



Черепно-лицевые исследования

Остеопластический материал на основе дентина для аугментации альвеолярного отростка: систематический обзор

Dedy Agoes Mahendra^a, Kavanila Bilbalqish^a, Alexander Patera Nugraha^b, Arief Cahyanto Kaushik Sengupta^d, Kamal Hanna^{e,f}, Asti Meizarini^g, Ninuk Hariyani^{a,e,h,*}^a Магистерская программа по стоматологическому здоровью, стоматологический факультет, Университет Аирлангга, Сурабая, Восточная Ява, Индонезия^b Кафедра ортодонтии, стоматологический факультет, Университет Аирлангга, Сурабая, Восточная Ява, Индонезия^c Кафедра терапевтической стоматологии, стоматологический факультет, Университет Малайя, Малайзия^d Кафедра общественного здравоохранения, Копенгагенский университет, Дания^e Австралийский исследовательский центр популяционного стоматологического здоровья (ARCPON), Стоматологическая школа Аделаиды, Университет Аделаиды, Австралия^f Египетский совет по челюстно-лицевой хирургии, Египет^g Кафедра стоматологических материалов, стоматологический факультет, Университет Аирлангга, Сурабая, Восточная Ява, Индонезия^h Кафедра общественного здравоохранения в стоматологии, стоматологический факультет, Университет Аирлангга, Сурабая, Восточная Ява, Индонезия

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Ключевые слова

Дентин
Остеопластический материал
Тканевая инженерия
Аугментация альвеолярного отростка
Дефекты альвеолярной костной ткани
Медицина

АННОТАЦИЯ

Введение: Использование остеопластического материала (ABG) для аугментации альвеолярной кости направлено на предотвращение чрезмерной резорбции кости, вызванной удалением зубов, их отсутствием или другими заболеваниями/состояниями, влияющими на альвеолярную кость. Выбор аутогенного костного трансплантата на основе дентина обусловлен тем, что его состав практически аналогичен составу костной ткани.**Цель:** Данный систематический обзор направлен на оценку эффективности ABG на основе дентина для альвеолярной аугментации постэкстракционных лунок или других дефектов альвеолярной кости путем анализа прироста объема и гистоморфометрических данных. **Материалы и методы:** Проведен систематический поиск литературы в базах данных Pubmed, Scopus, Web of Science и Embase с момента их создания до октября 2023 года. В обзор включены рандомизированные контролируемые исследования (РКИ), пилотные исследования, клинические исследования и ретроспективные исследования, посвященные применению ABG на основе дентина для аугментации альвеолярной кости.**Результаты:** В общей сложности в ходе первоначального поиска было найдено 298 статей. Из них 21 статья соответствовала критериям включения и была отобрана для описательного анализа. Во всех исследованиях был зафиксирован низкий риск систематической ошибки (bias). В исследованиях, в которых ABG на основе дентина сравнивали с контрольной группой (материал на основе кости), отмечался статистически значимо более высокий процент образования новой костной ткани, увеличение вертикальных и горизонтальных размеров альвеолярного отростка и меньшая степень уменьшения размеров по сравнению с контролем. **Выводы:** ABG на основе дентина продемонстрировал эффективность в сохранении объема кости, что подтверждается гистоморфометрическим и рентгенологическим анализом.

1. Введение

В первый год после удаления зуба в альвеолярном отростке наблюдается определенная последовательность процессов заживления, приводящих к значительным изменениям его размеров. Эти изменения могут включать уменьшение как его ширины, так и высоты^{1,2}. Изменения ширины и высоты альвеолярного гребня связаны с неизбежной горизонтальной и вертикальной резорбцией кости, что может ухудшить эстетические и функциональные характеристики зубных протезов, включая импланты³. При этом достаточный объем костной ткани является важнейшим условием для стабильности и правильной формы окружающих мягких тканей, а также успешной остеоинтеграции^{4,5}. Для сохранения и поддержания объема альвеолярного отростка предложены различные методики, в том числе альвеолярная аугментация с использованием остеопластических материалов.

Альвеолярная аугментация – это хирургическая методика, направленная на подготовку альвеолярного отростка путем улучшения его формы и размеров для последующей установки и фиксации зубного протеза. Процедура может затрагивать небольшой участок (как при трансплантации в лунку удаленного зуба), значительную часть отростка или весь отросток полностью. Она позволяет восстановить естественную форму отростка после удаления одного или нескольких зубов, потери или резорбции костной ткани, что в итоге способствует надежной фиксации протезов и восстановлению эстетики. Согласно проведенным исследованиям, имплантация остеопластического

материала в лунку позволяет уменьшить изменения, происходящие в альвеолярной кости после удаления зуба^{3,6}.

