

DOI: <https://doi.org/10.17816/KMJ640899>

УДК 616.31-085



Морфологическая оценка результатов дентальной имплантации

И.В. Майбородин¹, Б.К. Саркисянц^{2,3}, Б.В. Шеплев³, В.И. Майбородина¹, А.А. Шевела²¹Институт химической биологии и фундаментальной медицины Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Россия;²Международный Центр имплантологии iDent, г. Новосибирск, Россия;³Новосибирский медико-стоматологический институт Дентмастер, г. Новосибирск, Россия

АННОТАЦИЯ

Имеется множество публикаций об аугментации (пластике) десны и костных тканей как альвеолярных отростков челюстей, так и дна верхнечелюстных пазух. В некоторых случаях пациенты нуждаются не только в восстановлении зубных рядов. Существует проблема комплексной реконструкции отдельных частей лицевого скелета, повреждённых при травмах, лучевых воздействиях, операциях при онкопатологии и т. п. Дентальная имплантация является необходимым компонентом при коррекции значительных дефектов не только челюстей, но и придаточных пазух. Кроме того, есть описание различных способов закрытия наружной части дентальных имплантатов для улучшения интеграции непосредственно после их внедрения в кость. Вместе с этим имеются определённые разногласия относительно манипуляций с десной при дентальной имплантации и подготовительных процедурах. Приводятся как рекомендации закрывать внедрённые изделя лоскутом собственных мягких тканей, так и мнение, что имплантация может быть осуществлена без лоскута. Также разнородны сообщения об источнике мягких тканей для закрытия имплантата: от аутологических тканей до аллогенной трансплантации, например, использование монослойного коллагенового матрикса свиньи. Нет единого мнения о самом оптимальном методе наращивания костных тканей для установки имплантатов. Явно недостаточны морфологические сведения о процессах лизиса, замещения или консолидации фрагментов аутогенной кости при помещении их или оставлении в тканях, повреждённых при подготовке и в ходе самой процедуры имплантации, статьи не содержат подробного описания этого процесса. Всё вышеизложенное свидетельствует, что ни одна проблема дентальной имплантации окончательно не решена, в том числе нет пошагового представления патоморфологических процессов консолидации или лизиса костных трансплантатов.

Ключевые слова: дентальная имплантация; трансплантация кости; аугментация десны; пластика дна верхнечелюстных пазух; аугментация челюсти.

Как цитировать:

Майбородин И.В., Саркисянц Б.К., Шеплев Б.В., Майбородина В.И., Шевела А.А. Морфологическая оценка результатов дентальной имплантации // Казанский медицинский журнал. 2025. Т. 106, № 2. С. 277–286. doi: <https://doi.org/10.17816/KMJ640899>

DOI: <https://doi.org/10.17816/KMJ640899>

Morphological assessment of dental implantation outcomes

Igor V. Maiborodin¹, Boris K. Sarkisants^{2,3}, Boris V. Sheplev³,
Vitalina I. Maiborodina¹, Aleksandr A. Shevela²

¹Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia;

²International Center of Implantology iDent, Novosibirsk, Russia;

³Novosibirsk Medical and Dental Institute Dentmaster, Novosibirsk, Russia

ABSTRACT

Numerous publications have addressed gingival and bone augmentation involving both the alveolar processes of the jaws and the floor of the maxillary sinuses. In some cases, patients require not only dental restoration but also complex reconstruction of facial skeletal regions damaged by trauma, radiation exposure, cancer surgery, and other factors. Dental implantation is an essential component in the correction of extensive defects not only of the jaws but also of the paranasal sinuses. Additionally, various techniques have been described for covering the outer part of dental implants immediately after insertion to enhance integration. At the same time, certain disagreements remain regarding gingival manipulation during dental implantation and preparatory procedures. Some sources recommend covering implants with a flap of autologous soft tissue, whereas others support flapless approaches. Reports also differ on the source of soft tissue used for coverage: ranging from autologous grafts to allogeneic transplants, such as porcine-derived monolayer collagen matrices. There is no consensus on the optimal bone augmentation method for implant placement. Morphological data on the processes of lysis, replacement, or consolidation of autologous bone fragments that are placed into or left within tissues damaged during preparation and implantation are clearly insufficient, and existing publications lack detailed descriptions of these processes. All of this indicates that none of the challenges in dental implantation have been definitively resolved, including the need for a step-by-step understanding of the pathomorphological processes involved in bone graft consolidation or resorption.

Keywords: dental implantation; bone grafting; gingival tissue augmentation; maxillary sinus floor augmentation; jawbone augmentation.

To cite this article:

Maiborodin IV, Sarkisants BK, Sheplev BV, Maiborodina VI, Shevela AA. Morphological assessment of dental implantation outcomes. *Kazan Medical Journal*. 2025;106(2):277–286. doi: <https://doi.org/10.17816/KMJ640899>

АКТУАЛЬНОСТЬ

Применение имплантатов в современной стоматологии значительно увеличилось. Дентальную имплантацию используют для коррекции полной и частичной адентии. Анатомия, состояние здоровья, знания практикующего врача и хирургическая техника являются ключевыми факторами, которые в конечном итоге влияют на общий итог имплантации. Для лучшего результата лечения необходимо обеспечить адекватное междисциплинарное общение, сотрудничество и поддержку пародонтологов, ортопедов и челюстно-лицевых хирургов [1].

Замена отсутствующих зубов является постоянной проблемой для хирурга-имплантолога, поскольку всегда есть несколько препятствий в виде качества кости, её объема, анатомии верхнечелюстной пазухи в задней части верхней челюсти и труднодоступности, тем более что часто объём твёрдых и мягких тканей недостаточен в начале процедуры. Клиницисту доступно множество методов трансплантации, каждый из которых имеет свои сильные и слабые стороны. Важно понимать эти различия и проводить тщательную диагностику и отбор случаев, чтобы сделать правильный выбор для каждого пациента. Для преодоления недостаточности мягких и твёрдых тканей применяют множество хирургических процедур, в том числе синус-лифтинг и наращивание кости [2]. Кроме того, необходима тщательная подборка самого оптимального материала для изготовления имплантатов, особенно в случае применения балочных конструкционных систем, с учётом всех показаний и противопоказаний [3–5].

