

Осификация собственных тканей при дентальной имплантации с применением фрагментов аутокости

И.В. Майбородин^{1,2}, Б.К. Саркисянц³, Б.В. Шеплев², А.А. Шевела³

¹ Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8

² Новосибирский медико-стоматологический институт Дентмастер
630090, г. Новосибирск, ул. Николаева, 12/3

³ Международный Центр имплантологии iDent
630007, г. Новосибирск, ул. Сибревкома, 9б

Резюме

Цель исследования – изучить морфологические результаты имплантации с привнесением фрагментов аутокости в мягкие ткани, ушитые над изделием. **Материал и методы.** Морфологическими методами с применением иммуногистохимии для выявления клеток CD68⁺ изучали состояние тканей десны у 95 пациентов до имплантации и через 4–6 мес. после установки винтовых дентальных имплантатов по стандартной технологии ($n = 42$) или с размещением фрагментов аутокости, образовавшихся в процессе препаровальных процедур, над имплантатом ($n = 47$). **Результаты и их обсуждение.** Добавление частиц аутокости в ткани рядом с внутрикостным имплантатом способствует формированию над ним толстой и прочной кости, надежно изолирующей изделие от полости рта, повреждения при жевании и контаминации микроорганизмами. Через 4–6 мес. после имплантации в тканях рядом с инородным телом и оставшимися костными фрагментами отсутствуют признаки воспалительного процесса (сосудистые реакции, лейкоцитарная инфильтрация и формирование соединительнотканной капсулы) и макрофагального ответа с миграцией фагоцитов и образованием гигантских многоядерных форм. **Заключение.** В случае привнесения мелких фрагментов аутокости, образовавшихся при подготовке ложа для внедрения имплантата в мягкие ткани над изделием во время операции, через 4–6 мес. происходит формирование плотного массива компактной кости с широкими остеонами и очень редко расположенными Гаверсовыми каналами. Фрагменты кости, не включенные в костную капсулу, или лизируются с последующим обызвествлением, или постепенно мигрируют через ткани, даже костные, и элиминируются наружу. В процессе формирования костного купола над имплантатом возможно появление объектов, похожих на дентин.

Ключевые слова: дентальная имплантация, оссификация десны, костные фрагменты, интеграция костных фрагментов, деструкция костных фрагментов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания ИХБФМ СО РАН № FWGN-2025-0019

Автор для переписки. Майбородин И.В., e-mail: imai@mail.ru

Для цитирования. Майбородин И.В., Саркисянц Б.К., Шеплев Б.В., Шевела А.А. Оссификация собственных тканей при дентальной имплантации с применением фрагментов аутокости. *Сиб. науч. мед. ж.* 2025;45(4):209–218. doi: 10.18699/SSMJ20250422

Ossification of own tissues in dental implantation using autologous bone fragments

I.V. Maiborodin^{1,2}, B.K. Sarkisiantz³, B.V. Sheplev², A.A. Shevela³

¹ Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine of SB RAS
630090, Novosibirsk, Akademika Lavrenteva ave., 8

² Novosibirsk Medical and Dental Institute Dentmaster
630090, Novosibirsk, Nikolaeva st., 12/3

³ International Center of Dental Implantology iDent
630007, Novosibirsk, Sibrevkoma st., 9b

Abstract

Aim of the study was to investigate the morphological results of implantation with the introduction of fragments of autologous bone into soft tissues sutured over the device. **Material and methods.** The condition of gum tissue in 95 patients before implantation and 4–6 months after the installation of screw dental implants using standard technology ($n = 42$) or with the placement of fragments of autologous bone, formed during the preparatory procedures, over the implant ($n = 47$) was studied with morphological methods using immunohistochemistry to identify CD68⁺ cells. **Results.** The addition of autologous bone particles to the tissue next to the intraosseous implant promotes the formation of thick and strong bone, reliably isolating the device from the oral cavity, damage during chewing and contamination by microorganisms. 4–6 months after implantation the signs of the inflammatory process (vascular reactions, leukocyte infiltration and formation of a connective tissue capsule) and macrophage response with migration of phagocytes and the formation of giant multinuclear forms are absent in the tissues near the foreign body and remaining bone fragments. **Conclusions.** In the case of introducing small fragments of autologous bone, formed during the preparation of the implantation bed, into the soft tissue over the device during surgery, after 4–6 months a dense mass of compact bone with wide osteons and very sparsely located Haversian canals is formed. Bone fragments not included in the bone capsule either lyse with subsequent calcification, or gradually migrate via tissues, even bone, and are eliminated outward. During the formation of a bone dome over the implant, objects similar to dentin may appear.

Key words: dental implantation, gum ossification, bone fragments, integration of bone fragments, destruction of bone fragments.

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

Financing. This work was supported by the Russian state-funded project for ICBFM SB RAS (grant number FWGN-2025-0019)

Correspondence author. Maiborodin I.V., e-mail: imai@mail.ru

Citation. Maiborodin I.V., Sarkisants B.K., Sheplev B.V., Shevela A.A. Ossification of own tissues in dental implantation using autologous bone fragments. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2025;45(4):209–218. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20250422

Введение

Во всем мире увеличивается количество и объем ортопедических и стоматологических операций, связанных с имплантацией изделий, созданных из искусственных материалов, в том числе металлов. Новые методы имплантации имеют большое значение в связи с созданием все более совершенных эндопротезов [1]. Практически все исследователи концентрируют свое внимание на улучшении остеоинтеграции имплантатов. Для этого рекомендуют различными способами модифицировать поверхность изделий [2, 3], придавать ей антибактериальные свойства покрытием из цинка [4], серебра [5], меди [6] или золота [7], оберегать от травматизации и излишней нагрузки [2], а также проводить профилактику формирования бактериальных пленок [5].

