

Сдано в печать. Уникальные биоразлагаемые имплантаты изготовят на 3D-принтере



Когда-то в деревнях пилили медный пятак и давали порошок травмированному человеку, чтобы кости у него быстрее срослись. С тех пор выяснилось, что «строительным материалом» для костей является не только и не столько медь. Современные технологии позволяют напечатать имплантат на 3D-принтере и вживить пациенту для репарации костного дефекта. Однако вопрос, из чего печатать, стоит по-прежнему остро. Применяемые сейчас в челюстно-лицевой хирургии, ортопедии, травматологии титановые имплантаты фиксируются в дефектах кости с помощью винта и остаются в организме. Лет через 10 их приходится менять. Задачу производства «строительного материала», который поможет человеку в регенерации костей и будет постепенно усваиваться, растворяясь без следа, решают институты СО РАН – химии твердого тела и механохимии (ИХТТМ), автоматике и электрометрии (ИАиЭ), органической химии (НИОХ) – и Государственный центр вирусологии и бактериологии «Вектор». Они объединились в рамках проекта «Создание фундаментальных основ получения биосовместимых 3D-изделий медицинского назначения методом селективного лазерного спекания механохимически синтезированных изоморфных разновидностей апатита», поддержанного в 2018 году Российским фондом фундаментальных исследований. По окончании работ должна появиться модель 3D-принтера, печатающего биоразлагаемые имплантаты. А пресловутый «строительный материал» уже синтезировали механохимики.

«Фосфоритами и апатитами наш институт занимается лет 40, – рассказывает главный научный сотрудник Института химии твердого тела и механохимии, руководитель проекта РФФИ академик Николай Ляхов. – Развивать данное направление начала наш сотрудник, доктор химических наук Марина Чайкина. Мы научились обрабатывать этот твердый природный минерал фосфатных руд в специальных мельницах – механических активаторах, разрушать его структуру, делать его усвояемым растениями и использовать в качестве удобрения. И всегда думали о возможном медицинском применении, поскольку апатит – это тот самый материал, из которого состоят наши зубы и кости. К сожалению, для медицинских целей природный минерал не годится, т. к. он содержит в себе множество разных ионов-заместителей, из которых не все полезны для организма. Оказалось, что механические активаторы можно использовать не только для разрушения апатита, но и для его синтеза. Керамику на основе апатитов пытались сделать еще в 1980-х годах, но столкнулись с непреодолимыми препятствиями: этот минерал нельзя расплавить без разложения. К использованию апатитов нас подталкивала еще одна идея. Раньше

стоматологи делали пломбы из фосфатного цемента. Потом выяснилось, что эти пломбы подвергаются резорбции, проще говоря, постепенно растворяются и становятся источником фосфора в организме. А нельзя ли резорбцию использовать в благих целях – давать организму источник кальция и фосфора для наращивания родной костной ткани и восстановления кости после перелома? Так мы вновь вернулись к мысли сделать керамику из апатита. Поскольку в организме сверхвысоких температур нет, а зубы, тем не менее, формируются, мы предположили, что, если минерал быстро нагреть лазерным импульсом, а затем вернуться к прежней температуре, он сохранит свои свойства. В рамках работ по проекту РФФИ это было впервые в мире (!) продемонстрировано”.

Имплантаты из титана широко используются в медицине и в России, и за рубежом.

“Есть методики покрытия таких изделий гидроксиапатитом (разновидность апатита) – для ускорения процесса вживления, – продолжает старший научный сотрудник ИХТТМ Наталья Булина. – Титановые имплантаты печатаются с помощью технологии селективного лазерного плавления металлического порошка, при которой возможна печать изделия любой формы и сложности и с учетом индивидуальных особенностей строения костей пациента. Мы решили взять эту технологию 3D-печати за основу и модернизировать ее под порошок керамический”.

Пока технологии 3D-печати индивидуальных керамических биоразлагаемых и биоусваиваемых имплантатов нет ни у нас, ни за рубежом. Титановые имплантаты не биоразлагаемые. Если их заменить изделиями из гидроксиапатита, то со временем должны раствориться, образовав на месте дефекта новую кость, так как в этом случае гидроксиапатит становится источником кальция и фосфора, необходимых для формирования костной ткани.

“В рамках работ по проекту мы провели исследования разных составов искусственно полученного гидроксиапатита, – объясняет Булина. – Для этого в процессе синтеза материала мы вводили малые концентрации различных биологически важных ионов и в итоге подобрали те, которые положительно влияют на процесс биорезорбции и остеоинтеграции. Уже проведены *in vitro* и *in vivo* биологические испытания. Исследования проходили параллельно: пока в НИОХ СО РАН в дефекты черепа крыс имплантировали порошок, в ГНЦ ВБ «Вектор» изучали действие тех же веществ на клетки костной ткани человека. В ходе экспериментов мы определили состав гидроксиапатита, который наиболее эффективен как «в пробирке», так и для живых организмов. Далее мы проверили поведение данного материала под воздействием лазерного излучения. К счастью, выяснилось, что его структура при лазерном плавлении и быстрой кристаллизации не успевает разложиться на компоненты, следовательно, при 3D-печати сохранятся полезные свойства апатита. Теперь к делу приступают наши коллеги из Института автоматизации и электрометрии. Они уже разработали программное обеспечение и модуль управления основными узлами 3D-принтера. Благодаря гранту РФФИ нам удалось приобрести дорогостоящие комплектующие для нашей будущей установки – рабочего макета 3D-принтера. В планах – напечатать объемное изделие и исследовать его свойства”.

Полученные имплантаты можно использовать для восстановления небольших костных дефектов, причем создаваться они будут индивидуально – печататься по результатам томографических снимков конкретного пациента.

“Нам уже удалось отладить механохимический, то есть сухой и безотходный, синтез материала для таких имплантатов, – добавляет академик Ляхов. – Можно сделать целую партию в десятки килограммов для необходимых испытаний – доклинических и клинических. Сумеем изготовить винты и штифты для зубных протезов и сами протезы не из металла и фарфора, а из родного нашему организму апатита – совершим революцию в челюстно-лицевой хирургии. Мой стоматолог, например, живо интересуется, когда же, наконец, появятся имплантаты из апатита. Не менее ценно применение нашего

«стройматериала» в лечении сложных переломов и остеопороза. Особенно это важно для пожилых людей, ведь известна поговорка: перелом срастается столько дней, сколько лет человеку. Организму можно и нужно помочь залечить дефекты и поры в костях – достаточно вживить рядом пластинку из гидроксиапатита, и она, растворяясь, будет давать необходимые кальций и фосфор, которые в виде лекарств усваиваются плохо. Наше исследование – хороший пример того, как фундаментальная наука, если ее немного поддержать, может выдать результат, полезный буквально каждому человеку”.

Ольга КОЛЕСОВА

Источники:

[Сдано в печать. Уникальные биоразлагаемые имплантаты изготовят на 3D-принтере](#) – Поиск (poisknews.ru), Москва, 13 февраля 2021.

[Сдано в печать. Уникальные биоразлагаемые имплантаты изготовят на 3D-принтере](#) – Аддитивные Технологии (additiv-tech.ru), Москва, 15 февраля 2021.

[Сдано в печать. Уникальные биоразлагаемые имплантаты изготовят на 3D-принтере](#) – Новости сибирской науки (sib-science.info), Новосибирск, 15 февраля 2021.