Нами сделан анализ литературы, посвящённой морфологическому описанию процесса как консолидации, так и лизиса костных трансплантатов при дентальной имплантации. Проведён поиск в базе данных PubMed по сочетаниям ключевых слов «dental + implant + own + bone», «dental + implantation + bone + fragments» и «lysis + bone + fragments» за 2015–2024 гг. За указанный период найдено в общей сложности 129 источников, из которых для включения в обзор выбраны статьи с описанием механизмов деградации или включения фрагментов кости в окружающие ткани. К полученному материалу были добавлены основополагающие работы прежних лет. Всего в данный обзор вошли результаты 35 исследований.

ПЛАСТИКА МЯГКИХ ТКАНЕЙ В ИМПАНТОЛОГИИ

Существует два хорошо зарекомендовавших себя метода установки дентальных имплантатов. Традиционный подход к имплантации включает поднятие слизисто-надкостничного лоскута, а альтернативный подход не предполагает отгибание лоскута, каждый способ имеет свои преимущества и недостатки [6].

D. Kumar и соавт. [6] сравнивали изменения тканей вокруг внутрикостных имплантатов, установленных

с использованием лоскутной и безлоскутной хирургии. Средняя глубина периимплантного зондирования в группе без лоскута была сравнительно меньше, чем в группе с лоскутом через 12 мес. В течение указанного периода наблюдения снижение высоты костного гребня вокруг имплантатов, установленных и безлоскутным, и лоскутным хирургическим путём, было статистически значимым, но группа без лоскута показала меньшее изменение, чем пациенты, прооперированные без формирования лоскута. Сделано заключение, что хотя безлоскутная методика внутрикостной установки имплантата имеет статистически значимо меньшую глубину периимплантного зондирования и потери костной массы, чем лоскутная методика, различия имеют неопределённое клиническое значение.

G.G. Zafiroopoulos и G. John [7] определяли результаты лечения с использованием монослойного коллагенового матрикса свиньи в качестве альтернативы собственной соединительной ткани пациента для наращивания мягких тканей в сочетании с немедленной установкой имплантата. 27 пациентам сразу установили 27 имплантатов с одновременной аугментацией мягких тканей аутологичным коллагеновым матриксом. Пациенты были случайным образом разделены на две группы: в 1-й группе создан лоскут-конверт, а матрикс остался непокрытым в корональной части; и во 2-й группе, где создан лоскут в корональном положении и матрикс свиньи был полностью покрыт слизистой оболочкой. Спустя 6 мес обнаружена статистически значимая гипертрофия мягких тканей как в обеих группах, так и в общей выборке обследованных. Уменьшение объёма трансплантированного матрикса также было сопоставимо в обеих группах. Монослойная матрица из коллагена свиньи приводит к увеличению толщины мягких тканей вокруг имплантата независимо от техники создания лоскута и может быть альтернативой трансплантату из собственных тканей пациента. Двенадцати взрослым собакам породы бигль установлены имплантаты сразу после удаления зубов с одновременной направленной костной регенерацией. Через 25–45 нед произвольно выполняли аугментацию мягких тканей с применением стабильного по объёму коллагенового матрикса, контролем служили ложнопериоперированные животные или с использованием аутогенного субэпителиального соединительнотканного трансплантата. Слелки сняты до и после наращивания ткани, а также после периодов заживления в 4, 8 и 24 нед. И применение коллагенового матрикса, и использование аутогенного соединительнотканного трансплантата привело к увеличению объёма альвеолярной ткани после операции. Однако к окончанию наблюдения объём костной ткани уменьшился во всех трёх группах до уровня, близкого к состоянию до операции. Прирост тканей на вершине альвеолярного гребня оказался нестабильным во время наблюдения в обеих группах сравнения [8].

Имеются определённые разногласия относительно манипуляций с десной при дентальной имплантации и подготовительных процедурах. Есть как рекомендации

закрывать внедрённые изделия лоскутом собственных мягких тканей, так и мнение, что имплантация может быть осуществлена без лоскута. Кроме того, разнородны сообщения об источнике мягких тканей для закрытия имплантата: от аутологических тканей до аллогенной трансплантации, например, использование монослойного коллагенового матрикса свиньи.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСПЛАНТАТОВ ДЛЯ АУГМЕНТАЦИИ КОСТНЫХ ТКАНЕЙ

Во время заживления после операций аугментации костными трансплантатами фрагменты кости частично резорбируются и замещаются собственными тканями пациента [9]. Несмотря на наличие исключительных врождённых остеогенных, остеоиндуктивных и остеокондуктивных свойств, клиническая приемлемость ауто трансплантатов (собственная кость пациента) ограничена из-за возможности развития пери- и послеоперационных осложнений, например, патологических процессов в донорской области и ограниченного количества трансплантатов. В качестве альтернативы использование трупной кости продемонстрировало большие перспективы в достижении желательной скорости сращения при одновременном отсутствии проблем в донорском участке. В качестве адъюванта к аллотрансплантату для сращения кости при использовании в качестве удлинителя трансплантата или усилителя приживления трансплантированного материала оказался эффективным деминерализованный костный матрикс. Выбор конкретного способа костной пластики может быть рационализирован на основе уровня патологического процесса, клинического опыта и предпочтений хирурга-ортопеда, а также распространённости заболеваний в донорской области [10].

С точки зрения стоматологической имплантологии P. Li и соавт. [11] и I.W. Um и соавт. [12] обсуждают разработку и клиническое использование каркасов из деминерализованной дентинной матрицы, изготовленных из собственных удалённых зубов пациента. Аутологичная деминерализованная дентинная матрица обладает остеоиндуктивными и остеокондуктивными функциями, а также эффективностью и безопасностью, которые являются обязательными для использования материала в качестве заменителя костного трансплантата.