I. Maiborodin et al. [8] устанавливали винтовые титановые имплантаты в проксимальные мышечки большеберцовой кости кроликов. Через 3 сут после имплантации, даже при использовании интенсивного водяного охлаждения, между внедренными изделиями и неповрежденной костью содержалось множество костных отломков разных размеров и форм. На 10-й день практически весь дебрис был или лизирован, за исключением

очень крупных фрагментов, или интегрирован в растущие структуры молодой костной ткани.

Литература содержит только единичные морфологические данные о поведении костных фрагментов – опилок, образующихся при подготовке к внедрению имплантатов и остающихся в поврежденных тканях: лизис, консолидация или интеграция с окружающей костью [8, 9]; есть сообщение, что после операций с применением в процессе имплантации костных трансплантатов частицы кости частично резорбируются и замещаются собственной костью пациента [10], но без подробного описания этого процесса.

В связи с явной недостаточностью литературных данных об особенностях гистологических реакций организма на мелкие костные фрагменты, образующиеся при подготовке ложа под имплантат и остающиеся в тканях рядом с поврежденной костью и самим внедренным изделием, а также с единичными случаями образования сплошной костной пластинки над имплантатом, предохраняющим его от повреждений и микроорганизмов [11] была поставлена цель исследования: изучить морфологические результаты имплантации с привнесением фрагментов аутокости в мягкие ткани, ушитые над изделием.

Материал и методы

Работа основана на данных морфологического и рентгенологического исследования результатов дентальной имплантации в условиях размещения мелких фрагментов собственной кости пациента, образовавшихся при подготовке имплантационного ложа, в тканях десны над изделием.

Состояние тканей десны изучали у 95 пациентов до имплантации и через 4–6 мес. после установки винтовых дентальных имплантатов. Исследование выполнено в соответствии с Федеральным законом «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 № 323-ФЗ, Федеральным законом «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ (ред. от 21.07.2014) и Хельсинкской декларацией, разработанной Всемирной медицинской ассоциацией «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (1964 г., последний пересмотр в 2013 г.). Работу проводили с соблюдением принципов добровольности и конфиденциальности, участники дали письменное информированное согласие на исследование своего биологического материала и использование полученных данных в научных целях. На исследование получено положительное заключение локального комитета по медицинской этике Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (протокол № 18 от 17.10.2022).

У всех пациентов осуществлена имплантация для восстановления отсутствующих премоларов и моляров. Давность потери зубов перед имплантацией составляла не менее 1 года, т.е. произошло полное восстановление десны и костных тканей альвеолярных отростков челюстей, причину потери зубов не учитывали.

Имплантацию осуществляли по стандартной технологии: антисептическая обработка полости рта, инфильтрационная анестезия 4%-м раствором артикаина, разрез по альвеолярному гребню в области отсутствующих зубов, формирование лоскутов слизистой оболочки десны и надкостницы, скелетирование альвеолярного отростка, формирование ложа и установка винтового имплантата 3S (Alpha Bio Тес, Израиль) с самонарезающейся агрессивной резьбой и шероховатой поверхностью. Рану сразу ушивали наглухо (имплантация с простым ушиванием мягких тканей) ($n = 42$, группа 1) или тщательно собирали костные фрагменты, образующиеся в процессе формирования ложа для имплантата, и распатором размещали их над имплантатом перед на-

ложением швов ($n = 47$, группа 2). По возрасту пациенты двух групп статистически значимо не различались ($47 \pm 15,9$ и $44,4 \pm 15,3$ года соответственно, среднее арифметическое $\pm$ стандартное отклонение), также как и по гендерному составу (17 мужчин и 25 женщин в группе 1, 21 мужчина и 26 женщин в группе 2). В качестве исходного контроля исследована десна до имплантации ($n = 6$).

В процессе раскрытия имплантатов для начала протезирования через 4–6 мес. после операции осуществляли биопсию тканей вместе со сформированной костью над внедренным изделием для гистологического исследования, тем более что для успешного проведения процедуры открытия практически всегда была необходимость применения стоматологического бора [11]. Периодические биопсии костной ткани после пластики рекомендуют Y. Zhang et al. [12], которые также изучали материал, полученный после периода заживления, продолжавшегося в среднем 6 мес. (диапазон от 5 до 7 мес.). Между группами пациентов не было статистически значимых отличий по сроку между имплантацией и взятием биопсии ($4,74 \pm 0,798$ и $4,91 \pm 0,747$ мес. соответственно). Рентгенологический контроль приживления имплантатов, регенерации окружающих тканей и формирования кости в десне осуществляли на установке ORTHOPHOS XG (©Sirona Dental Systems GmbH, ФРГ). Кроме того, проведено ретроспективное изучение 1060 архивных рентгенограмм Международного центра имплантологии iDent, сделанных для оценки процессов приживления имплантируемых изделий.

Для исследований методом световой микроскопии биоптаты десны фиксировали в 4%-м растворе параформальдегида на фосфатном буфере (pH 7,4) не менее суток, декальцинировали раствором Biodec R (Bio Optica Milano, Италия), обезживляли в реактиве Изопреп (БиВитрум, Россия), просветляли в ксилоле и заключали в гистопласт. Гистологические срезы толщиной 5–7 мкм окрашивали гематоксилином и эозином. Для изучения макрофагальной инфильтрации и выявления CD68-позитивных [13] гигантских клеток инородных тел, лизирующих нежизнеспособные костные фрагменты, на срезах проводили непрямую иммунопероксидазную реакцию с моноклональными антителами к антигену CD68 в соответствии с рекомендациями производителя антител: использовали набор реагентов Dako reagents kit (Dako, Дания). Полученные срезы изучали при увеличении до 1200 раз на световом микроскопе Axioimager M1 (Carl Zeiss, ФРГ).

