

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

WYDZIAŁ INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ

ROZPRAWA DOKTORSKA

mgr inż. Żaneta Garczyk

*Trójwymiarowy model jako narzędzie do wyznaczania
objętości porów biomateriału przeznaczonego do implantacji*

Promotor: dr hab. Sebastian Stach, profesor UŚ
dr hab. Andrzej Swinarew, profesor UŚ

Zabrze, 2022

mgr inż. **Żaneta Garczyk**
Uniwersytet Śląski w Katowicach
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Instytut Inżynierii Biomedycznej

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Głównym celem badań było opracowanie i zaimplementowanie trójwymiarowego modelu porów biomateriału, stanowiącego narzędzie do wyznaczania objętości porów.

Proces tworzenia modelu składał się z trzech zasadniczych etapów. Pierwszy z nich to ustalenie założeń, które model powinien spełniać. W ramach tego etapu, przeprowadzono pomiary za pomocą skaningowego laserowego mikroskopu konfokalnego LEXT OLS4000. Materiał badawczy stanowiły próbki porowatego biomateriału korundowego wytworzone metodą spieniania chemicznego. Obrazy pozyskane z wykorzystaniem mikroskopu poddano analizie w oprogramowaniu SPIP firmy Image Metrology, która pozwoliła wysegmentować z obrazu powierzchni pory i dokonać ich pomiarów. Na podstawie otrzymanych parametrów przyjęto założenia modelu.

Kolejnym etapem badań była implementacja modelu. Model zaimplementowano w środowisku programistycznym pakietu Matlab. Aby umożliwić użytkownikowi wprowadzenie parametrów wejściowych modelu, zaprojektowano i wykonano graficzny interfejs użytkownika. Użytkownik ma możliwość określenia rozmiaru modelu, liczby porów oraz minimalnej i maksymalnej średnicy pora. Na podstawie tych parametrów generowany jest trójwymiarowy model. Kolejnym elementem jest możliwość wyboru płaszczyzny oraz pozycji przekroju. Generując przekrój użytkownik uzyskuje obraz powierzchni przedstawiający pory znajdujące się w wybranej płaszczyźnie i pozycji przekroju oraz parametry je charakteryzujące. Model umożliwia określenie objętości porów zarówno wewnątrz materiału jak i na jego powierzchni, co daje możliwość wyznaczenia objętości porów otwartych oraz szacowania średniej objętości porów na jednostkę powierzchni badanego materiału.

Ostatnia część badań polegała na weryfikacji opracowanego modelu. Metodę modelowania przetestowano poprzez porównanie wyników otrzymanych z wykorzystaniem modelu z danymi eksperymentalnymi uzyskanymi w wyniku mikrotomograficznych badań biomateriału.

W pierwszym kroku przeprowadzono symulację komputerową, w wyniku której wygenerowano trójwymiarową reprezentację porów biomateriału. Parametry wejściowe modelu dobrano w taki sposób, aby przekrój materiału otrzymany w wyniku przecięcia trójwymiarowego modelu płaszczyzną, charakteryzował się geometrią porów analogiczną do tej uzyskanej podczas wcześniejszej analizy obrazów rzeczywistej powierzchni biomateriału.

Następnie próbki porowatego biomateriału korundowego poddano pomiarom za pomocą wysokorozdzielczego skanera rentgenowskiego. Serię projekcji będących bezpośrednim wynikiem badania, poddano rekonstrukcji, a następnie wygenerowano trójwymiarowe obrazy próbek. W kolejnym etapie przeprowadzono analizę obrazów z wykorzystaniem oprogramowania Thermo Scientific Avizo. Analiza umożliwiła wysegmentowanie porów i wykonanie ich precyzyjnych pomiarów, w wyniku których wyznaczono parametry charakteryzujące pory.

Porównując ze sobą wyniki uzyskane w obu etapach eksperymentu stwierdzono, że program generuje model o strukturze i geometrii porów zbliżonej do rzeczywistego biomateriału ceramicznego, co potwierdziło poprawność opracowanego modelu.

Model może zatem znaleźć praktyczne zastosowanie w celu zaprojektowania biomateriału o określonej strukturze wewnętrznej porów, która na powierzchni charakteryzować się będzie określoną objętością porów otwartych. Wyznaczona objętość umożliwi m. in. obliczenie, a następnie umieszczenie konkretnej objętości leku w porach otwartych biomateriału i dostarczenie do organizmu pacjenta podczas zabiegu implantacji.