

ПЕЧАТЬ ЛЕКАРСТВ НА 3D-ПРИНТЕРЕ.**Павлов Алексей Алексеевич**

студент, Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно – медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, РФ, г. Санкт – Петербург

PRINTING MEDICINES ON A 3D PRINTER**Aleksey Pavlov**

Student, Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education "Military Medical Academy named after S. M. Kirov" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Russia, St. Petersburg.

Аннотация. В данной статье рассмотрены методы 3D-печати медицинских лекарственных препаратов. Исследования и разработки в этой области в будущем помогут упростить производство и потребление лекарственных средств. 3D-печать дает возможность точного контроля дозы препаратов и производства лекарственных форм со сложными профилями высвобождения медикаментов и пролонгированным действием.

Abstract. This article discusses the methods of 3D printing of medical drugs. Research and development in this area will help simplify the production and consumption of medicines in the future. 3D printing enables precise dose control of drugs and the production of dosage forms with complex drug release profiles and prolonged action.

Ключевые слова: 3д-печать, лекарственные препараты, аддитивные технологии

Keywords: 3D printing, medications, additive technologies

Актуальность.

Для российской медицины 3D-печать все еще остается достаточно редкой и малоизученной технологией, однако интерес к ней растет с каждым годом, поскольку все больше специалистов в различных областях медицины видят преимущества использования аддитивных технологий.

Аддитивные технологии в медицине – рынок сравнительно новый не только для России, но и для всего мира. Законодательство Европы, Китая и США сейчас активно меняется, разрабатываются рекомендации по применению 3D-печати, выдаются разрешения для внедрения, лицензируются компании. Поэтому важно, чтобы на отечественном рынке были приняты свои стандарты по применению напечатанных медицинских изделий.

В последнее время 3D-печать стала одним из самых революционных и мощных инструментов во многих направлениях. Фармацевтика — не исключение. 3D-печать в медицинских целях быстро революционизирует здравоохранение. Применение трехмерной печати в медицине дает широкие преимущества: персонализация медицинских изделий, лекарств, экономическая эффективность, повышение производительности и демократизация проектирования и производства.

Цель работы - исследование существующих тенденций и направлений в области 3D-печати медицинских лекарственных препаратов.

3D-печать открывает новые возможности для развития медицины: в лабораториях печатаются кровеносные сосуды на основе биочернил, органы и протезы. Нашли применения 3D-принтеры и в фармацевтике. Это связано с тем, что благодаря нынешним технологиям принтеры для трехмерной печати достигли высокой точности. К примеру, благодаря технологии, разработанной в Мичиганском университете, можно печатать лекарства, смешивая несколько препаратов в одну точную дозу. Методика изготовления позволит упростить пациентам жизнь, потому что необходимые медикаменты можно будет выдавать сразу же, по требованию, а печать осуществлять на месте — в больницах или аптеках.

Технологии 3D-печати уже используются в фармацевтических исследованиях и персонализированной медицине, сфера их применения постоянно расширяется. 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 клинической реакции. 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.

В основе 3D-принтера лежит создание физического объекта по смоделированной в компьютерной программе модели. После её конструирования на ПК она экспортируется в формат STL-файла, доступный для распознавания 3D-принтером. Затем с его помощью печатается реальное изделие.