Результаты и их обсуждение

Десна до имплантации

Десна, резецированная при подготовке к имплантации, во всех шести наблюдениях имела типичное гистологическое строение и состояла из многослойного плоского ороговевающего эпителия и собственной пластинки слизистой оболочки, которая, в свою очередь, была представлена поверхностным сосочковым и более глубоким сетчатым слоем. Ороговение эпителия десны свидетельствует о том, что над отсутствующими зубами десна восстанавливается из оставшейся ткани межзубных сосочков и прикрепленной десны, где процессы ороговения и слущивания эпителия происходят в нормальных условиях. Многослойный плоский ороговевающий эпителий десны, развивающийся над ранее утерянными зубами, хорошо предохраняет подлежащие ткани от механических повреждений при жевании. Применение иммуногистохимической реакции с антителами к CD68 выявило очень небольшое количество макрофагов.

Ткани над имплантатом при традиционной имплантации и регенерации без образования кости

В большинстве наблюдений (41 из 42 случаев) при заживлении мягких тканей над имплантатом через 4–6 мес. эпителий представлял собой очень тонкий слой и легко слущивался, фактически сползал с подлежащих тканей во время манипуляций с десной при открытии имплантата и при подготовке материала к изучению морфологическими методами. Ткани под эпителием были представлены плотной волокнистой соединительной тканью (рубцом), похожей на грубоволокнистую ткань надкостницы. Эта соединительная ткань над инородным телом была с признаками отека и содержала относительно мало кровеносных сосудов с толстыми склерозированными стенками и довольно часто с облитерированным просветом. Сосочковый и склерозированный сетчатый слой десны содержали немногочисленные клетки CD68⁺. Имелись большие участки полностью без макрофагов.

Морфология тканей при традиционной имплантации и оссификации

Морфологическое описание случая оссификации десны подробно изложено ранее [11], поэтому коротко остановимся только на ключевых моментах. В одном наблюдении из выборки в 42 пациента (2,4 %) через 6 мес. после операции ткань над поверхностью шейки имплантата представляла собой кость, покрытую очень тонким

слоем слизистой оболочки. Отсутствие значительных рубцовых изменений этой костной ткани, а также макрофагальной инфильтрации свидетельствует о том, что формирование костной пластинки и лизис нежизнеспособных тканей в основном завершены, при этом костная пластинка достаточно хорошо защищает подлежащие ткани от проникновения микроорганизмов, от травмирования пищей при жевании, от сопутствующего воспаления, которые могут как продлить сроки приживания имплантата, так и быть причиной его отторжения, неудачи самой процедуры имплантации [14].

Состояние тканей при добавлении в десну над имплантатом фрагментов аутокости

В этот же временной промежуток после добавления мелких фрагментов аутокости, образовавшихся при подготовке отверстия для внедрения имплантата, в мягкие ткани над инородным телом во время операции, во всех наблюдениях ($n = 47$, 100 %) непосредственно под эпителием в виде сплошной пластинки присутствовала кость, образуя полное покрытие над изделием в виде плотного твердого купола. Микроскопически оссифицированные ткани над имплантатом представляли собой плотный массив компактной костной ткани с широкими остеонами и очень редко расположенными Гаверсовыми каналами (43 случая из 47, 91,5 %). Практически всегда эта костная ткань была неровной и имела рубцовые изменения (рис. 1, а). Воспалительная инфильтрация была очень слабой как в молодой компактной костной ткани, так и в соединительной ткани между костью и имплантатом, что подтверждается иммуногистохимическим исследованием с использованием антител к CD68 (рис. 1, б).

Добавление свежих мелких аутологичных костных фрагментов в мягкие ткани над имплантатом или ускоряет самостоятельный рост кости над изделием, или является пусковым механизмом, провоцирующим начало остеогенеза над инородным телом. Возможно, что эти частицы, кроме консолидации между собой и в растущую костную ткань, могут служить точками начала регенерации кости, источником остеобластов, откуда начинается формирование новых остеонов и костных балок навстречу регенерирующим краям альвеолярных отростков. В грубоволокнистой соединительной ткани непосредственно над имплантатом также были расположены костные структуры, подвергающиеся деструкции. В этих нежизнеспособных фрагментах отсутствовали клеточные элементы и сосуды, фактически центр представлял гомогенные, плотные, интенсивно окрашенные эозином депозиты. Никакого

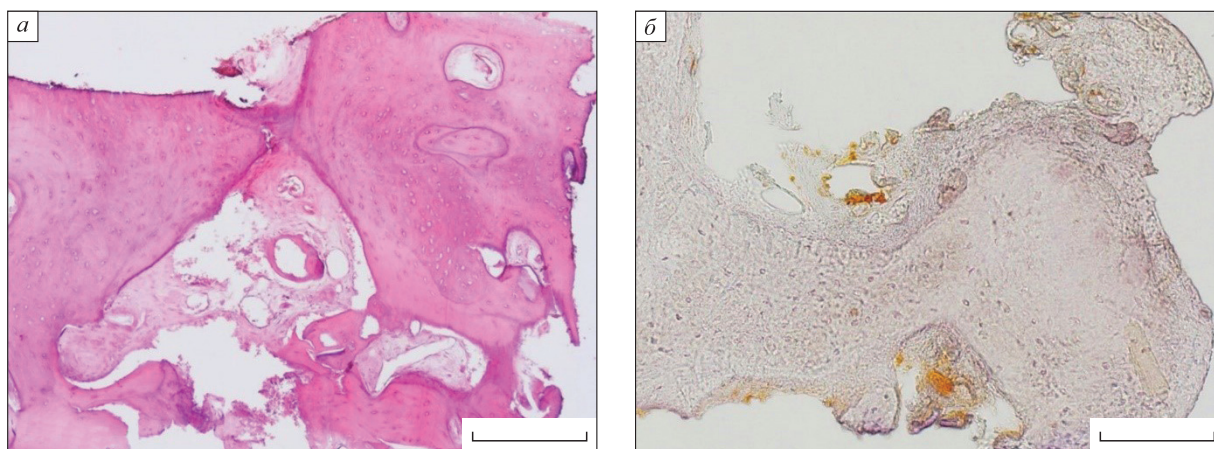


Рис. 1. Ткани над внутрикостным имплантатом через 5 мес. после операции с внедрением фрагментов аутокосты. Толстая, неравномерная по ширине компактная кость с крупными остеонами, далеко друг от друга расположенными Гаверсовыми каналами и подлежащей рыхлой волокнистой соединительной тканью; в некоторых местах кость имеет незначительные рубцовые изменения, окраска гематоксилином и эозином (а); единичные очень крупные клеточные элементы $CD68^{+}$ присутствуют только в рубцово измененной костной ткани, реакция с антителами к $CD68$ (б). Масштабный отрезок 200 мкм

