

ОПТИМИЗАЦИЯ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ЧАСТИЧНЫХ И ПОЛНЫХ ДЕФЕКТОВ ЧЕЛЮСТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЯЧЕЙСТЫХ СТРУКТУР ИЗ ТИТАНА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

¹Василюк В.П., ¹Штраубе Г.И., ¹Четвертных В.А.

¹ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера» Минздрава России, Пермь, e-mail: vasilyuk.vladimir53@mail.ru

Рост числа пациентов с частичными или полными дефектами челюстных костей в настоящее время продолжает увеличиваться и составляет от 20 до 30%. Моделирование ячеистых имплантатов с различным размером ячеек правильной геометрической формы в 3d-изображении возможно в формате STL, с изготовлением из титана на установке Envision Tec Perfactori Xedec. Продемонстрированы имплантаты из титана с различными размерами ячеек, которые помещались в искусственно созданные дефекты нижней челюсти экспериментальных животных. Сроки наблюдения: 2 недели, 4 месяца и 9 месяцев. Дана сравнительная оценка степени фиксации имплантатов из ячеистого титана, Углекона-М и пористого титана. Установлено, что IV степень фиксации преобладала у имплантатов с ячеистой структурой и в меньшем количестве – у Углекона-М. Визуально через 2 недели выявлено прорастание костных структур в ячейки разного диаметра, однако тотальное их проникновение наблюдалось в ячейках 850 мкм (23,8%). Через 4 месяца у ячеистых имплантатов IV степень фиксации выявлена у 51,2% животных. У имплантатов из Углекона-М – 32,1%, а из пористого титана – 41,7%. Через 9 месяцев IV степень фиксации - у 55,6% животных, после отделения ячеистого имплантата выявлено наличие типичной костной ткани светло-розового цвета.

Ключевые слова: ячеистый титан, стереолитография, костные структуры, пористый титан, Углекон-М, костная структура светло-розового цвета.

OPTIMIZATION OF SURGICAL TREATMENT OF PARTIAL AND TOTAL DEFECTS OF THE JAWS WITH THE USE OF HONEYCOMB STRUCTURES MADE OF TITANIUM IN THE EXPERIMENT

¹Vasilyuk V.P., ¹Shtraube G.I., ¹Chetvertnykh V.A.

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Academician Ye. A. Vagner Perm State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Perm, e-mail: vasilyuk.vladimir53@mail.ru

The increase in the number of patients with partial or complete defects of the jaw bones at the present time continues to increase and ranges from 20% to 30%. Modeling of mesh implants with different size of cells of regular geometric shape in 3d is possible in STL format and fabrication of titanium on install Envision Tec Perfactori Xedec. Demonstrated implants made of titanium with different sizes of cells that were placed in the artificially created defects of the mandible of experimental animals. Observation periods: 2 weeks, 4 months and 9 months. Comparative assessment of the degree of fixation implants of porous titanium, Uglekon-M and porous titanium. Established that the fourth degree of fixation dominated in implants with cellular structure and in a smaller number of Uglekon-M. Visually after 2 weeks revealed the germination of bone structures in cells of different diameter, but their total infiltration was observed in cells 850μm (23.8 %). After 4 months from mesh implants IV degree of fixation was diagnosed in 51.2 per cent of the animals. The implant Uglekon-M – 32.1% and from porous titanium – 41,7%. After 9 months of IV degree of fixation - 55,6% of the animals, after the separation of the mesh implant revealed the presence of typical bone tissue is light pink in color.

Keywords: porous titanium, steriolitografija, bone structure, porous titanium, Uglekon-M, bone structure is light pink in color.

