

Головко А.И.¹, Новаковская С.А.²

¹ Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

² Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

Golovko A.¹, Novakovskaya S.²

¹ Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

² Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Результаты экспериментально-морфологических исследований применения дентальных титановых имплантатов с покрытием из политетрафторэтилена

Results of Experimental Morphological Researches of the Use of Dental Titanium Implants with Polytetrafluoroethylene

Резюме

Цель исследования. На основании результатов экспериментально-морфологических исследований провести оценку интеграции разработанного дентального имплантата с мягкими тканями полости рта.

Материалы и методы. Разработана и запатентована принципиально новая конструкция имплантата, которая обеспечивает механизм интеграции десны в тело имплантата. Дентальный имплантат имеет насадку из пористой поверхностно-объемной структуры политетрафторэтилена, при этом структура расположена в области шейки имплантата. Экспериментальное исследование проведено на 7 беспородных собаках массой 43 ± 2 кг. Под общим обезболиванием проведены операции эндооссальной дентальной имплантации на верхней и нижней челюсти, введено по 3 дентальных имплантата диаметром 4,0 мм и длиной 8 мм. Под общим обезболиванием через 30, 60, 90 суток производили извлечение до трех имплантатов у двух-трех собак в условиях операционной. Животных из эксперимента не выводили, во время удаления дентальных имплантатов извлекали фрагмент мягких тканей, плотно фиксированных в области политетрафторэтиленового кольца, окружающего на 0,5 см шейку имплантата. Далее для изучения строения и функции клеток и тканей на 30, 60 и 90-е сутки интеграции использовали морфологические методы исследования. Исследования полостей покрытий дентальных имплантатов на предмет определения ультраструктуры живой ткани проводились с помощью электронного микроскопа.

Результаты. На основании проведенных исследований установлено, что в конце эксперимента формируется тесная взаимосвязь между областью имплантата, состоящей из пористого политетрафторэтилена, и соединительной тканью десны экспериментального животного. Отмечается не только поверхностное взаимодействие, но также более глубокое проникновение соединительной ткани в поры материала. Соединительная ткань отличается большим количеством коллагеновых волокон во внутренней зоне и более рыхлым, включающим микрососуды наружным слоем.



Заключение. Полученные результаты имеют большое значение, так как объективно доказывают, что процесс регенерации мягких тканей вокруг разработанного дентального имплантата происходит с интеграцией соединительнотканых волокон в пористую структуру из политетрафторэтилена. А возникшее через три месяца после имплантации соединение играет роль замка и препятствует проникновению микрофлоры, предохраняет десну от рецессии и снижает факторы, способствующие развитию воспалительных осложнений.

Ключевые слова: дентальная имплантация, политетрафторэтилен, поверхностно-объемная структура, морфологические исследования.

Abstract

The purpose of the research. Based on the results of experimental morphological studies, to assess the integration of the developed dental implant with the soft tissues of the oral cavity.

Materials and methods. A new implant design has been developed and patented, which provides a mechanism for integrating the gums into the implant. The dental implant has made of a porous surface-volumetric structure of polytetrafluoroethylene, with the structure located in the area of the implant neck. An experimental study was carried out on 7 mongrel dogs weighing 43 ± 2 kg. Dental implantations on the upper and lower jaw were performed under general anesthesia; 3 dental implants with a diameter of 4.0 mm and a length of 8 mm were inserted. Under general anesthesia, after 30, 60, 90 days, up to three implants were removed from two or three dogs in the operating room. The animals were not taken out of the experiment; during the removal of the dental implants, a fragment of soft tissues tightly fixed in the area of the polytetrafluoroethylene ring surrounding the neck of the implant by 0.5 cm was removed. Further, to study the structure and function of cells and tissues on days 30, 60 and 90 of integration, morphological research methods were used. The study of the cavities of the coatings of dental implants for the determination of the ultrastructure of living tissue was carried out using an electron microscope.

Results. Based on the studies carried out, it was found that at the end of the experiment, a close relationship is formed between the area of the implant, consisting of porous polytetrafluoroethylene, and the connective tissue of the gums of the experimental animal. Not only surface interaction is noted, but also deeper penetration of connective tissue into the pores of the material. The connective tissue is distinguished by a large number of collagen fibers in the inner zone and a looser outer layer that includes microvessels.