Fig. 1. Tissue over the intraosseous implant 5 months after surgery with the introduction of autologous bone fragments. Thick, uneven in width compact bone with large osteons, Haversian canals located far from each other and underlying loose fibrous connective tissue; in some places the bone has minor scar changes, staining with hematoxylin and eosin (a); single very large $CD68^{+}$ cells are present only in scarred bone tissue, reaction with antibodies against the $CD68$ (b). Scale bar is 200 μm

подобия капсулы вокруг таких депозитов не существовало, они были свободно расположены в соединительной ткани между инородным телом и костным куполом (рис. 2, а, б). Инфильтрация клетками $CD68^{+}$ практически отсутствовала, вокруг подвергающейся деструкции кости были выявлены только единичные макрофаги (рис. 2, в).

По-видимому, не все костные фрагменты, присутствующие в ушитой над шейкой имплантата десне, жизнеспособны. Некоторые могут быть сильно повреждены при высверливании ложа под имплантат, например, отсутствует ростовой слой (надкостница). В других случаях может быть нарушено питание костных отломков или быть неблагоприятным микроокружение – большой объем фибрина или детрита, который постепенно лизируется и замещается соединительной тканью. Нежизнеспособные фрагменты кости со временем подвергаются деструкции. Из них исчезают клеточные элементы и органические вещества, в соединительной ткани остается обызвествленный неорганический гомогенный депозит.

В некоторых наблюдениях непосредственно в молодой компактной костной ткани над имплантатом были расположены нежизнеспособные костные фрагменты вместе с плотной волокнистой соединительной или даже уплотненной

костной тканью, являющиеся подобием капсулы (рис. 3, а, б). Следует учитывать, что костная ткань является одним из видов соединительной ткани и, соответственно, может участвовать в изоляции от организма инородных тел и некротизированных тканей. Довольно часто такие костные фрагменты в молодой кости локализованы рядом с поверхностью, практически на границе с полостью рта. Иногда большие массы нежизнеспособной кости находятся свободно, без лейкоцитарной и сосудистой реакции, но рядом с ними относительно мелкие участки костного детрита окружены очень тонкой капсулой из компактной костной ткани (см. рис. 3, а). В других случаях в рыхлой волокнистой соединительной ткани под молодой костью находится множество нежизнеспособных костных фрагментов, большая часть из которых инкапсулирована полоской компактной кости. Эти некротизированные частицы кости также не имеют признаков воспаления (см. рис. 3, б).

Можно предположить, что вокруг отдельных нежизнеспособных костных опилок идет формирование соединительнотканной ограничивающей капсулы, как и вокруг других инертных инородных тел. Есть мнение, что фибробласты и их формы, способные к сокращению – миофибробласты – являются основным типом кле-

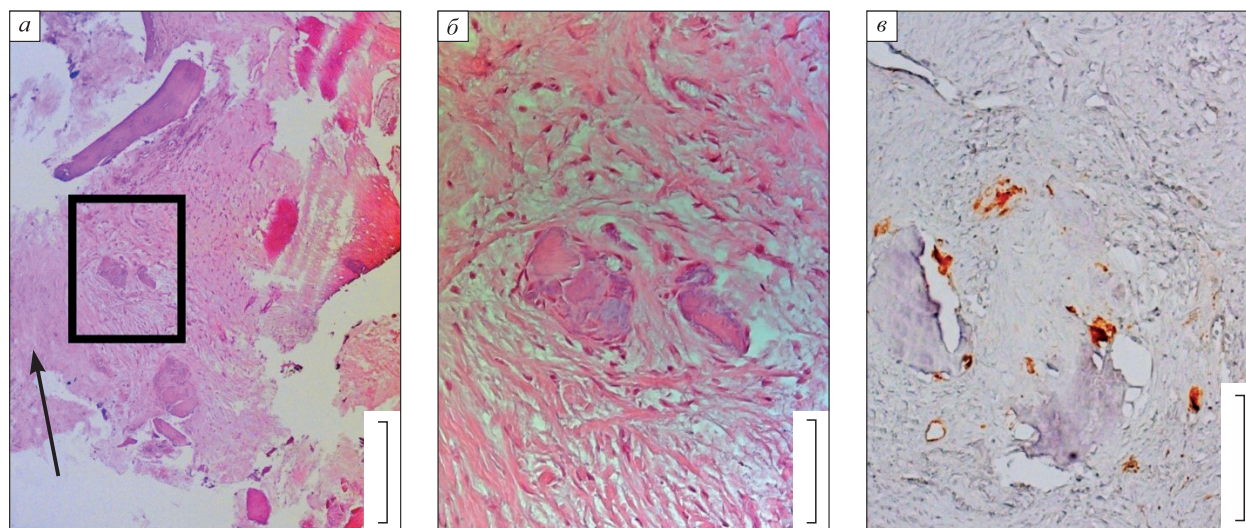


Рис. 2. Ткани над имплантатом спустя 5 мес. после операции с использованием фрагментов аутокости. Грубоволокнистая соединительная ткань с редко расположенными костными структурами под слизистой оболочкой, которая представлена широким слоем многослойного плоского эпителия (стрелка) без базальной мембраны и без подслизистого слоя, в эпителии видны признаки ороговения (а); часть рис. а на большом увеличении выделена прямоугольником – фрагменты кости с признаками деструкции без капсулы расположены в грубоволокнистой соединительной ткани, клеточные элементы и сосуды отсутствуют в центре этих структур, который представляет собой гомогенные, плотные, интенсивно окрашенные эозином депозиты, по периферии присутствует инфильтрация крупными клетками (б); макрофагальной инфильтрации соединительной ткани нет, рядом с нежизнеспособными костными фрагментами расположены только единичные крупные клетки CD68⁺ (в). Окраска гематоксилином и эозином (а, б) и реакция с антителами к CD68 (в). Масштабный отрезок 400 (а), 100 (б) и 200 (в) мкм