P. Li и соавт. [11] оценивали клиническую эффективность применения аутогенной деминерализованной дентинной матрицы в области периодонта после удаления зубов по сравнению с гранулами Bio-Oss для направленной костной регенерации при немедленной имплантации. В исследование включены 40 пациентов (45 имплантатов), которых случайным образом распределили в группу с применением аутогенной деминерализованной дентинной матрицы из удалённого зуба с немедленной

имплантацией, или в группу с немедленной имплантацией с использованием гранул Bio-Oss. Не было статистически значимой разницы в значениях коэффициента стабильности имплантата и резорбции маргинальной кости между двумя группами сравнения через 1 год протетической нагрузки. Аутогенные гранулы дентинной матрицы могут выступать в качестве отличной легкодоступной альтернативы костному трансплантату при направленной костной регенерации, даже для имплантации в случаях тяжёлого пародонтита. О хорошем регенеративном потенциале материала из собственных зубов пациента сообщают и другие исследователи [13].

L. Sapoznikov и соавт. [14] оценивали клиническую эффективность применения костного трансплантата Ivory Dentin Graft™ (из частиц дентина свиньи) для регенерации кости после удаления зуба при сохранности альвеолярного гребня с последующей установкой титановых имплантатов через 4 мес по сравнению с имеющимся в продаже трансплантатом из свиной кости. Использование материала дентинного трансплантата сопровождалось статистически значимым возрастанием объёма новообразованной кости, лучшими показателями интеграции костного материала и более высокой средней плотностью кости в месте операции. Установка титановых изделий была успешной у 95% пациентов с дентинным трансплантатом по сравнению с 81,25% пациентов с костным. Оба материала имели одинаковую клиническую безопасность и переносимость, что определялось побочными эффектами и местными реакциями. Возможно более широкое использование материала, полученного из дентина животных, вместо аутологичного дентина пациента.

Предсказуемость процедур для коррекции ремоделирования и резорбции кости после удаления зуба в лунках с сильно резорбированными краями из-за заболеваний пародонта до сих пор неизвестна. Больному с запущенным пародонтитом проведена экстракция верхних правых боковых и центральных резцов. В области центрального резца диагностирована полная потеря щечной костной пластины и дефицит вертикальной кости на 9 мм с небной стороны. Альвеолярные лунки заполнены коллагеновой губкой и покрыты нерезорбируемой мембраной из политетрафторэтилена высокой плотности. Первичное закрытие не было достигнуто, но какой-либо жёсткий каркасный материал не использовали. Через 12 мес конусно-лучевая компьютерная томография продемонстрировала достаточный объём костной ткани для установки двух обычных дентальных имплантатов в сочетании с небольшими процедурами горизонтальной аугментации кости [15].

Для восстановления дефектного участка альвеолярного отростка (отсутствующей щёчной стенки) в области центрального резца верхней челюсти после удаления анкилозированного зуба A. Jones [2] использовал небную костную пластину. Через 3 мес установлен имплантат, и одновременно мягкие ткани аугментированы соединительнотканым трансплантатом. Зубные ряды были

успешно реставрированы и случай завершён с удовлетворительным эстетическим результатом. Особо отмечены короткий период заживления и оптимальное качество получаемой ткани.

Предоперационное физикальное, клиническое и визуальное обследование пациента (23 года) выявило небольшую подвижность центрального резца верхней челюсти (зуб № 8) из-за наличия обширной пришеечной резорбции. Лечение заключалось в атравматичном удалении зуба с последующей немедленной установкой имплантата и временным протезированием. Использовано два трансплантата (бычья кость и соединительная ткань) из-за наличия очень тонкой костной пластины верхней челюсти, связанной с тонким биотипом десны. Применение извлечённой коронки для немедленной установки имплантата привело к достижению эстетически положительного результата в долгосрочной перспективе, тогда как удаление передних зубов обычно требует изготовления цельных протезов с использованием материалов синтетического происхождения, с которыми не всегда возможно достижение эстетических и физиологических результатов, ожидаемых пациентами [16].

Применение полнослойного лоскута для закрытия поверхности имплантата на фоне периимплантатного расхождения кости или фенестрации показало значительно худшие результаты по сравнению с использованием сочетания резорбируемой мембраны с костным трансплантатом. При этом лечение, основанное на комбинации трансплантата и мембраны/надкостницы, показало себя несколько лучше, чем лечение с использованием только трансплантата или только мембраны. Трансплантаты аллогенного происхождения оказались лучше, относительно аутологичной костной ткани. Нерезорбируемая мембрана в сочетании с собственной надкостницей пациента продемонстрировала большее увеличение толщины щёчного отдела кости, чем резорбируемый материал с костным трансплантатом [17].

Костный матрикс Osteotensors® активирует собственные мультипотентные стромальные клетки (МСК) пациента посредством целенаправленной безлоскутной distraction кости перед имплантацией и/или терапией с использованием костного трансплантата, что способствует формированию новой кости. Кость верхней и нижней челюсти активировали на период от 21 (для кости типа I) до 45 дней (для кости типа IV) перед установкой имплантата и/или костного трансплантата. После формирования новой кости установлены корневидные и дисковые имплантаты. Через 3 года все имплантаты оказались клинически и рентгенологически остеоинтегрированными с отличным функциональным и эстетическим результатом. Безлоскутный distractionный остеогенез с использованием Osteotensors в течение нескольких недель до операции улучшает исходное качество и объём костного ложа [18].

