

# Ograniczenia systemów wspomagających pomiary parametrów morfometrycznych na obrazach medycznych

**Streszczenie.** W pracy zostaną przedstawione możliwości i ograniczenia rozwiązań wspomagających pomiar parametrów morfometrycznych stawu skokowego człowieka na podstawie cyfrowych obrazów radiologicznych. Pomiary przeprowadzono na zdjęciach rentgenowskich w standardowych projekcjach. Stosowanie takich systemów pozwala na automatyzację przetwarzania obrazu, zwiększenie dokładności pomiarów parametrów i określenie normy populacji wybranych wskaźników morfometrycznych stawu skokowego.

**Abstract.** The paper will be presented the possibilities and limitations of solutions that support the measurement of morphometric parameters of human ankle on the basis of digital radiological images. Measurements were carried out on X-ray images in standard projections. The use of such systems will allow to the automation of image processing, increase accuracy of measurement parameters and determine the population norms of the selected morphometric indicators of the ankle joint. (**Limitations of systems supporting measurements of morphometric parameters on medical images.**)

**Słowa kluczowe:** układ kostny, obrazowanie, pomiary, parametry morfometryczne.

**Keywords** skeletal system, imaging, , measurement, morphometric parameters.

doi:10.12915/pe.2014.12.17

## Wstęp

W obrazowaniu medycznym czy przetwarzaniu obrazów medycznych istotną część prac zajmują badania medyczne, których zakres i metodyka realizacji często są mało precyzyjne bądź niepełne.

W badaniu ortopedycznym oceny zmian w stawie skokowym czy postępów leczenia, szczególnie wad wrodzonych u dzieci, przeprowadza się ocenę wzrokową, badanie palpacyjne oraz badanie rentgenowskie gdzie ocenia się wzajemne stosunki elementów szkieletu stopy, a w niektórych przypadkach przeprowadza pomiary. Wykorzystuje się kilka wskaźników służących do pomiaru np. wysklepienia stopy, które w praktyce lekarskiej wykonywane są często przy użyciu cyrkla i linijki.

Istnieje zatem potrzeba realizacji pomiarów parametrów anatomicznych stawu skokowego przy wykorzystaniu dedykowanego narzędzia pomiarowego, które ułatwi, przyspieszy i zautomatyzuje pomiary realizowane przez lekarza bądź radiologa.

Ważną kwestią jest też, aby w momencie dokonania pomiaru badający mieli możliwość odniesienia się do norm oceny radiologicznej dla każdego z wykorzystywanych parametrów w celu określenia zmian układu kostnego w trakcie leczenia. W piśmiennictwie światowym i polskim dotyczącym parametrów określających budowę stawu skokowego w obrazie radiologicznym niewielu autorów podaje ich normy.

Staw skokowy spełnia podstawową funkcję w ludzkim układzie lokomocji, dlatego ważny jest dla prawidłowej budowy układu kostnego i poruszania się człowieka [1].

Wrodzona stopa końsko-szpotaowa u noworodka należy do najczęściej występujących wad stóp (rys.1), zniekształcenia stawu skokowego występują też dosyć często u osób obłożnie chorych, gdy stopy są ułożone niewłaściwie.



Rys.1. Przykład stopy końsko-szpotawej [2]

## Metody obrazowania stawów

W badaniach rozpoznania bądź oceny postępów leczenia wad stawu skokowego podstawowymi są badania kliniczne oraz obrazowanie rentgenowskie.

Tomografia komputerowa ze względu na to, że wymaga współpracy pacjenta w czasie wykonywania badania oraz może wprowadzać napromieniowanie wielokrotnie większymi dawkami niż w przypadku zdjęcia rentgenowskiego nie rozpowszechniła się jako metoda rutynowa w badaniach stawu skokowego u dzieci.

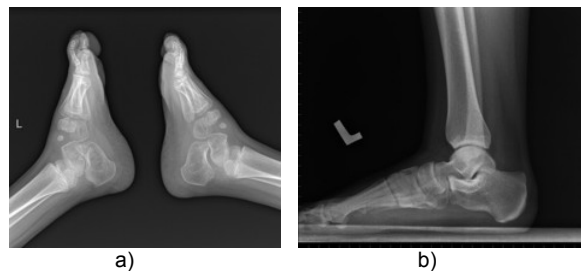
Również tomografia rezonansu magnetycznego, ze względu na konieczność współpracy z badanym i długi czas trwania badania, nie jest przydatna w diagnostyce tego stawu [3].

