

Antybakteryjne i osteoindukcyjne multiwarstwy biopolimerowe zawierające biologicznie aktywne nanocząstki w modyfikacji powierzchni stopów z pamięcią kształtu

Innowacyjne powłoki biopolimerowe z nanocząstkami

Badania obejmują intencjonalne procesy obróbki powierzchni wybranych stopów medycznych (w tym NiTi z pamięcią kształtu) do zastosowania w bioinżynierii. Planowane jest osadzanie funkcjonalnych multiwarstw (powłok hybrydowych) zawierających biologicznie aktywne nanocząsteczki. W przeciwieństwie do powszechnie stosowanej metody, zastosowana zostanie nowatorska technika otrzymywania warstw. Zamiast otrzymywania losowego ułożenia nanocząstek w matrycy biopolimerowej, tak jak ma to miejsce w metodzie immersji w koloidzie, powłoki będą otrzymywane za pomocą metody spin-coatingu do osadzania warstw polimerowych (chitozanu lub fibroiny) oraz techniki kondensacji gazów obojętnych podczas rozpylania magnetronowego do otrzymywania nanocząstek metali (Cu, Ag, Au). Technologia hybrydowa powinna zapewnić warunki do tworzenia osteoindukcyjnych kompozytów biopolimer-nanocząstki o budowie nanokanapki. Przedstawiona metoda pozwala na uzyskanie kontrolowanej grubości obszaru, w którym znajdują się nanocząstki, oraz kontrolowanie czasu uwalniania poprzez zastosowanie tymczasowej migracji nanocząstek w samoorganizującej się matrycy biopolimerowej. To rozwiązanie powinno pozwolić na ograniczenie liczby nanocząstek i precyzyjnie określić czas ekspozycji. Ponadto osteoindukcyjny charakter naturalnego polimeru przyspiesza odbudowę tkanki kostnej w obszarze implantacji.

W szczególności realizacja tego projektu obejmuje:

- i. wstępne przygotowanie powierzchni,
- ii. trawienie/funkcjonalizacja powierzchni w środowisku kwaśnym i/lub w warunkach plazmochemicznych z wykorzystaniem różnych mieszanin gazowych,
- iii. dobór warunków technologicznych dla powłok hybrydowych (o określonych sekwencjach warstw, liczbie warstw, grubości), w tym warstw biopolimerowych - fibroiny lub chitozanu, warstw nanocząstek metali - złota, srebra, miedzi za pomocą kondensacji gazu obojętnego w systemie rozpylania magnetronowego.

W ramach planowanych działań zostanie określony wpływ parametrów technologicznych do produkcji nanocząstek metali szlachetnych na strukturę i aktywność biologiczną wybranych matryc biopolimerowych wraz z określeniem parametrów wydajności. Szczególna uwaga zostanie zwrócona na liczbę poszczególnych warstw, kolejność ich nakładania, grubość zewnętrznej warstwy biopolimeru, zakres wielkości nanocząstek oraz zachowanie różnych biopolimerów w obrębie jednej powłoki.

Uzyskane układy wielowarstwowe zostaną zbadane przy użyciu metodologii badawczej opracowanej w siedmiu obszarach: właściwości mechaniczne, mikrostruktura, skład chemiczny, struktura atomowa, topografia powierzchni, zwilżalność, odporność na korozję, uwalnianie bioaktywnych nanocząstek, testy biologiczne in vitro, testy antybakteryjne in vitro.

Oczekiwane rezultaty

Oczekuje się, że uzyskane warstwy na powierzchni stopu z pamięcią kształtu nie będą podatne na rozwarstwienie i będą charakteryzować się jednorodnością składu chemicznego. Ponadto, adaptacja hybrydowego wytwarzania opartego na spin-coatingu i osadzaniu gazu obojętnego w systemie rozpylania magnetronowego zapewni „kanapkową” kompozycję powłoki bionanokompozytowej. Po drugie, uzyskana warstwa powinna wykazywać biogodność z tkanką kostną w teście cytotoksyczności, ponadto warstwa zewnętrzna powinna być odpowiednim środowiskiem dla proliferacji komórek osteoblastów i wykazywać propagację osteoindukcyjną tkanki kostnej. Aby poprawić ten efekt, szorstkość zewnętrznej warstwy powinna być również odpowiednia do utrwalania komórek osteoblastów. Z drugiej strony, multiwarstwy powinny być dobrą barierą antykorozyjną w symulowanym środowisku organizmu ludzkiego, aby ograniczyć szkodliwe przenikanie jonów. Wykonane badania dowodzą, że kompozyty biopolimerów i nanocząstek metali charakteryzują się takimi właściwościami. Ponadto system wielowarstwowy musi być mechanicznie trwały, a przyczepność między podłożem z pamięcią kształtu a powłoką powinna umożliwiać wdrożenie w warunkach operacyjnych. Najważniejszym założeniem projektu jest to, że wdrożony system powinien pozwolić na uzyskanie układu wielowarstwowego, który dostarcza nanocząstki, poprzez samoorganizującą się matrycę biopolimerową, system może być elastyczny w zakresie zmiany (grubość zewnętrznej warstwy biopolimerowej, grubość warstwy nanocząstek i zakres wielkości nanocząstek) w celu spełnienia wymagań dotyczących działania przeciwbakteryjnego przeciwko bakteriom Gram-dodatnim i Gram-ujemnym. Pierwszą zaletą tego rodzaju sterowalnego systemu są dokładnie dopasowane MIC i MBC, które odpowiednio odpowiadają potrzebom ograniczenia potencjalnego niebezpiecznego wpływu przeciążenia organizmu ludzkiego przez nanocząstki. Kolejną zaletą tego systemu wielowarstwowego jest łatwa rekonstrukcja wspomnianych stężeń w przypadku potencjalnych nanocząstek odpornych na ewolucyjną oporność bakterii na czynniki antybakteryjne, co można zaobserwować w obniżającej się skuteczności antybiotyków.