Научная статья
Original article
УДК 621-763

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ

APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN MODERN MEDICINE

Юлусов Иван Сергеевич, Студент 1 курс, факультет «Механико-технологический», ФГБОУ ВО «Новосибирский Государственный Технический Университет», Россия, г. Новосибирск

Папко Семен Сергеевич, Студент 1 курс, факультет «Механико-технологический», ФГБОУ ВО «Новосибирский Государственный Технический Университет», Россия, г. Новосибирск

Никулин Иван Алексеевич, Студент 1 курс, факультет «Механико-технологический», ФГБОУ ВО «Новосибирский Государственный Технический Университет», Россия, г. Новосибирск

Клименко Иван Александрович, Студент 1 курс, факультет «Механико-технологический», ФГБОУ ВО «Новосибирский Государственный Технический Университет», Россия, г. Новосибирск

Научный руководитель: Скиба Вадим Юрьевич

Yulusov Ivan Sergeevich, Student 1st year student, Faculty of Mechanics and Technology, FGBOU VO "Novosibirsk State Technical University", Russia, Novosibirsk

Papko Semyon Sergeevich, Student 1st year student, Faculty of Mechanics and Technology, FGBOU VO "Novosibirsk State Technical University", Russia, Novosibirsk

Nikulin Ivan Alekseevich, Student 1st year student, Faculty of Mechanics and Technology, FGBOU VO "Novosibirsk State Technical University", Russia, Novosibirsk

Klimenko Ivan Alexandrovich, Student 1st year student, Faculty of Mechanics and Technology, FGBOU VO "Novosibirsk State Technical University", Russia, Novosibirsk

Scientific adviser: Skiba Vadim Yurievich

Аннотация: в данной статье идет речь о применении аддитивных технологий в современной медицине. Приведены и кратко описаны основные причины, по которым применяется данные технологии. Описано применение аддитивных технологий при обучении студентов в современных медицинских учреждениях. Рассмотрено применение 3D-печати для изготовления новых органов и тканей, регенерации тканей и использование этих материалов для исследований. Аддитивные технологии сегодня являются одной из самых стремительно развивающихся областей. Аддитивные технологии нашли применение в разнообразных сферах: строительстве, промышленности, авиации, медицине и т.д. Использование 3D-печати позволяет создавать индивидуальные хирургические инструменты, что позволяет облегчить проведение операций. Приведены области применения 3D-печати в фармацевтике как для массового производства, так и для индивидуального. 3D-печать успешно используется в медицине для изготовления сложных индивидуальных протезов или хирургических имплантатов.

Abstract: this article deals with the application of additive technologies in modern medicine. The main reasons why these technologies are used are given and briefly described. The application of additive technologies in teaching students in modern medical institutions is described. The application of 3D printing for the manufacture of new organs and tissues, tissue regeneration and the use of these materials for research is considered. Additive technologies are one of the most rapidly developing areas today. Additive technologies have found application in

various fields: construction, industry, aviation, medicine, etc. The use of 3D printing allows you to create individual surgical instruments, which makes it easier to perform operations. The areas of application of 3D printing in pharmaceuticals for both mass production and individual are given. 3D printing is successfully used in medicine for the manufacture of complex individual prostheses or surgical implants.

Ключевые слова: 3D-печать, аддитивное производство, биопечать, протезирование, 3D-принтер.

Key words: 3D printing, additive manufacturing, bioprinting, prosthetics, 3D printer.

Поскольку новая технология трехмерной печати влияет на несколько аспектов медицины, инновационные методы и приложения все чаще включаются в клинические рабочие процессы. В частности, технология 3D-печати позволила индивидуализировать уход за пациентами путем создания печатных хирургических руководств, анатомических моделей для конкретного пациента и имитационных моделей практики.

Применение аддитивного производства в медицине обусловлено по нескольким причинам, таким как [1, с.12]:

1. Высокая сложность

Биомедицинские исследования сталкиваются с трудными задачами и инновационными подходами. Аддитивное производство позволит разработать новые биомедицинские имплантаты, ткани и органы. Гибкость аддитивного производства позволяет изготавливать чрезвычайно сложные формы путем разработки новых материалов.

2. Индивидуальная настройка и потребности пациента

Биомедицинские приложения должны быть специфичными для каждого пациента, от имплантатов до дозировки лекарств. Аддитивное производство имеет большой потенциал в рамках конкретных биомедицинских продуктов для пациента, от слуховых аппаратов до биомедицинских имплантатов.

