

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМЕСИ ТРИКАЛЬЦИЙФОСФАТА И ПОЛИМОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ В КАЧЕСТВЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ АЛЛОПЛАСТИЧЕСКИХ БЛОКОВ

© О.О. Филатова¹, А.Г. Климов¹, Б.В. Селезнев²

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России;

²Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Стоматологическая поликлиника № 4», Санкт-Петербург

Для цитирования: Педиатр. – 2017. – Т. 8. – № 3. – С. 47–50. doi: 10.17816/PED8347-50

Поступила в редакцию: 11.04.2017

Принята к печати: 04.05.2017

В данной работе рассмотрен способ изготовления аллопластических блоков для замещения костных дефектов из смеси двух материалов: трикальцийфосфата и полимолочной кислоты. Способ уникален тем, что для его реализации используют трехмерную печать и материалы, которые не смешивали ранее вместе для этой цели. Такой подход к изготовлению синтетических блоков позволяет нам решить сразу несколько задач: спланировать ход операции, путем предварительного проектирования в специальных программах необходимого нам участка, создать блок необходимой формы и размера, который будет точно прилегать к краям костного дефекта и заполнять его. Таким образом, мы можем достигнуть всех поставленных нами задач в кратчайшие сроки, при этом сэкономив время и ресурсы. С помощью данной методики мы создали экспериментальную модель нижней челюсти и аллопластический блок, которые в перспективе могут быть использованы у реального пациента и широко применяться не только в хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, но и в любом другом разделе медицины. Сочетание полимолочной кислоты и трикальцийфосфата между собой имеет ряд преимуществ, так как первый компонент играет роль каркаса и за счет химической структуры позволяет придать стабильную форму изготовленному блоку, а второй компонент служит наполнителем и за счет неправильной формы гранул создает пористую структуру для дальнейшего прорастания сосудов. Помимо вышеперечисленных свойств, материалы также обладают биоинертностью, биосовместимостью, не оказывают негативного влияния на организм и биоразлагаемы. При использовании данной методики мы получаем фрагмент, отвечающий нашим требованиям, а сама операция становится экономически выгодной как для пациента, так и для лечебного учреждения.

Ключевые слова: трехмерная печать; аллопластические блоки; костнозамещающие блоки; трикальцийфосфат; полимолочная кислота; хирургическая стоматология; костная пластика.

THE USAGE OF COMBINATION OF TRICALCIUM PHOSPHATE AND POLYLACTIC ACID AS MATERIALS FOR 3D PRINTING OF ALLOPLASTIC BLOCKS

© O.O. Filatova¹, A.G. Klimov¹, B.V. Seleznev²

¹St Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Russia;

²Saint Petersburg State Budgetary Healthcare Institution "Dental Clinic № 4", Saint Petersburg, Russia;

For citation: Pediatrician (St Petersburg), 2017;8(3):47-50

Received: 11.04.2017

Accepted: 04.05.2017

This study describes the manufacturing method of alloplastic blocks for treatment of bone defects through tissue replacement with combination of tricalcium phosphate and polylactic acid. The method is unique because for its implementation we used 3d-printing and materials that we had not combined before. Such approach to manufacturing of synthetic blocks allows us to decide several tasks: planning of surgical operation's strategy by means of modelling in specialized software of certain operating region and to print block with suitable shape and size which would accurately fit the edges of bone defects and fill it. Thus, we can achieve all objectives in the shortest possible time, while saving time and resources. Using this methods, we created experimental model of lower jaw and alloplastic block that can be used with a real patient and be widely applied not only in surgical dentistry and maxillofacial surgery, but also in any other branch of medicine. Combination of tricalcium phosphate and polylactic acid has several advantages because first component acts as a frame and due to its chemical structure makes block's shape more stable. The second component acts as a filler by means of irregular shape of granules and

creates spongiform structure for further blood vessels growth. In addition, materials have properties such as: bioinertness, biocompatibility, biodegradable and don't have negative impact on the organism. Using this method, we can get the fragment that meets all requirements, and surgical operation becomes economically profitable both for patient and for hospital.

