

# PROBLEMY NIEKONWENCJONALNYCH UKŁADÓW ŁOŻYSKOWYCH

Łódź 15-16 maja 1997 roku

Janusz Cwanek\*, Henryk Kopecki \*\*, Maciej Kopkowicz \*\* Andrzej Zygmunt\*~

\**Wojewódzki Szpital Zespolony Nr 1 w Rzeszowie*, \*\**Politechnika Rzeszowska*

## PROBLEMY MODELOWANIA STRUKTURY NOŚNEJ KOMPLETNEJ OBREČZY BIODROWEJ Z UWZGLĘDNIENIEM STAWU BIODROWEGO

### SŁOWA KLUCZOWE

Stawy człowieka, staw biodrowy, zmiany zwyrodnieniowe, rozkład sił wewnętrznych, obręcz biodrowa, elementy kości udowych, przygotowanie modelu

### STRESZCZENIE

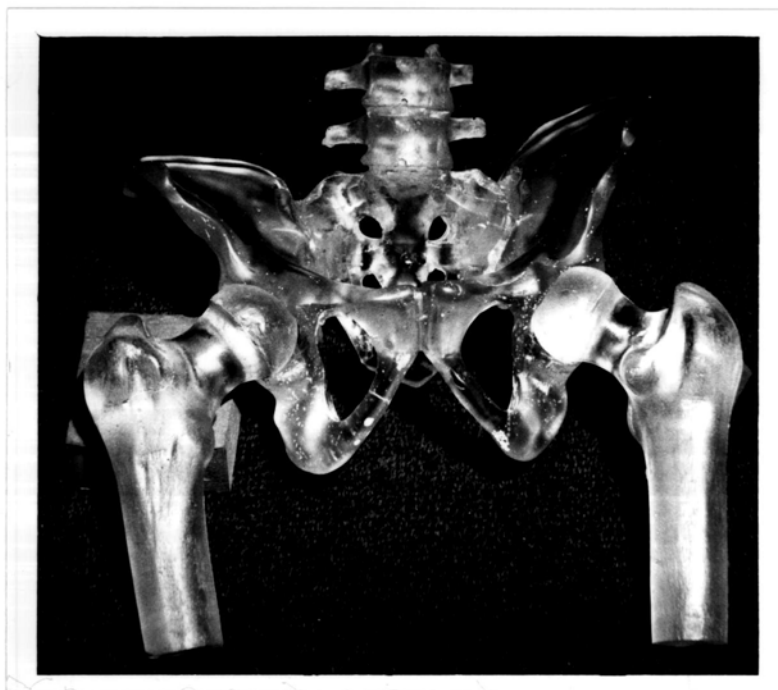
W pracy przedstawiono koncepcję modelowania struktury nośnej kompletnej obręczy biodrowej wraz z elementami stawu biodrowego, z materiału optycznie czynnego. Odzworowano wiernie geometrię układu w oparciu o rzeczywistą geometrię miednicy oraz geometrię elementów stawu biodrowego (panewki oraz nasady bliższej kości udowej wraz z główką). Intencją jest otrzymanie modelu, który zapewniając proporcje utrzymujące sztywność współpracujących elementów, umożliwi analizę stanu naprężenia we wszystkich elementach układu, na podstawie badań elastoptycznych.

Stawy człowieka, stanowiące najdoskonalsze łożyska spotykane w przyrodzie podlegają procesom zużycia niekiedy do tego stopnia, że nie są w stanie spełniać swych funkcji użytkowych.

O ile wyjaśnianie przyczyn pojawiania się wtórnych zmian zwyrodnieniowych stało się możliwe na podstawie praw fizycznych, to powstawanie zmian pierwotnych jest wciąż kłopotliwe do uzasadnienia. W wyniku szeregu analiz i koncepcji z pogranicza styku biologii i techniki [ 1 ], [2], [3] zrodziło się szereg hipotez potwierdzonych w praktyce. Przykładowo, uzasadnienia przyczyn przedwczesnego zwyrodnienia stawu biodrowego upatruje się na ogół w nadmiernym obciążeniu mechanicznym elementów stawu w stosunku do jego czasowej nośności. Jednakże podstawę do formułowania wniosków o charakterze wymiernym stwarza dopiero znajomość rozkładu sił wewnętrznych w elementach współpracujących. Określenie rozkładu sił wewnętrznych we wspomnianych elementach współpracujących stawu biodrowego nie należy do przedsięwzięć łatwo osiągalnych. Wynika to z faktu, iż rozkład ten w istotny sposób

uzależniony jest od wzajemnych relacji sztywności poszczególnych elementów kompletnego układu siłowego.

Decydując się na prowadzenie badań o charakterze modelowym należy mieć na uwadze konieczność odwzorowania sztywności elementów nie tylko biołożyska, lecz również szeroko rozumianej strefy jego lokalizacji. Taki zaś sposób rozumowania prowadzi do wniosku, iż jedynym, w pełni uzasadnionym rozwiązaniem jest odwzorowanie w modelu kompletnej obręczy biodrowej, wraz ze wspomnianym biołożyskiem - rys. 1.