Conclusion. The results obtained are important, since they objectively prove that the process of soft tissue regeneration around the developed dental implant occurs with the integration of connective tissue fibers into a porous structure made of polytetrafluoroethylene. And the connection that arose three months after implantation plays the role of a lock and prevents the penetration of microflora, and protects the gum from recession and reduces the factors that contribute to the development of inflammatory complications.

Keywords: dental implant, polytetrafluoroethylene, surface-volumetric structure, morphological research.

■ ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития стоматологии применение дентальных имплантатов является актуальным направлением в комплексном лечении стоматологических пациентов с частичной адентией [1]. Тем не менее, несмотря на бурное развитие в последние годы дентальной имплантации, частота постимплантационных осложнений не имеет

тенденции к снижению составляет от 84 до 97% [2, 3]. Одним из механизмов, запускающих процесс отторжения имплантата как в ближайшие сроки, так и в отдаленные, является бактериальная инфекция [4]. А входными воротами для патогенной микрофлоры становится цервикальная часть любой имплантационной системы [5]. Разработка технологий повышения эффективности дентальных имплантатов и снижения осложнений в отдаленные сроки после протезирования на них остается весьма актуальной проблемой [6].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании экспериментально-морфологических исследований провести оценку интеграции разработанного дентального имплантата с мягкими тканями полости рта.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для создания новых подходов для реконструкции механизма интеграции десны разработана и запатентована [7] принципиально новая конструкция имплантата (рис. 1). Сам зубной имплантат изготовлен из титана, объемная пористая структура изготовлена из напрессованного на каркас титана политетрафторэтилена, образующегося из политетрафторэтиленовой губки, методом гидростатического прессования. В результате дентальный имплантат имеет насадку из пористой поверхностно-объемной структуры политетрафторэтилена (далее – ПТФЭ), при этом структура расположена так, чтобы образовывался барьерный слой. После установки такого имплантата в соответствующее место челюсти мягкую ткань десны подшивают к торцу насадки, а ее верхняя поверхность – барьерный слой – не позволяет микроорганизмам проникать внутрь насадки и далее – к металлической объемной пористой структуре, поэтому она не препятствует врастанию в нее костной ткани.



Рис. 1. Дентальный имплантат с насадкой из пористой поверхностно-объемной структуры политетрафторэтилена в области шейки

Fig. 1. Dental implant with a tip made of a porous surface-volumetric structure of polytetrafluoroethylene in the neck area



Экспериментальное исследование проведено на 7 беспородных собаках массой 43 ± 2 кг. Указанные животные находились на стандартном рационе питания в виварии ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси» и в виварии научно-исследовательской лаборатории учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» со свободным доступом к воде и пище. В рекомендациях по отбору предпочтительны животные с жевательным движением челюсти, не свойственным травоядным (ISO/TS 22911:2005 Dentistry Preclinical evaluation of dental implant systems – Animal test methods, IDT). В течение двухнедельного карантинного наблюдения для эксперимента отобраны семь здоровых особей без признаков воспаления в полости рта. Исследования проведены с соблюдением рекомендаций «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях» (СЕД № 123, Страсбург, 18.03.1986).

Под общим обезболиванием проведены операции эндооссальной дентальной имплантации на верхней и нижней челюсти. После рассечения мягких тканей с помощью фрез сформировано имплантационное ложе и введено по 3 дентальных имплантата диаметром 4,0 мм и длиной 8 мм. Вставки из ПТФЭ в виде кольца, окружающего шейку имплантата, фиксированы отдельными швами к ткани десны. В послеоперационном периоде обеспечивали надлежащий уход за животными, обезболивание, диету и гигиенический режим. Осмотр осуществлялся ежедневно в первую неделю после операции, далее – дважды в неделю. При визуальном осмотре обращали внимание на особенности течения местного воспаления. В послеоперационном периоде животные получали терапию: внутримышечно линкомицин 10% – 4 мл 1 раз в день в течение 7 дней, чтобы исключить инфекционные осложнения. Под общим обезболиванием через 30, 60, 90 суток производили извлечение до трех имплантатов у двух-трех собак в условиях операционной. Животных из эксперимента не выводили, во время удаления дентальных имплантатов извлекали фрагмент мягких тканей, плотно фиксированных в области политетрафторэтиленового кольца, окружающего на 0,5 см шейку имплантата.

