

## OCENA NIEPEWNOŚCI POMIARÓW PARAMETRÓW STAWÓW BIODROWYCH U DZIECI

Grażyna GILEWSKA

Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny  
tel.: 85 746 9357, e-mail: g.gilewska@pb.edu.pl

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono aspekty oceny niepewności pomiarów parametrów anatomicznych na obrazach radiologicznych. Oceny dokonano na podstawie pomiarów realizowanych z wykorzystaniem obrazów radiologicznych wykonanych w standaryzowanych projekcjach. Pomiary przeprowadzono za pomocą programu opracowanego do wyznaczania wybranych parametrów i wskaźników radiologicznych umożliwiających ocenę budowy stawu biodrowego u dzieci. Wykonano kilka serii pomiarowych dla pacjentów w różnym wieku. Dokonano oceny niepewności wyników pomiarów parametrów anatomicznych, takich jak kąt Wiberga (WB), kąt nachylenia panewki Sharpa (NP), kąt centrowania szyjki kości udowej (CS).

**Słowa kluczowe:** obrazy radiologiczne, staw biodrowy, niepewność pomiaru.

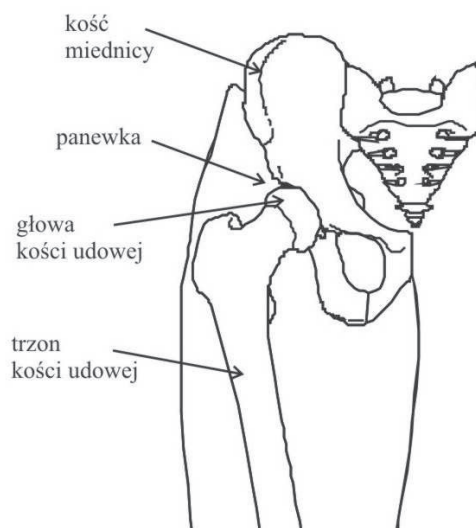
### 1. WSTĘP

Najnowsze techniki obrazowania układu kostnego człowieka nie zawsze umożliwiają otrzymanie potrzebnych informacji diagnostycznych. Ograniczeniem jest złożona i niejednorodna budowa układu kostnego, a także fakt, że każdą składową tego układu trzeba traktować jako inny obiekt pomiarowy. Istotne jest też występowanie dużych różnic osobniczych w wymiarach elementów układu kostnego, a także wynikających ze zmian podczas kształtowania się kośćca w przebiegu całego życia człowieka, szczególnie podczas kilku pierwszych lat.

Wybrany do badań staw biodrowy (rys. 1) jest jednym z ważniejszych stawów człowieka, uczestniczy w przekazywaniu obciążeń z kręgosłupa lędźwiowego, poprzez miednicę do kończyn dolnych.

Jedną z częściej występujących wad wrodzonych u ludzi jest wrodzona dysplazja (zaburzenie rozwojowe) stawu biodrowego powstająca w okresie życia płodowego, a jej najbardziej nasiloną formą jest wrodzone zwichnięcie stawów biodrowych [1].

Dysplazja stawu biodrowego to niedostateczny rozwój kości i innych elementów tworzących ten staw, a zwłaszcza zbyt płytkie i strome brzości panewki na kości biodrowej, w której jest umocowana kość udowa. Stan taki powoduje, że kość udowa, w miarę zwiększania się siły mięśni i ich napięcia, zostaje trwale wysunięta z panewki poza staw. Dochodzi wtedy do zwichnięcia stawu, które uniemożliwia dziecku prawidłowe chodzenie [1].



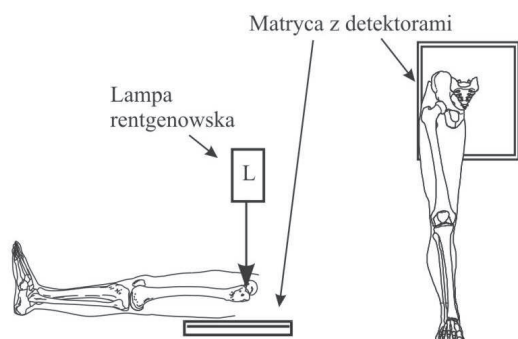
Rys. 1. Schemat budowy stawu biodrowego

Wczesne rozpoczęcie leczenia dysplastycznego stawu biodrowego daje lepsze rokowania na normalizację rozwoju stawu biodrowego. Pomimo wczesnie ustalonego rozpoznania i rozpoczętego leczenia niektóre stawy biodrowe rozwijają się z objawami resztkowej dysplazji, co wymaga dalszego monitorowania i badań porównawczych.

