

-ПРИНТЕРЫ

ДЛЯ ПЕЧАТИ СЕРДЦА БУДУТ СТОЯТЬ В КАЖДОЙ КЛИНИКЕ

Аортальный стеноз, коарктация аорты, транспозиция магистральных сосудов, тотальная аномалия впадения легочных вен, тетрада Фалло — в современной медицине насчитываются десятки видов пороков сердца, которые бывают как врожденными, так и приобретенными. Некоторые из них могут встретиться хирургу за всю его карьеру один-два раза. В научнообразовательном центре «Современные производственные технологии» Томского политехнического университета инициировали проект по 3D-печати человеческого сердца. Созданный таким образом «тренажер» помогает кардиохирургам изучить аномалии в строении сердца пациента, уточнить диагноз и спланировать операцию. Политехники выполняют этот проект для томского НИИ кардиологии, хирурги которого уже применяют 3D-модели сердца в своей работе.

Посмотреть на сердце изнутри

С помощью рентгеновской компьютерной и магнитно-резонансной томографии, ультразвуковых исследований, эндоскопии, термографии, методов ядерной медицины врачи получают изображения, которые позволяют им увидеть структуру органа и других тканей человека изнутри. Однако, имея в руках осязаемую модель органа, хирурги могут подробнее изучить дефекты и выбрать подходящий способ оперативного лечения. Это особенно важно, когда речь идет о кардиохирургии, так как насчитываются десятки видов различных

структурных аномалий сердца и не все из них можно увидеть на экранах мониторов визуализирующих диагностических систем.

«Сегодня ни один кардиохирург не идет просто так на плановую операцию. Предварительно с помощью визуализации и других диагностических технологий он получает подробную информацию о пациенте и его патологии, чтобы спланировать операцию, которая должна пройти безопасно, штатно и высокоэффективно. В лаборатории радионуклидных методов исследования нашего НИИ при помощи томографии получают виртуальные

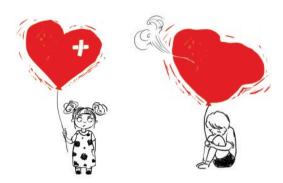
компьютерные модели сердца, однако для успешного планирования операции в некоторых случаях этого бывает недостаточно. Поэтому появилась идея инициировать совместно с Томским политехом проект по созданию ЗД-моделей сердца из различных материалов (твердых и эластичных). На такой модели кардиохирург может фактически выполнить симуляцию операции», — рассказал заместитель директора по научной и лечебной работе, руководитель отделения неотложной кардиологии, доктор медицинских наук, профессор кафедры кардиологии СибГМУ Вячеслав Валерьевич Рябов.



Руководитель отделения неотложной кардиологии доктор медицинских наук В.В. Рябов

НИИ кардиологии — это высокотехнологичная кардиологическая клиника, в которой оказание медицинской помощи больным тесно связано с научными исследованиями: разработкой новых методов диагностики, медицинских технологий для лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Пациенты у томских кардиологов самые разные — от новорожденных до пожилых. И заболевания у них тоже самые разные, например за помощью приходят люди, которые дожили до взрослого возраста с детской патологией. А бывают и дети, у которых диагностирован редкий порок сердца, — все они требуют отдельного изучения и индивидуального подхода к лечению.

«Пороки сердца, особенно редкие, так устроены, что хирургу для планирования операции нужно посмотреть на патологию изнутри. То есть нам нужен макет, который бы полностью повторял строение сердца пациента с патологией, чтобы хирурги могли его разрезать, заглянуть внутрь, получить информацию, которую нельзя собрать с помощью других обследований, уточнить диагноз, спланировать, как лучше построить ход операции. Речь



здесь идет о персонифицированной медицине, когда для каждого пациента создается своя модель органа с дефектом и ищется индивидуальный подход к решению проблемы», — пояснил В.В. Рябов.

По его словам, у медиков нет времени долго ждать, так как в палатах лежат пациенты и каждый день нужно решать, как им помочь. И чтобы улучшить качество жизни каждого больного, необходимо использовать ресурсы не только медицинского оборудования, но и инженерного.

Печать сердца за две недели

Научно-образовательный центр «Современные производственные технологии» был открыт в 2015 г. к 119-летию Томского политеха, хотя разработками в сфере аддитивных технологий физики в вузе занимаются давно. Теперь ученые работают в просторном корпусе, где происходит весь производственный процесс — от идеи до готового изделия. Ученые ТПУ уже успешно изготавливали детали для военных, основания и аппаратуру для спутников, заказы для промышленности. ЗD-печать сердца стала не менее объемной задачей для программистов и инженеров центра.



