

Получение гидрогелевых биокompозитов, функционализированных фосфатами кальция

Тихонов А. А.

Студент

МГУ имени М.В.Ломоносова, факультет наук о материалах, Москва, Россия

E-mail: andytikhon94@gmail.com

К современным имплантатам для замены поврежденной костной ткани и лечения её заболеваний предъявляется ряд требований, позволяющих осуществить регенеративный подход при решении данных задач, т.е. использовать материал в качестве активной среды (скаффолда), необходимой для построения и прорастания нативной костной ткани и осуществляющей, главным образом, направляющую функцию. Безусловно, такие материалы должны быть биосовместимыми и биоактивными. Во-вторых, они должны быть биорезорбируемыми, т.е. растворяться в среде организма, и остеокондуктивными, т.е. иметь взаимосвязанную систему макропор (400÷1000 мкм). Немаловажной является приемлемая прочность имплантатов, позволяющая проводить манипуляции при хирургическом вмешательстве.

При введении полимерной фазы, обладающей вязкоупругими механическими свойствами, возможно создание композиционного материала, который можно обратимо деформировать в относительно широких пределах без заметных механических напряжений. В ходе данной работы исследовались гидрогели, которые чаще всего используются для регенерации мягких тканей организма. Важнейшим свойством гидрогелей является возможность обратимо поглощать воду и увеличивать свои размеры (набухать), что позволяет плотно заполнять дефект. Армирование геля неорганической фазой (биосовместимыми фосфатами кальция) позволяет улучшать механические характеристики такого материала в особенности при использовании слоистых фосфатов кальция (брушита $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и октакальциевого фосфата $\text{Ca}_8(\text{HPO}_4)_2(\text{PO}_4)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) за счет пластинчатой морфологии частиц.

Реализация остеокондуктивных свойств, т.е. создание высокопроницаемого макропористого композиционного каркаса, в нынешнее время непрерывно связана с аддитивными технологиями. Выбор прекурсора гидрогеля, способного полимеризоваться при взаимодействии с фотоинициатором под УФ-излучением, например, полиэтиленгликоль диакрилата (ПЭГ-ДА), позволяет использовать стереолитографическую 3D-печать для создания имплантатов сложной формы и архитектуры.

Целью нашей работы стала разработка остеокондуктивных композиционных материалов с вязкоупругими свойствами на основе наполненных фосфатами кальция гидрогелей для их использования при реконструкции костной ткани. Основными задачами были апробация способов равномерного наполнения гидрогелей фосфатами кальция, определение основных параметров стереолитографической 3D-печати биокompозитов гидрогель/фосфат кальция (тип и концентрация фотоинициатора, степень разбавления мономера, степень наполнения порошком), проведение реологических и механических испытаний.

Для создания композитов готовилась суспензия на основе водных растворов биологически совместимых ПЭГ-ДА (M=700 Да), фотоинициатора Irgacure®819 (фенилбис(2,4,6-триметилбензоил)фосфин оксид), красителя Судан Ж и синтезированных порошков брушита и ОКФ. Эластические модули сдвига по данным реометрии составили от 40 кПа до 400 кПа в зависимости от состава суспензии, а модуль Юнга при растяжении на разрыв – от 30 до 60 МПа. Показано, что набухание гидрогелей преимущественно происходит изотропно за первые 2 часа на 60-140% по массе.

Работа выполнена при поддержке РФФИ 17-79-20427 с использованием оборудования, приобретенного за счет Программы развития Московского университета.