### 2. TECHNIKI OBRAZOWANIA STAWÓW BIODROWYCH

Standardową diagnostyczną metodą wczesnego rozpoznania rozwojowej dysplazji stawu biodrowego jest USG stawu biodrowego noworodków.

Badanie RTG ze względu na szkodliwe działanie promieni jonizujących podlega rygorom ochrony radiologicznej. Zalecane jest wykonywanie badania dopiero po 3 miesiącu życia i nie częściej niż jeden raz na kwartał. Badanie RTG pomimo swej inwazyjności pozostaje podstawową techniką obrazową w ocenie rozwoju stawów biodrowych u dzieci powyżej 12 miesiąca życia np. po zakończeniu leczenia dysplazji. Umożliwia ona obrazowanie i ocenę części chrzęstnych i kostnych stawu biodrowego [2]. Radiogramy mogą być wykonywane w kilku projekcjach, dla stawów biodrowych stosowane są: przednio-tylna (rys. 2) oraz boczne.



Rys. 2. Schemat realizacji zdjęcia rentgenowskiego w projekcji przednio-tylnej

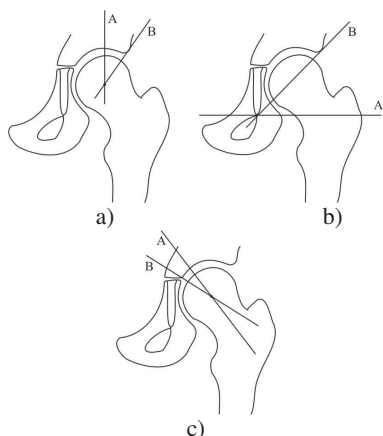
Do badań wykorzystano radiogramy wykonane w projekcji przednio-tylnej, dla której opracowano najwięcej parametrów do oceny budowy stawów biodrowych.

Stosowanie tomografii komputerowej ze względu na dużą dawkę promieniowania jonizującego, konieczność bezruchu przy badaniu oraz wysoki koszt badania jest jeszcze ograniczone.

### 3. MIERZONE PARAMETRY I ZAKRES BADAŃ

Najczęściej do monitorowania dalszego rozwoju stawu biodrowego u dzieci wykorzystuje się kąt Wiberga [3], chociaż opracowano szereg innych kątów jak i wskaźników do oceny tego stawu u dzieci i młodzieży [4] oraz w późniejszym wieku [5].

Do prowadzonych analiz wybrano jeszcze kąt nachylenia panewki Sharpa [6] oraz kąt centrowania szyjki kości udowej Wierusz-Kozłowskiej [7] (rys. 3).



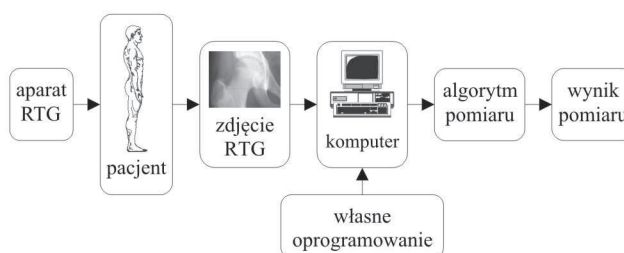
Rys. 3. Schematy opisu parametrów budowy stawu biodrowego: a) kąt Wiberga (WB), b) kąt nachylenia panewki Sharpa (NP), c) kąt centrowania szyjki kości udowej (CS)