Аддитивное производство также используется для планирования, повышения эффективности и результативности, а также снижения необходимости дальнейших операций по адаптации имплантата к пациенту.

3. Небольшие объемы производства

Аддитивное производство является более рентабельным по сравнению с традиционными методами производства для более низких объемов производства, которые характерны для биомедицинской промышленности.

Кроме того, это позволяет изготавливать сложные изделия без необходимости каждый раз готовить новые инструментальные приспособления. Аддитивное производство может создавать прототипы деталей быстрее, чем обычные методы производства, такие как формование, ковка и фрезерование.

4. Доступность

Файлы CAD могут быть легко переданы исследователям для воспроизведения одной и той же модели.

Далее рассмотрим области применения аддитивных технологий в медицине.

Биопечать тканей и органов

Биопечать – один из многих видов 3D-печати, использующихся в области медицины. Вместо того, чтобы печатать с использованием пластика или металла, биопринтеры используют шприц-дозатор для нанесения биочернил (слоев живых клеток или структурирующей основы для них) при создании искусственной живой ткани. Помимо использования в качестве альтернативы донорским тканям, такие тканевые конструкции или органоиды могут быть использованы для медицинских исследований [2, с.24].

Хотя системы трехмерной биопечати могут быть лазерными, струйными или экструзионными, биопечать по струйной технологии является наиболее распространенной. Несколько печатающих головок можно использовать для размещения различных типов клеток (органоспецифичных, клеток кровеносных сосудов, мышечных тканей), что является основной задачей при

изготовлении гетероцеллюлярных тканей и органов. 3D-печать биологическими материалами может быть использована для регенерации тканей, а в перспективе и органов, непосредственно на пациенте.

Печать хирургических инструментов

Современные хирурги стараются проводить операции с меньшей травматичностью для пациента, поэтому для них часто требуется персонализированный инструмент [3, с.30]. Использование 3D-печати позволяет создавать такие инструменты в течение нескольких часов.

Отныне врач может самостоятельно модифицировать готовую модель, придав ей необходимые размеры и форму для удобства и эффективности работы. Стоматологи теперь могут прямо при пациенте создать, например, индивидуальные направляющие, исключающие возможность повреждения здоровых зубов при протезировании.

«Печать» лекарств

Технологии 3D-печати уже используются в фармацевтических исследованиях и персонализированной медицине, сфера их применения постоянно расширяется [4, с.9]. 3D-печать дает возможность точного контроля дозы препаратов и производства лекарственных форм со сложными профилями высвобождения медикаментов и пролонгированным действием. Теперь фармацевты могут анализировать фармакогенетический профиль пациента и другие характеристики, такие как возраст, вес или пол, чтобы определить оптимальную дозу лекарственных средств и последовательность их применения. При необходимости доза может быть скорректирована в зависимости от клинического ответа. С помощью 3D-печати можно производить персонализированные лекарства в совершенно новых рецептурах, таких как таблетки, содержащие несколько активных ингредиентов: либо в виде одной смеси, либо в виде сложных многослойных таблеток.

Протезирование и стоматология

3D-печать успешно используется в медицине для изготовления сложных индивидуальных протезов или хирургических имплантатов. Имплантаты и протезы любой возможной геометрии могут быть изготовлены переводом рентгеновских, МРТ- или КТ-снимков в модели для 3D-печати с помощью специального программного обеспечения [5, с.52].

Быстрое изготовление нестандартных имплантатов и протезов решает насущную проблему в ортопедии, где стандартные имплантаты часто не подходят пациенту. Это верно и для нейрохирургии: черепа имеют индивидуальную форму, поэтому сложно стандартизировать черепной имплантат. Ранее хирургам приходилось использовать различный инструмент для модификации и подгонки имплантатов, иногда прямо во время операции. Использование 3D-принтеров делает эту процедуру ненужной. Аддитивные технологии особенно востребованы, когда необходимо срочное изготовление имплантатов.

Подготовка к операциям и обучение студентов

Учет индивидуальных различий и особенностей анатомии конкретного человеческого тела дают возможность использовать напечатанные 3D-модели для подготовки хирургических операций. Наличие у врача осязаемой модели органа конкретного пациента, сделанной, например, по результатам КТ (компьютерной томографии) для изучения или для имитации операции, существенно снижает риск врачебных ошибок.

Использование 3D-моделей для тренировки хирургов и студентов предпочтительнее, чем обучение на телах умерших людей, так как не создает проблем в отношении доступности и стоимости объектов. Телу умершего часто не хватает соответствующей патологии, поэтому они больше подходят для уроков по анатомии, чем для представления пациента с соответствующим изучаемой теме нарушением. С помощью 3D-печати можно создать модель любого органа с любой известной патологией.