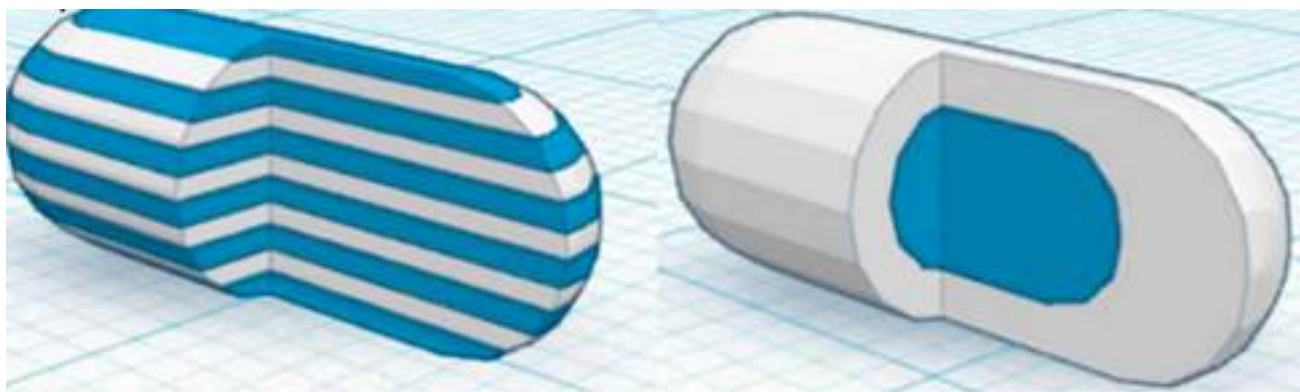


Рисунок 1. Варианты 3D-печати лекарственных средств

Весь печатный процесс – это ряд повторяющихся циклов нанесения на рабочую поверхность принтера наложенных друг на друга печатающими головками тонких горизонтальных слоёв расходного материала, с последующим опусканием рабочей платформы вниз на уровень уже готового слоя. Одновременно с этим с поверхности стола удаляется всё лишнее для формирования определенной формы и структуры.

Циклы последовательно сменяют один другой: на нижний слой накладывается следующий, эlevator снова опускается вниз и так продолжается до того времени, пока принтер не подаст сигнал о том, что заданная ему задача выполнена.

За всю историю создания лекарственных препаратов с помощью 3D-печати было использовано много методов, основные из которых основаны на:

- застывание материала порошкового происхождения;
- застывание жидкости;
- экструзии.



Рисунок 2. Методы 3D-печати, применяемые для создания лекарственных средств

Несмотря на большое количество разнообразных вариантов трехмерной печати, основу каждого составляют одинаковые циклические процессы:

- проектирование 3D-объекта при помощи программного обеспечения и оптимизация геометрии объекта в соответствии со спецификацией принтера;
- экспорт 3D-модели в распознаваемый принтером формат файла, например, STL;
- импорт файла в программное обеспечение и создание в нем слоев, которые будут напечатаны. Высота печатного слоя существенно влияет на качество объекта, а также на время печати;
- изготовление объекта путем последующего нанесения (или застывания) слоев материала.



Рисунок 3 . Этапы 3D-печати, разработка

К преимуществам создания лекарств с помощью трехмерной печати можно отнести:

- кастомизация и персонализация продукции под заказы определенных групп пациентов путём внесения конструктивных или дизайнерских изменений. (Например, будет доступна печатать лекарства для детей в форме его любимого персонажа или зверюшки). Технологии такого производства позволяют подбирать форму выпуска и дозировку для каждого человека индивидуально;
- снижение затрат на производство лекарственных средств, благодаря прекращению использования многих ресурсов;
- демократизация. Из-за того, что затраты на производство снижаются, соответственно и цена на данные препараты будет на порядок дешевле.

