

Popularnonaukowy opis badań prowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej

Celem pracy doktorskiej jest otrzymanie nanoapatytów o ogólnym wzorze $M_5(PO_4)_3X$ i $M_3(PO_4)_2$ (gdzie $M = Ca^{2+}, Sr^{2+}$; $X = OH, F, Cl$) domieszkowanych jonami ziem rzadkich i zbadanie ich właściwości fizyko-chemicznych. Pierwszym etapem jest synteza materiałów metodami mokrej chemii, które dają możliwość otrzymania nanorozmiarowych układów o wysokim stopniu krystalizacji i czystości. Kolejnym etapem jest zbadanie wpływu jonów domieszki na właściwości strukturalne otrzymanych fosforanów (dyfraktometria proszkowa PXRD – ang. *Powder X-Ray Diffraction*) i właściwości spektroskopowe (widma emisji, wzbudzenia emisji i czasy życia). Materiały będą podstawiane jonami optycznie czynnymi, takimi jak wrażliwa sonda strukturalno-optyczną (jony Eu^{3+}), która pozwoli na obserwowanie subtelnych zmian strukturalnych w swoim otoczeniu wywołanych zewnętrznymi czynnikami, poprzez analizę poszczególnych przejść. Ponadto, zostaną zbadane apatyty współdomieszkowane jonami wykazującymi konwersję promieniowania elektromagnetycznego w górę (na przykład: Er^{3+}/Yb^{3+} , Tm^{3+}/Yb^{3+}) potencjalnie przeznaczone do bio-obrazowania. Konwersja promieniowania w górę charakteryzuje się możliwością otrzymania emisji o mniejszej długości fali (większej energii) niż długość fali, którą wzbudza się próbkę. Ostatnim etapem badań w ramach pracy doktorskiej jest modyfikacja otrzymanych apatytów za pomocą związków biologicznie czynnych, takich jak na przykład metronidazol i tynidazol, które są antybiotykami przeciw bakteriom beztlenowym. Przyłączenie antybiotyków do powierzchni apatytów zostanie zbadane przy wykorzystaniu spektroskopii Ramana i IR oraz zostanie zbadane ich uwalnianie z nośnika.

Dziedziną aktualnie przeżywającą swój rozkwit jest nanotechnologia, która łączy w sobie osiągnięcia wielu gałęzi nauki, takich jak chemia, biologia, medycyna, fizyka, inżynieria materiałowa. Materiały o rozmiarach nanometrycznych charakteryzują się innymi właściwościami fizykochemicznymi niż te same materiały w skali mikrometrycznej, ze względu na duży stosunek atomów powierzchniowych do atomów objętościowych, co przejawia się w dobrze rozwiniętej powierzchni. Obecnie obserwuje się rozwój nanotechnologii w kierunku nauk medycznych. Jest to związane z możliwością wykorzystania nanocząstek jako zaawansowanych materiałów regeneracyjnych czy stymulujących mechanizmy naprawcze (terapia) oraz umożliwiające obrazowanie medyczne (diagnostyka). Termin teranostyka powstał z kombinacji dwóch terminów: terapia i diagnostyka, i jest wielofunkcyjnym systemem nanoterapeutycznym diagnozującym i umożliwiającym zastosowanie ukierunkowanej terapii i monitorowanie odpowiedzi na leczenie, co czyni krok w kierunku medycyny personalizowanej.

Organizm ludzki ma ograniczoną zdolność do regeneracji większości tkanek i narządów w przypadku poważnego uszkodzenia ich integralności. Tu z pomocą przychodzi medycyna regeneracyjna, której celem jest stymulowanie regeneracji i odbudowy tkanek lub narządów w ciele człowieka, aby wydłużyć i poprawić jakość życia ludzi i przywrócić ich organizm do pierwotnego stanu. Nowoczesnym podejściem w projektowaniu biomateriałów jest skupienie się na substancjach zawierających elementy, które są integralnymi składnikami żywych tkanek. Fosforany wapnia są podstawowymi związkami wykorzystywanymi do tego celu, ponieważ wapń i fosfor to główne składniki nieorganicznych twardych tkanek kręgowców. Apatyty kostne są niestechiometrycznymi związkami, cechującymi się nanometrycznym rozmiarem krystalitów, niskim stopniem krystaliczności, dużą rozpuszczalnością i zawartością znacznej ilości obcych jonów wchodzących w skład sieci krystalicznej lub zaabsorbowanych na powierzchni kryształu. Syntetyczne fosforany posiadają bardzo podobne właściwości fizyko-chemiczne do apatytów biologicznych, są biokompatybilne, osteokonduktywne i zdolne do tworzenia bezpośredniego wiązania chemicznego z żywymi tkankami. Obecnie są szeroko wykorzystywane jako biomateriały w stomatologii i ortopedii. Jony strontu są mikroelementami stabilizującymi strukturę krystaliczną kości i są wykorzystywane w leczeniu osteoporozy. Jony chlorkowe i fluorkowe naturalnie występują w organizmie i chronią zęby przed próchnicą. Kolejną zaletą apatytów jest możliwość ich domieszkowania różnymi jonami, które mogą zmienić ich właściwości w zależności od przeznaczenia, przykładowo jonami optycznie aktywnymi celem bio-obrazowania. Nieorganiczne znaczniki luminescencji przeważają nad konwencjonalnymi organicznymi znacznikami, ponieważ posiadają takie zalety jak duża wydajność kwantowa emisji, wysoki kontrast, brak toksyczności, odporność na fotowydzielanie, długie czasy zaniku luminescencji, co pozwala na wyeliminowanie autofluorescencji tkanek o krótkich czasach relaksacji poprzez opóźnienie rejestracji sygnału. Natomiast idealny nośnik leku powinien cechować się maksymalną biogodnością i minimalnymi właściwościami antygenowymi, odpowiednią wielkością cząstek, aby lek mógł dotrzeć do miejsca przeznaczenia w organizmie przez układ krążenia, możliwość transportu leku do wybranych tkanek i uwolnienie w kontrolowany sposób.

Apatyty posiadają kilka z tych zalet w związku z tym są proponowane jako obiecujące biodegradowalne nośniki leków, białek i genów, a także jako znaczniki luminescencji do obrazowania organizmów żywych *in vivo*.