

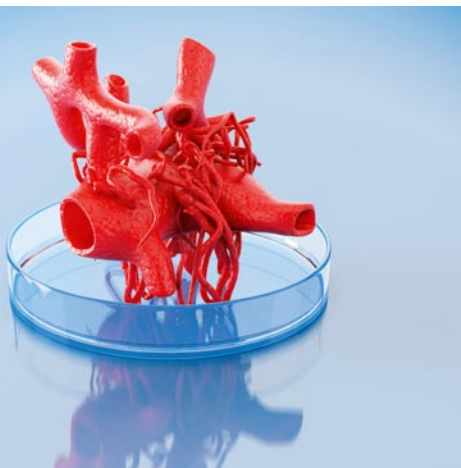
То, что еще недавно казалось выдумкой научных фантастов и футурологов, в настоящее время воспринимается в порядке вещей. Несмотря на то что первый 3D-принтер был создан еще в 1984 г., о «печати» органов и таблеток можно было только мечтать. Сегодня ученые и врачи уверены — биопринтинг изменит будущее медицины

Медицина будущего: БИОПРИНТИНГ

«НЕПЕЧАТНАЯ ПЕЧАТЬ»

Прежде всего следует напомнить, что собой представляет 3D-печать. Для ее реализации можно использовать разные способы и разнообразные материалы. Однако в основе любого из них лежит принцип послойного создания того или иного твердого объекта. Так, первый 3D-принтер выполнял наращивание объемных предметов с помощью фотополимерных материалов.

Теоретически, благодаря этой технологии можно «напечатать» все что угодно — от дизайнерских украшений до пищи для космонавтов. Все зависит от материала, который будет использован в качестве «чернил». Несколько лет назад в США большой резонанс получил инцидент с парнем, который «напечатал» трехмерную модель пистолета, способную стрелять боевыми патронами. Все детали оружия были сделаны из термопластика, исключение составил боек, для которого был использован обычный гвоздь. Примечательно, что экспериментальный образец взорвался в момент первого же выстрела.



Справедливости ради надо сказать, что 3D-принтеры могут давать сбой, выдавая на выходе не совсем то, чего от них ожидали. Тем не менее технологии 3D-печати — от индивидуальных моделей органов пациентов, помогающих при подготовке к хирургической операции, до «напечатанных» человеческих тканей — уже сегодня трансформируют медицину. Среди основных инновационных достижений в этой области называют биопечать органов и тканей, 3D-протезирование, а также создание индивидуальных ЛС.

ОБЪЕМНЫЕ МОДЕЛИ НА КЛЕТОЧНОЙ ОСНОВЕ

3D-биопринтинг представляет собой технологию создания объемных моделей на клеточной основе с использованием 3D-принтера. При этом функции и жизнеспособность клеток обязательно должны быть сохранены.

Технология 3D-биопринтинга для изготовления органов и тканей, как правило, включает в себя размещение клеток на биосовместимой основе с использованием послойного метода создания трехмерных структур. Поскольку ткани в организме состоят из различных типов клеток, технологии их изготовления с помощью 3D-биопринтинга также существенно



различаются по способности обеспечить стабильность и жизнеспособность клеточных структур. Среди методов, используемых в данной технологии, выделяют фото- и стереолитографию, магнитный биопринтинг и прямую экструзию клеток. На заключительном этапе клеточный материал, полученный с помощью биопринтера, переносят в специальный инкубатор, где происходит его дальнейшее выращивание.

БИОПЕЧАТЬ

Идея интегрировать индивидуальные стволовые клетки человека в изготовленную на 3D-принтере точную копию поврежденного органа способна совершить революцию в регенеративной медицине.

Для того чтобы получить полноценный орган, в качестве «каркаса» используют биоразлагаемые модели (к примеру, сделанные из специального силикона), которые пропитывают раствором, содержащим стволовые клетки

По мнению ученых, с помощью такой технологии заменить сломанную челюсть, износившуюся сердечную мышцу или вернуть отсутствующее ухо не составит большого труда. Ученые уже сегодня используют 3D-технологии для печати так называемых органоидов — миниатюрных структур, которые имитируют органы человека или животных. Для их создания применяют полипотентные стволовые клетки, то есть те, которые могут быть дифференцированы в гепатоциты или клетки почек. Следующая задача заключается в том, чтобы из полученных органоидов удачно сформировать структуру, которая сможет заменить орган человека и будет пригодна для трансплантации.

Для того чтобы получить полноценный орган, в качестве «каркаса» используют биоразлагаемые модели (к примеру, сделанные из специального силикона), которые пропитывают раствором, содержащим стволовые клетки.

