy czym u dziewcząt wartości tego wskaźnika są mniejsze – oznacza to, że dziewczęta od początku mają stopy smuklejsze od chłopców. Przeprowadzona analiza wariancji ANOVA wykazała obecność różnic statystycznie istotnych pomiędzy chłopcami i dziewczętami w zakresie wskaźnika obwodowo-długościowego oraz szerokościowo - długościowego. W praktyce oznacza, to że proporcje stóp pomiędzy chłopcami i dziewczętami są różne. Jedynie wartości wskaźnika szerokościowo - obwodowego są zbliżone i nie wykazują zróżnicowania w zależności od płci. Chociaż w antropologii i ergonomii wspomniane różnice są istotne statystycznie, w praktyce obuwniczej powszechna jest zasada, w myśl której różnica 2-3 mm nie powoduje potrzeby projektowania innego rodzaju kopyta dla chłopców i dziewcząt. W związku z tym dokonano analizy wartości bezwzględnych parametrów długościowych, szerokościowych i obwodowych. Różnice w poszczególnych numerach numeracji metrycznej w zależności od płci są następujące (analiza dla stopy prawej).

**Tab. 7.** Różnice w szerokości i obwodzie przodostopia pomiędzy chłopcami i dziewczętami w zakresie numeracji 20-22 nm.

nm	SP		OP		Dz/Ch <sup>1</sup>	
	Dz	Ch	Dz	Ch	SP	OP
20	77,3	78,8	189,9	194,2	1,5	4,3
20,5	79,4	80,0	195,0	196,7	0,6	1,7
21	81,1	81,5	198,7	200,3	0,4	1,6
21,5	82,4	83,0	202,1	204,6	0,6	2,5
22	83,7	84,3	204,9	206,3	0,6	1,4

*Adnotacja: SP-szerokość przodostopia, OP- obwód przodostopia,*

<sup>1</sup>*Dz/Ch – różnica w wartości wskaźnika pomiędzy chłopcami i dziewczętami.*

Jak wynika z przedstawionych danych, maksymalna różnica w szerokości przodostopia pomiędzy chłopcami i dziewczętami wynosi jedynie 1,5 mm. W przypadku obwodu przodostopia jest to 4,3 mm. Jak wspomniano, w praktyce obuwniczej przyjęło się stosować zasadę, że różnica około 2-3 mm w wymiarze długościowym i szerokościowym nie jest znacząca. Można więc przyjąć, że różnice statystycznie istotne w parametrach szerokościowych i obwodowych, nie znajdują odzwierciedlenia w praktyce obuwniczej.

#### 4. Dyskusja wyników

Stopa dziecka jest tworem bardzo delikatnym i podatnym na odkształcenia [11]. Co więcej proporcje stóp dzieci zmieniają się z wiekiem w sposób znaczny i dopiero około 8 roku życia osiągają proporcje zbliżone do stopy osoby dorosłej [12,13]. Ale nawet u dorosłych szerokość stopy i jej długość są ze sobą słabo powiązane [14]. Dopiero równoczesna analiza między trzema zmiennymi: długość stopy, szerokość i obwód przodostopia wykazała ich silną korelację [15,16]. W praktyce oznacza to, że kupując obuwie zazwyczaj dopasowujemy je do długości naszej stopy, pomijając szerokość przodostopia. Dane literaturowe wskazują jednak szkodliwy wpływ źle dopasowanego obuwia na stopy [17,18,19]. W

badaniach dzieci z Zespołem Downa wykazano, że 58% dzieci nosiło obuwie za wąskie w stosunku do ich stóp [12,20,21]. W początkowej fazie użytkowania obuwia, jego złe dopasowanie na szerokość może przynosić jedynie dyskomfort, z czasem jednak oprócz bolesnych otarć mogą pojawiać się deformacje takie jak paluch koślawy czy kostka krawca (tzw. bunionette). Wiadomo, że kluczowym w projektowaniu obuwia jest kopyto. Badania prowadzone przez SBŁ-IPS Kraków wykazały obecność trendu sekularnego w zakresie długości stopy w porównaniu do badań z lat 50. ubiegłego stulecia. Ponadto, zaobserwowano, że stopy „współczesnych” dzieci są nieco szczuplejsze od tych badanych w drugiej połowie ubiegłego stulecia [22]. Z wieloletnich doświadczeń w ocenie kopyt do obuwia dziecięcego, prowadzonej przez SBŁ-IPS wynika, że spory odsetek kopyt stosowanych do produkcji obuwia dziecięcego odbiega od przyjętych norm.

W codziennej praktyce do oceny kopyt stosowane są normy:

- PN-O-91055:1987 Kopyta Wielkości,
- PN-O-91010:1987 Obuwie. Wielkości,
- BN-73/7781-04 Kopyta do obuwia powszechnego użytku. Wskaźniki konstrukcji 2/3 długości kopyta.

Jak widać są to normy z lat 70 i 80, które wymagają znacznego uaktualnienia, a zdaniem wielu badaczy – znacznego uproszczenia.