Keywords: 3D printing; alloplastic blocks; bone blocks; tricalcium phosphate; polylactic acid; surgical dentistry; bone grafting.

ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие технологий открыло нам одно из самых впечатляющих направлений — 3D-печать. Широкое использование потенциала трехмерной печати позволяет экономить время и средства, а это очень важно, особенно в медицине. Сегодня трехмерные технологии являются неотъемлемой частью в жизни современного общества, а их совершенствование позволяет использовать 3D-принтеры в самых различных областях науки и техники. В настоящее время уникальные методы современной печати активно применяются в таких областях медицины, как травматология, трансплантология и пластическая хирургия. Но именно в стоматологии использование трехмерных технологий получило широкое применение. Использование 3D-печати в хирургической стоматологии имеет большое значение, особенно на этапе планирования операции и изготовления хирургических шаблонов [1]. А печать аллопластических блоков с помощью 3D-принтера имеет ряд преимуществ, так как позволяет не только спланировать ход операции, но и создать блок любой формы и размера с учетом всех анатомических особенностей участка, на котором будет проводиться операция у конкретного пациента. Но на различных этапах могут возникнуть определенные трудности. Одной из проблем при изготовлении аллопластических блоков на 3D-принтерах в медицине, в том числе и в стоматологии, является сложность подбора материалов, потому что не каждое вещество сочетает в себе свойства, подходящие как для печати, так и для внедрения в организм пациента. Также костнопластический материал должен обладать рядом свойств: биосовместимостью, остеоиндукцией, остеокондукцией, остеогенностью и остеопротекцией [4]. Однако, несмотря на широкий ассортимент современных материалов, ни один из них не отвечает в полной мере всем требованиям.

Целью нашего исследования являлся поиск материалов для печати аллопластических блоков на 3D-принтере, изучение свойств трикальцийфосфата и полимолочной кислоты, а также создание и печать экспериментальной модели нижней челюсти и блока для увеличения ширины атрофированного альвеолярного отростка из смеси данных материалов.

Известно, что атрофия альвеолярного гребня происходит по многим причинам. В 91 % случаев

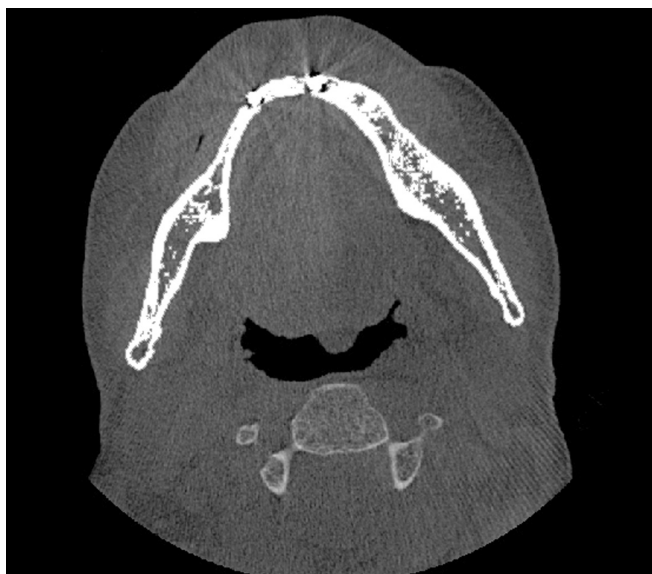
причиной тому служит потеря зубов [6]. Только в течение первого года после потери зуба происходит уменьшение около 25 % костного объема, а в последующие 3 года объем альвеолярной кости снижается на 40–60 % [5]. Далее процесс продолжается, и убыль костной ткани составляет примерно пол процента от ее объема в год. Выраженная резорбция костной ткани челюстей препятствует установке дентальных имплантатов, тем самым создавая серьезные трудности при дальнейшей реабилитации и лечении таких пациентов [2].

Для того чтобы восстановить необходимый объем костной ткани, используют блоки из различных материалов. Материалы для восстановления костной ткани делятся на несколько групп: аутогенные (донором является сам пациент), аллогенные (донором является другой человек), ксеногенные (донором является животное), аллопластические (синтетические, в том числе полученные из природных материалов) [4].

