

# BADANIE PROCESU ZAGŁĘBIANIA W KOŚĆ WIELOSZPILKOWEGO SKAFOLDU STAWOWEJ ENDOPROTEZY POWIERZCHNIOWEJ

## Streszczenie pracy

Praca doktorska dotyczy badania procesu zagłębiania wieloszpilkowego skafoldu łączącego w kość stosowanego w stawowych endoprotezach powierzchniowych i została częściowo wykonana w ramach projektu badawczego NCN nr N518412638 zrealizowanego w Politechnice Poznańskiej. Jej celem jest opracowanie – na podstawie numerycznych badań symulacyjnych połączonych z weryfikacją doświadczalną procesu zagłębiania w kość okołostawową wieloszpilkowego skafoldu prototypowej endoprotezy powierzchniowej stawu biodrowego – efektywnego modelu numerycznego umożliwiającego: 1) zbadanie wpływu cech konstrukcyjnych wieloszpilkowego skafoldu łączącego na przenoszenie obciążeń mechanicznych i obciążalność osadzenia w kości okołostawowej oraz 2) projektowanie wieloszpilkowego skafoldu łączącego dostosowanego dla osadzenia w kości okołostawowej personalizowanej biomimetycznej endoprotezy typu RA stawu biodrowego. Przeprowadzono w pracy laboratoryjne badania biomechaniczne oraz badania symulacyjne zagłębiania wieloszpilkowego rusztowania łączącego w kość okołostawową. Umożliwiło to określenie siły zagłębiania prototypowego wieloszpilkowego skafoldu łączącego w kość okołostawową. Badania procesu zagłębiania wieloszpilkowego skafoldu w wieprzową kość okołostawową przeprowadzone z towarzyszącą ilościową oceną mikrotomograficzną pozwoliły uwidocznić zmiany mikrostruktury kości beczkowej (tj. zagęszczenie tej mikrostruktury) pod zagłębianym skafoldem. Uwzględnienie zaobserwowanych zmian mikrostruktury kości pozwoliło na urealnienie modelu symulacyjnego tego procesu. Ten zmodyfikowany model symulacyjny został pozytywnie zwalidowany w oparciu o stwierdzoną w teście statystycznym wysoką zbieżność wyników symulacji z wynikami badań laboratoryjnych. Za zgodą Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu przeprowadzono również mikrotomograficzne pilotażowe badanie wpływu zagłębiania wieloszpilkowego skafoldu na wartości gęstości i modułu Younga beczkowej kości podchrzęstnej głów ludzkich kości udowych pochodzących od osób z chorobą zwyrodnieniową leczonych tradycyjną endoprotezoplastyką. Opracowany i zwalidowany efektywny model symulacyjny umożliwia zaprojektowanie personalizowanego osadzenia w kości – za pomocą wieloszpilkowego skafoldu – komponentów endoprotez powierzchniowych przeznaczonych do dalszych badań w warunkach klinicznych u ludzi podczas eksperymentalnego leczenia chirurgicznego choroby

zwyrodnieniowej stawu biodrowego z zastosowaniem prototypowej biomimetycznej, całkowicie bezcementowej endoprotezy powierzchniowej tego stawu.

## Abstract

The doctoral thesis concerns the study of the process of embedding in bone of the multi-spiked connecting scaffold for resurfacing arthroplasty endoprostheses and was partially carried out within the frame of research project NCN (National Science Center Poland) no. N518412638 realized in Poznan University of Technology. The work aimed to develop – based on numerical simulation studies combined with experimental verification of the process of embedding in periarticular bone of the prototype multi-spiked connecting scaffold – the effective (validated) numerical model enabling: 1) investigation of the influence of the design features of the multi-spiked connecting scaffold on the mechanical load transfer during its embedding in the periarticular bone, and 2) the design of a new kind of fixation of a personalized biomimetic resurfacing endoprosthesis in the periarticular bone. Laboratory biomechanical tests and simulation analysis of the multi-spiked connecting scaffold embedding in the periarticular bone were carried out. This enabled the determination of the force required to embed the multi-spiked connecting scaffold in the periarticular bone. The quantitative microCT assisted study of the process of the multi-spiked connecting scaffold embedding in the swine periarticular bone was carried out and allowed to visualize changes in the microstructure of the trabecular bone (i.e. its densification) under the embedded scaffold. Taking into account the observed changes in the bone microstructure allowed for the numerical model of this process to be made more accurate. This modified numerical model has been positively validated on the basis of the high convergence between the simulation and laboratory results, which was confirmed in the statistical test. Furthermore, the pilot micro-CT assessment of the influence of a multi-spiked connecting scaffold embedding in femoral heads from patients with osteoarthritis undergoing the traditional total hip arthroplasty on the values of density and Young's modulus values of the subchondral trabecular bone was carried out with the approval of the Bioethics Committee of the Medical University of Poznań. The developed and validated numerical model allow to design of personalized embedding in the bone of the components of resurfacing hip endoprostheses with the multi-spiked connecting scaffold, intended for further clinical research during experimental surgical treatment of osteoarthritis of the human hip joint with the use of the prototype biomimetic, entirely cementless resurfacing endoprosthesis of this joint.