

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ 3Д-ПЕЧАТИ

Л.В. Федяева, студентка гр. 1Д81

А.П. Соколов, к.т.н., доц.,

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-606-306*

E-mail: lvf4@tpu.ru

Трансплантация является одним из самых эффективных способов лечения тяжелых заболеваний органов. Но главной проблемой остаётся нехватка донорских органов. Поэтому сейчас стремительно развивается тканевая инженерия, биопринтинг [1].

Технология создания трехмерной модели органа состоит из нескольких этапов. На стадии предварительной обработки создается и тестируется трехмерная компьютерная модель органа. На стадии печати выбираются биополимеры (каркас), производится подготовка клеток и происходит сам этап биопечати (рис. 1) [2]. Изучив процесс печати органов, можно сделать вывод, что 3д-печать это объемная технология, основанная на плоскостных принципах [3].

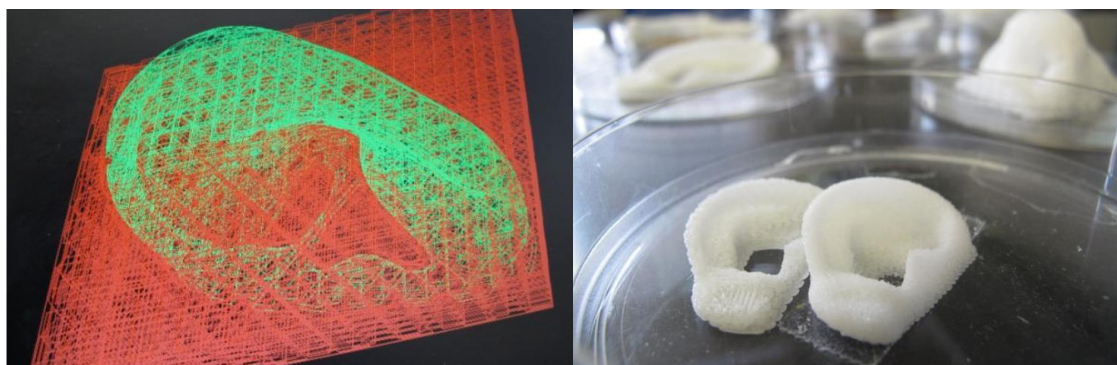


Рис.1. Трехмерная модель и напечатанные ушные раковины

Уже успешно были пересажены напечатанные на 3д-принтере мочевого пузыря и трахея. В обоих случаях органы выращивались на основе соединительно-тканного каркаса. Через сохранившиеся кровеносные каналы каркас наполняли клетками, которые изначально брали у испытуемого. Но данный метод подходит только для создания полых органов с тонкой стенкой [4]. Поэтому создать такие сложные, как сердце, лёгкое, печень и почки, органы на данный момент не получается. Можно предположить, что чем меньше различных видов клеток были использованы при печати, а также чем однороднее орган, тем долговечнее напечатанный аналог.

Одной из главных проблем является формирование сосудистой сетки [5]. Решением стала печать сосудов из водорастворимых полимеров, также создание сосудистой сетки можно добиться за счет смерти клеток, временно заполняющих необходимые участки. Но эти способы не идеальны и ученые ищут альтернативные методы решения этой проблемы.

Наравне также стоит выделить проблему сохранения чувствительности имплантированных органов [6]. Первые напечатанные аналоги были похожи лишь на заплатки, так как не имели нервных клеток, протоков слюнных желез и т.д. Тесты на жизнеспособность показали развитие напечатанной части кожи, которая имитирует разные слои натуральной кожи. Эксперименты показывают, что спустя 11 дней после трансплантации лоскута ткани диаметром 6 мм, края напечатанной кожи и кожи мыши плотно срослись между собой. Но для создания полноценных аналогов требуется присутствие всех типов клеток, включая нервные клетки, потовые и слюнные железы. 3д-биопечать имеет возможность использования любых комбинаций клеток путем подачи разных видов клеток через разные форсунки. Для удачного соединения всех клеток, после печати происходит своеобразный уход

за ними и только после нескольких дней клетки успешно соединяются в общий орган. Исследования показывают, что в лабораторных условиях все клетки могут объединиться в эпидермис с нервными клетками, волосными фолликулами и сальными железами. Таким образом более 80% напечатанных клеток выживают.

Задачи биопечати осветили основные проблемы 3Д-печати, главные из которых следующие. Во-первых, чем точнее создаваемый объект, тем меньше по размерам должны быть используемые элементы 3Д-печати и тем больше времени требуется для производства объекта. В биопечати это время должно быть меньше времени вживления трансплантата в организм человека. Во-вторых, в технике, как правило, используются материалы, являющиеся не однородной смесью различных компонентов, а их сложной композицией. Примером такой псевдокомпозиции являются сплавы. В технике сплавы металлов, как известно, по прочностным характеристикам в разы отличаются от составляющих их чистых элементов [7]. В области биопечати, чем больше различных клеток составляют реальную ткань, тем больше требуется форсунок в оборудовании для биопечати трансплантата, и тем оно сложнее в работе.

Результаты, достигнутые в биопечати – это своеобразное преодоление кризиса аддитивных технологий в технике, который обусловлен кризисом самой концепции – упрощение проектирования и производства. Биопечать по сути – это отрицание такого упрощения. Специалистов по сопротивлению материалов вгоняет в ступор противоречие – как в растущем детском организме одновременно происходит и рост кости, и сопротивление нагрузкам костного материала. Нерешённость этого противоречия возможно определяет неудачи биопечати трансплантатов органов со сложной структурой. Возможно будет реализована идея динамичного каркаса, но в этом случае произойдёт ещё больший отход от концепции – упрощение проектирования и производства.

Решение проблем биопечати активизирует решение проблем 3Д-печати в технических областях. Изучение восстановления живой ткани подсказывает пути создания неживых объектов.

Список литературы:

1. Миронов В.А. По стопам Гутенберга: трехмерная биопечать органов / В.А. Миронов // Природа. – 2013. – №10. – С. 3-12.
2. Кудан Е.В. Как напечатать щитовидную железу / Е.В. Кудан, И.С. Гладкая, Е.А. Буланова, Ю.Д. Хесуани, В.А. Миронов // Природа. – 2015. – №2. – С.56-63.
3. Соколов А.П., Кухта М.С. Математическое моделирование в бионическом дизайне // [Труды Академии технической эстетики и дизайна](#). – 2016. – № 1. – С. 17-21.
4. Будько А.И. 3D-биопринтеры / А.И. Будько, И.А. Иванов, А.Е. Коровин // Клиническая патофизиология. – 2019. – №4. – С. 26-37.
5. Пелешок С.А. Создание искусственных аналогов кожи с использованием трехмерной биопечати / С.А. Пелешок, О.А. Нагибович, М.В. Титова, О.В. Протасов, А.К. Астанина, М.И. Елисеева, Е.В. Городков // Клиническая патофизиология. – 2017. – №2. – С. 9-19.
6. Евстратова Е.С. Современные возможности регенеративной медицины: биофабрикация полых органов / Е.С. Евстратова, П.В. Шегай, С.В. Попов, Н.В. Воробьев, С.А. Иванов, А.Д. Каприн // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2019. – №2, – С. 92-103.
7. Kukhta M., Sokolov A., Pelevin E. Welding technology in artistic metal processing // [IOP Conference Series: Materials Science and Engineering](#) 20, Modern Techniques and Technologies. Ser. "20th International Conference for Students and Young Scientists: Modern Techniques and Technologies, MTT 2014" 2014. – С. 012044.