

Jarosław BANASIEWICZ, Andrzej RYNIOWICZ, Instytut Mechaniki Stosowanej,
Politechnika Krakowska, Kraków

BADANIE WIELKOŚCI SZPARY STAWOWEJ PRZY POMOCY TOMOGRAFII KOMPUTEROWEJ I REZONANSU MAGNETYCZNEGO

Streszczenie: W pracy poruszono problem dotyczący pomniejszania się wielkości szpary stawowej w stawie biodrowym, a zarazem wpływu tego niepożądanego zjawiska na ruchliwość kończyną dolną. Stosując m.in. techniki diagnostyki obrazowej, szpary stawowe można poddawać badaniom, a na podstawie ich analizy określać stan diagnozowanego stawu.

Słowa kluczowe: Szpara stawowa, staw biodrowy, tomografia komputerowa, rezonans magnetyczny.

1. WSTĘP

Stawy oraz układ kostny człowieka stanowią szkielet dla całego organizmu oraz umożliwiają jego przemieszczanie w celu zapewnienia podstawowych funkcji życiowych. Szpara stawowa jest przestrzenią między dwoma powierzchniami stawowymi (rys. 1). Jej wielkość może ulegać zmianie, a sam proces uzależniony jest od wielu czynników tj. wiek, waga, płeć, rasa, geny itp. [2]. Stosując techniki diagnostyki obrazowej, można badać geometrie szpar stawowych i na tej podstawie diagnozować prawidłowe funkcjonowanie stawu lub jego stany patologiczne [3].

Celem pracy była ocena kształtu szpary w stawie biodrowym oraz pomiar jej wybranych parametrów geometrycznych. Pomiar przeprowadzono na określonej grupie pacjentów z wykorzystaniem diagnostyki tomograficznej.



Rys. 1. Rentgenogram przedstawiający staw biodrowy z widoczną szparą stawową - region oznaczony czerwoną linią (z racji znikomej absorpcji promieni rentgenowskich przez chrząstkę stawową, szpara wydaje się być względnie wielka) [1]

2. BIOTRIBOLOGIA STAWÓW

Płyn synowialny odgrywa podstawową rolę w tribologii i fizjologii stawów w połączeniu z jego powierzchniami roboczymi. W stawie biodrowym rzeczywisty kształt powierzchni stawowych głowy i panewki oraz ich wzajemna kongruencja lub jej brak, może decydować o mechanizmie smarowania stawu. Specyficzny kształt powierzchni stawowych głowy i powierzchni księżycowatej panewki, nie wykazujących kongruencji, stwarza warunki tarcia płynnego i tym samym może stanowić istotny czynnik w diagnozowaniu choroby zwyrodnieniowej stawów.

3. MATERIAŁ I METODA BADAWCZA

Tomografia komputerowa (CT) i rezonans magnetyczny (MR) są niezwykle dynamicznie rozwijającymi się metodami obrazowania. Związane jest to z odkrywaniem coraz to nowszych bardziej innowacyjnych rozwiązań[4]. Zastosowanie obu tych metod badawczych pozwoliło na zobrazowanie przestrzeni między powierzchniami stawowymi w stawie biodrowym i określenie jej grubości. Badaniom klinicznym poddano grupę 18 pacjentów o różnym wieku i płci (tab. 1). Na podstawie danych otrzymanych z aparatury medycznej, przeprowadzona została analiza kształtu oraz pomiar szerokości geometrycznej szpary w trzech różnych płaszczyznach (czołowej, poprzecznej i strzałkowej).

Tabela 1. Pacjenci poddani badaniom

Czynnik	Liczba pacjentów	Badani tomografem komputerowym	Badani rezonansem magnetycznym
Wszyscy badani	18	11	7
Płeć badanych osób:			
Kobiety	10	5	5
Mężczyźni	8	6	2
Przedział wiekowy pacjentów poddanych badaniom:			
Kobiety	7-97 lat	34-97 lat	7-56 lat
Mężczyźni	13-78 lat	13-78 lat	51-58 lat

Przed rozpoczęciem badań należało opracować strategie pomiarowe zarówno dla obrazowania tomografem komputerowym CT jak i rezonansem magnetycznym MR. Parametry, na podstawie których wykonywano serie pomiarowe, przedstawiono w tabelach (tab. 2, 3).