Punktem wyjścia do stworzenia nowej normy muszą jednak być badania populacyjne. Obecny rozwój technologii umożliwia automatyzację pomiarów, co nie tylko usprawnia sam proces prowadzenia badań, ale skraca również czas wymagany do prowadzenia późniejszej analizy.

Brak obowiązującej, współczesnej normy dotyczącej projektowania kopyt sprawia, że podczas ich oceny obserwowane są spore nieścisłości występujące w zakresie szerokości przedstopia, obwodu przedstopia oraz szerokości pięty. Należy jednak pamiętać, że każdorazowa analiza jakichkolwiek parametrów kopyt odnosi się do

populacji dzieci z lat 70. i 80. ubiegłego stulecia. Dlatego w praktyce dopuszcza się pewne odstępstwa od norm tak, aby kopyta lepiej odpowiadały wymaganiom rynku. Są to jednak działania „na wycucie”.

Wspomniane parametry szerokościowe mierzone *in vivo* na stopie warunkują późniejszą szerokość ściółki kopyta. Oceniając kopyta, a nie dysponując danymi populacyjnymi, nie jesteśmy w stanie stwierdzić na ile współczesne kopyta pasują do współczesnej populacji dzieci. Analiza porównawcza wyników badań populacji 461 dzieci w wieku 6-10 lat przeprowadzonych za pomocą skanera 3D z wynikami badań AZS BARTEK (Tab.8) wykazała, że pomimo zastosowania różnych technik pomiarów antropometrycznych, uzyskane wyniki są zbliżone i w praktyce nie wpływają na wymiary wnętrza obuwia.

**Tab. 8.** Analiza porównawcza populacji zbadanej w 2020 roku (skaner 3D) z populacją dzieci z badań AZS BARTEK (pomiar ręczny) – dla stopy prawej.

Parametr	Badanie	Numer w numeracji metrycznej				
		20	20,5	21	21,5	22
SP	2020	77,3	79,4	81,1	82,4	83,7
	AZS BARTEK	74,9	76,6	78,6	80	81,4
	różnica	2,4	2,8	2,5	2,4	2,3
OP	2020	189,9	195	198,7	202,1	204,9
	AZS BARTEK	187,6	190,8	194,3	198,1	202,1
	różnica	2,3	4,2	4,4	4	2,8
WZP	2020	15,9	16,2	16,4	16,8	17,1
	AZS BARTEK	15,3	15,7	15,8	15,9	16,3
	różnica	0,6	0,5	0,6	0,9	0,8
WSP	2020	28,8	29,6	30,1	30,5	30,9
	AZS BARTEK	27,7	28,3	29,1	29,4	30,1
	różnica	1,1	1,3	1	1,1	0,8

*Adnotacja: SP- szerokość przodostopia, OP- obwód przodostopia, WZP- wysokość w miejscu zakończenia palucha, SP- wysokość w miejscu stawu palucha, AZS BARTEK – Akademia Zdrowej Stopy BARTEK (badania prowadzone w latach 2007-2013).*

Należy jednak pamiętać, że uzyskane wyniki pomiarów wykonanych automatycznie za pomocą skanera 3D odniesiono do parametrów mierzonych ręcznie na populacji dzieci sprzed zaledwie dekady. Z przeprowadzonych badań pilotażowych wynika, że skaner 3D jest przydatnym narzędziem przy wykonywaniu pomiarów antropometrycznych na większą skalę. Automatyzacja pomiaru sprawia, że sam proces wykonywania pomiaru jest bardzo skrócony i tym samym tańszy. Uzyskane wyniki pomiarów są zbliżone do wyników uzyskanych metodą manualną w badaniach prowadzonych na ponad 11-tysięcznej populacji dzieci. W badanej grupie wiekowej nie jest konieczne różnicowanie proporcji kopyt ze względu na płeć. Konieczne jest poszerzenie badań w celu uzyskania szerszego spektrum danych dotyczących stóp dzieci w populacji polskiej.

**Finansowanie:** Badanie wykonane w ramach projektu pt. “ Inteligentne obuwie rosnące wraz ze stopami dziecka” dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (Projekt numer POIR.04.01.04-00-0070/17).

## Literatura

- [1] Sokolowski S. L., Winkler J.: *The Future of Footwear Design & Lasts: Do We Now Really Need Them?* [w] *Advances in Interdisciplinary Practice in Industrial Design*. Chung W., Shin C. (eds) AHFE 2018. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 790. Springer, Cham., 2019 [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94601-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94601-6_2)
- [2] Ziajka T.: *Modelowanie obuwia-poradnik projektanta i konstruktora*. Kraków: Centralne Laboratorium Przemysłu Obuwniczego, 1994.
- [3] Skidan V., Nadopta T., i in.: *Method of sketch profiling with spline curves for footwear design*, *Leather and Footwear Journal* **19**, 2, 2019, str. 113-122. <https://doi.org/10.24264/lfj.19.2.3>
- [4] Muszyński Z.: *Rozwój ergonomii w Polsce i na świecie*. Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej W Tarnowie, **29** (1), 2016, str. 87-100, <https://doi.org/10.25944/znmwse.2016.01.87100>
- [5] Pytlik K.: *Projektowanie i konstrukcja spodów obuwia*. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1983.
- [6] Yang Y.C., Zou Z.Y., Li Z., Ji X.F., Chen M.Z.: *Development of a Prototype Pattern*

*Based on the 3D Surface Flattening Method for MTM Garment Production*, *Fibers & Textiles in Eastern Europe* **19**, 5(88), 2011, str. 107-111.