Fig. 2. Tissue over the implant 5 months after surgery using autologous bone fragments. Coarse fibrous connective tissue with sparsely located bone structures placed under the mucosa, which consist of extensive layer of stratified squamous epithelium (arrow) without a basement membrane and without a submucosal layer; signs of keratinization are observed in the epithelium (a); part of fig. «a» at high magnification is highlighted by a rectangle – bone fragments with signs of destruction without a capsule located in coarse fibrous connective tissue, cells and vessels are absent in the center of these structures, which are homogeneous, dense, eosinophilic deposits; infiltrations with large cells are present along the periphery (б); there is no macrophage infiltration of connective tissue; only single large CD68⁺ cells are present next to necrotic bone fragments (в). Staining with hematoxylin and eosin (а, б) and reaction with antibodies against CD68 (в). Scale bar: 400 (а), 100 (б) and 200 (в) μ m.

точных элементов, принимающих участие в инкапсуляции, изоляции инородных тел [15]. Под действием миофибробластов капсула сжимается, чтобы минимизировать объем, занимаемый инородным телом, в месте наименьшего сопротивления капсула разрывается, инородное тело или его фрагменты выходят из капсулы и снова обволакиваются соединительной тканью, которая опять подвергается констрикции, и процесс повторяется вновь и вновь. В результате этого нежизнеспособный участок кости, фактически инородное тело, постепенно перемещается наружу и должен быть элиминирован в полость рта. Скорее всего, такой процесс является положительным и необходимым для макроорганизма, позволяющим избавляться от костных секвестров, которые в силу каких-то причин (объем, плотность, большая

концентрация неорганических нерастворимых соединений – обызвествление) не могут быть полностью лизированы.

В оставшихся биоптатах (4 из 47, 8,5 %) в мягких тканях над шейкой имплантата обнаружено активное остеобразование. Соединительная ткань содержала множество мелких фрагментов как «молодой», так и «старой» кости. «Молодая» формирующаяся костная ткань состояла практически из одних остеобластов с очень небольшим содержанием межклеточного вещества. «Старая» кость представляла собой интенсивно окрашенные эозином структуры или без клеток и сосудов, или с очень небольшим содержанием клеточных элементов; значительных сосудистых реакций и лейкоцитарной инфильтрации рядом с такой костной тканью не было (рис. 4, а, б). Возможно,

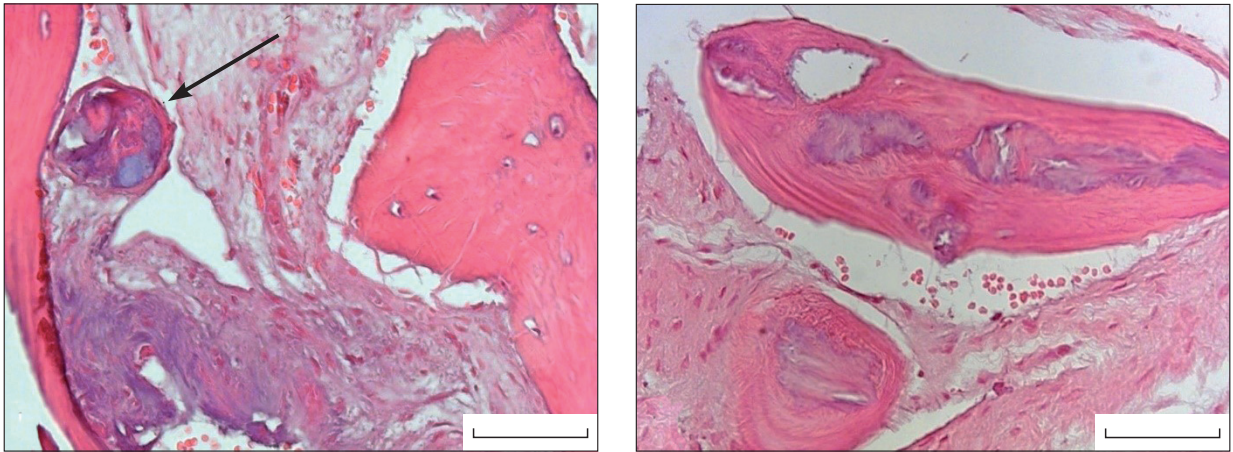


Рис. 3. Ткани над внутрикостным имплантатом через 6 мес. после операции с внедрением фрагментов аутокосты. Некротизированная костная ткань частично расположена свободно в рыхлой волокнистой соединительной ткани, частично инкапсулирована тонкой полоской компактной кости (стрелка) (а); нежизнеспособные костные фрагменты окружены компактной костной тканью (б). Окраска гематоксилином и эозином. Масштабный отрезок 100 мкм

Fig. 3. Tissue over the intraosseous implant 6 months after surgery with the introduction of autologous bone fragments. Necrotic bone tissue is partially located freely in loose fibrous connective tissue, partially encapsulated by a thin strip of compact bone (arrow) (a); nonviable bone fragments are surrounded by compact bone tissue (b). Staining with hematoxylin and eosin. Scale bar is 100 μ m