Сравнивали скорость и степень остеоинтеграции дентальных имплантатов при установке либо в аутогенные

кортикально-губчатые костные трансплантаты, либо в лиофилизированные трансплантаты из губчатой кости. В качестве модельного участка использовали подвздошную кость. Сорок пять имплантатов установлены 15 собакам, изделия извлекали через 1, 2 и 3 мес. Через 1 мес не было статистической разницы в степени остеоинтеграции двух костных трансплантатов. Спустя 2 мес отмечена статистически значимо более высокая степень остеоинтеграции в местах расположения аутогенных кортикально-губчатых, чем в лиофилизированных костных трансплантатах. На 3-й месяц степень остеоинтеграции в этих двух группах составила 70 и 33% соответственно [19].

Реконструкция альвеолярных отростков челюстей в плане подготовки к дентальной имплантации может быть выполнена и с применением аутологичных костных трансплантатов, таких как дентин или деминерализованный дентинный матрикс собственного удалённого зуба, и с использованием аллогенных материалов, например, аллогенного дентина, и полимеров (Тефлон). Часть исследователей рекомендует аутопластику, другие — аллогенные материалы, третьи синтетические трансплантаты. Нет единого мнения о самом оптимальном методе аугментации альвеол для установки имплантатов.

Злевание дна верхнечелюстных пазух

Полости придаточных пазух часто являются серьёзным препятствием для установки дентальных имплантатов в боковых отделах верхней челюсти, особенно при ранней адентии. В сильно атрофированных задних отделах верхней челюсти для клинического успеха имплантации иногда требуется увеличение вертикального гребня дна верхнечелюстной пазухи. По существу, методы пластики, направленные на уменьшение расширенного объёма этих пневматических полостей, заключаются в воссоздании необходимого жизнеспособного объёма кости на дне полостей пазух путём размещения различных материалов-заменителей кости. Широкое разнообразие биоматериалов-заменителей кости, имеющих на рынке, свидетельствует о прогрессе этой области имплантологии. Аутогенная кость и её комбинации с кальций- и фосфорсодержащими биоматериалами, несомненно, остаются лучшими универсальными биоматериалами. Имплантация синтетических биоматериалов имеет свои специфические показания в зависимости от их стабильной (нерезорбируемой) или нестабильной (резорбируемой) природы и скорости метаболической адсорбции. По-разному обработанные костные материалы из банка тканей (если они не загрязнены или несомнительны с иммунологической точки зрения) ведут себя так же, как и аутогенные кости [20, 21].

В целом аутогенная кость является наиболее предсказуемым материалом для аугментационных процедур и обеспечения правильной установки имплантата в заднем отделе атрофированной верхней челюсти, несмотря на 40% резорбцию, поскольку обладает высокой остеоондуктивностью и меньше зависит от эндостальной

миграции по кости дна пазухи. Добавление минералов животного происхождения к аутогенной кости может быть полезным для успеха трансплантации, поскольку аллогенный материал действует как медленно рассасывающийся заполнитель пространства. Для смешивания с аутогенной костью также подходит пористый гидроксиапатит, поскольку он улучшает формирование костной ткани и контакт кости с имплантатом в расширенных пазухах. Морфологическая оценка показала, что деминерализованная лиофилизированная кость уступает другим материалам. На основании результатов гистологического исследования можно заключить, что начальные этапы остеоинтеграции имплантатов независимы от биоматериала, используемого в аугментационных процедурах [22].

У 63 пациентов выполнено 82 элевации дна верхнечелюстных пазух. Для аугментации в 39 случаях использованы аутоотрансплантаты из гребня подвздошной кости или остеоиндуктивные аллогенные костные порошки: аутолизированная, антиген-экстрагированная, аллогенная кость, деминерализованный лиофилизированный костный аллотрансплантат и/или Grafton (гель деминерализованного костного матрикса) в 43 случаях. Примерно через 4–6 мес после имплантации остеоиндуктивные аллогенные костные имплантаты при рентгенологическом исследовании выглядели как эквивалент формирования кости. Методами гистологии установлено, что остеоиндуктивные материалы полностью трансформировались в собственную костную ткань пациентов. Гистологически, а также рентгенологически не обнаружено различий в качестве кости между двумя материалами для аугментации. Не удалось достичь остеоинтеграции 4 из 67 дентальных имплантатов при использовании костных аутоотрансплантатов и 2 из 74 — в группе аллогенных материалов. Пациенты с костными аутоотрансплантатами предъявляли послеоперационные жалобы в среднем 19 ± 9 дней, а реципиенты аллогенных материалов — 3 ± 5 сут. Остеоиндуктивные костные имплантаты предпочтительнее аутоотрансплантатов подвздошной кости для аугментации верхнечелюстной пазухи [23].

Пациентам с потерей задних зубов и высотой кости дна верхнечелюстной пазухи от 4 до 10 мм выполняли внутреннюю элевацию дна пазухи аутогенной костью пациента, смешанной с керамикой из β -трикальцийфосфата, с одномоментной имплантацией. Окончательное изготовление коронок проводили через 4–6 мес. В 16 случаях установлен 21 имплантат, средняя высота прироста костной ткани составила 4,2 мм (2–6 мм). Все имплантаты нагружены в течение 32 мес, оставались стабильными и хорошо остеоинтегрированными [24].

Оценивали качество костной ткани при аугментации максиллярного синуса аутогенной костью, смешанной с богатой тромбоцитами фибриновой плазмой (PRP; *patelet rich plasma*) или без неё. В 1-й группе 5 пациентам выполнена аугментация верхнечелюстной пазухи с наращиванием аутогенной костью и установкой имплантата

через 6 мес. Во 2-й группе 10 пациентам проведена коррекция верхнечелюстной пазухи также с наращиванием аутогенной костью, но в смеси с PRP, приготовленной из собственной крови, и имплантацией через 4 или 6 мес ($n=5$ на каждый срок). В момент имплантации и спустя 3 мес в 1-й группе была статистически значимо больше средняя плотность костной ткани. Через 6 мес после установки имплантатов самая высокая средняя плотность кости отмечена во 2-й группе [25].