Рост числа пациентов с частичными или полными дефектами челюстных костей в настоящее время продолжает увеличиваться и составляет от 20 до 30%. Этому способствуют доброкачественные и злокачественные опухоли (более 13%), кисты челюстей, травмы [1; 2; 8]. Безусловно, нуждаемость в замещении дефектов с каждым годом возрастает, несмотря на значительные успехи современной медицины, что требует новых современных методов и

технологий [3; 6; 9]. Рассматривая проблему имплантологии, мы пришли к выводу, что изучению подвергались в основном материалы - титан и его сплавы, цирконий, керамика, углекон и т.д., при которых сравнивалась их биосовместимость. Задачей наших исследований явилось повышение остеоинтеграции за счет имплантатов, структурно соответствующих внутренней архитектонике костной ткани челюсти человека. Подобием трабекулярной организации челюстей, по мнению ученых, является ячеистая структура Вигнера–Зейтца [4; 5; 7].

Цель исследования

Оптимизация замещения частичных и полных костных дефектов челюстей ячеистыми имплантатами и оценка эффективности направленной костной интеграции различных структур (ячеистого титана, Углекона-М и пористого титана) в эксперименте.

Материал и методы исследования

Исходным материалом для получения образцов был взят титан марки ВТ-5 со средним размером частиц 30 мкм; размер ячеек – 250, 550, и 850 мкм; всего 89 образцов. Для проведения исследования использовано 89 животных: беспородных белых крыс, возраст которых не превышал 3 месяцев, массой – от 180 до 200 г и морских свинок массой 300-350 г, из них 82 животных составляли основную группу исследования и были разделены на 3 подгруппы в зависимости от сроков эксперимента и размера ячеек имплантатов. По окончании наблюдения исследовали клинические данные и степень фиксации имплантатов через 2 недели, 4 и 9 месяцев. В группу сравнения вошли результаты, полученные при исследовании имплантатов из Углекона-М и пористого титана.

В основную группу со сроками исследования 2 недели вошло 21 (25,6%) животное. Из них: беспородных крыс было 15 (71,4%) и морских свинок 6 (28,6%). В этой группе выделено 3 подгруппы животных. Первой из них – 7 (33,4%) внедрены имплантаты с размером ячеек 250 мкм в произведенный дефект нижней челюсти, 6 (28,6%) животным – (вторая подгруппа) внедрены имплантаты с размером ячеек в 550 мкм, в третьей подгруппе 8 (38%) вживлены имплантаты с размером ячеек 850 мкм.

Вторая группа животных (4 месяца наблюдения) составляла 43 (52,4%) беспородных белых крыс. Из нее выделено также 3 подгруппы животных. В первой – 10 (23,3%) испытуемым внедрены имплантаты с размером ячеек 250 мкм в дефект нижней челюсти; 19 (44,2%) животным из второй подгруппы внедрены имплантаты с размером ячеек в 550 мкм; в третьей - 14 (32,5%) вживлены имплантаты с размером ячеек 850 мкм. Последняя серия экспериментов продолжительностью 9 месяцев включала 18 (22%) беспородных белых крыс, составивших также 3 подгруппы животных. У первой подгруппы 5 (27,8%) испытуемым внедрены имплантаты с размером ячеек 250 мкм в дефект нижней челюсти; 6 (33,3%)

животным из второй подгруппы подсажены имплантаты с размером ячеек в 550 мкм; третьей подгруппе - 7 (38,9%) имплантированы образцы с размером ячеек 850 мкм. Нами определены степени фиксации имплантатов с костью: I степень фиксации – легкое отделение от кости, II степень – отделение с большим усилием, III степень – со значительным усилием, а IV – отделение производилось методом распила. Для выявления свойств ячеистых структур при контакте с костью на первом этапе исследований нами предложена и успешно испытана собственная методика вживления имплантатов в область нижней челюсти животных.

Результаты экспериментального исследования и их обсуждение

Исследованию подвергли модели ячеистых имплантатов, полученные в 3d-изображении, а после перевода в формате STL были изготовлены имплантаты с размером ячеек 250, 550, 850 мкм на установке Envision Tec Perfactori Xedec из титана марки BT-5. Задействовано 89 животных. В процессе оперативного вмешательства у 7 (7,7%) животных возникли осложнения – животные погибли.

