

Streszczenie

Materiały bioceramiczne to porowate materiały stosowane w medycynie do leczenia dużych oraz nieuleczalnych ubytków kości. W celu lepszego wspomaganie regeneracji kości implanty bioceramiczne muszą być nośnikiem dla biologicznych molekuł i komórek wypełniających deformowalne trójwymiarowe struktury porowate.

W pierwszej części pracy opisano metodykę przetwarzania obrazów tomograficznych umożliwiającą uzyskanie realistycznej geometrii struktury kości. Przeanalizowano właściwości mechaniczne tkanki kostnej oraz różne rodzaje materiałów bioceramicznych.

W drugiej części opisano zastosowanie liniowej mikropolarnej teorii sprężystości w analizie wytrzymałościowej materiałów bioceramicznych służących do rekonstrukcji kości. Mikropolarna analiza pozwala na uzyskanie lepszych wyników symulacji numerycznych określających rozkłady naprężeń w obszarach z osobliwościami geometrycznymi w porównaniu z klasyczną teorią sprężystości. Przedstawiono opis implementacji numerycznej metody elementów skończonych dla mikropolarnej teorii sprężystości. Zaprezentowano wyniki wybranych trójwymiarowych problemów testowych. Porównano ze sobą rozwiązania uzyskane za pomocą klasycznej i mikropolarnej teorii sprężystości.

W trzeciej części pracy badano różne wady kości przy zastosowaniu podejścia klasycznego i mikropolarnego. Symulacje numeryczne miały na celu określenie stanu odkształceń i naprężeń w kości udowej po resekcji. Zaprezentowano technikę przygotowania modelu o złożonej geometrii dla aplikacji opartej na podejściu mikropolarnym. Omówiono wyniki uzyskane dla tkanek kostnych i implantów bioceramicznych. Analizowano wpływ obecności endoprotezy na właściwości biomechaniczne kości udowej.

Abstract

Bioceramics are porous materials used in different medical applications for healing large or non-healing bone defects. To support bone regeneration, bioceramic implants can act as a carrier for biological molecules and cells whose behavior is defined by deformation of the three-dimensional porous structures.

In the first part of this study, the image processing method is proposed for obtaining realistic geometry of bone structure based on tomographic data. Mechanical properties of bone tissue and different types of bioceramics have been carefully studied. Different ways of creating bioceramic applications are examined.

In the second part the application of the linear micropolar theory to the strength analysis of bioceramic materials for bone reconstruction is described. Micropolar elasticity allows one to obtain better results for simulation of stresses of microstructural domains and domains with geometrical singularities when compared to the classical theory of elasticity. The description of FEM implementation of micropolar elasticity is given. The results of solving selected 3D test problems are presented. Comparison of the classical and micropolar solutions was discussed.

In the third part various bone defects are examined using classical and micropolar approach. The numerical experiment is carried out to determine the stress-strain state of the femur bone after the resection. Preparation of the model with complex geometry for the use in the developed application based on micropolar theory has been demonstrated. The results obtained for bone tissues and bioceramic implants are discussed. The influence of endoprosthesis presence and its properties on biomechanical properties in femur bone have been thoughtfully studied.