Tabela 2. Strategia pomiarowa do badania tomografem komputerowym CT

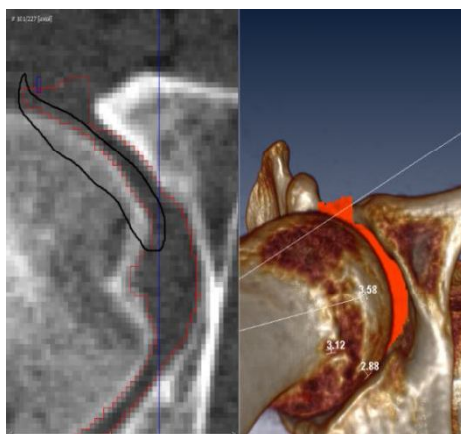
Parametry	Opis	Uwagi
Ułożenie pacjenta/ki: Zdjęcie referencyjne CZR: Płaszczyzna CZR:	Na plecach Topogram miednicy Czołowa	Zachowanie symetrii 0.6 T80s Przekroje prostopadłe do płaszczyzny stołu
Dobór okna: Grubość warstwy: Napięcie lampy RTG: Siatka elementów: Środki kontrastujące: Przyłożone obciążenie:	WL: 317, WW: 1140 [jH] 1,5 [mm] 120 [kV] 512 × 512 elementów brak brak	Warstwa poprzeczna

Tabela 3. Strategia pomiarowa do badania rezonansem magnetycznymMR

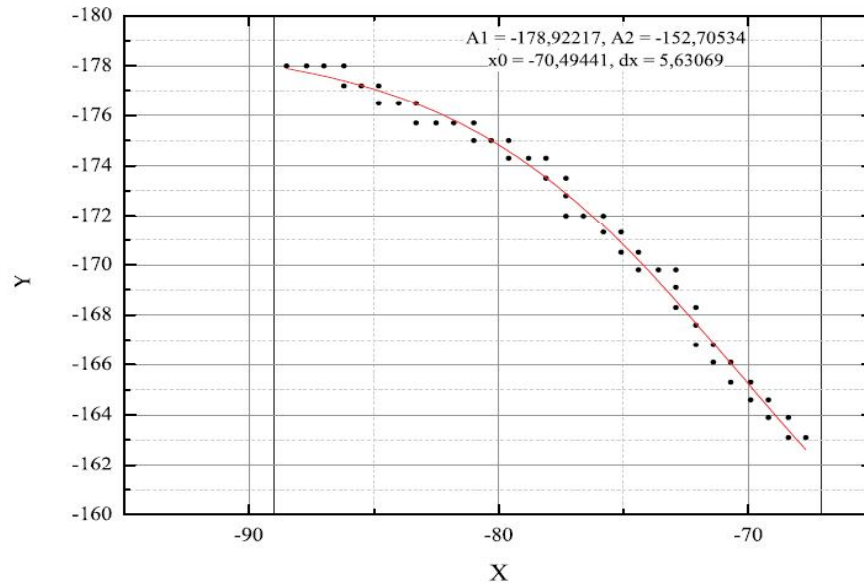
Parametry	Opis	Uwagi
Ułożenie pacjenta/ki: Grubość warstwy: Moc magnesu pola stałego: Kąt FA: Czas TR: Czas echa: Przyłożone obciążenie: Środki kontrastujące: Wykorzystywane sekwencje:	Na plecach 4,5 [mm] 1,5 [T] 30 [°] 580 [ms] 20 [ms] brak brak GRE, Sag T ₂ , Sag T ₂ FRFSE, Cor PD fatsat, Ax T ₁ FSE	Zachowanie symetrii Warstwa poprzeczna

4. WYNIKI I ICH ANALIZA

Kolejnym etapem była analiza otrzymanych wyników badań. Wykonana rekonstrukcja MPR w programie Amira - 3D Analysis, pozwoliła na zobrazowanie badanej struktury w trzech płaszczyznach (czołowej, poprzecznej oraz strzałkowej). Zdjęcia analizowane były przy trzykrotnym powiększeniu obrazu wejściowego. W efekcie linia zakreślająca obszar szpary stawowej zaczęła przyjmować kształt charakterystycznych "ząbków" bądź schodków. W celu określenia rzeczywistego kształtu szpary stawowej, przeprowadzono ekstrapolacje (rys. 3) fragmentu obszaru przedstawionego na ilustracji (rys. 2).