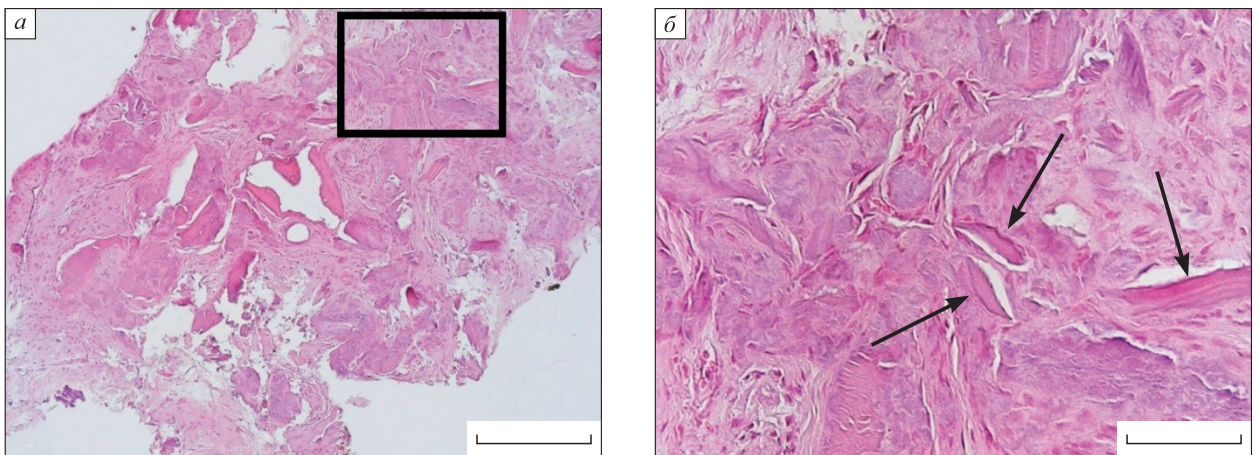


Рис. 4. Ткани над имплантатом спустя 4 мес. после внедрения в кость с добавлением фрагментов собственной костной ткани. Множество участков формирующейся кости перемежаются с некротизированными фрагментами (а); часть рис. а на большом увеличении выделена прямоугольником – молодая формирующаяся костная ткань состоит практически из одних остеобластов с очень небольшим содержанием межклеточного вещества, присутствуют структуры, похожие на дентин (стрелки) (б). Окраска гематоксилином и эозином. Масштабный отрезок 400 (а) и 100 (б) мкм

Fig. 4. Tissue over the implant 4 months after introduction into the bone with the addition of autologous bone fragments. Many areas of developing bone interspersed with necrotic fragments (a); part of fig. «a» at high magnification is highlighted by a rectangle – young developing bone tissue consists almost exclusively of osteoblasts with a very small content of interstitial substance; structures similar to dentin are present (arrows) (b). Staining with hematoxylin and eosin. Scale bar 400 (a) and 100 (b) μ m

что в связи с какими-то особенностями формирование костной ткани над шейкой имплантата отсрочено, но все равно идет, о чем свидетельствуют многочисленные островки молодой кости. Постепенно, по мере слияния этих островков, все жизнеспособные фрагменты «старой» кости будут включены в костную капсулу над инородным телом.

Следует обратить особое внимание на структуры, похожие на дентин (см. рис. 4, а, б). Вряд ли они оказались над имплантатом при разрушении остатков отсутствующих зубов. Более вероятно, что остеобласты под влиянием микроокружения (например, присутствия эпителия десны или даже межзубных сосочков) начали синтезировать не твердые ткани компактной кости, а дентин, характерный для зубов. Не исключено, что остеобласты или стали одонтобластами, или одонтобласты дифференцировались из других клеток-предшественников [16]. Если в дальнейшем гипотеза об образовании дентина из костных тканей альвеолярных отростков подтвердится, то появятся теоретические предпосылки для полной регенерации, восстановления зубов сначала *in vitro*, а потом в эксперименте и в клинических условиях.

Рентгенологические результаты исследования внутрикостных имплантатов с окружающими тканями

На рентгенограммах сразу после имплантации винтового титанового имплантата, над его шейкой четко виден дефект тканей (рис. 5, а). При изучении рентгенограмм, сделанных спустя 4–6 мес. после установки имплантата в костную ткань с простым ушиванием мягких тканей над инородным телом, обнаружено, что над шейкой винтового изделия тканей, сходных по насыщенности рентгеновского изображения с костью, нет, за исключением случая самопроизвольной оссификации, описанного ранее [11].

При анализе архивного материала найдено, что в большинстве случаев в период от имплантации без добавления фрагментов аутокости до раскрытия имплантата произошло срастание мягких тканей без признаков оссификации над имплантатом. Однако в 10 из 1060 наблюдений, что составляет менее 1 %, выявлено остеообразование в ушитой над имплантатом десне. Формирующаяся кость напозала на шейку имплантата с краев дефекта, в который вкручено изделие. А иногда эта костная ткань была сформирована как очень

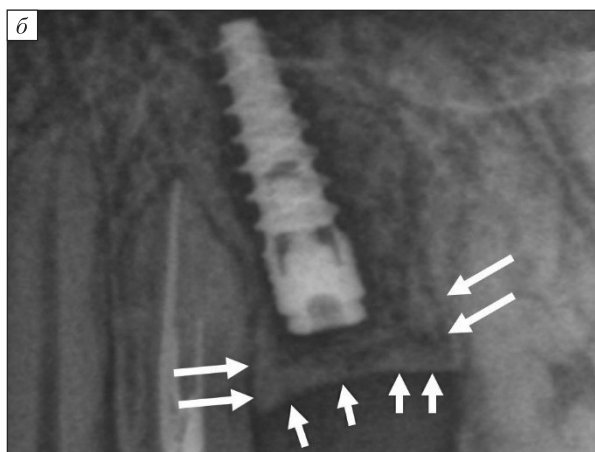


Рис. 5. Рентгенологическое изучение результатов имплантации титанового винтового изделия в альвеолярный отросток верхней челюсти с внедрением фрагментов аутокости. Сразу после хирургического вмешательства хорошо визуализировано просветление над шейкой имплантата вследствие удаления тканей (а); спустя 5 мес. после имплантации костная ткань присутствует в виде линии со значительными утолщениями над всей шейкой имплантата (стрелки), в мягких тканях присутствует плотный объект неправильной формы с неровными краями, не связанный с костной тканью; выраженной неоднородности, значительных разрежений на периферии и рядом с этим объектом нет (б)