Нейроанатомические модели, напечатанные на 3D-принтере, могут быть особенно полезны для нейрохирургов, давая представление о самых сложных структурах в организме человека, которое принципиально невозможно получить, основываясь на двумерных изображениях.

В качестве примера применения аддитивных технологий можно привести операцию по подготовке к сложной хирургической реконструкции травматического мальюниона (несращение) тела лопатки [6, с.8].

Данные КТ-визуализации с толщиной среза 0,6 мм были загружены в программное обеспечение для 3D-печати, а кость лопатки была сегментирована как автоматическими, так и ручными инструментами. Этот процесс сегментации создал виртуальную 3D-модель лопатки, которая затем была экспортирована в программное обеспечение для проектирования САПР для печати. Виртуальная модель лопатки была наложена на оригинальную компьютерную томографию, чтобы обеспечить анатомическую точность. Программное обеспечение для слайсера принтера использовалось для преобразования файлов слоев 0,1 мм для 3D-принтера. С помощью настольного принтера Ultimaker S3 были напечатаны три идентичные модели лопатки с жемчужно-белым материалом PLA: один для предоперационного планирования, один для проведения операции и один для обучения студентов (рисунок 1).



Рисунок 1. 3D модель лопатки

Операция протекала так же, как и предоперационная плановая операция, используемая на 3D-модели с аналогичными разрезами, контурами и позиционированием оборудования (рисунок 2).



Рисунок 2. Проведение операции

Через полгода после операции наблюдалось соответствующее выравнивание лопатки.

Использованные источники

1. Икшита Чатурведи, Исика Вазир. 3D-печать – обзор процессов, материалов и приложений в аддитивной индустрии. [Электронный ресурс].URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920 (дата обращения 24.01.2022) [Электронный ресурс].URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920 (дата обращения 24.01.2022);
2. Б. Бхушан, М. Касперс. Обзор аддитивного производства (3D-печати) для микропроизводства. [Электронный ресурс]. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128197240000355 (дата обращения 25.01.2022);
3. С.С., Й. Стампфл, М. Гурр, Р. Мулхаупт. Полимеры для 3D-печати и индивидуального аддитивного производства. [Электронный ресурс].URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590238521005178 (дата обращения 25.01.2022);

4. Х. Линь, Л. Ши, Д. Ван. Быстрая и интеллектуальная техника проектирования для индивидуального и 3D-печатного ортопедического литья. [Электронный ресурс]. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435120305183 (дата обращения 25.01.2022);
5. К. Ван Алсеной, О. Жирар Влияние пользовательских ортезов для стопы EVA и TPU на механику бега. [Электронный ресурс]. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751616117305891 (дата обращения 25.01.2022);
6. Клэр Н. Фома, София Мавромматис, Лиза К. Шредер. Обзор 3D-печати и ортопедического применения моделей, специфичных для пациента, в хирургии мальюниона. [Электронный ресурс]. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020138321009256 (дата обращения 24.01.2022).

Used sources

1. Ikshita Chaturvedi, Isika Wazir. 3D printing - an overview of processes, materials and applications in the additive industry. [Electronic resource] article/pii/S2351978920 (accessed 01/24/2022);
2. B. Bhushan, M. Kaspers. An overview of additive manufacturing (3D printing) for micromanufacturing. [Electronic resource]. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128197240000355 (Accessed 01/25/2022);
3. S.S., J. Stumpfl, M. Gurr, R. Mulhaupt. Resins for 3D printing and custom additive manufacturing. [Electronic resource]. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590238521005178 (accessed 01/25/2022);
4. H. Lin, L. Shi, D. Wang. A fast and intelligent design technique for custom and 3D printed orthopedic castings. [Electronic resource]. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435120305183 (Accessed 01/25/2022);

5. K. Van Alsenoy, O. Girard Effects of custom EVA and TPU foot orthoses on running mechanics. [Electronic resource]. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751616117305891 (Accessed 01/25/2022);
6. Claire N. Foma, Sophia Mavrommatis, Lisa K. Schroeder. Review of 3D printing and orthopedic application of patient-specific models in malunion surgery. [Electronic resource]. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020138321009256 (Accessed 01/24/2022).

© Юлусов И.С., Папко С.С., Никулин И.А., Клименко И.А. 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №2/2022

Для цитирования: Юлусов И.С., Папко С.С., Никулин И.А., Клименко И.А. ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №2/2022.