Пациентам группы А проведён внутренний синус-лифтинг и установлены имплантаты без использования костного трансплантата, в группе В — классический внутренний синус-лифтинг с размещением частиц бычьей кости и последующей установкой имплантата. Высокие значения данных биомеханической стабильности установленных имплантатов наблюдали в группе А, по сравнению с группой В, через 6 мес после операции, но объём костной ткани в группе В был значительно выше. Внутренний синус-лифтинг без костного трансплантата обладает способностью образовывать кость за счёт остеогенного потенциала оболочки синуса. Высокое качество производимой кости имеет большое значение для успеха имплантации, а новообразованная кость была значительно лучшего качества в группе А (без использования экзогенного костного трансплантата) [26].

Модификацией техники синус-лифтинга является использование рассасывающихся штифтов StemVie™ (двухкомпонентная керамика, состоящая из гидроксиапатита и β -трикальцийфосфата). Этот метод может добавить 4–10 мм высоты кости для сильно атрофированных альвеолярных гребней в областях, которые трудно достижимы через боковое окно. Процедура является минимально инвазивной, простой и предсказуемой, а также сопровождается слабой послеоперационной болезненностью из-за меньшего размера лоскута и минимального объёма остеотомии. При наличии достаточного количества альвеолярной кости для стабилизации имплантат может быть установлен одновременно с пластикой синуса и трансплантатом. Штифт StemVie полностью резорбируется и замещается собственной костью пациента. Заживление ускоряется при добавлении аспирата костного мозга и/или периферической венозной крови к штифту StemVie. Трансплантат поглощает кровь или костный мозг через имеющиеся поры. Аспират костного мозга способствует заживлению за счёт привнесения предшественников остеобластных клеток, цитокинов и факторов роста, в то время как периферическая кровь поставяет, в основном, цитокины и факторы роста [27].

Для утолщения дна верхнечелюстных пазух применяют различные методы с хорошим результатом. Однозначно, что высокое качество производимой кости имеет большое значение для успеха имплантации. Кроме аутологичных костных трансплантатов внедряют аллотрансплантаты (деминерализованная лиофилизированная кость) и остеоиндуктивные материалы, которые полностью резорбируются

и замещаются собственной костью пациента. Опубликованы различные работы, описывающие преимущества и недостатки того или иного метода: от рекомендации применять остеоиндуктивные материалы вместо аутологичной кости, т. к. по-разному обработанные костные материалы из банка тканей ведут себя так же, как и аутогенные ткани, до того, что деминерализованная лиофилизированная кость уступает другим материалам. Более того, имеется мнение, что синус-лифтинг со стимуляцией остеогенного потенциала собственных тканей вообще без трансплантации костных материалов может быть более успешным, чем при различных видах пластики.

ПРОЦЕСС ЛИЗИСА И РЕОРГАНИЗАЦИЯ КОСТНЫХ ТКАНЕЙ ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ

В проксимальные мышечки большеберцовой кости (ПМБК) беспородных кроликов устанавливали винтовые дентальные имплантаты. Повреждение кости во время подготовки и самой процедуры имплантации сопровождается образованием детрита, в том числе костных стружек (опилок), которые при внедрении винтового изделия оттесняются в окружающие костные структуры и спрессовываются там. Было установлено, что через 3 сут после имплантации между внедрёнными изделиями и неповреждённой костью содержалось множество костного детрита — нежизнеспособных костных отломков разных размеров и форм. К 7-м суткам на отдельных местах происходила консолидация жизнеспособных фрагментов кости в костные балки, а на других — лизис некротизированных костных отломков. На 10-й день практически весь дебрис был или лизирован (за исключением очень крупных фрагментов), или интегрирован в растущие структуры молодой костной ткани. Длительное наличие дебриса в месте имплантации, соответственная пролонгация воспалительного процесса и отсрочка регенерации тканей могут ухудшить приживление внедрённых изделий [28, 29].

Кроме того, на 3-й день после операции в мягких тканях на поверхности ПМБК кроликов, прилегающих к металлическому имплантату, достаточно редко, но у каждого животного, встречались нежизнеспособные костные фрагменты, опилки, получившиеся при высверливании отверстия в кости для вкручивания винтового имплантата. Крупные костные частицы или были окружены и инфильтрированы по периферии макрофагами, или фагоциты полностью разделяли их на ещё более мелкие частицы. Небольшие фрагменты были уже полностью инфильтрированы и разрушены многоядерными макрофагами со слившейся цитоплазмой. Через 7 сут встречались некротизированные костные фрагменты диаметром до 300 мкм на разной стадии разрушения. Некоторые костные частицы окружены подобием капсулы из концентрических слоёв молодой соединительной ткани и инфильтрированы лейкоцитами. В других случаях разрушение кости шло через формирование многоядерных макрофагов

со слившейся цитоплазмой. На 10-е сутки костные фрагменты были практически полностью лизированы. То есть постепенно после имплантации костный детрит из окружающих тканей практически исчезает [28].

Гистологические изменения альвеолярной костной ткани лошадей присутствовали во всех случаях ($n=21$) апикальной инфекции, когда альвеола оставалась прикреплённой к зубу. Патоморфология включала нарушение нормального трабекулярного рисунка, повышенную активность остеокластов и наличие островков кости с фестончатым профилем внутри утолщённой прикреплённой периодонтальной связки [30].

В рандомизированном двойном слепом плацебо-контролируемом клиническом исследовании изучали влияние перорального приёма витамина D3 (5000 МЕ) в сочетании с кальцием (600 мг) на формирование и ремоделирование кости после аугментации стенки верхнечелюстной пазухи по сравнению с плацебо-препаратом, содержащим кальций. Костные образцы для гистологического анализа получены во время установки имплантата (через 6–8 мес). Добавка кальция с витамином D3+ значительно повысила содержание 25-hydroxyvitamin D в сыворотке; однако между группами не было обнаружено статистически значимой разницы в формировании кости или резорбции трансплантата. При этом в группе, получавшей витамин D3, обнаружена значительная положительная корреляция между повышенным уровнем витамина D и количеством остеокластов, резорбирующих кость, вокруг частиц трансплантата. Это позволяет предположить, что при повышении уровня витамина D в сыворотке может быть более выраженным местное ремоделирование кости [9].