Fig. 5. X-ray study of the results of implantation of a titanium screw device into the alveolar process of the upper jaw with the introduction of fragments of autologous bone. Immediately after surgery the clearing is good visualized over the implant neck due to the removal of tissue (a); 5 months after implantation, bone tissue is present in the form of a line with significant thickenings over the entire neck of the implant (arrows), in the soft tissues there is a dense object of irregular shape with uneven edges, not associated with bone tissue; pronounced heterogeneity, significant rarefaction on the periphery and near of this object are absent (b)

тонкая полоска на всей поверхности над имплантатом, полностью изолируя его в виде купола. В тех случаях, когда в мягкие ткани в процессе их ушивания над инородным телом помещали фрагменты аутокости, образовавшиеся при подготовке места под имплантат, шейка последнего была окружена значительно более толстой пластиной костной ткани во всех 47 наблюдениях (100 %). Эта костная ткань была неровной, видимо, вследствие врастания в новую формирующуюся кость внедренных фрагментов (рис. 5, б).

Заключение

Таким образом можно заключить, что в случае добавления мелких фрагментов аутокости, образовавшихся при подготовке ложа для внедрения имплантата, в мягкие ткани над изделием во время операции, через 4–6 мес. во всех наблюдениях происходит формирование костной ткани в виде сплошной пластинки, которая микроскопически представляет собой плотный массив компактной кости с широкими остеонами и очень редко расположенными Гаверсовыми каналами. Фрагменты кости, не включенные в костную капсулу, или лизируются с последующим обызвествлением, или постепенно мигрируют через ткани, даже костные, и элиминируются наружу. В процессе формирования костного купола над имплантатом возможно появление объектов, похожих на дентин. Не исключено, что остеобласты под влиянием микроокружения начинают синтезировать не только твердые ткани компактной кости, но и дентин, т.е. остеобласты или становятся одонтобласти, или одонтобласти дифференцируются из других клеток-предшественников. В связи с тем, что возможно образование над имплантатом сплошного покрытия из компактной костной пластинки в виде плотного твердого купола, которое более прочно фиксирует инородное тело и хорошо защищает его от контакта с внешней средой, показано добавление мелких фрагментов аутокости, образовавшихся при подготовке внедрения изделия, в мягкие ткани над ним во время имплантации.

Список литературы

1. Sharma S., Bano S., Ghosh A.S., Mandal M., Kim H.W., Dey T., Kundu S.C. Silk fibroin nanoparticles support in vitro sustained antibiotic release and osteogenesis on titanium surface. *Nano-medicine*. 2016;12(5):1193–1204. doi: 10.1016/j.nano.2015.12.385
2. Caparrós C., Ortiz-Hernandez M., Molmeneu M., Punset M., Calero J.A., Aparicio C., Fernández-Fairén M., Perez R., Gil F.J. Bioactive macroporous

titanium implants highly interconnected. *J. Mater. Sci. Mater. Med.* 2016;27(10):151. doi: 10.1007/s10856-016-5764-8

3. Майбородин И.В., Майбородина В.И., Шеплев Б.В., Шаркеев Ю.П., Седельникова М.Б., Павлов В.В., Базлов В.А., Анастасиева Е.А., Ефименко М.В., Кирилова И.А., Кorytkin A.A. Морфологическая оценка остеоинтеграции титановых имплантатов с Ag- и Zn-содержащими кальций-фос-фатными покрытиями. *Травматол. и ортопедия России*. 2025;31(1):85–97. doi: 10.17816/2311-2905-17604

Maiborodin I.V., Maiborodina V.I., Sheplev B.V., Sharkeev Yu.P., Sedelnikova M.B., Pavlov V.V., Bazlov V.A., Anastasieva E.A., Efimenko M.V., Kirilova I.A., Korytkin A.A. Morphological assessment of osseointegration of titanium implants with Ag- and Zn-containing calcium phosphate coatings. *Travmatologiya i ortopediya Rossii = Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2025;31(1):85–97. [In Russian]. doi: 10.17816/2311-2905-17604

4. El-Wassefy N.A., Reicha F.M., Aref N.S. Electro-chemical deposition of nano hydroxyapatite-zinc coating on titanium metal substrate. *Int. J. Implant. Dent.* 2017;3(1):39. doi: 10.1186/s40729-017-0095-1

5. Николаев Н.С., Любимова Л.В., Пчелова Н.Н., Преображенская Е.В., Алексеева А.В. Использование имплантатов с покрытием на основе двумерно-упорядоченного линейно-цепочечного углерода, легированного серебром, для лечения перипротезной инфекции. *Травматол. и ортопедия России*. 2019;25(4):98–108. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-98-108

Nikolaev N.S., Lyubimova L.V., Pchelova N.N., Preobrazhenskaya E.V., Alekseeva A.V. Treatment of periprosthetic infection with silver-doped implants based on two-dimensional ordered linear chain carbon. *Travmatologiya i ortopediya Rossii = Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019;25(4):98–108. [In Russian]. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-98-108