Далее использовали гистологические методы исследования для изучения строения и функции клеток и тканей. Срезы толщиной 10 мкм для гистологического исследования приготавливали с помощью криостата и окрашивали гематоксилин-эозином или азури-II-эозином. Эта окраска позволяет выявить клеточные элементы соединительной ткани. При этом цитоплазма клеток окрашена в различные оттенки синего цвета, ядра клеток темно-синие, зернистость цитоплазмы красится различно: оксифильные зерна светло-красные, базофильные зерна темно-синие. Метод с азури-эозином позволяет определить наличие и тучных клеток (идентификация воспалительного экссудата) в тканях.

Изучение микропрепаратов осуществляли с помощью светового микроскопа MPV-2 (Leitz, Германия) с цифровой фотокамерой Leica.

Для исследования полостей покрытий дентальных имплантатов на предмет изучения в электронном микроскопе ультраструктуры живой ткани, отделенные от имплантатов покрытия, фиксированы в растворе, состоящем из 3%-ного глутарового альдегида и 1%-ного параформы, после чего материал измельчали и обрабатывали 2%-ным раствором

четыреокси осмия. После промывания 0,1 М фосфатным буфером материал был обезвожен в спиртах возрастающей крепости и заключен в аралдит по общепринятой методике [8]. Затем материал, измельченный ультрамикротомом фирмы LKB (Швеция), был просмотрен в электронном микроскопе JEM-100 CX (Япония).

Фиксация материала осуществлена на промаркированных цифровых фотографиях.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Слизистая оболочка десны через 1 месяц незначительно изменена только в непосредственной близости от шейки имплантата: там встречаются участки очаговой периваскулярной воспалительной инфильтрации в подэпителиальном слое, гиперплазия и акантоз эпителия, умеренная дистрофия слоя шиповидных клеток и небольшая десквамация поверхностных кератиноцитов. При небольшом отдалении от края альвеолярной лунки эти изменения исчезают. Через 1 мес. после имплантации первоначальная сосудистая реакция сменяется тромбоцитарной, а также агрегацией, активизацией и каскадом свертывания крови. Одновременно начинают развиваться неспецифические клеточные реакции, преимущественно за счет нейтрофильных лейкоцитов. Возникают также специфические реакции в виде увеличения числа лимфоцитов и макрофагов. Наблюдается цитокинез, играющий важную роль в фазе заживления мягких тканей.

При гистологическом исследовании установлено, что с кольцом из ПТФЭ вокруг шейки имплантата взаимодействует плотная волокнистая соединительная ткань. При этом она прилежит к поверхности кольца, а также заходит в поры материала, из которого оно изготовлено (рис. 2).

Через 2 месяца после операции происходит дифференциация депонированного коллагена. При этом фибробласты заменяют коллаген, повышая прочность ткани. На основании проведенных исследований установлено, что ко второму месяцу после начала эксперимента формируется тесная взаимосвязь между областью имплантата, состоящей из пористого политетрафторэтилена, и соединительной тканью десны экспериментального животного. Отмечается не только поверхностное взаимодействие, но также более глубокое проникновение соединительной ткани в поры материала. Соединительная ткань отличается большим количеством коллагеновых волокон во внутренней зоне и более рыхлым, включающим микрососуды наружным слоем (рис. 3).

Через 3 месяца после дентальной имплантации в морфогенезе мягких тканей решающим является заживление той части слизистой оболочки, которая имеет непосредственный контакт с имплантатом (рис. 4). Важным считается образование замка из соединительной ткани, отделяющего внутреннюю среду имплантационного ложа от полости рта. Как показали исследования контактирующих с имплантатом мягких тканей, через три месяца после имплантации переходный эпителий прикрепляется к поверхности имплантата в виде тонкой пластинки. Ранее в этой зоне уже было отмечено наличие базальной пластины гемодесмосомы, подобной той, которую имеют естественные зубы. Аналогично участкам аморфного вещества между имплантатом и костью у мягких

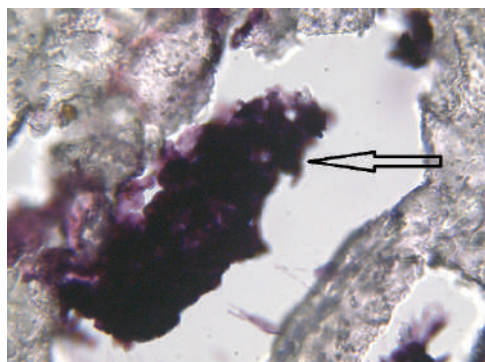


Рис. 2. Волокнистая соединительная ткань в порах и вокруг кольца ПТФЭ через 1 месяц после имплантации (увеличение $\times 40$, окраска азур-II-эозин)

