

Rozwój implantologii stymuluje dynamiczny wzrost zapotrzebowania na nowe biomateriały. Wszczepiane implanty, obok dobranych właściwości mechanicznych, muszą wykazywać wysoką biogodność, a jednocześnie odporność na infekcje bakteryjne. Stanowi to ogromne wyzwanie dla współczesnej nauki o materiałach. W tym kontekście jedną z najczęściej badanych klas materiałów są materiały węglowe (np. płatki grafenu, nanorurki, włókna, powłoki diamentopodobne). Proponowane w projekcie badania nad funkcjonalizacją ich powierzchni wpisują się bezpośrednio w te wyzwania.

Główne cele naukowe projektu koncentrują się wokół modyfikacji powierzchni materiałów węglowych w kierunku zastosowań biomedycznych. W projekcie zaplanowano zastosowanie niskotemperaturowej plazmy do wytwarzania powierzchniowych grup funkcyjnych, których rodzaj i stężenie można precyzyjnie kontrolować, dobierając parametry modyfikacji (rodzaj i ciśnienie parcjalne gazu nośnego, moc, czas ekspozycji). Wzbudzając cząsteczki różnych gazów (O_2 , N_2 , NH_3 , SF_6 , H_2) można wprowadzać na powierzchnię różnorodne grupy funkcyjne ($-OH$, $-CHO$, $-COOH$, $-NH_2$, $-NO_2$, $-F$). Jak pokazują wyniki dotychczasowych badań (również własnych) obecność takich specyficznych centrów powierzchniowych odgrywa decydującą rolę w oddziaływaniu z substancjami zawartymi w płynach fizjologicznych, komórkami przylegającymi tkanek, czy też bakteriami. W konsekwencji znajduje to bezpośrednie odzwierciedlenie w jakości powstającego interfejsu implant-organizm. Zatem uniwersalna metoda pozwalająca na wprowadzanie określonego rodzaju grup funkcyjnych o kontrolowanym stężeniu ma tutaj nieocenione znaczenie.

Dotychczas, różne właściwości powierzchni węglowych uzyskuje się na drodze klasycznych metod chemicznych, które są wieloetapowe i pracochłonne. Modyfikacja powierzchni z wykorzystaniem plazmy otwiera zupełnie nowe możliwości dostrajania właściwości powierzchni biomateriałów do konkretnych aplikacji. Warto zauważyć, iż efektywną modyfikację powierzchni przy użyciu plazmy uzyskuje się w czasie rzędu minut.

Zaplanowane prace badawcze są przykładem badań interdyscyplinarnych. Obejmują one swym zakresem prace preparatywne (powierzchnie materiałów węglowych z wprowadzanymi grupami funkcyjnymi), dogłębną charakterystykę fizykochemiczną ze szczególnym uwzględnieniem powierzchni (metody spektroskopowe, mikroskopowe) oraz ewaluację wpływu grup funkcyjnych na właściwości biologiczne (testy komórkowe, mikrobiologiczne). Obok prac eksperymentalnych planowane są również obliczenia teoretyczne, polegające na modelowaniu kwantowo-mechanicznym powierzchni węglowych z różnymi grupami funkcyjnymi. Współczesne możliwości obliczeniowe pozwalają na uzyskanie modeli molekularnych izolowanych i oddziaływujących ze sobą grup funkcyjnych wprowadzonych na powierzchnie. Wyniki obliczeń (lokalizacja atomów na powierzchni, geometria wiązań chemicznych, rozkład gęstości elektronowej, zmiana potencjału powierzchniowego, poziomu Fermiego) stanowią znakomitą pomoc w interpretacji i analizie wyników eksperymentalnych. Sprzężenie pomiędzy warsztatem eksperymentalnym i teoretycznym pozwoli na zrozumienie natury chemicznych oddziaływań na granicy implant węglowy – materiał biologiczny. Oddziaływania takie decydują o przyjęciu implantu przez organizm i zminimalizowaniu infekcji pooperacyjnych.

W szerszej perspektywie, proponowany projekt nie tylko dostarczy nowej kompleksowej wiedzy w dziedzinie chemii powierzchni biomateriałów, ale również praktycznych przesłanek do projektowania implantów. Określenie czynników determinujących niepożądaną adhezję bakterii oraz stymulację adhezji komórek eukariotycznych przyczyni się do wytwarzania materiałów implantacyjnych o podwyższonych najważniejszych funkcjach użytkowych (lepszą biogodność, obniżenie prawdopodobieństwa wystąpienia infekcji).