Istotnym ograniczeniem w stosowaniu metod tomograficznych jest ich wielokrotnie wyższy koszt w porównaniu ze zdjęciem rentgenowskim, dlatego wykorzystuje się je w szczególnych przypadkach oceny struktur miękkich stawu.

Radiogramy stawów skokowych mogą być wykonywane w kilku projekcjach: przednio-tylnej, tylnoprzodniej (rys.2) oraz bocznych (rys.3), które wybierane są w zależności od wieku pacjenta oraz od stosowanych wskaźników.



Rys.2. Obraz kości stopy w projekcjach: przednio-tylnej (a) oraz tylnoprzodniej (b)

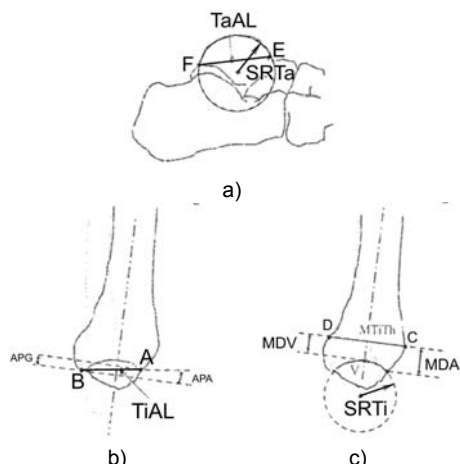


Rys.3. Obraz kości stawu skokowego w projekcji bocznej dla dzieci młodszych (a) oraz dzieci starszych (b)

## Mierzone parametry

W literaturze, przedstawiającej badania związane ze stawem skokowym i jego zmianami, można znaleźć kilka lub nawet kilkanaście parametrów [4]. Z opisanych wykorzystywanych w ocenie przebiegu leczenia, wybrano cztery parametry realizowane na zdjęciach rentgenowskich w projekcjach bocznych:

- TaAL – długość segmentu łączącego skrajne elementy bloczka kości piszczelowej (rys.4a odcinek FE);
- SRTa – promień okręgu opisanego na łuku bloczka kości piszczelowej (rys.4a);
- TiAL – długość segmentu łączącego skrajne elementy kości piszczelowej przy gnieździe (rys.4b odcinek AB);
- SRTi – promień okręgu opisanego na łuku gniazda kości piszczelowej (rys.4c).



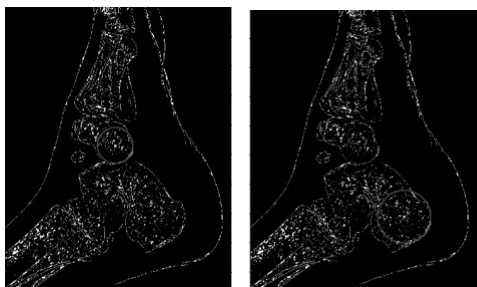
Rys.4. Schematy wykonywania pomiarów wybranych parametrów morfometrycznych dla stawu skokowego: TaAL oraz SRTa (a) TiAL (b) SRTi (c) [4]

Brakuje w opracowaniach zarówno polskich jak i światowych badań metodologicznych jak i populacyjnych dotyczących stawu skokowego w szczególności górnego stawu skokowego. Przykładem takiego opracowania może być publikacja [4], w której zaprezentowano przykłady wskaźników morfometrycznych, natomiast badania dotyczyły osób dorosłych.

## Możliwości i ograniczenia opracowanych narzędzi

W celu przeprowadzenia obróbki obrazu, ekstrakcji i pomiaru wybranych parametrów morfometrycznych dla stawu skokowego i innych obiektów struktur kostnych stopy został opracowany pomocniczy program pomiarowy wykorzystywany w starszej wersji w pracy [5] (rys. 6a).

Obiekty nie będące elementami badanymi, mogły być wyodrębnione w sposób automatyczny zarówno wyizolowane, jak i rozmieszczone w strukturach układu kostnego stopy (rys.5). Natomiast pomiary wybranych czterech parametrów morfometrycznych wymagały interwencji operatora.



