

БИОМЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.7

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В БИОИНЖЕНЕРИИ

А.А. Иваницын, А.К. Гришко, В.А. Трусов
Пензенский Государственный Университет, г. Пенза

Ключевые слова: биопринтинг, материалы, технология, орган, клеточная ткань.

Аддитивные технологии – это семейство технологий послойного создания или синтеза предметов, широко распространенное в 3D-печати [1].

Аддитивная технология получила широкое распространение в 1980-х годах, когда в качестве материалов использовали металлы и пластик, но уже в 1988 была впервые представлена концепция биопечати с помощью цитоскрибирования [2-4].

Методы печати.

Каркасные методы. Стереолитография – метод печати на гидрогеле, в основе которого не прогревание сопла, а фотонизирование филамента. Иными словами, под действием лазера печатный материал начинает застывать, принимая форму нужного поперечного сечения.

Звуковая печать. Материал для печати отсаживается на динамик, который с помощью звуковых волн формирует нужную форму, к примеру, решетку. Используется для воспроизведения отдельных биологических паттернов.

Капельная печать. На печатную поверхность отсаживаются гидрогелевые сфероиды, внутри которых находятся клетки.

После этого температура рабочей области поднимается до 36,6°C и гидрогель постепенно разрушается, а клетки начинают вырабатывать собственный матрикс.

В принтерах реализуется за счет шприцов, из которых и выдавливаются сфероиды.

Экструзионная печать. При экструзионной печати объект формируется передвижением по трем осям, которые осуществляют экструдер и механическая платформа.

Экструзия позволяет использовать биосовместимый гидрогель, тканевые сфероиды и клетки (раствор, гидрогель с клетками).

В процессе работы в экструдер подается печатная ткань и клеточные нити, которые после нанесения на верхний слой органа спекаются под УФ-лампой, чтобы создать более твердую каркасную модель.

Бескаркасные методы. SWIFT запись. Клетки упаковываются с такой плотностью, чтобы можно было имитировать плотность человеческого тела, а после в них вырезаются сосуды и полости для доставки кислорода, другие каналы. Ткани и органы как бы «выдавливаются» из филамента.

Метод хорошо для будущих исследований, т.к. позволит печатать достаточно сложные по структуре органы.

Селективное лазерное спекание. Таким методом создают скаффолды для кардиоинженерии и криофацильные протезы, поэтому здесь не используются клетки и ткани, но применяется порошкообразный материал, который может состоять из пластика, керамики или металла.

С помощью лазера на порошке прорисовывают поперечное сечение нужного слоя, а после контуры спекаются и принтер переходит к печати следующего слоя.

Такие модели почти не требуют шлифовки после изготовления.

Материалы для печати.

Природные полимеры. Альгинаты – используются в связи с тем, что хорошо настраиваются и могут имитировать многие физико-биологические свойства, которые проявляют клетки. Однако, альгинат плохо разрушается, что затрудняет построение собственного матрикса имплантируемых клеток.

Фибрин – неглобулярный высокомолекулярный белок, образующийся в печени и плазме крови. Образуется из фибриногена, в сочетании с тромбином может образовывать сгустки крови, которые позже обращаются в тромбы.

Желатин-метаакрилоил (GelMA) – один из самых лучших биополимеров. Обладает термочувствительностью, биodeградируемостью, высокой износостойкостью, биосовместимостью, растворимостью и, в результате, почти не отторгается после пересадки.

Синтезированные полимеры. Полиэтиленгликоль (PEG) – в зависимости от средней молекулярной массы может принимать твердую или жидкую форму. Обладает иммуносупрессивными свойствами, является криопротектором. В биопринтинге временно играет роль клеточного матрикса, после чего начинает плавно растворяться.

Гиалуроновая кислота + полиэтиленгликоль – при печати используется как связующий материал и вещество, контролирующее эластичность органа, а так же входит в состав соединительной, эпителиальной и нервной тканей. Может использоваться при добавлении минеральных элементов (при печати кровеносных сосудов).

В частности, гиалуроновая кислота в сочетании с другими полимерами позволяет повысить жизнеспособность клеток и не слишком сильно изменять их физические свойства.

Эластомерик из полиэтиленгликоля и полипролактона – уникальный инновационный материал, обладающей превосходной биостабильностью, биodeградируемостью, биосовместимостью, а так же легко взаимодействует с другими веществами при биопечати. С помощью него планируется создавать сложные биологические структуры, как, например, легкие, почки, сердце или мозг.

Гидроксиапатит – минерал, составляющий 50% костной ткани и 96% зубной эмали. В медицине чаще всего используется в стоматологии.

Клетки и тканевые структуры. При печати образцы клеток берут у пациента, стараясь получить образец каждой из печатных тканей, чтобы понизить отторжение пересаженного органа. В тех случаях, когда получение всех тканей невозможно, у пациента берут стволовую или эмбриональную стволовую клетку, которые так же играют роль фактора роста.

Список использованных источников

1. Augst, Alexander D.; Kong, Hyun Joon; Mooney, David J. (2006-08-07). “Alginate Hydrogels as Biomaterials”. *Macromolecular Bioscience*. 2016. № 6 (8). P. 623 – 633.

2. Автоматизированная многоканальная виброиспытательная установка / А.В. Лысенко, А.В. Затылкин, Д.А. Голушко, Д.А. Рындин, Н.К. Юрков // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2012. – № 5. – С. 83-87.

3. Формирование и описание отсеченных сегментов следа вибрационного размывания изображения круглой метки / А.В. Григорьев, А.В. Затылкин, А.В. Лысенко, Г.В. Таньков // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2016. – Т. 2. С. – 31-37.

4. Кочегаров, И.И. Особенности исследования динамических характеристик печатных узлов в двухмерных задачах / И.И. Кочегаров, Г.В. Таньков, Н.К. Юрков / Надежность и качество сложных систем. – 2015. – № 2 (10). – С. 13-22.

Иваницын Андрей Андреевич, магистрант каф. КиПРА ПГУ, kipra@pnzgu.ru
Гришко Алексей Константинович, к.т.н., доцент каф. КиПРА ПГУ, siori@list.ru
Трусов Василий Анатольевич, к.т.н., доцент каф. КиПРА ПГУ, ra4foc@yandex.ru

УДК 621.7

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ В БИОИНЖЕНЕРИИ

А.А. Иваницын, Н.В. Горячев, Е.А. Данилова
Пензенский Государственный Университет, г. Пенза

Ключевые слова: биопринтинг, материалы, технология, орган, клеточная ткань.

Печать органов могла бы решить проблемы поставки материалов для фармакологических, медицинских, хирургических, трансплантологических исследований, а так же вопрос нехватки донорских органов в бедных или