

Projekt stawia za cel opracowanie zupełnie nowych biomateriałów w formie bioaktywnych warstw na bazie oksywęglu krzemu (SiOC - tzw. czarne szkła) do zastosowań jako funkcjonalne powłoki na metalicznych materiałach implantacyjnych. Zakładamy otrzymanie szklanych bioaktywnych powłok o z góry zaprojektowanej mikrostrukturze posiadających właściwości bakterioobójcze przy zachowaniu ich cytozgodności.

Niezmiernie dynamiczny rozwój medycyny, dbałość o higienę, zmiana trybu życia powodują ciągły wzrost średniej długości życia człowieka. W związku z tym stale zwiększa się zapotrzebowanie na materiały do regeneracji układu kostnego, a także na materiały implantacyjne o wydłużonej żywotności. Idealny biomateriał powinien charakteryzować się bardzo dobrą biochemiczną jak i biomechaniczną zgodnością z tkanką żywą. Jednymi z bardziej interesujących materiałów są bioaktywne szkła zdolne do trwałego wiązania z tkanką kostną czyli zdolne do formowania w kontakcie z płynem fizjologicznym hydroksyapatytu podobnego do fazy mineralnej zawartej w kościach. W ten sposób następuje pełna integracja zaimplantowanego materiału z organizmem. Pierwsze bioaktywne szkło z układu  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$  zostało opracowane w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Z bioaktywnych szkieł krzemianowo-fosforanowych nie można jednak wytwarzać implantów, które będą poddawane dużym obciążeniom, gdyż cechują się one małą wytrzymałością i odpornością na kruche pękanie. Dlatego też, w przypadku gdy zachodzi potrzeba przenoszenia obciążeń mechanicznych powszechnie stosuje się implanty metaliczne (stal austeniczna, tytan i jego stopy) gwarantujące odpowiednią wytrzymałość mechaniczną. Niestety, metale nie pozostają obojętne względem organizmu. Istnieje niebezpieczeństwo, że jony metali, wchodzących w skład implantu, będą uwalniać się do krwi i kumulować w narządach, takich jak wątroba czy węzły chłonne. Aby zapobiec temu procesowi oraz poprawić integrację implantu z organizmem, modyfikuje się jego powierzchnię pokrywając cienką warstwą, przykładowo bioaktywnego szkła. Jak już wspomniano typowe bioszkliska nie tworzą jednak powłok o zadowalających właściwościach mechanicznych. Dlatego też proponujemy w tym celu wykorzystanie materiałów na bazie oksywęglu krzemu czyli tzw. czarnych szkieł. Czarne szkła to szkła o strukturze amorficznej krzemionki ( $\nu\text{-SiO}_2$ ), w której część jonów tlenu ( $\text{O}^{2-}$ ) została podstawiona jonami węgla ( $\text{C}^{4-}$ ). Takie podstawienie prowadzi do lokalnego wzrostu gęstości wiązań, a co za tym idzie do znacznego wzmocnienia sieci. Powoduje to wzrost wytrzymałości mechanicznej i odporności chemicznej szkła. Tak więc, czarne szkła mają unikatowe właściwości mechaniczne i są odporne na agresywne środowisko, a dodatkowo mogą być w łatwy sposób wytworzone w formie warstw na powierzchniach metalicznych. Czyni je to doskonałymi kandydatami do zastosowania jako warstwy ochronne, antykorozyjne na implantach metalicznych. Jednocześnie najnowsze badania naukowe wykazują, iż czarne szkła zarówno same, jak i modyfikowane poprzez dodatek wapnia, magnezu lub nanocząstek bioszkliska są bioaktywne.

W niniejszym projekcie wytworzone zostaną cienkie warstwy czarnych szkieł na podłożach stalowych i tytanowych. Czarne szkła zostaną zmodyfikowane dodatkiem jonów fosforu, boru, galu, wapnia, ceru, cynku i miedzi aby podwyższyć bioaktywność materiału wyjściowego, nadać mu właściwości antybakteryjne, a także antyoksydacyjne i neuroochronne.

Jako prekursorzy czarnych szkieł zostaną użyte odpowiednio zmodyfikowane olio- i polisilseskwioksany drabinkowe otrzymane metodą zol-żel. Otrzymywane zole w łatwy sposób mogą być osadzone na powierzchni metalu metodą zanurzeniowo-wynurzeniową (ang. dip-coating). Tak otrzymane warstwy na podłożach metalicznych zostaną poddane obróbce termicznej w obojętnej atmosferze (piroliza), w celu przeprowadzenia procesu ceramizacji.

Aby móc zrealizować podstawowy cel projektu konieczne jest możliwie precyzyjne określenie struktury, mikrostruktury oraz własności fizyko-chemicznych otrzymanych materiałów. W związku z tym zostaną przeprowadzone szczegółowe badania strukturalne (MIR, Raman, MAS NMR, XPS), mikrostrukturalne (SEM, AFM) oraz odporności chemicznej i mechanicznej (nanoidentacja). Skorelowanie wyników tych badań pozwoli przewidywać końcowe własności otrzymywanych warstw, z których najistotniejsze to oczywiście – bioaktywność i biokompatybilność.

Ocena bioaktywności i własności biologicznych otrzymanych materiałów dokonana zostanie w warunkach *in vitro* (łac. w szkle) poprzez badanie ich zachowania w syntetycznych płynach fizjologicznych oraz z użyciem odpowiednich linii komórkowych. W ten sposób uzyskamy informację, w jaki sposób nowo otrzymane materiały będą zachowywały się po wszczepieniu do organizmu i w jaki sposób zareagują na niego otaczające tkanki. Dodatkowo przeprowadzone będą badania neowaskularyzacji, czyli zdolności materiału do stymulowania procesu tworzenia się nowych naczyń krwionośnych.

Jedną z pożądaných właściwości projektowanych materiałów jest antybakteryjność, która docelowo pozwala zapobiegać infekcjom pooperacyjnym. W związku z czym na warstwach zawierających jony galu, ceru, cynku, miedzi przeprowadzone zostaną w tym kierunku odpowiednie testy.