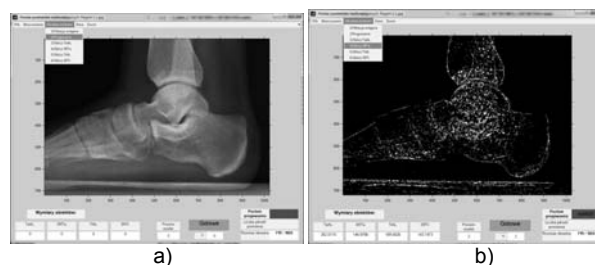
Rys. 5. Wyodrębnione obiekty rozmieszczone w strukturach układu kostnego stopy

Opracowane metody pomiarów wybranych parametrów morfometrycznych wykonują pomiary pośrednie na obrazach radiologicznych, które odzwierciedlają rzuty badanych struktur kostnych. Każdy pomiar może być zatem obarczony błędami różnego pochodzenia, których poziom i rodzaj zależy od takich czynników jak:

- znajomość morfometrii mierzonych parametrów,
- znajomość wykorzystywanego narzędzia pomiarowego przez operatora,
- wyuczenie miejsc pomiarowych przy powtarzanych pomiarach,
- czy też wiek pacjentów.

Wpływ operatora może być ograniczony przez dobór parametrów wstępnego przetwarzania [6] lub poziom wykrywania krawędzi i jego profilu.

Co się tyczy wieku pacjentów układ kostny stopy dzieci w wieku 10-11 jest już w pełni ukształtowany, w związku z czym wspomniane parametry mogą być dość jednoznacznie określone (rys.6b), natomiast u dzieci młodszych, nie wszystkie elementy kości są wytworzone, co wprowadza trudność w ich zidentyfikowaniu.



Rys.6. Prezentacja programu po wczytaniu badanego obrazu oraz wstępnej filtracji (a) oraz po zrealizowaniu pomiarów (b)

## Analiza wyników

Porównano podstawowe parametry statystyczne wyników pomiarów zrealizowanych na dostępnych radiogramach pacjentów starszych i młodszych. Można było zaobserwować znaczące rozrzuty pomiarów parametrów szczególnie dla parametru SRTi grupy młodszej w porównaniu do grupy starszej (tabela 1).

Uwidocznili się tutaj wpływ nie ukształtowanego w pełni układu kostnego stopy w tym wieku, co narzuca większe rygory do wykonania radiogramów w standaryzowanych, powtarzalnych projekcjach.

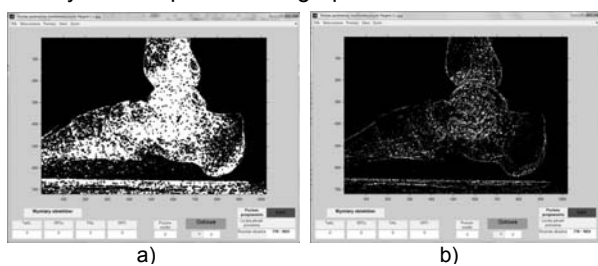
Tabela 1. Porównanie wartości średnich parametrów morfometrycznych dla pacjentów z grup starszej i młodszej

		TaAI	SRTa	TiAI	SRTi
kończyna lewa	grupa starsza	261,32	140,34	192,26	141,72
	grupa młodsza	227,54	151,64	176,70	209,17
kończyna prawa	grupa starsza	174,21	149,59	182,37	138,48
	grupa młodsza	230,14	140,54	147,19	123,12

Do dalszej analizy zostały wybrane radiogramy grupy starszych dzieci. Przeprowadzono cykl 30 pomiarów badając wpływ rozmiaru elementu konstrukcyjnego (morf) oraz poziomu progowania przy wykrywaniu krawędzi (lev).

Zmiany parametrów przetwarzania obrazów radiologicznych wpływały na mierzone wartości oraz ich parametry statystyczne w sposób zasadniczy dla SRTi w mniejszym stopniu dla SRTa (tabela 2). Już dla morf = 5 i lev = 0.015 zmiany wizualne w obrazach ograniczały ocenę elementów budowy stawu skokowego (rys.7).

Z tego względu stosowane dalsze operacje np. morfologiczne [6] ograniczające obszary otrzymanych krawędzi stosowane były z wartościami parametrów dobieieranymi do odpowiednich grup obrazów.