Rys. 1. Fotografia odlewu obręczy biodrowej przygotowanego do

Wykonanie tego rodzaju modelu stwarza pewne dodatkowe problemy, niezależnie od wspomnianej już konieczności odtworzenia geometrii elementów, z których najistotniejsze, to odwzorowanie połączeń elementów miednicy z kręgosłupem lędźwiowo krzyżowym, jak również odwzorowanie przenoszenia obciążeń na dalsze części kręgosłupa.

Z punktu widzenia analizy sił wewnętrznych, rozważany układ jawi się jako struktura przestrzenna charakteryzująca się trójwymiarowym stanem naprężenia, przy czym spectrum obciążania (w zależności od ustawienia kości udowych względem miednicy) przenosi się poprzez stawy biodrowe.

Spośród metod mechaniki doświadczalnej, możliwości analizy przestrzennych stanów naprężenia stwarzają metody polaryzacyjno-optyczne, spośród których najbardziej przydatną w podobnych sytuacjach okazuje się metoda zamrażania naprężeń. Metodę tę, w zastosowaniu do analizy rozkładu sił wewnętrznych w stawie biodrowym przedstawiono szczegółowo w pracy [4].

Wykorzystuje ona właściwości materiału polegające na przechodzeniu w stan wysokiej elastyczności w warunkach podwyższonej temperatury (do ok. 110 °C). W tych warunkach model poddawany jest obciążeniu zewnętrznemu odpowiadającemu wybranemu przypadkowi, którego wielkość obliczana jest na podstawie praw podobieństwa modelowego. Po kilkugodzinnym wygrzewaniu modelu w temperaturze maksymalnej następuje bardzo powolny proces jego chłodzenia, z szybkością ok. 1°C/h, co zapewnia eliminację niepożądanych, przypadkowych naprężeń termicznych. Proces schładzania kontynuowany do temperatury pokojowej

zatrzymuje („zamraża”) stan odkształcenia modelu, charakterystyczny dla warunków podwyższonej temperatury. Po całkowitym schłodzeniu model zostaje odciążony, zaś efekty zamrożone widoczne w formie prążków interferencyjnych poddaje się szczegółowej analizie.

W niniejszej pracy przedstawiamy model kompletnej obręczy biodrowej, wraz z kośćmi udowymi. Modele elementów sporządzono w oparciu o rzeczywistą geometrię miednicy oraz geometrię elementów stawu biodrowego.

W celu odwzorowania sztywności połączeń poszczególnych elementów zdecydowano się na sztywne połączenie elementów miednicy z elementami kręgosłupa. Ten rodzaj uproszczenia wynikał głównie z przyjętej koncepcji badań (metody zamrażania naprężeń). Dla zachowania elastycznego (niemniej mogącego przenosić momenty gnące) połączenia elementów modelowanego kręgosłupa z dalszą jego częścią, przewiduje się utwierdzenie fragmentu modelu kręgosłupa w elastycznym kauczuku silikonowym.

Dla uzasadnienia przyjętych uproszczeń w odniesieniu do połączenia elementów miednicy z elementami kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego należy podkreślić, iż w warunkach równowagi odpowiadającej dowolnemu przypadkowi obciążenia elementy te są względem siebie usztywnione w obszarach całych płaszczyzn połączenia. Tak więc z punktu widzenia statyki ustroju odkształcalnego część modelowana przedstawia sobą ustrój sztywny. Niewielkie przeszywnienie modelu, do którego w istocie sprowadza się przyjęte uproszczenie, nie spowoduje istotnych zmian w rozkładzie naprężeń, zwłaszcza w strefie stawu biodrowego.

Na rysunku 1 przedstawiono fotografię kompletnego modelu struktury nośnej obręczy biodrowej oraz elementy kości udowych. Przygotowany model zostanie poddany szczegółowym badaniom, pod względem rozkładów naprężeń w wybranych przypadkach obciążenia.

Należy sądzić, że otrzymane wyniki będą przedmiotem szczegółowych analiz i dostarczą interesujących informacji oraz wskazówek dotyczących celowości prowadzenia dalszych badań.

## LITERATURA

1. **Leppert R. i inni:** Etiopatogeneza zmian zwyrodnieniowych stawu biodrowego, Materiały XIX Zjazdu Naukowego PTO i PZWL, Warszawa 1973.
2. Cisek Z., Cwanek J.: Model reologiczny stawu biodrowego, Materiały VII Sympozjum Naukowego Sekcji Rehabilitacji PTO, Politechnika Rzeszowska, 1991.
3. Kreczko R., Orłoś Z., Tomaszewski K.: Ocena wytrzymałości stawu biodrowego w oparciu o model obliczeniowy, Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedii Polska 1986.
4. Cwanek J., Koperki H., Kopkowicz M., Zygmunt A.: Modelowe badania rozkładu sił wewnętrznych w stawie biodrowym jako zagadnienie trójwymiarowe, *Mechanika w Medycynie*, Rzeszów 1996.

## THE PROBLEMS OF MODELING THE SUPPORTING STRUCTURE OF THE HIP GIRDLE WITH RESPECT TO HIP JOINTS

Summary The paper presents the problems of modeling the supporting structure of the hip girdle with respect to hip joints. The models are made of photoelastic material on the basis of the real geometry of all system elements. The author's intention was to receive the proper model rigidities with cooperated elements. The model is prepared for the investigation by means of photoelastic method.

Recenzent Prof. dr hab. inż. Jan Burcan