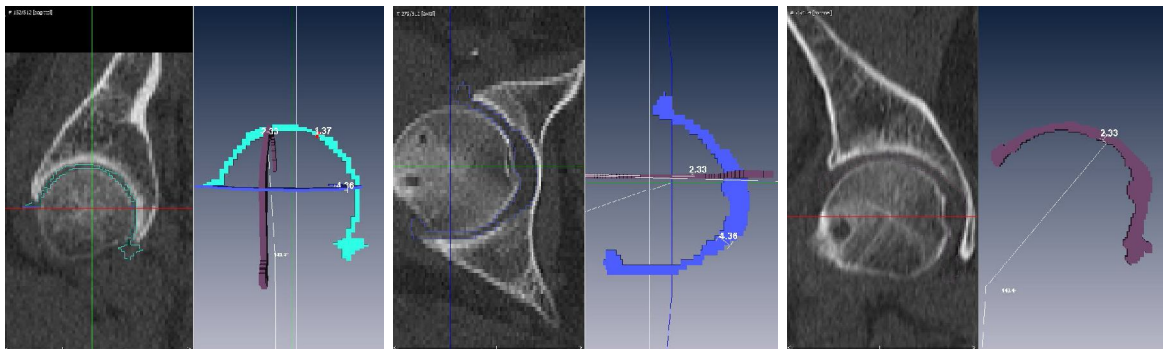
Rys.2. Charakterystyczne schodki



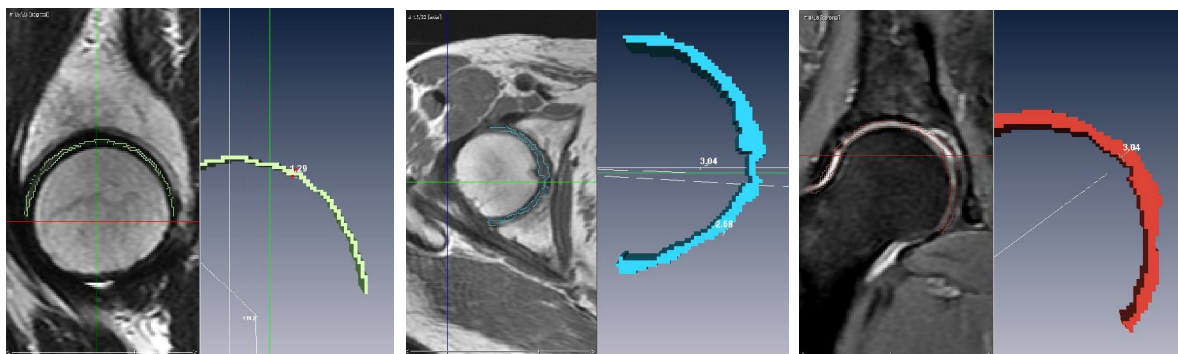
Rys.3. Funkcja ekstrapolująca punkty pomiarowe reprezentujące fragment szpary stawowej

4.1. Analiza obrazów DICOM z rezonansu magnetycznego i tomografu komputerowego

W rozdziale przedstawiono przykładowe ilustracje z pomiarów szerokości szpar stawowych w trzech różnych płaszczyznach. Na podstawie otrzymanych wyników przeprowadzona została analiza statystyczna której wyniki zostały przedstawione w tabelach (tab. 4, 5).



Rys.4. Badana szpara tomografem komputerowym CT w płaszczyźnie a) strzałkowej b) poprzecznej i c) czołowej



Rys.5. Badana szpara rezonansem magnetycznym MR w płaszczyźnie a) strzałkowej b) poprzecznej i c) czołowej

Tabela 4. Wyniki analizy statystycznej otrzymane na podstawie dokonanych pomiarów szerokości szpary stawowej w stawie biodrowym pacjentów badanych tomografem komputerowym CT

Pacjent	Płeć	Wiek	Szerokość szpary w płaszczyźnie poprzecznej [mm]	Szerokość szpary w płaszczyźnie czołowej [mm]	Szerokość szpary w płaszczyźnie strzałkowej [mm]
1	Mężczyzna	13	8,31	6,38	5,72
2	Mężczyzna	27	1,77	2,55	1,37
3	Mężczyzna	45	2,88	3,58	3,12
4	Mężczyzna	47	3,11	3,57	3
5	Mężczyzna	56	4,36	2,33	1,37
6	Mężczyzna	78	4,58	3,7	1,22
7	Kobieta	34	6,29	3,73	2,14
8	Kobieta	75	5,15	3,17	2,32
9	Kobieta	75	0,43	3,45	1,53
10	Kobieta	82	6,53	2,23	2,44
11	Kobieta	97	5,5	3,23	0,83
Σ			53,36	41,37	27,34
Średnia arytmetyczna			4,45	3,45	2,28
Wariancja			5,1832	1,2437	1,8549
Odchylenie standardowe			2,2767	1,1152	1,3620