Спустя 2 недели после операции после внедрения имплантатов животные активны, аппетит в норме. У всех испытуемых визуально определялась значительная инфильтрация жевательной мышцы, которая была однородной, ярко розового цвета. Надкостница покрывала всю поверхность челюсти, в том числе и имплантаты, имела значительное утолщение. После рассечения надкостницы обнаружено, что участок, примыкающий к ячейкам имплантата, содержит тонкий слой соединительной ткани и имеет темный цвет. Кость вокруг ячеистого имплантата не изменена. Отделение имплантатов от кости через две недели выявило: в первой подгруппе у 6 (22,2%) животных имела I степень фиксации, у 1 (3,8%) - II степень фиксации. Во второй подгруппе у 4 (19%) была I степень фиксации, а у 2 (9,5%) - II степень. В третьей подгруппе I степень фиксации у 3 (14,2%), а II степень фиксации - у 5 (23,8%) беспородных крыс. У имплантатов из Углекона-М обнаружена I степень фиксации у 4 (14,3%), остальные степени отсутствовали, у имплантатов из пористого титана в эти сроки все степени фиксации не выявлены (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение степени фиксации ячеистых имплантатов из титана,
пористого Углекона-М и пористого титана в срок 2 нед.

Виды имплантатов	Степень фиксации				Всего
	I	II	III	IV	
I – 250 мкм	6 (28,6%)	1 (4,8%)	-	-	7 (33,4%)
II – 550 мкм	4 (19%)	2 (9,5%)	-	-	6 (28,6%)
III – 850 мкм	3 (14,2%)	5 (23,8%)	-	-	8 (38%)
Всего	13 (62%)	8 (39%)	-	-	21 (100%)
Пористый Углекон-М	4 (14,3%)	-	-	-	28 (100%)
Пористый титан	-	-	-	-	12 (100%)

На этапе экспериментального исследования продолжительностью 4 месяца у всех животных визуально определялась незначительная инфильтрация жевательной мышцы, которая была однородной, розоватого цвета. Надкостница покрывала всю поверхность челюсти, в том числе и имплантаты, имела незначительное утолщение. После рассечения надкостницы обнаружено, что имплантат покрыт соединительной тканью темного цвета. Кость вокруг ячеистого имплантата однородная, белесоватого цвета (рис. 1).



Рис. 1. Имплантат покрыт соединительной тканью, окруженной однородной белесоватого цвета костью

В первой подгруппе у 1 (2,3%) животного обнаружена I степень фиксации, у 1 (2,3%) - II степень фиксации, III степень – у 6 (14,%) испытуемых; IV - у 2 (4,7%). Во второй подгруппе I степень фиксации отсутствовала, у 3 (7%) – II степень фиксации, III степень - у 7 (16,3%) испытуемых; IV – у 9 (20,9%). В третьей подгруппе I и II степень фиксации не наблюдали, III степень – у 3 (7%) испытуемых; IV- у 11 (25,5%) беспородных крыс. В те же временные сроки у имплантатов из Углекона-М I степень фиксации отсутствовала, а II степень – лишь у 1 (3,6%), III степень – у 18 (64,3%), а IV - у 9 (32,1%) испытуемых. У имплантатов из пористого титана в эти сроки I степень фиксации отсутствовала, II степень – у 1 (8,8%) животного, III степень – у 6 (50%); IV– у 5 (41,6%) испытуемых (табл. 2).

