

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
WYDZIAŁ MECHANICZNY TECHNOLOGICZNY

Instytut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej

mgr inż. Przemysław Makowski

Wieloskalowe modelowanie tkanki kostnej

Praca doktorska

Promotor: dr hab. inż. Waław Kuś prof. Pol. Śl.

– Gliwice 2015 –

STRESZCZENIE

Praca dotyczy modelowania wieloskalowej tkanki kostnej. Do przeprowadzenia obliczeń strukturalnych w skalach mikro oraz makro zastosowano algorytm homogenizacji numerycznej oparty o Metodę Elementów Skończonych (MES). Na podstawie danych tomograficznych oraz mikrotomograficznych zbudowano modele numeryczne tkanki kostnej. Utworzony model mikrostruktury kości gąbczastej pozwolił na identyfikację parametrów materiałowych tkanki w skali mikro z zastosowaniem algorytmów ewolucyjnych oraz danych eksperymentalnych i numerycznych. Anizotropowe zastępcze parametry materiałowe kości beleczkowej dla skali makro obliczono z użyciem metody homogenizacji numerycznej oraz opracowanej metody zadawania periodycznych warunków brzegowych dla nieperiodycznych siatek objętościowych MES. Wyznaczono główne kierunki ortotropii dla tkanki kostnej w obszarze głowy kości udowej człowieka z użyciem transformacji układu współrzędnych tensora sprężystości próbki kości gąbczastej. Obliczono zastępcze parametry materiałowe modelu materiału hiposprężystego dla ortotropowej struktury uproszczonej. Wyniki zrealizowanych analiz i symulacji numerycznych zastosowano w zagadnieniu optymalnego projektowania spersonalizowanych biorusztowań kości beleczkowej (*ang. bone scaffolds*), dopasowanych do danego pacjenta oraz miejsca implantacji. Na etapie modelowania i optymalizacji struktury implantu, uwzględniono addytywną metodę wytwarzania biorusztowania. Z użyciem trójskalowego modelu struktury oraz algorytmu ewolucyjnego zoptymalizowano strukturę implantu pod względem mechanicznym, jak również zapewniono parametry struktury przekładające się na przerost biorusztowania nową tkanką kostną pacjenta. Przeprowadzono wieloskalową analizę bliższego końca kości udowej z zaimplantowanym biorusztowaniem spersonalizowanym. Wyniki obliczonych wartości odkształceń znajdują się w zakresie odkształceń tkanki kostnej człowieka *in vivo* w trakcie codziennej aktywności.