

Grażyna GILEWSKA

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA UKŁADÓW PROGRAMOWALNYCH DO PRZETWARZANIA OBRAZÓW UZYSKIWANYCH Z WYKORZYSTANIEM PROMIENIOWANIA RENTGENOWSKIEGO

STRESZCZENIE *W artykule zostaną przedstawione potrzeby analizy obrazów uzyskiwanych z wykorzystaniem promieniowania rentgenowskiego w wybranym zakresie radiografii cyfrowej stawów skokowych oraz możliwe metody komunikacji układów struktur programowalnych z aparaturą rentgenowską bądź komputerem.*

Otrzymane obrazy analizowano w zależności od ich parametrów oraz źródeł pochodzenia. Realizowano pomiary parametrów morfometrycznych stawu skokowego.

Porównano parametry morfometryczne stawu skokowego w zależności od wieku oraz parametrów przetwarzania.

Słowa kluczowe: *staw skokowy, obrazowanie, układy programowalne, pomiary, parametry morfometryczne*

1. WSTĘP

Inżynieria Biomedyczna stanowi połączenie wielu dyscyplin naukowych technicznych, medycznych czy biologicznych. W obrazowaniu medycznym czy przetwarzaniu obrazów medycznych istotną część badań zajmują badania

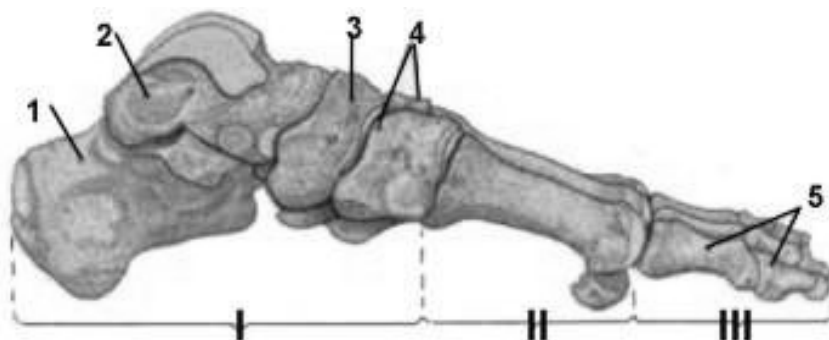
dr inż., Grażyna GILEWSKA
e-mail: gilg@pb.edu.pl

Wydział Elektryczny
Politechnika Białostocka

medyczne, których zakres i metodyka realizacji często są mało precyzyjne bądź niepełne. Obrazy medyczne tworzone są dla różnych struktur ciała człowieka, z wykorzystaniem wielu technik, z których jedne umożliwiają obrazowanie struktur miękkich zawierających więcej wody, zaś inne struktur kostnych zawierających dużo związków wapnia.

W badaniu ortopedycznym oceny zmian w stawie skokowym czy postępów leczenia, szczególnie wad wrodzonych u dzieci, przeprowadza się ocenę wzrokową ustawienia pięty czy kości śródstopia, badanie palpacyjne do oceny cech skóry, tkanki podskórnej, ścięgna czy stawów 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, w praktyce lekarskiej wykonywane często przy użyciu cyrkla i linijki.

Staw skokowy odpowiedzialny jest za zginanie stopy podczas stawania na palcach oraz jej prostowanie podczas stawania na pięcie [2]. Pełni fundamentalną rolę w lokomocji człowieka, ważna jest zatem jego prawidłowa budowa i ułożenie (rys.1).



Rys. 1. Kości stopy:

I – kości stępu; II – kości śródstopia; III – kości palców; 1 – kość piętowa;
2 – skokowa; 3 – kość łódkowata; 4 – kości klinowate; 5 – paliczki

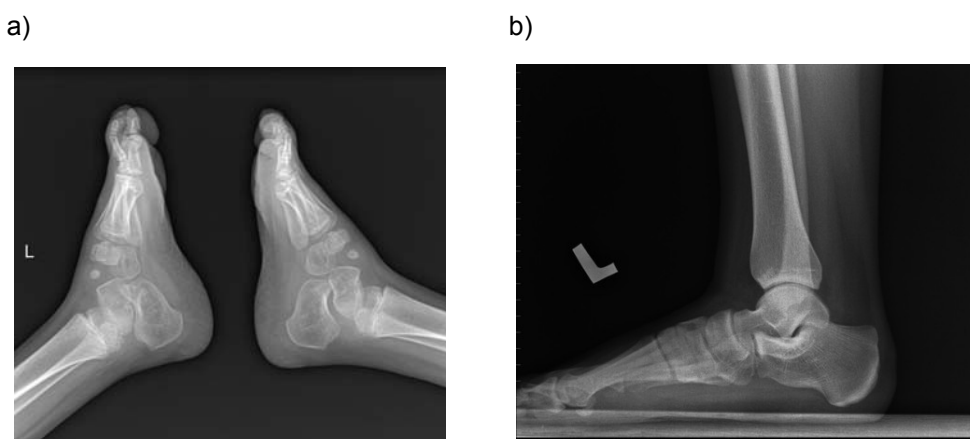
Jednymi z najczęstszych wad wrodzonych układu kostnego u dzieci są wady stawu skokowego. Mogą to być deformacje typu końskość (podeszwowe ustawienie stopy), czy szpotawość (ustawienie stopy w odwróceniu).

