

Łódź, 16 listopada 2017

mgr inż. Ievgen Levadnyi
IX Dom Studencki, ul. Piotrkowska 277, Łódź
International Doctoral School
Politechnika Łódzka
Katedra Automatyki, Biomechaniki i Mechatroniki

Numerical and experimental analysis of the intact and implanted femoral bone under different loading scenario

Streszczenie

Niniejsza praca doktorska dotyczy badań numerycznych i eksperymentalnych, zarówno zdrowej kości udowej jak i kości po implantacji stawu biodrowego, poddanych różnym obciążeniom. I chociaż w ostatnich latach poczyniono znaczne postępy dotyczące wymiany stawu biodrowego, to wzajemne zachowanie się kości udowej i endoprotezy w odniesieniu do rodzaju jej utrwalenia w kości nadal nie jest w pełni zrozumiałe. Jeśli na przykład w niektórych obszarach implantu obciążenie funkcjonalne powoduje naprężenie przekraczające wartość krytyczną (np. wytrzymałość na rozciąganie, ograniczenie zmęczeniowe itp.), to następuje zniszczenie lub deformacja plastyczna, co w konsekwencji prowadzi do częściowej lub całkowitej utraty funkcjonalności całego układu. Ponadto, po zabiegu implantacji implant może w znacznym stopniu wpływać na przenoszenie obciążenia do tkanki kostnej, co może powodować nadmierną resorpcję kości w tkance kostnej i prowadzić do obluzowania aseptycznego, lub nawet do złamania kości. Zatem, aby uniknąć niepowodzenia operacji wymiany stawu biodrowego, odpowiednie badania numeryczne jak i eksperymentalne mogą pomóc w praktyce przedklinicznej. Z tego względu też głównymi celami tej pracy doktorskiej są zarówno numeryczne jak i eksperymentalne badania wykonywane różnymi metodami, za pomocą których analizowano kość udową, zarówno przed jak i po zabiegu implantacji.

Podczas prowadzonych badań zbadano zachowanie się kości udowej i protezy stawu biodrowego, biorąc przy tym pod uwagę różne typy mocowania protez w kanale szpikowym kości udowej i różne obciążenia działające na badany układ biomechaniczny. Do analizy rozważanego układu opracowany został trójwymiarowy model kości udowej uzyskany na podstawie danych z tomografii komputerowej. Mechaniczne właściwości kości (rozkłady modułów Younga) uzyskane zostały również na podstawie obrazów kości pochodzące z tomografii komputerowej i przyjętej skali Hounsfielda. Stan naprężenia-odkształcenia decydujący o zachowaniu kości udowej i protezy szacowano przy wykorzystaniu metody elementów skończonych w środowisku Abaqus. Testowane były różne warianty połączenia kości udowej z implantem. Mianowicie, przeanalizowano zachowanie kości udowej i protezy pod działaniem różnych obciążeń, biorąc pod uwagę różne typy mocowania protezy w kanale szpikowym kości udowej. Do określenia najlepszych warunków dla długotrwałego funkcjonowania systemu implantacji kości prowadzącego do poprawy leczenia pacjentów, wykorzystana została standardowa analiza wytrzymałościowa. W pracy doktorskiej zastosowano także metodę elementów skończonych sprzężoną z modelem przebudowy kości, aby ocenić w jaki sposób różne modele trójwymiarowych protez wpływają na rozkład gęstości tkanki kostnej.

W tym przypadku, proces przebudowy rozpoczynał się od uzyskania pola gęstości z obrazów tomografii komputerowej. Następnie, zastosowany był izotropowy model Stanforda w celu przeprowadzenia procesu przebudowy kości i zweryfikowania adaptacji tkanki kostnej w odniesieniu do różnych modeli protezy.

Uzyskane w niniejszej pracy doktorskiej wyniki badań mogą stanowić wskazówki i zalecenia dotyczące wyboru optymalnej techniki wymiany kości udowej oraz mogą posłużyć konstruktorom do lepszego opracowywania endoprotez stawu biodrowego, co w efekcie doprowadzić może do poprawy jakości życia pacjenta po operacji. Na przykład, na podstawie uzyskanych badań, przedstawiono zalecenia dotyczące optymalnej grubości płaszcza cementu w przypadku artroplastyki stawu biodrowego.



Ievgen Levadnyi