Fig. 2. Fibrous connective tissue in the pores and around the PTFE ring 1 month after implantation (magnification $\times 40$, coloring azure-II-eosin)

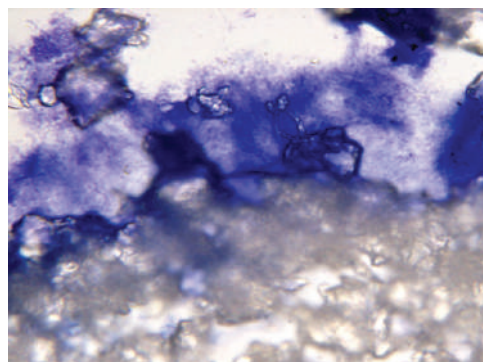


Рис. 3. Соединительная ткань отличается большим количеством коллагеновых волокон во внутренней зоне и более рыхлым, включающим микрососуды наружным слоем через 2 месяца после имплантации (окраска азур-II-эозин, увеличение $\times 40$)

Fig. 3. Connective tissue is characterized by a large number of collagen fibers in the inner zone and a looser outer layer that includes microvessels 2 months after implantation (staining azure-II-eosin, magnification $\times 40$)

тканей имеется аморфный слой, толщина которого составляет 20 мкм. Тем не менее, возникшее через три месяца после имплантации соединение играет роль замка и препятствует прорастанию эпителия внутрь кости, предохраняя десну от рецессии.

Далее была проведена оценка ультраструктуры тканей, заполняющих полости дентальных имплантатов через 1 месяц после извлечения. На рис. 5 отображены особенности поверхности ПТФЭ дентального имплантата.

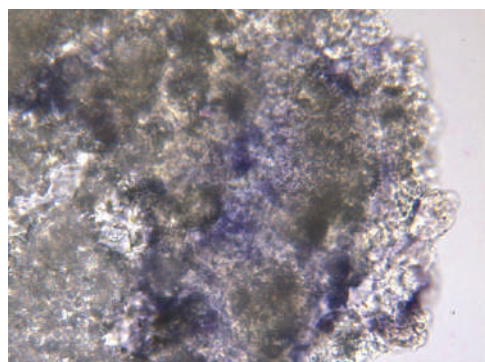


Рис. 4. Морфогенез мягких тканей через 3 месяца после дентальной имплантации (окраска азур-II-эозин, увеличение $\times 40$)

Fig. 4. Morphogenesis of soft tissues 3 months after dental implantation (staining azure-II-eosin, magnification $\times 40$)

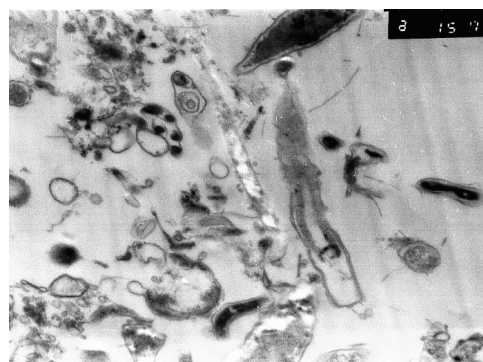


Рис. 5. Электронограмма среза покрытия ПТФЭ дентального имплантата через 1 месяц после извлечения (увеличение $\times 15\,000$)

Fig. 5. Electronogram of the PTFE slice of a dental implant 1 month after extraction ($\times 15\,000$ magnification)

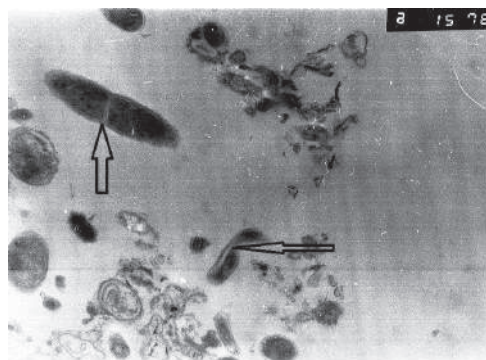


Рис. 6. Электронограмма среза покрытия ПТФЭ имплантата через 2 месяца после извлечения (увеличение $\times 15\,000$)

Fig. 6. Electronogram of the PTFE slice of the implant 2 months after extraction (magnification $\times 15\,000$)