[7] Grabowska G., Struszczyk M. H., Błaszczyk J., Woźniakowska M.: *Operational Qualification of the Individualisation of Protective Clothing Design Based on the 3D Scanning Technique*, *Fibers & Textiles in Eastern Europe* **28**, 3(141), 2020, str. 89-97. DOI: 10.5604/01.3001.0013.9026.

[8] Ilska A., Kowalski K., Kłonowska M., Kowalski TM.: *Influence of Stress and Relaxation Characteristics of Knitted Fabrics on the Unit Pressure of Compression Garments Supporting External Treatment*, *Fibers & Textiles in Eastern Europe* **22**, 4(106), 2014, str. 87-92.

[9] Gajewski R., Skrzyńska B., Rajchel-Chyla B.: *Skaner 3D i jego rola w procesie produkcji obuwia powszechnego użytku i specjalnego*. Materiały IX Międzynarodowej Konferencji Naukowej. Mat-Eco-Shoes 2006, Monografia Innowacyjne materiały i ekologia w przemyśle obuwniczym i skórzanym. Kraków 23-24 listopada 2006. ISBN 83-922656-2-9.

[10] Skrzyńska B., Rajchel-Chyla B., Dworska K., Janocha M., Gajewski R.: *Wymiary kopyt do obuwia dziecięcego w świetle wyników najnowszych badań antropometrycznych stóp dzieci*, Monografia Obuwie: bezpieczeństwo i funkcjonalność. Kraków, ISBN 978-83-9321-50-2-7.

[11] Wolf S., Simon J., Patikas D., Schuster W., Armbrust P., Döderlein L.: *Foot motion in children shoes—a comparison of barefoot walking with shod walking in conventional and flexible shoes*, *Gait Posture* **27**(1), 2008, str. 51–59.

[12] Buldt, A.K., Menz, H.B.: *Incorrectly fitted footwear, foot pain and foot disorders: a systematic search and narrative review of the literature*, *J Foot Ankle Res* **11**, 43, 2018, <https://doi.org/10.1186/s13047-018-0284-z>

[13] Walther M., Herold D., Sinderhauf A., Morrison R.: *Children sport shoes - a systematic review of current literature*, *Foot Ankle Surgery* **14**(4), 2008, str.180–9.

[14] Goonetilleke R.S., Ho C.F. and So R.H.Y.: *Foot anthropometry in Hong Kong*. In: Proceedings of the ASEAN 97 Conference, Kuala Lumpur, Malaysia,1997, str. 81-88.

[15] Jasicki B., Panek S., Sikora P., Stołyhwo E.: *Zarys Antropologii*. Warszawa: PWN, 1962.

[16] Pantazi M., Vasilescu A.M., Mihai A., Gurău D.: *Statistical-mathematical processing of anthropometric foot parameters and establishing simple and multiple correlations. Part 2: correlations among anthropometric parameters of the foot*, *Leather and footwear journal* **18**(1), 2018, str. 25-32. <https://doi.org/10.24264/lfj.18.1.3>

[17] Echarri J.J., Forriol F.: *The development in footprint morphology in 1851 Congolese children from urban and rural areas, and the relationship between this and wearing shoes*, *J Pediatr Orthop* **12**(2), 2003, str.141-146. doi: 10.1097/01.bpb.0000049569.52224.57. PMID: 12584500.

- [18] Noviani A.D., Widyanti A.: *Integrating anthropometry approach and kansei engineering in the design of children shoe*, *Leather and Footwear Journal* 18 (4), 2018, 295-306, <https://doi.org/10.24264/lfj.18.4.5>
- [19] Staheli, L.T.: *Shoes for children: A review*, *Pediatrics* **88**, 2, 1991, str. 371 – 375.
- [20] Concolino D, Pasquzzi A, Capalbo G, Sinopoli S, Strisciuglio P.: *Early detection of podiatric anomalies in children with Down syndrome*, *Acta Paediatr* **95**(1), 2006, str. 17–20. DOI: 10.1080/08035250500325108
- [21] Pau M, Galli M, Crivellini M, Albertini G.: *Foot–ground interaction during upright standing in children with Down syndrome*, *Res Dev Disabil* **33**(6), 2012, str. 1881–7.
- [22] Łuba R., Olejniczak Z., Sobczyński J., Woźniak B.: *Stopy Polaków światłe badań Instytutu Przemysłu Skórzanego w Łodzi (Struktura wymiarów stóp na tle podziału terytorialnego i środowiskowego)*, Łódź, 2015, ISBN 978-83-909348-7-7.