### 4. REALIZACJA POMIARÓW

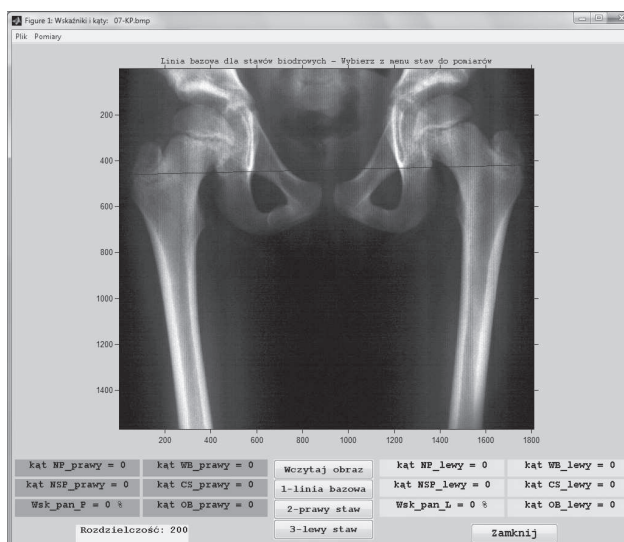
Pomiary wybranych parametrów mogą przebiegać według różnych schematów czy algorytmów w zależności od wykorzystywanych czy dostępnych narzędzi (rys. 4).

Zastosowano dedykowany własny program dla stawów biodrowych, który umożliwił realizację pomiarów opisanych wcześniej wybranych kątów według opracowanych algorytmów pomiarowych [3], [6], [7] wyznaczających właściwe miejsca pomiarowe (rys. 5). Ze względu na zróżnicowanie osobnicze i wiekowe w budowie stawu biodrowego u dzieci, pomiary dla wybranych kątów

realizowane były interaktywnie przez operatora, który wybierał właściwe miejsca anatomiczne odpowiednio dla właściwych parametrów oraz stawu prawego i lewego.



Rys. 4. Schemat układu pomiarowego



Rys. 5. Panel programu po wczytaniu badanego obrazu stawów biodrowych

### 5. ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW

Wiele elementów toru pomiarowego jest trudne do analitycznego opisu. Ze względu na złożoną budowę anatomiczną i duże różnice osobnicze u pacjentów trudne jest dokładne zamodelowanie i oszacowanie błędów pomiarów wymiarów anatomicznych badanych obiektów biologicznych, dlatego praktyczniejsze i bardziej uzasadnione byłoby stosowanie oszacowania niepewności pomiaru, która charakteryzuje rozrzut wartości mierzonej.

Zgodnie z zaleceniem Międzynarodowego Komitetu Miar [8] niepewność powinna być obliczana na dwa sposoby, niepewność standardowa typu A oraz niepewność standardowa typu B. Niepewność typu A obliczana jest w przypadku, gdy wykonujemy za pomocą tego samego przyrządu lub układu pomiarowego, w tych samych warunkach otoczenia, serię pomiarów wielkości, której wartość rzeczywista jest z założenia stała.

Przyjmuje się, że dla dużej liczby pomiarów (co najmniej 30), estymatorem niepewności jest odchylenie standardowe średniej:

$$u(\bar{x}) = u_A = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

gdzie:  $n$  – liczba pomiarów,  $x_i$  – wynik kolejnego pomiaru,  $\bar{x}$  – wartość średnia z  $n$  pomiarów.

Ponieważ realizacja serii radiogramów stawu biodrowego dla jednego pacjenta jest niemożliwa z powodu dużej wrażliwości narządów w obrębie miednicy na promieniowanie jonizujące, do pomiarów wykorzystano udostępnione 3 radiogramy pacjentów w różnym wieku: 8, 11 i 13 lat, dla których zrealizowano serie 50 pomiarów wybranych, opisanych wcześniej wskaźników.

Wyniki obliczeń zrealizowanych na podstawie przeprowadzonych pomiarów dla stawu prawego zawiera tablica 1, natomiast dla stawu lewego w tablica 2. Ze względu na brak wzorca skalowania na badanych radiogramach wyniki pomiarów zostały wyrażone w pikselach obrazu.

Tablica 1. Porównanie parametrów pomiarów prawego stawu biodrowego dla pacjentów w różnym wieku

		kąt NP	kąt WB	kąt CS
8 lat	$\bar{x}$	40,50	21,93	11,97
	$u(\bar{x})$	0,10	0,31	0,57
11 lat	$\bar{x}$	33,63	35,97	20,33
	$u(\bar{x})$	0,16	0,26	0,94
13 lat	$\bar{x}$	38,40	23,60	7,60
	$u(\bar{x})$	0,15	0,29	0,80