Как одни из первых иммунных клеток, мигрирующих после дентальной имплантации, макрофаги обладают способностью поляризоваться в спектр различных фенотипов: от «классически активированных» M1 до «альтернативно активированных» M2. Процесс ремоделирования после дентальной имплантации (эксперимент на крысах) сходен со стандартной реакцией на повреждение тканей (на примере удаления зубов в эксперименте), но только с задержкой фаз регенерации кости. Кроме того, активация макрофагов в обеих группах претерпела переход от стадии с преобладанием M1 к стадии с преобладанием M2-типа, но макрофаги M1 всё равно сохранялись. Дальнейшие исследования *in vitro* показали, что M1-макрофаги участвовали в регуляции активности остеокластов, являлись их предшественниками и рекрутировали костномозговые МСК. M2-макрофаги ускоряют остеогенез на последующей стадии благодаря своей способности секретировать белки и релизы, связанные с остеогенезом. Однако остеогенная дифференцировка МСК ингибировалась при культивировании в средах высокой концентрации после культивирования каждого фенотипа макрофагов, это означает, что иммунные стратегии в соответствующих пределах подвергаются контролю. Ремоделирование кости происходит при скоординированном участии и M1-, и M2-макрофагов [31].

ВОЗМОЖНОСТЬ РАЗВИТИЯ ФАТАЛЬНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

Описана тромбоэмболия лёгочной артерии при эндопротезировании суставов, но источником эмболов чаще всего являются тромбированные вены [32, 33]. В качестве единичных случаев приводятся наблюдения за пациентами с эмболией лёгочной артерии структурами костного мозга: как гемопозитического, так и жёлтого [34]. В связи с этим особый интерес вызывает сообщение И.В. Майбородина и соавт. [35], которые методами световой микроскопии изучали сердца и лёгкие кроликов в различные сроки после имплантации винтовых титановых дентальных имплантатов в ПМБК. Показано, что после имплантации и, скорее всего, любых манипуляций с костными структурами возможно попадание с током крови из места операции фибрина, детрита и даже структур красного костного мозга в правые полости сердца, о чём свидетельствует присутствие там сгустков крови и различных бластных форм гемопозитических клеточных элементов. Пройдя через сердце, тромбы и эмболы оказываются в лёгких, создавая непроходимость артерий, в которых оседают. Вместе с этим не исключено тромбообразование в правом предсердии и желудочке сердца, а также в артериях лёгких, как реакция на перенос детрита из места операции.

Является целесообразным принятие мер, направленных как на недопущение попадания дебриса в кровоток, так и на профилактику тромбоэмболии лёгочной артерии при любых имплантациях в костные ткани, даже относительно небольших изделий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, дентальная имплантация является необходимым компонентом при коррекции значительных дефектов не только челюстей, но и придаточных пазух. Кроме того, есть описание различных способов закрытия наружной части дентальных имплантатов для улучшения интеграции непосредственно после их внедрения в кость. Вместе с этим по каждой из проблем имплантологии публикуются противоречащие и взаимоисключающие статьи. Имеются определённые разногласия относительно манипуляций с десной при дентальной имплантации и подготовительных процедурах. Приводятся как рекомендации закрывать внедрённое изделие лоскутом собственных мягких тканей, так и мнение, что имплантация может быть осуществлена без лоскута. Также разнородны сообщения об источнике мягких тканей для закрытия имплантата: от аутологических тканей до аллогенной трансплантации, например, использование монослойного коллагенового матрикса свиньи. Реконструкция альвеолярных отростков челюстей и аугментация дна верхнечелюстных пазух в плане подготовки к дентальной имплантации могут быть

выполнены с применением аутологических костных трансплантатов. Кроме аутологических костных трансплантатов, внедряют аллотрансплантаты и остеоиндуктивные материалы, которые ведут себя так же, как и аутогенные ткани. Есть данные, что синус-лифтинг со стимуляцией остеогенного потенциала собственных тканей вообще без трансплантации костных материалов может быть более успешным, чем при различных видах пластики. Таким образом, нет единого мнения о самом оптимальном методе наращивания костных тканей для установки имплантатов. Явно недостаточны морфологические сведения о процессах лизиса, замещения или консолидации фрагментов аутогенной кости при помещении их или оставлении в тканях, повреждённых при подготовке и в ходе самой процедуры имплантации. Необходимо отметить сообщение, что после операций аугментации костными трансплантатами фрагменты кости частично резорбируются и замещаются собственной костью пациента, но статья не содержит подробного описания этого процесса. Всё вышеизложенное свидетельствует, что ни одна проблема дентальной имплантации окончательно не решена.

Каждая методика подготовки и проведения процедуры дентальной имплантации имеет свои преимущества и недостатки, выбор техники следует проводить с осторожностью, с учётом всех показаний и противопоказаний, а также собственного опыта врача-имплантолога, основываясь на достижениях максимально благоприятного долгосрочного результата.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: И.В.М. — концептуализация, анализ, редактирование рукописи, общее руководство; Б.К.С. — исследование, создание черновика; Б.В.Ш. — редактирование рукописи, общее руководство; В.И.М. — исследование, создание черновика, редактирование рукописи; А.А.Ш. — концептуализация, редактирование рукописи.