Tabela 5. Wyniki analizy statystycznej otrzymane na podstawie dokonanych pomiarów szerokości szpary stawowej w stawie biodrowym pacjentów badanych rezonansem magnetycznym MR

Pacjent	Płeć	Wiek	Szerokość szpary w płaszczyźnie poprzecznej [mm]	Szerokość szpary w płaszczyźnie czołowej [mm]	Szerokość szpary w płaszczyźnie strzałkowej [mm]
1	Kobieta	7	1,9	3,21	2,94
2	Kobieta	19	4,13	2,65	3,58
3	Kobieta	24	5,04	3,23	1,91
4	Kobieta	38	3,04	4,35	1,8
5	Mężczyzna	51	2,81	4,56	1,83
6	Kobieta	56	6,51	3,4	2,8
7	Mężczyzna	58	2,68	3,04	1,29
Σ			26,11	24,44	16,15
Średnia arytmetyczna			3,73	3,49	2,31
Wariancja			2,5631	0,4911	0,6568
Odchylenie standardowe			1,6010	0,7008	0,8104

Następnie oszacowano niepewność pomiarową badanej szerokości szpary stawowej, wykorzystując w tym celu wyniki badań 45-letniego mężczyzny. W płaszczyźnie strzałkowej (ang. sagittal) dokonano 40-stu pomiarów szerokości jamy stawowej. Na ich podstawie wyliczono niepewność pomiarową posługując się rozszerzoną metodą niepewności standardowej typu A. Po wykonaniu obliczeń otrzymano następującą wartość eksperymentalnego odchylenia standardowego

$$u(X) = sX = 0,0431,$$

oraz rozszerzoną wartość niepewności pomiarowej

$$U(X) = 0,0863.$$

5. WNIOSKI

Przeprowadzone badania CT i MR umożliwiły opracowanie modelu 3D (rys. 5) przestrzeni między powierzchniami stawowymi w stawie biodrowym. Wykonana analiza statystyczna pozwoliła ocenić rozrzut mierzonej szerokości szpary stawowej oraz oszacować niepewność pomiarową. Stwierdzono zróżnicowanie grubości szpary w zależności od wieku i płci. Obrazy pochodzące z rezonansu magnetycznego MR cechuje nie tylko wysoka rozdzielczość ale również zdolność do zobrazowania tkanki chrzęstnej. Pozwoliło to na bardziej precyzyjny pomiar szerokości szpary stawowej niż w obrazach pochodzących z tomografii komputerowej CT, a dowodzi tego przeprowadzona analiza statystyczna (tab. 4,5). Otrzymane trójwymiarowe obrazy szpary stawowej stanowią podstawę do przeprowadzenia analizy tribologicznej stawu. Zestawienie wyników CT z MR pozwoliło na ocenę kształtu jamy stawowej uwzględniając część kostną oraz część chrzęstną. W celu dokonania bardziej rzetelnej oceny i porównania należałoby wykonać badania oba skanerami na tej samej grupie pacjentów. Tego typu analiza mogłaby ułatwić lekarzom podjęcie decyzji na jakie badanie należy skierować danego pacjenta.



Rys. 6. Rekonstrukcja VRT z nałożonym modelem szpary stawowej

LITERATURA

- [1] RadioGraphics: The journal of continuing medical education in radiology. Adult chronic hip Radiographic evaluation
http://radiographics.rsna.org/content/20/suppl_1/S3/F54_expansion.html, 2000.
- [2] Putz Reinhard and Pabst Reinhard. Atlas anatomii człowieka Sobotta - komplet (cz. 1-2). Elsevier Urban and Partner, Wrocław, 3 edition, 2006. ISBN 83-89581-04-3.
- [3] Stanisław Trzaskowski and Trzaskowska Barbara. Metodyka badań rentgenowskich, podręcznik dla lekarza praktyka. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa, 1958.
- [4] B. Pruszyński. Radiologia. Diagnostyka obrazowa Rtg, TK, USG, MR i medycyna nuklearna. PZWL, 2008.

STUDYING THE SIZE OF THE ARTICULAR CAVITY BY USING COMPUTED TOMOGRAPHY AND MAGNETIC RESONANCE

Abstract: This article describes the problem involving decrease of articular cavity size in the hip joint, and also the effect of that phenomenon on lower limb movements. Using diagnostic imaging, articular cavities can be examined, and on the basis of their analysis determine the condition of the target joint.