Tablica 2. Porównanie parametrów pomiarów lewego stawu biodrowego dla pacjentów w różnym wieku

		kąt NP	kąt WB	kąt CS
8 lat	$\bar{x}$	42,63	18,00	19,50
	$u(\bar{x})$	0,13	0,35	0,60
11 lat	$\bar{x}$	34,77	27,60	7,50
	$u(\bar{x})$	0,12	0,24	0,79
13 lat	$\bar{x}$	36,07	22,53	8,20
	$u(\bar{x})$	0,15	0,35	0,73

Aby oszacować czy dana wartość rzeczywista mieści się w przedziale określonym niepewnością ocenia się granicę przedziału ufności z założonym poziomem ufności  $p$ , który określa współczynnik rozszerzenia  $k_p$  uwzględniając niepewność rozszerzoną.

$$U(\bar{x}) = k_p \cdot u(\bar{x}) \quad (2)$$

Współczynnik  $k_p$  przyjmuje wartości 2 lub 3 dla poziomów ufności  $p$  odpowiednio 0,954 i 0,997.

Zakładając poziom ufności 0,954 otrzymano oszacowanie przedziału np. dla kąta WB prawego stawu (21,31 ; 22,56) w przypadku 8 letniego pacjenta oraz (35,45 ; 36,49) w przypadku pacjenta 11 letniego. Natomiast

dla kąta CS otrzymano oszacowania odpowiednio (10,82 ; 13,12) oraz (18,45 ; 22,22).

## 6. WNIOSKI

Wyznaczając niepewność  $u_A$  dla badanych parametrów stawu biodrowego można oszacować przedział wartości określony tą niepewnością przy założonym poziomie ufności, w którym powinna się mieścić wartość rzeczywista tego parametru. Jednakże, aby można było wykorzystać oszacowane zakresy do oceny przynależności otrzymanych kolejnych wyników pomiarów, trzeba dokonać podziału badanych przypadków na różne grupy wiekowe.

Utworzone w ten sposób zestawy przedziałów mogłyby być podstawą swoistej bazy porównawczej oszacowania prawidłowych wartości parametrów anatomicznych stawu biodrowego z adekwatnym podziałem wiekowym.

*Badania zostały zrealizowane w ramach pracy nr S/WE/1/2015 i sfinansowane ze środków na naukę MNiSW*

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Gaździk T.: Ortopedia i traumatologia, PZWL, Warszawa 2008.
2. Pruszyński B.: Radiologia. Diagnostyka obrazowa: Rtg, KT, USG, MR i medycyna nuklearna, PZWL, Warszawa 2008.
3. Wiberg G.: Studies on dysplastic acetabula and congenital subluxation of the hip joint with special reference to the complication of osteoarthritis, Acta Orthopaedica Scandinavica. Supplementum, Vol. 58 Stockholm 1939, s. 1-132.
4. El-Fiky T.A., Chow W., Li Y.H., To M.: Hereditary multiple exostoses of the hip, Journal of Orthopaedic Surgery, Nr 2 (17), Hong Kong 2009, s. 161-165.
5. Xie J., Naito M., Maeyama A.: Evaluation of acetabular versions after a curved periacetabular osteotomy for dysplastic hips, International Orthopaedics, Nr 4 (34), Berlin 2010, s. 473-477.
6. Sharp I.K.: Acetabular dysplasia: the acetabular angle, Journal of Bone and Joint Surgery. British volume, Vol. 43, London 1961, s. 268-272.
7. Wierusz-Kozłowska M., Łabaziewicz L.: Normy niektórych parametrów określających konfigurację stawu biodrowego w obrazie radiologicznym, Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska, Vol. 61, Poznań 1996, s. 365-369.
8. Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik, Główny Urząd Miar, Warszawa 1999.

## EVALUATION OF MEASUREMENTS UNCERTAINTY OF THE CHILDREN HIP JOINT PARAMETERS

The paper presents aspects of the evaluation of measurement uncertainty of anatomical parameters on radiological images. Measurements carried out on the basis of radiological images taken in standardized projections were evaluated. Measurements were made in a specially designed measurement program for selected radiographic parameters and indicators to assess the hip joint structure in children. Several measurement series have been made for patients of different ages. Factors influencing the uncertainty of anatomical parameters such as patient age, bone marrow pathology, and operator skills have been evaluated.

**Keywords:** X-ray images, hip joint, uncertainty of a measurement.