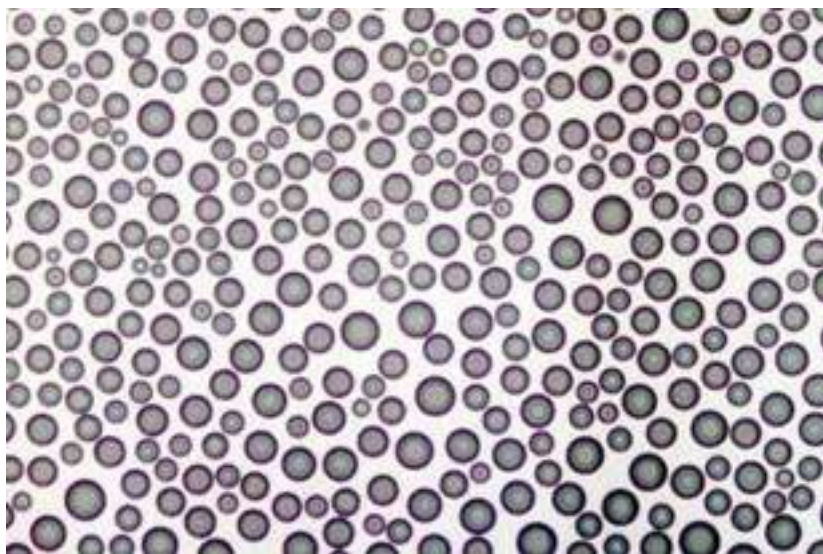


Рисунок 4. Напечатанная кристаллическая структура ибупрофена

Первым препаратом, изготовленным с использованием 3D-печати, стал Spritam, разработанный американской фармацевтической компанией Aprelia Pharmaceuticals и одобренный Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA). Действующее вещество препарата — леветирацетам — противоэпилептическое средство. Леветирацетам способен быстро растворяться во рту, время дезинтеграции (растворения) лекарства составляет от 2 до 27 секунд (средний показатель — 11 секунд). Для дезинтеграции препарата требуется небольшой глоток воды. Жидкая формула, которая связывает леветирацетам и вспомогательные вещества для изготовления лекарственного средства, содержит вкусомаскирующие добавки, улучшающие состояние пациента.



Рисунок 5. Spritam (леветирацетам) — первый лекарственный препарат, напечатанный на 3D-принтере

Вывод

Применение аддитивных технологий в медицине настолько стремительно расширяется, что больше похоже на революцию в здравоохранении — оно дает возможность индивидуализации медицинских изделий, повышает экономическую эффективность и производительность труда медиков, давая им новые возможности, сокращает время ожидания и повышает качество результата для пациентов, делает качественную медпомощь более доступной.

История 3D-печати и аддитивного производства в медицине — это незавершенная работа, в которой предстоит решить множество задач. Исследования и применение данных технологий несет в себе взрывной потенциал в продвижении медицинской профессии и улучшении условий жизни людей.

Таким образом, 3D-печать становится полезным и преобразующим инструментом в ряде различных областей, включая фармацевтику. Исследователи продолжают совершенствовать существующие технологии 3D-печати. Медицинские и фармацевтические достижения с помощью 3D-печати уже сейчас являются серьезными и привлекательными для изучения, но для того, чтобы каждый человек смог, придя в аптеку, распечатать себе препарат, потребуются достаточно много время и инвестиций в эту сферу.

Преимущество технологии печати лекарств состоит в том, что врач или фармацевт может объединить в одну дозу сразу несколько разных действующих препаратов. Таким образом можно разгрузить пункты выдачи необходимых медикаментов, а еще существенно облегчить

жизнь пациентов. Для этого достаточно установить 3D-принтер в аптеке или больнице.

Кроме того, в отличие от обычных таблеток, напечатанные лучше и быстрее растворяются. Профессора отмечают, что у фармацевтических компаний есть множество наработок, однако пустить их в дело не получается: половина из них не выдерживает теста на растворимость.

Органическая пароструйная печать поможет разрешить эту ситуацию.

Данные технологии позволят точно определять необходимые дозы лекарств, последовательность их применения и длительность за счет полного анализа фармакогенетического профиля пациентов и других характеристик, таких как возраст, вес, пол и т.д. В зависимости от особенностей лечения необходимые дозы могут корректироваться.

В военной медицине такие технологии также найдут свое применение, так как в военное время или во время чрезвычайных ситуаций в короткие сроки и наименьшими затратами будет возможно напечатать необходимые лекарственные средства.

Список литературы:

1. Классификация 3D принтеров по типу и возможности работы [Электронный ресурс] // URL: <http://tehnobzor.com>
2. Witold Jamróz, Joanna Szafraniec, Mateusz Kurek, Renata Jachowicz. (2018). 3D Printing in Pharmaceutical and Medical Applications – Recent Achievements and Challenges.
3. Globatek.3D [Электронныйресурс] / URL: <http://3d.globatek.ru/3d-printers/models>
4. Witold Jamróz, Joanna Szafraniec, Mateusz Kurek, Renata Jachowicz. (2018). 3D Printing in Pharmaceutical and Medical Applications – Recent Achievements and Challenges. Pharm Res. 35;
5. MurtazaM Tambuwala, NitinB Charbe, Paula McCarron, MajellaE Lane. (2017). Application of three-dimensional printing for colon targeted drug delivery systems. Int J Pharma Investig. 7, 47;
6. Abdul W. Basit, Simon Gaisford 3D Printing of Pharmaceuticals — Springer International Publishing, 2018;
7. Ventola C.L. (2014). Medical applications for 3D printing: current and projected uses. P. T. 39, 704–711.