Специалисты из медицинского центра Wake Forest University (США) разработали новую методику, которая с помощью 3D-принтера позволяет изготавливать живую ткань, пронизанную микроканалами. Ткань имеет губкообразную основу, что, в свою очередь, дает возможность питательным веществам и отросткам нейронов проникать в ее структуру.

Технология представляет собой интегрированную систему, одна часть которой отвечает за рост клеток, а другая — за изготовление на 3D-принтере точной копии нужного органа.

Исходный материал состоит из биоразлагаемого пластика, который формирует внешнюю структуру воссоздаваемого органа, и геля на водной основе, содержащего клетки и стимулирующего их рост. К сожалению, исследования ученых из Wake Forest University по выращиванию женских половых органов не увенчались успехом. Дело в том, что на сегодня главной проблемой трансплантации «напечатанных» органов является поддержание их жизнеспособности, поскольку ткань толщиной более 0,2 мм испытывают нехватку кислорода и питательных веществ.

А вот недавние эксперименты по созданию различных видов тканей (мышечной хрящевой, костной) прошли успешно, что является подтверждением широчайших возможностей новой технологии. Испытания на животных показали, что после имплантации пластик постепенно разрушается, а его место занимает естественная структурная матрица из белков, продуцируемых клетками. Кровеносные сосуды и нервы врастают непосредственно в



Идея интегрировать индивидуальные стволовые клетки человека в изготовленную на 3D-принтере точную копию поврежденного органа способна совершить революцию в регенеративной медицине

имплантаты. Следует отметить, что имплантированные в тела животных «напечатанные» ткани не подверглись отторжению и функционируют нормально*.

Очевидно, что прежде чем применять новую технологию у людей, нужно провести дополнительные испытания, но ученые полагают, что это займет не так много времени. В частности, хирурги надеются, что уже через 10 лет они смогут делать операции с «напечатанными» органами и тканями.

3D-ПРОТЕЗИРОВАНИЕ

Вполне возможно, что рано или поздно массовое производство протезов уйдет в прошлое, уступив место 3D-технологиям и возможности «печатать» части тел, полностью отвечающие потребностям пациентов.

По мнению ученых, если раньше при установке пациентам бедренного протеза хирургам приходилось отрезать и рассверливать их кости, чтобы протез встал на место, то в будущем обычной практикой станет «печать» протеза, который не нужно будет «подгонять». Другой пример: у человека в результате травмы отсутствует часть челюсти. В этом случае можно будет передавать данные компьютерной томографии на принтер, который сможет воссоздать недостающий фрагмент челюстной кости.

Стоматологи ранее также уже применяли новые технологии для печати на 3D-принтере челюстей и зубных имплантов. Однако ученым еще предстоит убедиться, насколько прочными являются воссозданные органы.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЛЕКАРСТВА

В 2015 г. Управление по контролю за качеством пищевых продуктов и лекарственных препаратов США (FDA) впервые в истории одобрило таблетку, созданную с помощью 3D-принтера. Новый препарат помогает контролировать возникновение эпилептических судорог.

При создании таблетки 3D-принтер в качестве «чернил» использует лекарственные вещества, которые слой за слоем формируют ее структуру. «Напечатанная» таблетка растворяется в организме человека, так же как и другие лекарства.

Эксперты уверены, что новая технология позволит в будущем создавать персонализированные лекарства «на заказ» в зависимости от конкретных нужд пациента вместо единой дозировки для всех. Предполагается, что «печать» таблетированных форм позволит повысить точность дозировки, которую можно будет менять в зависимости от потребности пациента путем простой манипуляции с принтером, и создавать индивидуальные ЛП с содержанием активного вещества до 1000 мгм.

Также ученые не исключают, что с помощью 3D-печати можно будет создавать таблетки, предназначенные для лечения сразу нескольких заболеваний. При этом у всех действующих веществ будет собственное время высвобождения.

ДЛЯ «РЕПЕТИЦИИ» ОПЕРАЦИЙ

К сожалению, врачебные ошибки, в том числе при оперативных вмешательствах, отнюдь не являются редкостью даже в развитых странах. В свою очередь, использование 3-D моделей органов во время обучения студентов-медиков, а также в качестве своеобразных репетиций перед предстоящей операцией позволит существенно снизить риск осложнений для пациентов.

Конечно, можно тренироваться на обычных демонстрационных моделях, однако применение материалов, в точности имитирующих органы и ткани организма человека, сможет придать таким «репетициям» максимальную реалистичность.

Подготовила Александра Демецкая, канд. биол. наук

*Hyun-Wook Kang, Sang Jin Lee et al. A 3D bioprinting system to produce human-scalet is sueconstructs with structural integrity // Nature Biotechnology 34, 312–319 (2016).