

Funkcjonalizacja powierzchni wysokoporowatego implantu międzykręgowego wytworzonego metodą przyrostową

Mgr inż. Ada Orłowska

Streszczenie

Wdrażanie do zastosowań medycznych wyrobów produkowanych przy użyciu technologii przyrostowych stwarza konieczność opracowywania metod modyfikacji powierzchni adekwatnych do ich specyfiki. Wysokoporowate implanty kręgosłupowe z Ti6Al4V zapewniają lepsze efekty terapeutyczne dzięki możliwości trwałego połączenia ich z kością. Konieczne jest jednak opracowanie metod modyfikacji powierzchniowych w celu poprawy ich interakcji z organizmem.

Celem pracy było opracowanie hybrydowej metody modyfikacji powierzchni wysokoporowatego implantu międzykręgowego, która pozwoli na poprawę funkcjonalności implantu w kontekście jego krótko- i długoterminowej interakcji z organizmem. Praca obejmuje: opracowanie postaci próbek, które odzwierciedlają specyfikę wysokoporowatych implantów międzykręgowych, weryfikację ich własności po wytworzeniu technologią SLM oraz opracowanie modyfikacji z wykorzystaniem metod elektrochemicznych i biodegradowalnych powłok polimerowych.

Postać próbek opracowano zgodnie z kryteriami określonymi na podstawie przeglądu literatury. Zaprojektowany implant charakteryzował się otwartą strukturą oraz wysoką porowatością przy równoczesnym zapewnieniu możliwości łatwego manipulowania podczas implantacji oraz wytrzymałości mechanicznej adekwatnej do planowanego zastosowania.

Ocena wstępna wytworzonych próbek obejmowała badania mające na celu określenie dokładności odwzorowania zaprojektowanego implantu oraz jego podstawowych parametrów takich jak porowatość rzeczywista, wytrzymałość mechaniczna i struktura materiału. Po pozytywnej ocenie próbki poddano modyfikacjom elektrochemicznym z wykorzystaniem utleniania anodowego (UA) i plazmowego utleniania elektrolitycznego (PEO).

Modyfikacje elektrochemiczne miały na celu wytworzenie na powierzchni implantu stabilnej warstwy tlenkowej. Modyfikowane implanty oceniono pod względem jednorodności, topografii i składu chemicznego powierzchni, zwilżalności oraz własności korozyjnych i degradacji w symulowanych warunkach tkankowych. Po analizie wyników do dalszych modyfikacji wytypowano próbki po PEO, które charakteryzowały się hierarchiczną topografią

powierzchni, która w procesie modyfikacji została wzbogacona o Ca i P, ograniczonym wydzieleniem Ti, Al i V do symulowanego środowiska tkankowego oraz stabilnymi właściwościami korozyjnymi.

Próbki po PEO w kolejnym etapie modyfikacji pokryto powłoką biodegradowalnego polimeru. Zastosowano 3 rodzaje powłok: chitozan (Cht) oraz chitozan z dodatkiem berberyny w niskim (ChtBBR low) i wysokim (ChtBBR high) stężeniu. Powłoki naniesiono metodą zanurzeniową.

Warstwy polimerowe posiadały niejednorodny charakterem wynikający z agregacji polimeru w zagłębieniach wokół ziaren osadzonego proszku, którego obecność wynikała z zastosowanej technologii wytwarzania. Mimo to, powłoki korzystnie wpłynęły na zwilżalność powierzchni implantów, która po pokryciu polimerem wykazywała charakter hydrofilowy oraz znacznie ograniczały ilości jonów metali przenikających do środowiska. Powłoki charakteryzowały się długim procesem całkowitej degradacji >6 tygodni, a warianty wzbogacone substancją czynną przedłużonym uwalnianiem substancji do środowiska. Badania cytotoksyczności wykazały pozytywny wpływ warstwy Cht i ChtBBR low na żywotność komórek fibroblastów. Wysokie stężenie berberyny wykazywało działanie toksyczne.

W toku badań za najbardziej korzystny wariant uznano ten modyfikowany poprzez plazmowe utlenianie elektrochemiczne z naniesioną powłoką chitozanu bez dodatku substancji czynnej. Zastosowana modyfikacja zapewniła znaczące ograniczenie ilości jonów metali przenikających do środowiska, hydrofilową powierzchnię oraz dobre warunki do proliferacji komórek.

Zaplanowany plan badań wykonano w pełnym zakresie. Uzyskane wyniki mogą przyczynić się do rozwoju terapii medycznych kręgosłupa w odcinku szyjnym i pozytywnie wpłyną na zdrowie oraz jakość życia pacjentów.