Deformacje stawu skokowego występują dosyć często również u osób obłożnie chorych, kiedy stopy są ułożone niewłaściwie. Leczenie takich deformacji powinno odbywać się jak najszybciej po zdiagnozowaniu. Najczęściej są to serie opatrunków gipsowych, ćwiczenia rozciągające stopę, specjalne obuwie. W skrajnych przypadkach stosowane jest też leczenie operacyjne [1].

2. TECHNIKI OBRAZOWANIA

W badaniach rozpoznania bądź oceny postępów leczenia wad stawu skokowego podstawowymi są badania kliniczne oraz obrazowanie rentgenowskie. Tomografia komputerowa (TK) ze względu na to, że 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 (MR), ze względu na konieczność współpracy z badanym i długi czas trwania badania, nie jest przydatna w diagnostyce tego stawu. Istotnym ograniczeniem w stosowaniu metod tomograficznych jest ich wielokrotnie wyższy koszt w porównaniu ze zdjęciem rentgenowskim, dlatego wykorzystuje się je jako metody uzupełniające w zależności od potrzeb [3].

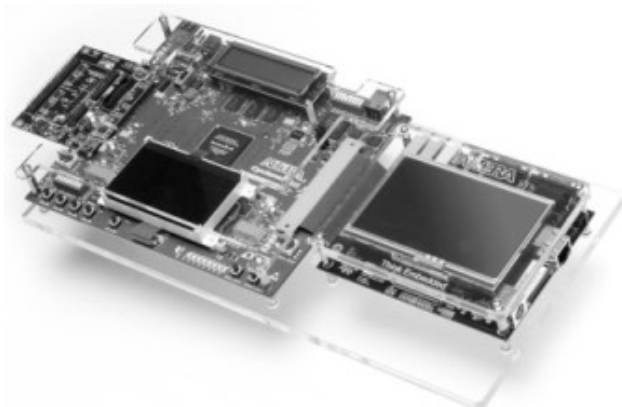
Radiogramy stawów skokowych mogą być wykonywane w kilku projekcjach: przednio-tylnej, tylnoprzodniej oraz bocznych, które wybierane są w zależności od wieku pacjenta oraz od stosowanych zaleceń. W prowadzonych badaniach wykorzystywane były radiogramy wykonane w projekcji bocznej dzieci w wieku kilku (rys. 2a) i kilkunastu lat (rys. 2b) z cechami stopy końskoszpotawej.



Rys. 2. Obraz kości stawu skokowego w projekcji bocznej dla dzieci: młodszych (a) oraz starszych (b)

3. METODY KOMUNIKACJI

Większość oferowanych zestawów rozwojowych z osadzonymi układami programowalnymi umożliwia komunikację przez port USB, port szeregowy,



Rys. 3. Wykorzystywany zestaw z układem programowalnym [5]

Ethernet czy pamięci SD. Wykorzystywany model laboratoryjny układu FPGA (rys. 3) został sprzężony z testowym źródłem obrazów cyfrowych przez port USB 2.0. Zbadano współpracę układu z kilkoma źródłami z wykorzystaniem dołączonej do płyty głównej karty THDB-SUM na szybkim złączu HSMC, poprzez którą można korzystać z dodatkowych złączy USB oraz kart SD. Do płyty głównej zawierającej układ FPGA Altera