В клинической практике для аугментации альвеолярного отростка применяется широкий спектр биоматериалов, включая ксенотрансплантаты, аллотрансплантаты, аутогенные материалы, биоактивные вещества и аллопластические материалы, такие как биоактивное стекло. Показано, что эти материалы позволяют достичь достаточного объема костной ткани для устранения постэкстракционных дефектов^{3,7,11}. Среди всех вариантов аутогенная кость считается оптимальным выбором и признана "золотым стандартом" в аугментационной хирургии. Ее эффективность, особенно при использовании в виде костных блоков, подтверждена клиническими исследованиями, демонстрирующими успех более чем в 95% случаев, включая ситуации с выраженной атрофией челюстных костей¹². Однако, несмотря на выраженные остеогенные, остеоиндуктивные и остеокондуктивные свойства, аутогенная кость имеет ряд существенных недостатков: ограниченный объем доступного материала, травматичность забора, риск осложнений в донорской области, повышенную вероятность инфицирования, длительный восстановительный период и непредсказуемую степень резорбции трансплантата^{4,12}. Аллогенные и ксеногенные материалы также не лишены недостатков, среди которых следует отметить риск иммунного отторжения, потенциальное инфицирование и высокую стоимость³.

В последние годы появились сообщения об использовании для аугментации альвеолярного отростка аутогенного остеопластического

* Автор для переписки. Кафедра общественного здравоохранения в области стоматологии, медицинский факультет университета Аирлангга, Сурабая, Восточная Ява, Индонезия.

Адрес электронной почты: ninuk-h@fkg.unair.ac.id (N. Hariyani).

<https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2024.05.005>

Получено 4 марта 2024 г., в переработанной форме 9 мая 2024 г.; принято в печать 10 мая 2024 г.

Доступно онлайн 24 мая 2024 г.

2212–4268/© 2024 Авторы. Опубликовано Elsevier B.V. по заказу Фонда исследований черепно-лицевой области. Это статья открытого доступа с лицензией CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

материала (ABG) на основе дентина, получаемого из удаленных зубов¹³. Значимость этого материала обусловлена тем, что удаление зубов является одной из наиболее распространенных хирургических процедур в стоматологической практике. Традиционно удаленные зубы рассматривались как отходы медицинской деятельности, поэтому возможность их повторного использования представляет собой важный шаг в реализации концепции "зеленой экономики" в соответствии с Целями устойчивого развития ООН (SDG)^{1,14,15}. Дентин представляет собой минерализованную соединительную ткань, по составу близкую к костной. Его органическая матрица примерно на 90% состоит из гидроксиапатита и коллагена I типа. Остальную часть составляют неколлагеновые белки, включая остеокальцин, остеокальцин, матриксный дентинный белок 1, а также различные факторы роста, такие как трансформирующий фактор роста-бета, инсулиноподобный фактор роста-II и костноморфогенетический белок-2^{12,13}. Эти компоненты дентина играют ключевую роль в заживлении как мягких, так и твердых тканей альвеолярной лунки благодаря своему участию в процессах минерализации и костеобразования.

На рис. 1 представлен предполагаемый механизм ремоделирования костной ткани при использовании ABG на основе дентина в рамках подхода к аугментации альвеолярного отростка, основанного на тканевой инженерии. Ряд предыдущих исследований, включая как эксперименты *in vivo*, так и клинические исследования, продемонстрировали хорошую переносимость ABG при заполнении дефектов альвеолярного гребня и сохранении постэкстракционных лунок. Эти данные позволяют ожидать клинически значимых результатов при использовании данного материала для аугментации альвеолярного отростка^{16,19}. В связи с этим было проведено настоящее систематическое исследование с целью оценки имеющихся клинических данных об эффективности ABG на основе дентина при аугментации, с

особым вниманием к его применению в постэкстракционных лунках и других дефектах альвеолярной кости. Отчёт составлен в соответствии с контрольным перечнем PRISMA (Рекомендуемые стандарты отчётности систематических обзоров и метаанализов - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) 2020 года.²⁰

2. Материалы и методы

2.1. Исследовательский вопрос

Для проведения поиска литературы был сформулирован целенаправленный исследовательский вопрос: "Какова эффективность ABG на основе дентина в качестве материала-заменителя костной ткани при аугментации альвеолярного отростка, оцениваемая с помощью рентгенографического исследования и гистоморфометрического анализа?"