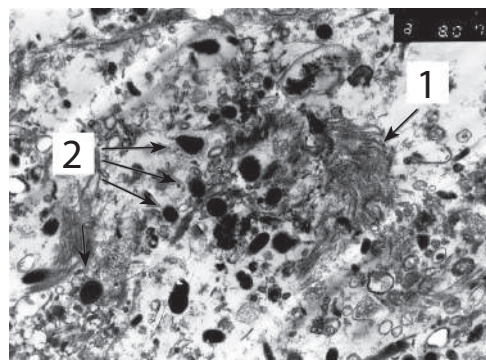


Рис. 7. Электронограмма среза ПТФЭ покрытия имплантата через 3 месяца после извлечения (увеличение $\times 15\,000$)

Fig. 7. Electronogram of the PTFE slice of the implant coating 3 months after extraction (magnification $\times 15\,000$)

На рис. 5 четко визуализируются различные клетки, содержащие ядра, а также иные органические компоненты ткани. Учитывая расположение клеток в полостях покрытия имплантата, можно заключить, что покрытие не является условием, препятствующим врастанию тканей в его полости.

После 2 месяцев после извлечения дентального имплантата на рис. 6 определяются клетки, находящиеся в стадии деления, что свидетельствует о пролиферативных процессах.

Процессы деления и отсутствие специфичных клеток и однородной структуры визуализируемой ткани указывают на ее малую дифференцировку, что характерно для молодой, формирующейся ткани. Данное обстоятельство позволяет предположить, что на уровне контакта покрытия имплантата и раневой поверхности десны происходит процесс формирования тканей, проникающих в полости покрытия.

Оценка ультраструктуры тканей, заполняющих полости дентальных имплантатов, через 3 месяца после извлечения: на рис. 7 отмечено наличие электронноплотных элементов полимера, а также визуализируются волокна соединительной ткани (1 – волокно, 2 – полимер).

Известно, что митотическая активность клеток соединительного эпителия в несколько раз выше, чем в других участках слизистой оболочки десны. Наличие нормальных клеточных структур и очагов деструкции через 3 месяца после размещения дентальных титановых имплантатов на основе пористой поверхностно-объемной структуры из PTFE и армирующего элемента, выполненного из титана (рис. 5–7), свидетельствует о протекании естественных процессов, характерных для здоровых тканей периодонта.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты имеют большое значение, так как объективно доказывают, что процесс регенерации мягких тканей вокруг



разработанного дентального имплантата происходит с интеграцией соединительнотканых волокон в пористую структуру из политетрафторэтилена. А возникшее через три месяца после имплантации соединение играет роль замка и препятствует прорастанию эпителия внутрь кости, предохраняя десну от рецессии, и снижает факторы, способствующие развитию осложнений. Полученные результаты морфологических и электронографических исследований позволяют рассматривать возможность использования разработанного дентального титанового имплантата с пористой поверхностью-объемной структуры из политетрафторэтилена в клинической практике.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. World Health Organization. *Oral health. Newsletter No. 318.* (Electronic resource). Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs318/ru/>
2. Popov N. (2018) Analysis of complications of complex treatment of patients with dentition defects in conditions of atrophy of the bone tissue of the jaws. *Institute of Dentistry*, no 2 (79), pp. 66–67.
3. Chrcanovic B.R., Kisch J., Albrektsson T., Wennerberg A. (2017) Analysis of risk factors for cluster behavior of dental implant failures. *Clin Implant Dent Relat Res.*, vol. 3, pp. 125–131.
4. Shevela T., Pohodenko-Chudakova I. (2016) *Helicobacter pylori* as an etiological factor in the development of pathological inflammatory processes in the bone tissue of the jaws after dental implantation. *Surgery News*, vol. 24, no 2, pp. 157–161.
5. Mullojanov G., Ashurov G. (2016) Analysis of modern views on the processes of integration of dental implants into bone tissue. *Bulletin of postgraduate education in health care*, no 1, pp. 71–75.
6. Shcherbovskikh A. (2017) *Substantiation of the use of modified dental implants based on non-woven titanium material with through porosity (clinical and experimental study)* (PhD Thesis), Samara, 24 p.
7. US 9763752. Available at: www.orbit.com
8. Bogolepov N. (1976) *Methods of electron microscopic examination of the brain.* M., 71 p.

Подана/Submitted: 29.10.2021

Принята/Accepted: 25.11.2021

Контакты/Contacts: alexgolovko@tut.by