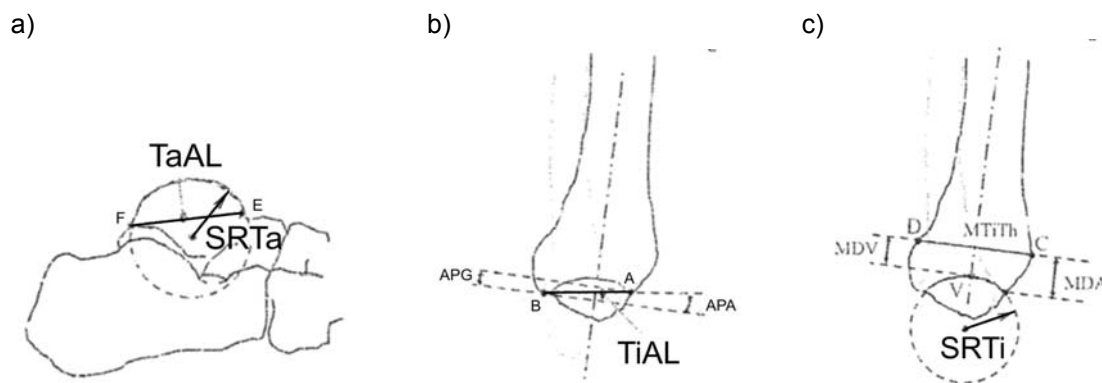
Cyclone III dołączono na złączu HSMC zestaw multimedialny z panelem dotykowym LCD, który wspomagał realizację przetwarzania badanych obrazów.

W dalszej części badań przewiduje się uzyskanie komunikacji opracowanego systemu z wybranym cyfrowym aparatem rentgenowskim. Sposób komunikacji, przez port USB czy Ethernet będzie zależny od wyboru aktualnie dostępnej aparatury rentgenowskiej.

4. DOBÓR PARAMETRÓW OCENY STAWÓW

Do oceny postępów leczenia opisuje się kilka lub nawet kilkanaście parametrów [4]. Uwzględniając sugestie lekarzy ortopedów zajmującymi się badaniem i leczeniem zmian w układzie kostnym stopy u dzieci, wybrane zostały do badań cztery parametry mierzone na radiogramach w projekcjach bocznych:

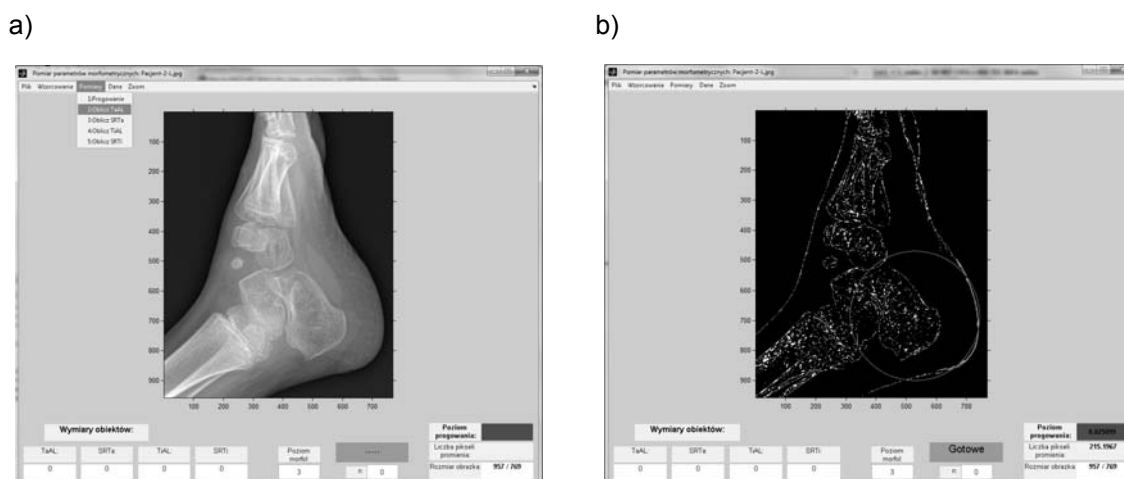
- TaAL – długość segmentu łączącego skrajne elementy bloczka kości piszczelowej (rys. 4a odcinek FE);
- SRTa – promień okręgu opisanego na łuku bloczka kości piszczelowej (rys. 4a);
- TiAL – długość segmentu łączącego skrajne elementy kości piszczelowej przy gnieździe (rys. 4b odcinek AB);
- SRTi – promień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



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

5. OBRÓBKA OBRAZÓW I REALIZACJA POMIARÓW

Do realizacji dalszych badań opracowany został pomocniczy program do wyodrębniania i pomiarów wybranych parametrów morfometrycznych dla stawu skokowego (rys. 5a) oraz innych obiektów struktur układu kostnego stopy. Obiekty nie będące elementami badanymi, można było wyodrębnić w sposób automatyczny zarówno wyizolowane, jak i rozmieszczone w strukturach układu kostnego stopy (rys. 5b). Natomiast pomiary wybranych czterech parametrów morfometrycznych wymagają interwencji operatora.