2.2. Стратегия поиска

В соответствии с методическими рекомендациями PRISMA-P (расширение PRISMA для протоколов исследований) был составлен протокол систематического обзора²⁰. Поиск литературы проводился в следующих электронных базах данных: PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> дата обращения 15 сентября 2023 г.), Scopus (<https://www.scopus.com> дата обращения 22 сентября 2023 г.), Web of Science (<https://www.webofscience.com> дата обращения 22 сентября 2023 г.) и Embase (<https://www.embase.com> дата обращения 28 сентября 2023 г.).

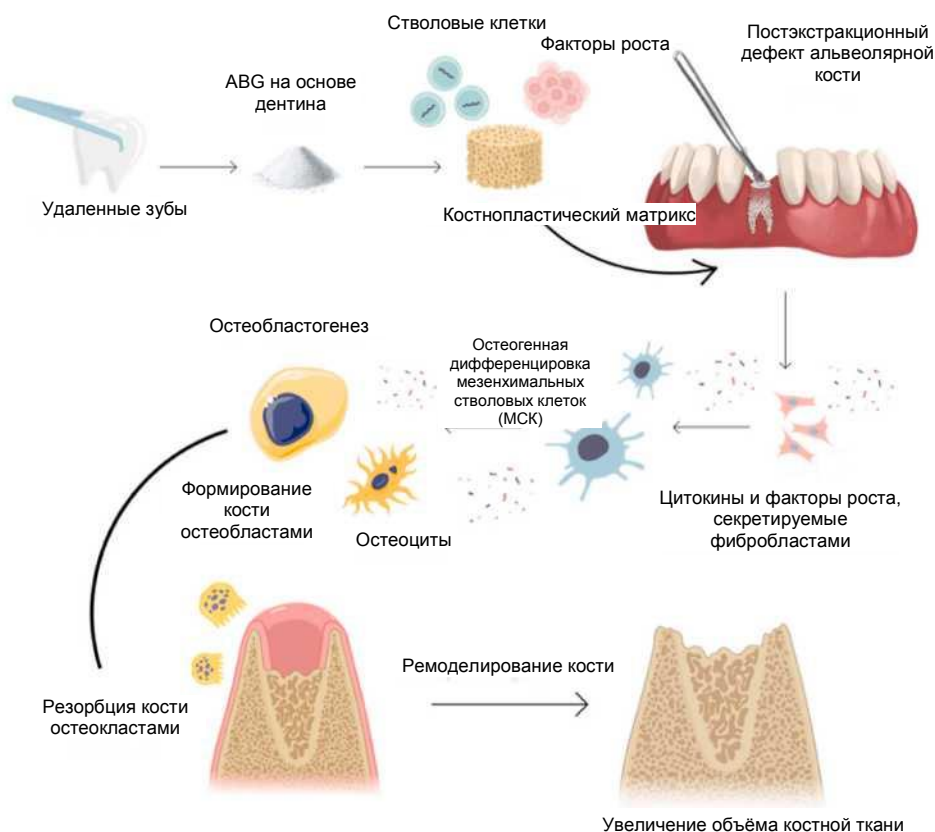


Рис. 1. Иллюстрация возможного механизма ремоделирования кости в ходе процедуры альвеолярной аугментации с использованием ABG на основе дентина (изображение создано с помощью онлайн-платформы Canva – сервиса для графического дизайна. ([http ps://www.canva.com](http://ps://www.canva.com) дата обращения: 15 октября 2023 г.)).

Для обеспечения всестороннего, релевантного и целенаправленного поиска в PubMed использовались ключевые слова, такие как дентин, остеопластический материал, альвеолярная аугментация и их синонимы, вместе с усечениями, булевыми операторами и фильтрами. Данная стратегия поиска была воспроизведена и в других базах данных (таблица 1).

Кроме того, для дополнения электронного поиска был проведен ручной поиск литературы. Поиск литературы проводился в период с сентября по октябрь 2023 года. Систематический обзор был зарегистрирован на международной платформе для регистрации протоколов систематических обзоров и метаанализов (INPLASY) под регистрационным номером INPLASY2023120109.

2.3. Критерии включения:

Критерии включения исследований были следующими: полнотекстовые оригинальные статьи, посвященные методике

использования ABG на основе дентина в качестве заменителя костной ткани при аугментации альвеолярного отростка у людей (в лунках или дефектах альвеолярной кости); все типы экспериментальных и наблюдательных исследований, проведенных у взрослых лиц любого пола и возраста, опубликованные на английском языке; а также работы, посвященные аутологичным материалам из минерализованного, деминерализованного или неминерализованного дентина (используемым как отдельно, так и в комбинации), в том числе с применением дополнительных методов, таких как тканевая инженерия и направленная регенерация кости с использованием материалов на основе дентина. Оцениваемые исходы исследований включали измерение объема костной ткани с помощью макроскопического исследования, рентгенологического анализа и гистоморфометрии. Ограничения по году публикации отсутствовали.