Источник финансирования. Исследование поддержано в рамках государственного задания ИХБФМ СО РАН «Фундаментальные основы сохранения здоровья нации» № FWGN-2025-0019.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. I.V.M. — conceptualization, analysis, manuscript editing, supervision; B.K.S. — research, draft creation; B.V.S. — manuscript editing, supervision; V.I.M. — research, draft creation, manuscript editing; A.A.S. — conceptualization, manuscript editing. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for

the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.
Funding source. This work was supported by the Russian state-

funded project for ICBFM SB RAS (grant number FWGN-2025-0019).
Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Fatani B, Almutairi ES, Almalky HA, et al. A Comparison of Knowledge and Skills Related to Up-to-Date Implant Techniques Among Prosthodontists, Periodontists, and Oral Surgeons: A Cross-Sectional Study. *Cureus*. 2022;14(10):e30370. doi: 10.7759/cureus.30370
2. Jones A. Palatal bone plate to repair a deficient site in the esthetic zone. *Int J Esthet Dent*. 2023;18(1):14–25.
3. Olesova VN, Shashmurina VR, Shugailov IA, et al. Study of the Biocompatibility of Titanium-Niobium Implants by the Parameters of Their Osseointegration under Experimental Conditions. *Bull Exp Biol Med*. 2019;166(5):686–688. (In Russ.) EDN: PIBMPX
4. Khafizov IR, Mirgazitov MZ, Khafizova FA, et al. Justification of the choice of modern structural materials for prosthetics with beam systems with different positioning of dental implants to prevent disintegration processes. *Russian Bulletin of Dental Implantology*. 2020;(1–2(47–48)):82–91. EDN: IHPUIC
5. Khafizova FA, Tayurskii DA, Kiiamov AG, et al. Changing the strength properties of superstructural elements of zirconia after mechanical processing according to x-ray diffraction analysis and its significance for dental ceramic implantology. *Russian Bulletin of Dental Implantology*. 2021;(1–2(51–52)):16–22. EDN: SAEVPR
6. Kumar D, Sivaram G, Shivakumar B, Kumar T. Comparative evaluation of soft and hard tissue changes following endosseous implant placement using flap and flapless techniques in the posterior edentulous areas of the mandible—a randomized controlled trial. *Oral Maxillofac Surg*. 2018;22(2):215–223. doi: 10.1007/s10006-018-0695-9
7. Zafiropoulos GG, John G. Use of Collagen Matrix for Augmentation of the Peri-implant Soft Tissue at the Time of Immediate Implant Placement. *J Contemp Dent Pract*. 2017;18(5):386–391. doi: 10.5005/jp-journals-10024-2052
8. Naenni N, Bienz SP, Benic GI, et al. Volumetric and linear changes at dental implants following grafting with volume-stable three-dimensional collagen matrices or autogenous connective tissue grafts: 6-month data. *Clin Oral Investig*. 2018;22(3):1185–1195. doi: 10.1007/s00784-017-2210-3
9. Schulze-Späte U, Dietrich T, Wu C, et al. 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
10. Li G, Li P, Chen Q, et al. Current Updates on Bone Grafting Biomaterials and Recombinant Human Growth Factors Implanted Biotherapy for Spinal Fusion: A Review of Human Clinical Studies. *Curr Drug Deliv*. 2019;16(2):94–110. doi: 10.2174/1567201815666181024142354
11. Li P, Zhu H, Huang D. Autogenous DDM versus Bio-Oss granules in GBR for immediate implantation in periodontal postextraction sites: A prospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2018;20(6):923–928. doi: 10.1111/cid.12667
12. Um IW, Kim YK, Mitsugi M. Demineralized dentin matrix scaffolds for alveolar bone engineering. *J Indian Prosthodont Soc*. 2017;17(2):120–127. doi: 10.4103/jips.jips_62_17
13. Dłucik R, Orzechowska-Wylegała B, Dłucik D, et al. Comparison of clinical efficacy of three different dentin matrix biomaterials obtained from different devices. *Expert Rev Med Devices*. 2023;20(4):313–327. doi: 10.1080/17434440.2023.2190512
14. Sapoznikov L, Haim D, Zavan B, et al. A novel porcine dentin-derived bone graft material provides effective site stability for implant placement after tooth extraction: a randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2023;27(6):2899–2911. doi: 10.1007/s00784-023-04888-5
15. Aimetti M, Manavella V, Cricenti L, Romano F. A Novel Procedure for the Immediate Reconstruction of Severely Resorbed Alveolar Sockets for Advanced Periodontal Disease. *Case Rep Dent*. 2017;2017:9370693. doi: 10.1155/2017/9370693
16. Deliberador TM, Beghini GJ, Tomazinho F, et al. Immediate Implant Placement and Provisionalization Using the Patient's Extracted Crown: 12-Month Follow-Up. *Compend Contin Educ Dent*. 2018;39(3):e18–e21.
17. Severi M, Simonelli A, Farina R, et al. Effect of lateral bone augmentation procedures in correcting peri-implant bone dehiscence and fenestration defects: A systematic review and network meta-analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2022;24(2):251–264. doi: 10.1111/cid.13078
18. Odin G, Petitbois R, Cotten P, Philip P. Distraction Osteogenesis Using Bone Matrix Osteotensors in Ectodermal Dysplasia: A Case Report. *Implant Dent*. 2015;24(5):612–619. doi: 10.1097/ID.0000000000000310
19. Pansegrau KJ, Fridrich KL, Lew D, Keller JC. A comparative study of osseointegration of titanium implants in autogenous and freeze-dried bone grafts. *J Oral Maxillofac Surg*. 1998;56(9):1067–1073; discussion 1073–1074. doi: 10.1016/s0278-2391(98)90258-0
20. Chanavaz M. Sinus grafting related to implantology. Statistical analysis of 15 years of surgical experience (1979–1994). *J Oral Implantol*. 1996;22(2):119–130.
21. Hatano N, Sennerby L, Lundgren S. Maxillary sinus augmentation using sinus membrane elevation and peripheral venous blood for implant-supported rehabilitation of the atrophic posterior maxilla: case series. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2007;9(3):150–155. doi: 10.1111/j.1708-8208.2007.00043.x
22. Browaeys H, Bouvry P, De Bruyn H. A literature review on biomaterials in sinus augmentation procedures. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2007;9(3):166–177. doi: 10.1111/j.1708-8208.2007.00050.x
23. Kübler NR, Will C, Depprich R, et al. Vergleichende Untersuchungen zur Sinusbodenelevation mit autogenem oder allogenen Knochengewebe. *Mund- Kiefer- und Gesichtschir*. 1999;3 Suppl 1:S53–60. German. doi: 10.1007/PL00014517
24. Chen L, Zhou WQ, Wu YP, Lu JH. Clinical use of beta-tricalcium phosphate ceramics with patient's own bone in maxillary elevation with osteotome. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue*. 2011;20(3):282–285.
25. Khairy NM, Shendy EE, Askar NA, El-Rouby DH. Effect of platelet rich plasma on bone regeneration in maxillary sinus augmentation (randomized clinical trial). *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2013;42(2):249–255. doi: 10.1016/j.ijom.2012.09.009
26. Qabbani AA, Bayatti SWA, Hasan H, et al. Clinical and Radiological Evaluation of Sinus Membrane Osteogenicity Subsequent to Internal Sinus Lifting and Implant Placement. *J Craniofac Surg*. 2020;31(3):e233–e236. doi: 10.1097/SCS.00000000000006106