Rys.7. Wpływ parametrów przetwarzania na możliwości wyodrębniania parametrów morfologicznych

Tabela 2. Porównanie wartości średnich parametrów morfometrycznych dla różnych wskaźników przetwarzania

		TaAI	SRTa	TiAI	SRTi
lev=0,025	morf=3	263,11	139,96	191,20	160,98
	morf=5	263,11	147,56	191,92	200,32
lev=0,015	morf=3	264,30	159,45	193,65	230,77
	morf=5	268,24	157,01	194,56	262,93

Przeprowadzono także pomiary wykorzystując innego operatora, który był w niewielkim stopniu zaznajomiony z budową układu kostnego i wykonywaniem pomiarów badanych parametrów. Tabela 3 przedstawia wybrane wyniki porównujące operatorów wewnętrznego i zewnętrznego, gdzie można zauważyć nawet kilkukrotny wzrost zmienności pomiarów, szczególnie dla parametrów SRTa oraz SRTi, co znacznie ogranicza wybór operatora do realizacji pomiarów parametrów morfometrycznych.

Tabela 3. Porównanie wartości średnich parametrów morfometrycznych dla różnych operatorów

		TaAI	SRTa	TiAI	SRTi
operator zewnętrzny	m	174,21	149,59	182,37	138,48
	SD	3,83	12,47	2,05	7,96
operator wewnętrzny	m	174,58	175,80	182,91	150,91
	SD	4,70	31,25	5,17	20,06

Zmierzone wartości przedstawiane są w pikselach analizowanego obrazu, ponieważ nie było jeszcze możliwości wykonania badań radiologicznych z wzorcem pomiarowym.

### Wnioski

Potencjalnymi użytkownikami opracowania mogą być jednostki służby zdrowia, które posiadają już cyfrowe aparaty rentgenowskie, ale ze względu na ich ograniczone

możliwości nie mogą w pełni wykorzystywać potencjału jakie dają obrazy cyfrowe, szczególnie w zakresie specjalistycznych analiz i pomiarów, których nie można zrealizować za pomocą narzędzi uniwersalnych.

Opracowane rozwiązanie umożliwi również określenie norm populacyjnych wybranych wskaźników morfometrycznych stawu skokowego ważnych z punktu widzenia diagnostyki dla dzieci w kilku przedziałach wiekowych.

Korzystając z tych norm można oceniać stawy skokowe i zmiany w nich zachodzące w wyniku działań operacyjnych czy terapeutycznych, tak jak jest to wykorzystywane w przypadku stawu biodrowego u dzieci również w kilku grupach wiekowych.

Brakuje takich znormalizowanych wskaźników w przypadku tego istotnego stawu dla ludzkiego układu ruchu ze względu na fakt, że liczba wrodzonych wad występujących w stawie skokowym jest znacząca.

Efektem opracowania może być umożliwienie większej dostępności rozwiązań do monitorowania zmian u dzieci starszych, co może zmniejszyć u nich zagrożenie ograniczenia zakresu ruchu.

Czynione są starania realizacji radiogramów stawów skokowych wraz z wzorcem pomiarowym, co pozwoliłoby wyeliminować wpływ powiększenia obrazu na radiogramie na skutek rozbieżności wiązki promieniowania rentgenowskiego.

Opracowane narzędzie pomiarowe może być rozwijane w pokrewnych zakresach pomiarów parametrów anatomicznych układu kostnego realizowanych w oparciu o obrazy radiologiczne, dla których brakuje metod pomiarowych.

*Publikacja wykonana w ramach pracy statutowej S/WE/1/10*

### LITERATURA

- [1] Gaździk T., Ortopedia i traumatologia, PZWL, Warszawa, 2008
- [2] Ponseti I., J. Morcuende and others, Clubfoot: Ponseti Management, *Global-HELP*, Poznań, 2007
- [3] Pruszyński B., Radiologia. Diagnostyka obrazowa: Rtg, KT, USG, MR i medycyna nuklearna, PZWL, Warszawa, 2008
- [4] Stagni R, Leardini A, Ensini A, Cappello A., Ankle morphometry evaluated using a new semi-automated technique based on X-ray pictures, *Journal of Biomechanics*, 37 (2004), 1113-1118
- [5] Gilewska G., Możliwości wykorzystania układów programowalnych do przetwarzania obrazów uzyskiwanych z wykorzystaniem promieniowania rentgenowskiego, *Prace Instytutu Elektrotechniki*, 256 (2012), 57-65
- [6] Sonka M., Fitzpatrick M. J., Medical Imaging –Medical Image Processing and Analysis, *SPIE Press*, Bellingham, 2000

**Autorka:** dr inż. Grażyna Gilewska, Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny, ul. Wiejska 45D, 15-351 Białystok, E-mail: [g.gilewska@pb.edu.pl](mailto:g.gilewska@pb.edu.pl)