Rys. 5. Prezentacja programu po wczytaniu badanego obrazu (a) oraz po automatycznym wyodrębnieniu obiektu, który nie należy do badanych (b)

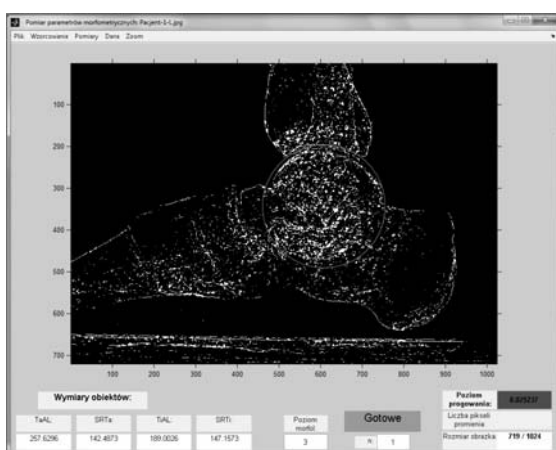
Z tego względu opracowane metody obciążone mogą być wieloma zakłóceniami, których poziom i charakter może zależeć od takich czynników jak:

- znajomość morfometrii mierzonych parametrów,
- znajomość wykorzystywanego narzędzia pomiarowego,
- czy wyuczenia miejsc pomiarowych przy powtarzanych pomiarach.

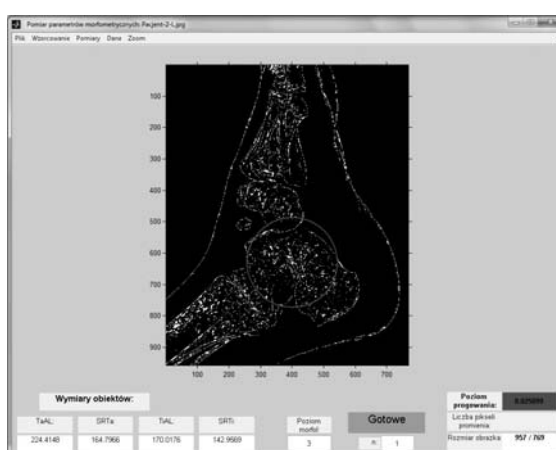
Wpływ operatora może ograniczać się do wyboru parametrów wykrywania krawędzi [6], czy ich profilowania.

Oprócz operatora istotny wpływ na poziom błędów realizowanych pomiarów miał wiek pacjentów. Układ kostny stopy u dzieci powyżej 10-11 lat jest już w pełni ukształtowany (rys. 6a) zatem wymienione wcześniej parametry można dość jednoznacznie określić. Natomiast u dzieci 6-7 letnich, a tym bardziej młodszych nie wszystkie zespolenia kostne są wykształcone, co utrudnia zdefiniowanie wymienionych parametrów na takim radiogramie (rys. 6b).

a)



b)



Rys. 6. Realizacja pomiarów na radiogramach stawów skokowych: dzieci starszych (a) oraz dzieci młodszych (b)

6. ANALIZA OTRZYMANYCH WYNIKÓW

Nie było dotychczas możliwe zrealizowanie badanych radiogramów z wzorcem pomiarowym, dlatego wartości pomiarów prezentowane są w pikselach analizowanego obrazu. Wykorzystując udostępnione radiogramy pacjentów z grupy starszej oraz grupy młodszej porównano podstawowe parametry statystyczne wyników pomiarów. Można było zaobserwować znacząco większe rozrzuty pomiarów parametrów dla grupy młodszej. Szczególnie dla parametrów SRTa oraz SRTi zauważalna była ponad dwukrotnie większa wartość odchylenia standardowego.

Uwidocznili się tutaj wpływ nie ukształtowanego w pełni układu kostnego stopy w tym wieku (rys. 6b), co narzuca większe rygory do wykonania radiogramów w standaryzowanych, powtarzalnych projekcjach.

Do dalszych analiz wybrano radiogramy pacjentów grupy starszej dziecięcych pacjentów. Wykonane zostały serie 30 pomiarów dla wybranych kilku parametrów przetwarzania:

- wielkość elementu strukturalnego (morf);
- poziom progowania przy wykrywaniu krawędzi (lev);
- których parametry wybranych kombinacji porównano w tabelach 1-2.