Доктор медицинских наук К.В. Завадовский

«Цель, которую все мы преследуем, — сделать оперативное вмешательство более щадящим, чтобы во время операции как можно меньше повредить ткани и все быстрее заживало. Еще желательно, чтобы успешных операций было 100%», — говорит директор Инженерной школы новых производственных технологий ТПУ кандидат физико-математических наук Алексей Николаевич Яковлев.

Сейчас 3D-сердце в Томском политехническом университете печатают из пластика. Это штучные изделия, и над каждым прототипом работает целая команда — программисты, инженеры, медики. Специалист ТПУ получает из томского НИИ кардиологии послойную томографию, которую затем превращает в объемную 3D-модель. Эта модель, как правило, содержит много дефектов и не подходит для отправки в печать на принтер. Сотрудники центра буквально вручную отделяют изображение сердца от других внутренних органов, сосудов и тканей, которые мешают обзору. С помощью фильтров полученное изображение сглаживается. Если нужно, инженер прорисовывает сердечные стенки. Причем обрабатывается изображение и снаружи, и внутри, так как в итоге должна получиться объемная модель с полостями.

Этот процесс проходит в тесном контакте с исследователями из НИИ, которые консультируют программистов, говорят, что можно убирать, а что важно оставить. Итоговую модель сердца, особенно когда речь идет о прототипе сердца ребенка, в ТПУ могут увеличить в несколько раз, чтобы медикам было удобнее с ней работать. Либо, если операция планируется только на одном участке, его могут напечатать более детально.

Сейчас на весь процесс печати одного сердца уходит две недели. Специалисты Томского политеха рассчитывают отработать эту технологию таким образом, чтобы она занимала один-два дня.

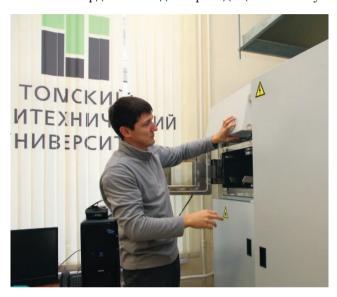
«Каждый пациент уникален, особенно когда речь идет о пороках сердца, в том числе о пороках сердца маленьких детей. Наша технология позволяет сделать индивидуальные прототипы, которые другими способами получить сложно. Никто не возьмется, например, для создания подобной закрытой полой структуры, готовить литьевую форму, так как это слишком дорого. В перспективе такой принтер должен стоять в каждом кардиоцентре, чтобы хирурги могли получить модель на месте в течение суток-двух», — считает А.Н. Яковлев.

Операции в новом разрезе

В НИИ кардиологии уже получили несколько 3D-прототипов для своих пациентов. Хирурги отмечают, что работать с пластиковым сердцем удобно, — в таком искусственном органе можно увидеть, как у пациента идет аорта, где ее изгибы, с какой стороны лишние полости и как

расположены их стенки. В двух случаях кардиохирурги после детального изучения дефекта на пластиковом сердце приняли решение отказаться от первоначального плана операции и провести ее по-другому. Обе операции в итоге завершились успешно.

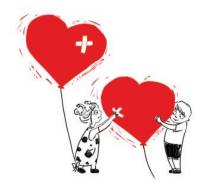
«Посмотрите, это правый желудочек, вот выходной отдел правого желудочка. Эта структура была дополнительной полостью в правом желудочке, — показывает на 3D-модели сердца патологию одного из пациентов ведущий научный сотрудник лаборатории радионуклидных методов исследования НИИ кардиологии доктор медицинских наук



Директор научно-образовательного центра «Современные производственные технологии» В.В. Федоров

Константин Валерьевич Завадовский. — Сложность была в том, чтобы оценить, как эта полость и эти стенки дополнительной полости соотносятся с выходным трактом правого желудочка, чтобы понять, как проводить операцию. Была сделана 3D-модель этого сердца, на основании которой наши хирурги уже приняли решение об операции и провели ее успешно».

По его словам, минус компьютерных моделей в том, что они показывают лишь внешнюю поверхность, а внутрь можно заглянуть только на срезах.



А *3D*-модель можно раскрыть как пирамидку и посмотреть, как расположены аномалии внутри сердца.

«Буквально сейчас был пациент с редкой патологией, а утром у нас были два ребенка — и тоже с необычными пороками сердца. Хотелось бы получить 3D-модели и посмотреть, как устроены эти патологии. У нас в НИИ проходят обучение ординаторы и аспиранты, и благодаря таким тренажерам они также могли бы изучить такие редкие и сложные взаимоотношения аномальных структур внутри сердца больного человека, что

в дальнейшем поможет им стать хорошими врачами», — пояснил К.В. Завадовский.

Следующим шагом, по мнению кардиохирургов, должны стать 3D-модели сердца из материала, который позволит врачам отработать практические навыки, например из эластичного материала или биоматериала.