Известно, что одним из наиболее освоенных синтетических материалов в хирургической стоматологии и реконструктивной хирургии является полилактид (полимолочная кислота), который с 1970 г. разрешен FDA США (United States Food and Drug Administration) для использования в медицине.

Полимолочная кислота (PLA) является синтетическим биоразлагаемым полимером, основным продуктом биодеструкции которой выступает молочная кислота. Вследствие отсутствия в полимолочной кислоте пептидных цепей и биодеструктируемой природы ее действие и присутствие в организме не вызывают иммунологических реакций, следовательно, данный материал является биосовместимым с живым организмом. Полилактид получают ферментативным брожением сахаров или химическим синтезом и далее подвергают химической полимеризации. В связи с отсутствием термопластичности и растворимости в водных средах его используют в основном с гликолидом, сополимеры которого получают ионной полимеризацией и сополимеризацией [4].

В настоящее время для восстановления костных дефектов хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии наиболее распространенными материалами являются искусственные и натуральные кальций фосфаты, такие как трикальцийфосфат ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) и гидроксиапатит [3].



а



б

Рис. 1. Компьютерная томограмма пациентки А.

Трикальцийфосфат также является биосовместимым материалом за счет того, что его молекулы входят в состав костной ткани, а продукты биодegradации включаются в ионный обмен, что позволяет организму со временем замещать собственной костной тканью данный материал.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В программе, предназначенной для работы с КТ-снимками (ScanIP, Simpleware), нами была обработана компьютерная томограмма пациентки А. (рис. 1, а, б) и выделена нижняя челюсть, на которой отчетливо видна атрофия альвеолярного отростка в области жевательной группы зубов справа. Затем, в программе-моделировщике (PowerSHAPE, Delcam) построена трехмерная модель блока нужной формы и размера для увеличения ширины альвеолярного отростка, затем изображение пере-

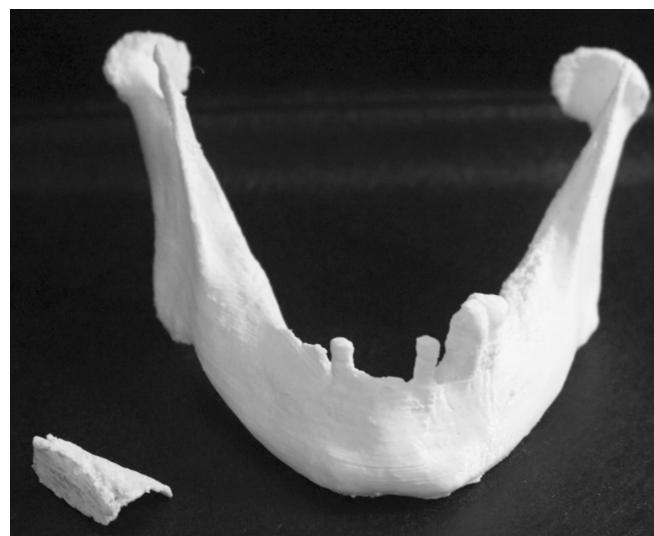
ведено в формат STL для печати. Далее, из полимолочной кислоты и трикальцийфосфата была изготовлена «катушка» для 3D-принтера, материал помещен в экструдер и в расплавленном состоянии в виде нити использован для печати необходимого фрагмента.

Результаты: получена 3D-модель нижней челюсти с аллопластическим блоком из смеси полимолочной кислоты (PLA) и трикальцийфосфата (рис. 2, а, б).

Выводы: смесь из полимолочной кислоты и трикальцийфосфата обладает всеми необходимыми свойствами, которые требуются от аллопластических блоков, и благодаря такому сочетанию имеет ряд преимуществ. Полимолочная кислота играет роль каркаса аллопластического блока, так как хо-



а



б

Рис. 2. 3D-модель нижней челюсти с аллопластическим блоком

рошо сохраняет форму, а трикальцийфосфат служит наполнителем и за счет неправильной формы гранул позволяет образовать пористую структуру блока, которая создает благоприятные условия для прорастания сосудов.