TABELA 1

Statystyka czterech parametrów morfometrycznych przy poziomie progowania lev = 0,025

	TaAL	SRTa	TiAL	SRTi	TaAL	SRTa	TiAL	SRTi
	morf = 3				morf = 5			
(m) wartość średnia	263,11	139,96	191,20	160,98	263,13	147,56	191,92	200,32
(SD) odchylenie standardowe	2,48	8,33	1,83	9,72	1,61	8,62	4,51	23,72

TABELA 2

Statystyka czterech parametrów morfometrycznych przy poziomie progowania lev = 0,015

	TaAL	SRTa	TiAL	SRTi	TaAL	SRTa	TiAL	SRTi
	morf = 3				morf = 5			
(m) wartość średnia	264,30	159,45	193,65	230,77	268,24	157,01	194,56	262,93
(SD) odchylenie standardowe	5,33	6,94	2,50	24,86	2,49	3,88	2,50	41,42

Zmiany parametrów przetwarzania obrazów radiologicznych w zasadniczy sposób wpływały na mierzone wartości oraz ich parametry statystyczne. Szczególnie dotyczyło to parametru SRTi, dla którego odchylenie standardowe wzrastało nawet 3, 4 krotnie. Już przy morf = 5 i lev = 0,015 zmiany w obrazie bardzo ograniczały operatorom wzrokową ocenę elementów budowy stawu skokowego.

Wykonane były również pomiary przez innego operatora, w niewielkim stopniu zaznajomionego z budową układu kostnego oraz realizacją pomiarów badanych parametrów. Nastąpił tu nawet kilkukrotny wzrost zmienności wyników pomiarów, co istotnie ogranicza sposób doboru operatora badań.

6. WNIOSKI

Przewidywano możliwość zastosowania opracowanych metod do oceny stawu skokowego, szczególnie lezonego operacyjnie, oceny jego funkcjonalności po kilkuletnim okresie obserwacyjnym, czy badań porównawczych efektów leczenia operacyjnego realizowanego kilkoma metodami.

Można stwierdzić, iż przy realizacji pomiarów parametrów morfometrycznych na obrazach radiologicznych może wystąpić wiele czynników zakłócających pomiary, np.:

- dobór parametrów przetwarzania obrazów;
- poziom wykrywania krawędzi;
- standaryzacja realizacji radiogramów;
- przeszkolenie operatora.

Szczególnie dwa pierwsze muszą być dobierane indywidualnie do radiogramów różnych grup wiekowych pacjentów. Wymaga to poszerzenia badań na statystycznie istotnej liczbie pacjentów w każdej z grup.

Trwają prace mające doprowadzić do realizacji radiogramów stawów skokowych wraz z kulowym wzorcem pomiarowym. Pozwoliłoby to na wyeliminowanie wpływu powiększenia obrazu układu kostnego na radiogramie na skutek rozbieżności wiązki promieniowania rentgenowskiego. Wymaga to jednak uzyskania statusu projektu badawczego ze zgodą komisji bioetycznej.

Opracowane narzędzie pomiarowe może być rozwijane w pokrewnych zakresach pomiarów parametrów anatomicznych układu kostnego realizowanych w oparciu o obrazy radiologiczne. Implementacje stworzonych algorytmów mogą być rozwijane i modyfikowane dla innych grup obrazów, dla których brakuje metod pomiarowych.

Praca wykonana w ramach pracy statutowej S/WE/1/10

LITERATURA

1. Gaździk T.: Ortopedia i traumatologia, PZWL, Warszawa, 2008.
2. Michajlik A., Ramotowski W.: Anatomia i fizjologia człowieka, PZWL, Warszawa, 2009.
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. www.altera.com
6. Zieliński K.W., Strzelecki M.: *Komputerowa analiza obrazu biomedycznego*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2002.

Rękopis dostarczono dnia 24.04.2012 r.

POSSIBILITIES OF USING PROGRAMMABLE DEVICES TO IMAGE PROCESSING GENERATED WITH THE USE OF X-RAYS

Grażyna GILEWSKA

ABSTRACT *The paper will be presented for analysis of images generated with the use of X-rays in the selected digital radiography of ankle joints.*

It will also set out possible methods of communication of programmable structures with the X-ray apparatus or computer.

The acquired images were analyzed according to their parameters, and sources of origin. The author has realized measurements of morphometric parameters of the children's ankle joint.

Morphometric parameters of the ankle joint were compared according to age of patients and parameters of image processing.

Keywords: *ankle joint, imaging, programmable devices, measurement, morphometric parameters*

Dr inż. Grażyna GILEWSKA ukończyła studia na wydziale Elektroniki Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej na specjalności Elektronika Biomedyczna. Od 1992 roku jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Politechniki Białostockiej, na Wydziale Elektrycznym, na którym obroniła doktorat w roku 2003 z dziedziny metrologia w elektrotechnice.