27. Soltan M, Smiler D, Ghostine M, et al. Antral membrane elevation using a post graft: a crestal approach. *Gen Dent.* 2012;60(2):e86–94.
28. Maiborodin IV, Shevela AA, Marchukov SV, et al. Prolongation of Cleansing Damaged Tissues from Detritus Using Exosomes of Multipotent Stromal Cells. *Novosti Khirurgii.* 2021;29(4):401–411. doi: 10.18484/2305-0047.2021.4.401
29. Maiborodin I, Shevela A, Matveeva V, et al. 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
30. Liuti T, Smith S, Dixon PM. A Comparison of Computed Tomographic, Radiographic, Gross and Histological, Dental, and Alveolar Findings in 30 Abnormal Cheek Teeth from Equine Cadavers. *Front Vet Sci.* 2018;4:236. doi: 10.3389/fvets.2017.00236
31. Liang B, Wang H, Wu D, Wang Z. Macrophage M1/M2 polarization dynamically adapts to changes in microenvironment and modulates alveolar bone remodeling after dental implantation. *J Leukoc Biol.* 2021;110(3):433–447. doi: 10.1002/JLB.1MA0121-001R
32. Heijboer RRO, Lubberts B, Guss D, et al. Incidence and Risk Factors Associated with Venous Thromboembolism After Orthopaedic Below-knee Surgery. *J Am Acad Orthop Surg.* 2019;27(10):e482–e490. doi: 10.5435/JAAOS-D-17-00787
33. Gurunathan U, Barras M, McDougall C, et al. Obesity and the Risk of Venous Thromboembolism after Major Lower Limb Orthopaedic Surgery: A Literature Review. *Thromb Haemost.* 2022;122(12):1969–1979. doi: 10.1055/s-0042-1757200
34. Sharma P, Gautam A, Kumar P, et al. Bone marrow emboli following bone marrow procedure: A possible complication. *Indian J Pathol Microbiol.* 2022;65(4):946–947. doi: 10.4103/ijpm.ijpm_442_21
35. Maiborodin IV, Ryaguzov ME, Kuzkin SA, et al. Risk of Thromboembolism After Intraosseous Implantation of Metallic Devices with Extracellular Vesicles Derived from Multipotent Stromal Cells: Preliminary Results. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2024;30(2):131–142. doi: 10.17816/2311-2905-17519

ОБ АВТОРАХ

***Майбородин Игорь Валентинович**, д-р мед. наук, проф., главный научный сотрудник лаборатории инвазивных медицинских технологий;
адрес: Россия, 630090, Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, д. 8;
ORCID: 0000-0002-8182-5084;
eLibrary SPIN: 8626-5394;
e-mail: imai@mail.ru

Саркисянц Борис Каренович, аспирант, врач — стоматолог-ортопед ортопедического отделения;
ORCID: 0009-0004-1986-4172;
e-mail: genus87@mail.ru

Шеплев Борис Валентинович, д-р мед. наук, ректор;
ORCID: 0009-0008-4140-3531;
eLibrary SPIN: 9905-4138;
e-mail: shepa@icloud.com

Майбородина Виталина Игоревна, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник лаб. инвазивных медицинских технологий;
ORCID: 0000-0002-5169-6373;
eLibrary SPIN: 8492-6291;
e-mail: mai_@mail.ru

Шевела Александр Андреевич, д-р мед. наук, заведующий хирургическим отделением;
ORCID: 0000-0001-9235-9384;
eLibrary SPIN: 7715-7009;
e-mail: mdshevela@gmail.com

AUTHORS' INFO

***Igor V. Maiborodin**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof., Chief Researcher, Laboratory of Invasive Medical Technologies;
address: 8 Lavrentiev ave, Novosibirsk, Russia, 630090;
ORCID: 0000-0002-8182-5084;
eLibrary SPIN: 8626-5394;
e-mail: imai@mail.ru

Boris K. Sarkisants, postgrad. Stud., Prosthodontist of Prosthodontist Depart.;
ORCID: 0009-0004-1986-4172;
e-mail: genus87@mail.ru

Boris V. Sheplev, MD, Dr. Sci. (Med.), Rector;
ORCID: 0009-0008-4140-3531;
eLibrary SPIN: 9905-4138;
e-mail: shepa@icloud.com

Vitalina I. Maiborodina, MD, Dr. Sci. (Med.), Leading Researcher, Lab. of Invasive Medical Technologies;
ORCID: 0000-0002-5169-6373;
eLibrary SPIN: 8492-6291;
e-mail: mai_@mail.ru

Aleksandr A. Shevela, MD, Dr. Sci. (Med.), Head of Oral Surgical Depart.;
ORCID: 0000-0001-9235-9384;
eLibrary SPIN: 7715-7009;
e-mail: mdshevela@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author