Таблица 2

Степень фиксации ячеистых имплантатов из титана, пористого Углекона-М и пористого титана в срок 4 месяца

Виды имплантатов	Степень фиксации				Всего
	I	II	III	IV	
I – 250 мкм	1 (2,3%)	1 (2,3%)	6 (14,%)	2 (4,7%)	10 (23,3%)
II – 550 мкм	-	3 (7%)	7 (16,3%)	9 (20,9%)	19 (44,2%)
III – 850 мкм	-	-	3 (7%)	11 (25,5%)	14 (32,5%)
Всего	1 (2,3%)	4 (9,3%)	16 (37,2%)	22 (51,2%)	43 (100%)
Пористый Углекон-М	-	1 (3,6%)	18 (64,3%)	9 (32,1%)	28 (100%)
Пористый титан	-	1 (8,3%)	6 (50%)	5 (41,7%)	12 (100%)

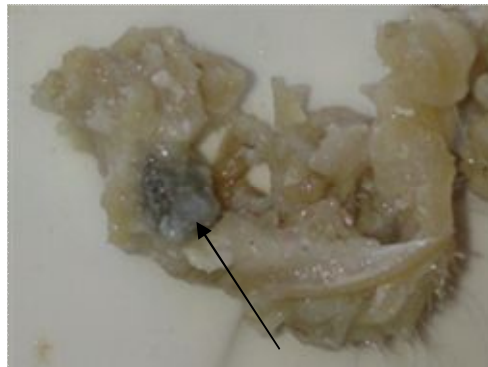
Через 9 месяцев определялась незначительная деформация мягких тканей в проекции нижней челюсти. На коже поднижнечелюстной области – тонкий нежный рубец, окруженный волосяным покровом. Мышечная ткань розового цвета, надкостница покрывала всю поверхность челюсти, в том числе и имплантаты; имела незначительное утолщение. После рассечения надкостницы обнаружена тонкая, однако не плотная костная структура в виде полусферы (рис. 2), покрывающей периферический сегмент имплантата, которая удалена была с помощью бора.



1

Рис. 2. Плотная костная структура в виде полусферы (1)

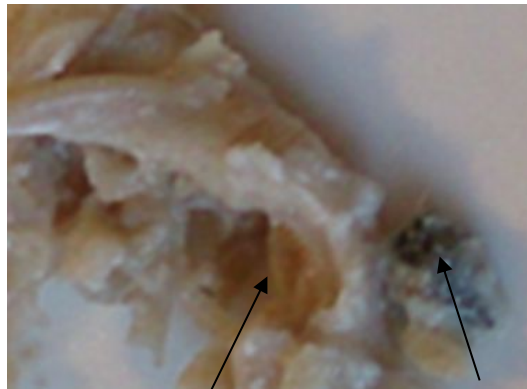
Обнаружены ячейки имплантата, заполненные костным матриксом (рис. 3).



1

Рис. 3. Ячейки имплантата, заполненные костным матриксом (1)

После отделения ячеистого имплантата обнаружена однородная по структуре плотная кость розоватого цвета (рис. 4).



1

2

Рис. 4. Плотная кость однородна по структуре (1) челюсти после отделения имплантата (2)

Выявлено, что I степень фиксации во всех трех подгруппах животных не обнаружена, в первой подгруппе у 2 (11,1%) - II степень фиксации, III степень – у 1 (5,6%) испытуемого, а IV – у 2 (11,1%). Во второй подгруппе II степень фиксации наблюдали у 1 (5,6%) животного, III степень - у 2 (11,1%) испытуемых, а IV – у 3 (16,6%). В третьей подгруппе II степень фиксации не наблюдали, III степень – у 2 (11,1%) животных, IV - у 5 (27,8%) беспородных крыс. В те же временные сроки у имплантатов из пористого Углекона-М обнаружена I степень фиксации у 1 (14,3%), II степень – лишь у 2 (28,6%), III степень – у 2 (28,6%), и IV - также у 2 (28,6). У имплантатов из пористого титана в эти сроки I степень фиксации отсутствовала, II степень – у 1 (8,8%) животного, III степень – у 6 (50%), а IV – у 5 (41,6%) испытуемых (табл. 3).

