



Новые Материалы

Contribution ID : 37

Type : not specified

БИОСОВМЕСТИМОСТЬ ОБЪЕМНОГО АМОРФНОГО СПЛАВА $Zr_{59,3}Cu_{29,8}Al_{10,4}Nb_{1,5}$, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ: ОТДЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

Целью исследования являлось изучение биосовместимости образцов объемного аморфного сплава $Zr_{59,3}Cu_{29,8}Al_{10,4}Nb_{1,5}$, полученного методом 3D-печати на базе НИЯУ «МИФИ», с целью оценки перспектив его использования в качестве основы погружных медицинских изделий для остеореаконструкции. Для синтеза сплава $Zr_{59,3}Cu_{29,8}Al_{10,4}Nb_{1,5}$ исходные слитки выплавляли в вакуумной электродуговой печи с использованием компонентов высокой чистоты (цирконий иодидный, медь М1, алюминий А99, ниобий Н61) из сфероидизированного порошка фракции 40–63 мкм. Формирование объемных образцов осуществляли методом синтеза на подложке на установке Trumpf TruPrint 1000 ($\lambda = 1070$ нм, диаметр пятна 55 мкм, толщина слоя 20 мкм) при следующих параметрах: мощность лазера 90 Вт, скорость сканирования 1200 мм/с. Результаты механических испытаний показали, что предел прочности при сжатии находится в диапазоне 1451–1510 МПа, модуль упругости – 76–88 ГПа. Диаграммы деформирования демонстрировали упругое поведение вплоть до разрушения без пластической деформации, что характерно для аморфных сплавов. Для изучения биосовместимости полученные образцы погружали в 60% раствор этанола на 30 минут, высушивали в стерильных условиях, а затем тестировали их гемолитическую активность, цитотоксичность относительно фибробластов мыши линии L929 и колонизацию мультипотентными мезенхимальными стромальными клетками (ММСК) человека их поверхности. Начальные исследования показали, что описанные напечатанные образцы в процессе совместной инкубации не приводили к достоверному разрушению эритроцитов (уровень гемолиза был ниже 1%), однако оказывали выраженный цитотоксический эффект при контакте с фибробластами и слабо стимулировали поверхностную клеточную адгезию: ЛДГ активность 58% и 60%, соответственно. При этом, в лунках с образцами было выявлено множество клеток, сохранявших жизнеспособность, адгезионный и пролиферативный потенциал. Анализ полученных противоречивых данных позволил сформулировать гипотезу о том, что цитотоксический эффект был опосредован не релизом из сплава токсических продуктов, а контактом клеток с поверхностью образцов. Рентгенофазовый анализ подтвердил это предположение, показав, что поверхность исходных образцов содержала кристаллические фазы $CuZr_2$, Al_3Zr_4 и Cu_2Zr_4O , тогда как после полировки пики данных фаз исчезли и на дифрактограмме были зарегистрированы диффузные гало, характерные для аморфной структуры. Для удаления кристаллической фазы был предложен способ химического травления, позволяющий избежать механической обработки. В результате цитотоксичность изученных образцов снизилась до 1%, а стимуляция колонизации поверхности ММСК усилилась на 40%. Таким образом, для применения в качестве основы погружных медицинских изделий сплав $Zr_{59,3}Cu_{29,8}Al_{10,4}Nb_{1,5}$ требует обработки после получения образцов для удаления с поверхности кристаллической фазы. Обработанные таким образом образцы могут быть отнесены к биосовместимым (гемолитическая активность и цитотоксичность менее 1%) и цито-кондуктивным, способствуя адгезии и колонизации их поверхности клетками с остеогенным потенциалом, что указывает на перспективность дальнейшего исследования объемного аморфного сплава $Zr_{59,3}Cu_{29,8}Al_{10,4}Nb_{1,5}$ в качестве основы имплантируемых медицинских изделий. Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, проект № 25-79-10314, <https://rscf.ru/project/25-79-10314/>

Primary author(s): Prof. АНИСИМОВА, Наталья (ФГБУ "НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина" Минздрава России)

Presenter(s) : Prof. АНИСИМОВА, Наталья (ФГБУ "НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина" Минздрава России)