Материалы являются биоинертными и биосовместимыми, следовательно, не оказывают негативного действия на окружающие ткани и на организм в целом. Полимолочная кислота и трикальцийфосфат биоразлагаемы, поэтому в течение 6 месяцев способны разложиться и постепенно заместиться собственной костной тканью организма.

Заявляемая комбинация материалов является доступной и экономически выгодной, так как полимолочную кислоту и трикальцийфосфат легко приобрести, а изготовление из них аллопластических блоков намного дешевле закупки готовых западных аналогов. Данный способ создания аллопластических блоков является удобным и быстрым в применении, так как для их печати необходимо от 30 минут до нескольких часов и врач может самостоятельно спроектировать нужный фрагмент необходимой формы и размера, имея начальные навыки работы с компьютером.

Использование заявляемого сочетания материалов дает возможность не только получить фрагмент необходимой формы и размера, но и сделать операцию экономически выгодной как для пациента, так и для самого лечебного учреждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Багатурия Г.О. Перспективы использования 3D-печати при планировании хирургических операций // Медицина: теория и практика. – 2016. – № 4. – С. 47–59. [Bagaturiya GO. Perspektivy ispol'zovaniya 3D-pechati pri planirovanii khirurgicheskikh operatsiy. *Meditsina: teoriya i praktika*. 2016;(4):47-59. (In Russ.)]
2. Базилян Э.А., Смбалян Б.С. Восстановление альвеолярного гребня верхней челюсти в дистальных отделах для установки дентальных имплантатов // Клиническая стоматология. – 2008. – № 2. – С. 4–11. [Bazikyan EA, Smbatyan BS. Vosstanovlenie al'veolyarnogo grebnya verkhney chelyusti v distal'nykh otdelakh dlya ustanovki dental'nykh implantatov. *Clinical dentistry*. 2008;(2):4-11. (In Russ.)]
3. Баринов С.М., Комлев В.С. Опыт создания материалов на основе фосфатов кальция для замещения и восстановления костных тканей // Физика. – 2013. – Т. 56. – № 12. – С. 8–13. [Barinov SM, Komlev VS. Opyt sozdaniya materialov na osnove fosfatov kal'tsiya dlya zameshcheniya i vosstanovleniya kostnykh tkaney. *Fizika*. 2013;56(12):8-13. (In Russ.)]
4. Волова Т.Г., Шишацкая Е.И. Разрушаемые биополимеры: получение, свойства, применение. – М.: Красноярский писатель, 2011. [Volova TG, Shishatskaya EI. Razrushaemye biopolimery: poluchenie, svoystva, primeneniye. Moscow: Krasnoyarskiy pisatel'; 2011. (In Russ.)]
5. Ashman A, Rosenlicht J. Ridge Preservation: Addressing a major problem in dentistry. *Dent Today*. 1993;12:80-84.
6. Fugazzotto PA. Treatment options following single-rooted tooth removal: A literature review and proposed hierarchy of treatment selection. 2005;76:821-831.

◆ Информация об авторах

Ольга Олеговна Филатова – кафедра стоматологии. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: md.filatovaolga@gmail.com.

Андрей Геннадьевич Климов – канд. мед. наук, доцент, заведующий, кафедра стоматологии. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: pstom4@zdrav.spb.ru.

Борис Владимирович Селезнев – заведующий хирургическим отделением. СПбГБУЗ «Стоматологическая поликлиника № 4», Санкт-Петербург. E-mail: selbor31@rambler.ru.

◆ Information about the authors

Olga O. Filatova – Department of Dentistry. St Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: md.filatovaolga@gmail.com.

Andrey G. Klimov – MD, PhD, Associate Professor, Head. Department of Dentistry. St Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: pstom4@zdrav.spb.ru.

Boris V. Seleznev – Head of Surgical Department. Dental Clinic No 4, Saint Petersburg, Russia. E-mail: selbor31@rambler.ru.