

Крутько В.К., Мусская О.Н., Кулак А.И.

Формирование апатитовых структур на кальцийфосфатных биоматериалах *in vitro* в среде SBF

ГНУ «Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси»,
Минск, Республика Беларусь

В последние годы множество научных публикаций посвящено биоминерализации с участием карбонатов, фосфатов, оксалатов и др. при образовании композитных биополимеров в живых организмах в норме и при патологии. Биоминерализация является естественным процессом образования органо-неорганических композитов из биоорганических молекул и неорганических соединений в живых организмах. Биоминералы представляют собой кристаллическую фазу, осажденную в органической матрице. Неорганические компоненты обеспечивают прочность, а органическая матрица определяет форму, размер и

полиморфизм кристаллов. Фактически, «биоминерализаторы» представляют собой нанокристаллиты апатитов, иерархически встроенные в коллагеновую матрицу, формирующие костную ткань. Понимание механизмов таких взаимодействий позволит решить проблемы устранения патологических состояний организма и создавать новые гибридные композиты, имитирующие природные материалы.

В ИОНХ НАН Беларуси разработаны кальцийфосфатные биоматериалы, включающие высокопористую кальцийфосфатную пенокерамику, кальцийфосфатные покрытия на титане и гибридные биокомпозиты на основе гидроксиапатита и брушита с фибрином [1, 2]. Биоактивность и апатообразующая способность синтетических кальцийфосфатных биоматериалов коррелируют с фазовыми превращениями и физико-механическими свойствами при их выдерживании *in vitro* в модельной среде Simulated body fluid (SBF). Целью работы являлось исследование физико-химических свойств кальцийфосфатных биоматериалов в условиях SBF, способных формировать биомиметические апатитовые структуры.

Выдерживание кальцийфосфатной пенокерамики в среде SBF в течение 8 нед приводило к повышению прочности до 0,08 МПа, пористость снижалась незначительно, так как формировался ультратонкий слой биомиметического апатита, который не изменял архитектуру пенокерамики. Согласно сканирующей электронной микроскопии после SBF на поверхности керамических балок формировались сферические частицы апатита в виде «пеносфер» диаметром 1–3 мкм, срастающиеся в конгломераты «апатитовой пены», фазовый состав которой представлен гидроксиапатитом и α -трикальцийфосфатом.

Установлено, что брушитные покрытия на титане, электрохимически осажденные при 20–30 мА/см² в течение 20–30 мин, при выдерживании в SBF до 4 нед формировали слой аморфизированного кальцийфосфата с апатитовой структурой. В результате слой пластинчатых кристаллов брушита размером (0,6–1,0)×(4–10) мкм превращался в агломераты размером до 80 мкм, исчерченные щелевидными порами (20–40)×(0,5–1,0) мкм. Рентгеноаморфные кальцийфосфатные апатитовые структуры после 800°C кристаллизовались в гидроксиапатит.

Исследованы превращения кальцийфосфатов в гибридных биокомпозитах с фибрином после выдерживания в SBF в течение 10 нед. Брушит частично гидролизировался с образованием 30 масс.% октакальцийфосфата и 17 масс.% апатитного трикальцийфосфата, а его композиты – 15 масс.% октакальцийфосфата и 40 масс.% апатитного трикальцийфосфата. После SBF в биокомпозитах на основе гидроксиапатита мольное отношение Са/Р увеличивалось с 1,62 до 1,66 за счет по-

глощения ионов из SBF кальций-дефицитным гидроксиапатитом. Обогащение апатитовыми структурами после SBF свидетельствует о высокой апатитообразующей способности гибридных биокompозитов. Таким образом, индуцированное образование включений аморфных кальцийфосфатов в гидроксиапатите и его композитах, а также формирование апатитовых структур на кальцийфосфатных биоматериалах может быть использовано при разработке новых имплантатов для костной пластики с регулируемой скоростью резорбции и приживаемости.

Литература

1. Effect of platelet-poor plasma additive on the formation of biocompatible calcium phosphates / I.E. Glazov, V.K. Krut'ko, A.I. Kulak, O.N. Musskaya, R.A. Vlasov, P.O. Malachovsky, V.G.D. Kumar, P.S. Surya, M.S. Santosh, N. Reddy // Mater. Today Communications. – 2021. – 102224. doi:10.1016/j.mtcomm.2021.102224
2. Гибридные биоматериалы на основе гидроксиапатита и компонентов крови / В.К. Крутько, Р.А. Власов, О.Н. Мусская, И.Е. Глазов, А.И. Кулак // Весці НАН Беларусі, Сер. хім. навук. – 2019. – Т. 55, № 2. С.299–308. doi:10.29235/1561-8331-2019-55-3-299-308