Таблица 3

Степень фиксации ячеистых имплантатов из титана, пористого Углекона-М и пористого титана через 9 месяцев исследования

Виды имплантатов	Степень фиксации				Всего
	I	II	III	IV	
I – 250 мкм	-	2 (11,1%)	1 (5,6%)	2 (11,1%)	5 (27,8%)
II – 550 мкм	-	1 (5,6%)	2 (11,1%)	3 (16,6%)	6 (33,3%)
III – 850 мкм	-	-	2 (11,1%)	5 (27,8%)	7 (38,9%)
Всего	-	3 (16,6%)	5 (27,8%)	10 (55,6%)	18 (100%)
Пористый Углекон-М	1 (14,3%)	2 (28,6%)	2 (28,6%)	2 (28,6%)	7 (100%)
Пористый титан	-	1 (8,4%)	6 (50%)	5 (41,6%)	12 (100%)

Выводы

В результате проведенного экспериментального исследования определено:

1. Моделирование ячеистых имплантатов с различным размером ячеек правильной геометрической формы в 3d-изображении возможно в формате STL и изготовление из титана на установке Envision Tec Perfactori Xedec.
2. Через две недели экспериментального наблюдения у ячеистых имплантатов из титана выявлена II степень фиксации у 39% животных. У имплантатов из Углекона-М и пористого титана степень отсутствовала.
3. Через 4 месяца у ячеистых имплантатов IV степень фиксации выявлена у 51,2% животных. У имплантатов из Углекона-М – 32,1%, а из пористого титана – 41,7%.
4. Через 9 месяцев наблюдений у ячеистых имплантатов IV степень фиксации выявлена у 55,6% животных. У имплантатов из Углекона-М – 28,6%, а из пористого титана – 41,6%.
5. Таким образом, в проведенном эксперименте наибольшая эффективность направленной костной интеграции была у предложенных нами ячеистых имплантатов из титана, при этом наилучшие результаты достигнуты у ячеистых имплантатов при размере ячеек 850 мкм и более.

Список литературы

1. Балберкин А.В., Колондаев А.Ф., Шавырин Д.А. и др. Результаты применения модульной эндосистемы «ЦИТО-МАТИ» для замещения пострезекционных дефектов бедренной, большеберцовой и плечевой костей // Материалы 16 Российского конгресса «Человек и его здоровье». – СПб., 2011. – С. 36.
2. Галонский В.Г., Радкевич А.А. Проблемы замещения нижнечелюстных дефектов в ортопедической стоматологии // Сибирское медицинское обозрение. – 2009. – № 3 (57). – С.

18-23.

3. Ирьянов Ю.М., Ирьянова Т.Ю. Замещение дефекта кости в условиях чрескостного остеосинтеза и применения имплантата из никелида титана // Морфология. – 2012. – Т. 142, № 4. – С. 83-86.
4. Кузнецова Д.С., Тимашев С.П., Баграташвили В.Н., Загайнова Е.В. Костные имплантаты на основе скаффолдов и клеточных систем в тканевой инженерии (Обзор) // Современные технологии в области медицины. – 2014. – Т. 6, № 4. – С. 201-212.
5. Назаров А.П., Окунькова А.А. Типовые образцы изделий, полученных методом селективного лазерного спекания // Вестник СГТУ. – 2012. – 3 (67). – С. 76-83.
6. Тверской М.М., Петрова Л.Н., Аладин С.А. и др. Компьютерные технологии для производства с использованием имплантатов методом послойного лазерного спекания // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2012. – 23 (16). – С. 64-69.
7. Mazzoli A. Selective laser sintering in biomedical engineering // Medical & Biological Engineering & Computing. – 2013. – V. 51, № 3. – P. 245–256. – URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s11517-012-1001-x>.
8. Mullen L., Stamp R.C., Fox P. et al. Selective laser melting: a unit cell approach for the manufacture of porous, titanium, bone in-growth constructs, suitable for orthopedic applications. II. randomized structures // Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials. – 2010. – V. 92, № 1. – P. 178-188.
9. Syam W.P., Mannan M.A., Al-Ahmari A.M. Rapid prototyping and rapid manufacturing in medicine and dentistry // Virtual and Physical Prototyping. – 2011. – V. 6, № 2. – P. 79-109.