6. Liu R., Memarzadeh K., Chang B., Zhang Y., Ma Z., Allaker R.P., Ren L., Yang K. Antibacterial effect of copper-bearing titanium alloy (Ti-Cu) against *Streptococcus mutans* and *Porphyromonas gingivalis*. *Sci. Rep.* 2016;6:29985. doi: 10.1038/srep29985

7. Heo D.N., Ko W.K., Lee H.R., Lee S.J., Lee D., Um S.H., Lee J.H., Woo Y.H., Zhang L.G., Lee D.W., Kwon I.K. Titanium dental implants surface-immobilized with gold nanoparticles as osteoinductive agents for rapid osseointegration. *J. Colloid Interface Sci.* 2016;469:129–137. doi: 10.1016/j.jcis.2016.02.022

8. Maiborodin I., Shevela A., Matveeva V., Morozov V., Toder M., Krasil'nikov S., Koryakina A., Shevela A., Yanushevich O. First experimental study of the influence of extracellular vesicles derived from multipotent stromal cells on osseointegration of dental implants. *Int. J. Mol. Sci.* 2021;22(16):8774. doi: 10.3390/ijms22168774

9. Майбородин И.В., Шевела А.А., Марчуков С.В., Морозов В.В., Матвеева В.А., Майбородина В.И., Новиков А.М., Торнуев Ю.В., Чуринов Б.В., Шевела А.И. Пролонгация очищения поврежденных тканей от детрита в условиях применения экзосом мультипотентных стромальных клеток. *Новости хирургии*. 2021;29(4):401–411. doi: 10.18484/2305-0047.2021.4.401.

Maiborodin I.V., Shevela A.A., Marchukov S.V., Morozov V.V., Matveeva V.A., Maiborodina V.I., Novikov A.M., Tornuev Yu.V., Churin B.V., Shevela A.I. Prolongation of cleansing damaged tissues from detritus using exosomes of multipotent stromal cells. *Novosti khirurgii = News of Surgery*. 2021;29(4):401–411. [In Russian]. doi: 10.18484/2305-0047.2021.4.401

10. Schulze-Späte U., Dietrich T., Wu C., Wang K., Hasturk H., Dibart S. Systemic vitamin D supplementation and local bone formation after maxillary sinus augmentation - a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical investigation. *Clin. Oral Implants Res*. 2016;27(6):701–706. doi: 10.1111/clr.12641

11. Майбородин И.В., Саркисянц Б.К., Шеплев Б.В., Майбородина В.И., Шевела А.А. Оссификация десны над внутрикостным имплантатом. *Арх. патол*. 2024;86(6):70–73. doi: 10.17116/patol20248606170

Maiborodin I.V., Sarkisants B.K., Sheplev B.V., Maiborodina V.I., Shevela A.A. Ossification of the gum over intraosseal implant. *Arkhiv patologii = Archive of Pathology*. 2024;86(6):70–73. [In Russian]. doi: 10.17116/patol20248606170

12. Zhang Y., Al-Maawi S., Wang X., Sader R., Kirkpatrick C., Ghanaati S. Biomaterial-induced multinucleated giant cells express proinflammatory signaling molecules: A histological study in humans. *J. Biomed. Mater. Res. A*. 2019;107(4):780–790. doi: 10.1002/jbm.a.36594

13. Tanneberger A.M., Al-Maawi S., Herrera-Vizcaino C., Orlowska A., Kubesch A., Sader R., Kirkpatrick C.J., Ghanaati S. Multinucleated giant cells within the in vivo implantation bed of a collagen-based biomaterial determine its degradation pattern. *Clin. Oral Investig*. 2021;25(3):859–873. doi: 10.1007/s00784-020-03373-7

14. Vautrin M., Moerenhout K., Udin G., Borens O. Perioperative contamination of orthopaedic polyethylene implants, targeting devices and arthroscopes. Experts' decision tree and literature review. *J. Bone Jt. Infect*. 2019;4(2):65–71. doi: 10.7150/jbji.30613

15. Wang D., Wang A., Wu F., Qiu X., Li Y., Chu J., Huang W.C., Xu K., Gong X., Li S. Sox10+ adult stem cells contribute to biomaterial encapsulation and microvascularization. *Sci. Rep*. 2017;7:40295. doi: 10.1038/srep40295

16. Zhang Y., Zhang H., Xiao Z., Yuan G., Yang G. IPO7 Promotes odontoblastic differentiation and inhibits osteoblastic differentiation through regulation of RUNX2 expression and translocation. *Stem. Cells*. 2022;40(11):1020–1030. doi: 10.1093/stmcls/sxac055

Сведения об авторах:

Майбородин Игорь Валентинович, д.м.н., проф., ORCID: 0000-0002-8182-5084, e-mail: imai@mail.ru

Саркисянц Борис Каренович, ORCID: 0009-0004-1986-4172, e-mail: genus87@mail.ru

Шеплев Борис Валентинович, д.м.н., ORCID: 0009-0008-4140-3531, e-mail: shepa@icloud.com

Шевела Александр Андреевич, д.м.н., ORCID: 0000-0001-9235-9384, e-mail: mdshevela@gmail.com

Information about the authors:

Igor V. Maiborodin, doctor of medical sciences, professor, ORCID: 0000-0002-8182-5084, e-mail: imai@mail.ru

Boris K. Sarkisants, ORCID: 0009-0004-1986-4172, e-mail: genus87@mail.ru

Boris V. Sheplev, doctor of medical sciences, ORCID: 0009-0008-4140-3531, e-mail: shepa@icloud.com

Aleksandr A. Shevela, doctor of medical sciences, ORCID: 0000-0001-9235-9384, e-mail: mdshevela@gmail.com

Поступила в редакцию 19.03.2025

После доработки 04.04.2025

После повторной доработки 15.07.2025

Принята к публикации 15.07.2025

Received 19.03.2025

Revision received 04.04.2025

Second revision received 15.07.2025

Accepted 15.07.2025