«ЗD-моделирование в области биомедицины— это направление, где ожидаются большие достижения в ближайшее время. Если ТПУ удастся воспроизвести сердце из эластичного материала, затем из биоматериала, сохранив при этом электромеханические свойства сердца, то следующий шаг— создание искусственного сердца», — считает заместитель директора по научной и лечебной работе НИИ кардиологии В.В. Рябов.



В томском НИИ кардиологии оказание медицинской помощи больным тесно связано с научными исследованиями



В НИИ кардиологии есть образовательный центр, где студенты приобретают навыки оказания медицинской помощи на симуляторах — реанимация, УЗИ, пункции и т.д. Появление тренажеров для кардиохирургов заметно повысит квалификацию будущих врачей.

«В перспективе у 3D-моделирования в медицине открывается много возможностей применения — это и лечение пациентов, и изучение физиологии сердца, и обучение будущих врачей. А если смотреть еще дальше, то 3D-печать, возможно, будет применяться для биомедицины, например для вы-

ращивания *3D*-матриксов органов, куда затем будут заселять стволовые клетки, для получения протезов из биоматериалов или из новых материалов для каждого больного», — уверен В.В. Рябов.

Резиновое сердце

В Томском политехе уже начали работать над поиском материала для сердца, который будет по своим характеристикам близок к живой ткани, чтобы хирурги могли на нем тренироваться — резать, зашивать, убирать дефекты стандартными медицинскими инструментами.

«Здесь могут быть разные варианты. Мы можем подбирать материал, пробовать его разработать. Но в этом случае речь идет не только о материале — мы же должны будем печатать

из него изделия. В основном сейчас на 3D-принтере печатают из пластика. Печать из резиновых изделий — это неординарный случай. То есть можно найти подходящий материал, но не факт, что из него получится изделие на принтере. В этом уникальность технологии, над которой работают сотрудники центра, — надо подобрать материал, технологические решения и оборудование, которое позволит получить "мягкий" макет сердца», — пояснил задачу директор научно-образовательного центра «Современные производственные технологии» Василий Викторович Федоров.

В ТПУ сейчас есть принтер электронно-лучевого сплавления, лазерный принтер, принтер, печатающий полимерными материалами. Некоторые из них традиционной комплектации, другие — собраны инженерами Томского политеха. И под каждую задачу программисты пишут специальную программу.

Прототипы сердец из пластика в ТПУ печатают на готовых стандартных машинах: устанавливается катушка с пластиковой нитью, она подает нить на печатающую головку, которая сильно нагревается и плавит пластик. Далее расплавленный материал слой за слоем помещается в нужных местах. Так через 12–20 часов работы получается полый орган.

Сейчас специалисты центра начали осваивать технологию печати из резиновых изделий. Получили первые образцы простой формы — небольшие кольца.



Если ТПУ удастся напечатать сердце из биоматериала, то следующий шаг — создание искусственного сердца

«Теперь наша задача — перейти к сложным формам, для этого нужно разрабатывать софт, технологии, сам материал. Это сложный состав, для получения которого используются разные методики. В этом нам помогают в том числе коллеги из Института физики прочности и материаловедения СО РАН. Кроме того, требуется усложнить саму технологию печати: например, понадобится вторая катушка, другие температурные режимы, чтобы резина не спекалась, а слои плотно прилегали друг к другу», — пояснил В.В. Федоров.

По оценке директора центра, для доведения технологии до готовности и получения первого прототипа резинового сердца нужны полгода плотной работы, а также заинтересованность конкретного заказчика, который возьмет часть финансирования на себя.

«Сейчас это просто инициативный проект за счет Томского политеха. И мы уперлись в технологический тупик: нужно развивать оборудование, софт, соответственно, это дополнительные затраты. Надеемся, что будет конкретный заказчик.

Либо, как один из вариантов, планируем по этой тематике подать заявку на грант, получить финансирование и довести разработку до готовности», — рассказал руководитель центра.

По его словам, технология 3D-печати востребована не только кардиохирургами, у центра есть опыт работы и по другим медицинским направлениям. Например, при некоторых онкологических заболеваниях повреждаются костные ткани. Восстанавливать их можно за счет биологических протезов, распечатанных на 3D-принтере индивидуально для каждого пациента.

«Это касается также лицевой хирургии, когда при травме повреждаются кости головы или лица. В центре мы тоже решаем такие задачи. Разрабатываются металлические сплавы, которые позволяют получить материалы, инертные к биологическим тканям. Это позволяет восстановить костную ткань, такой протез не будет отторгаться организмом и хорошо приживется», — пояснил директор научно-образовательного центра «Современные производственные технологии».

Подготовила Дарья Золотухина