В анализ не включали статьи на языках, отличных от английского; обзоры, краткие сообщения, описания методик, редакционные заметки, экспертные заключения или рекомендации; а также исследования на

животных, in vitro и ex vivo исследования. Кроме того, в анализ не включали дублирующие исследования.

2.4. Критерии отбора и извлечение данных исследований

Два исследователя (D.A.M., K.B.) независимо друг от друга провели электронный поиск литературы и отбор исследований. В случае возникновения разногласий, последние разрешались путем обсуждения со второй группой рецензентов (N.H., A.P.N.). Основные рецензенты (D.A.M., K.B.) параллельно проводили скрининг, извлечение и систематизацию данных с использованием менеджера ссылок Mendeley. Процесс извлечения данных включал сбор информации из заголовков и аннотаций статей, соответствующих тематике и ключевым словам исследования, преимущественно при помощи протокола PICO: участники (Participants): люди; вмешательство (Intervention): ABG на основе дентина с модификацией и/или без нее; контроль (Controls): ксенотрансплантаты, аутоотрансплантаты, аллотрансплантаты, отсутствие лечения или другие регенеративные материалы; исходы (Outcomes): аугментация альвеолярной кости или сохранение объема лунки зуба. Дополнительно из каждого исследования извлекались данные, касающиеся методологии, объема выборки, продолжительности исследований и проведенных диагностических мероприятий.

Таблица 1.

База данных	Стратегия поиска
PubMed	((дентин*) И ((трансплантат*) ИЛИ (остеопластический материал*))) И (((альвеолярный ИЛИ (альвеолярный гребень)) ИЛИ (альвеолярная кость)) И (((аугментация) ИЛИ (консервация) ИЛИ (формирование))) И Примененные фильтры: английский язык, исключить препринты.
Scopus	Поиск по заголовку, аннотации и ключевым словам (TITLE-ABS-KEY) (((дентин*) И ((трансплантат*) ИЛИ (остеопластический И материал*))) И (((альвеолярный ИЛИ альвеолярный И гребень ИЛИ альвеолярный И кость) И (аугментация ИЛИ консервация ИЛИ формирование))) И (ОГРАНИЧЕНИЕ (Язык, "английский")))
Web of Science	ВСЕ=(((дентин*) И (трансплантат* ИЛИ (остеопластический И материал*))) И (((альвеолярный ИЛИ альвеолярный И гребень ИЛИ альвеолярный И кость) И (аугментация ИЛИ консервация ИЛИ формирование)))) И (английский (Язык) и обзорная статья (Исключить – Типы документов))
Embase	((дентин* И (трансплантат* ИЛИ (остеопластический И материал*))) И (((альвеолярный ИЛИ альвеолярный И гребень ИЛИ альвеолярный И кость) И (аугментация ИЛИ консервация ИЛИ формирование)))

2.5. Оценка качества исследований

В зависимости от типа исследования, каждое из них оценивалось индивидуально и независимо группой исследователей. Для оценки качества рандомизированных клинических исследований использовались рекомендации CONSORT (Консолидированные стандарты отчетности клинических исследований).²¹ В случае возникновения разногласий, исследователи разрешали их в ходе обсуждения.

2.6. Оценка риска систематических ошибок

Анализ риска систематических ошибок проводился с использованием метода, адаптированного из предыдущих систематических обзоров²². Оценивались следующие критерии качества: четко описанный процесс подготовки ABG на основе дентина,

стандартизированная подготовка образцов или участников, рандомизация образцов/участников, проведение тестов слепым методом, подробное описание методики тестирования, полнота представления результатов. Каждый параметр в статьях отмечался как "Y" (если был указан) или "N" (если отсутствовал). На основании количества "Y" статьи классифицировались по уровню риска систематических ошибок: высокий риск, средний риск и низкий риск (1–2, 3–4, или 5–6, соответственно).²³

2.7. Статистические методы

В данном исследовании применялась описательная статистика, предварительно проверенная на валидность. Анализ данных проводился с использованием Microsoft Excel (2021, Microsoft, Chicago, IL, USA).

3. Результаты

3.1. Отбор исследований, извлечение данных и оценка их качества

В результате электронного поиска было выявлено 298 публикаций: PubMed - 73 статьи, Scopus - 81 статья, Web of Science - 70 статей, Embase - 74 статьи. После удаления дубликатов и анализа заголовков и аннотаций было исключено 256 статей. Для полнотекстового анализа осталось 42 публикации. Из них 21 соответствовала критериям включения. Процесс отбора исследований представлен на блок-схеме [Рис. 2](#) Основные характеристики включенных в обзор исследований приведены в [таблице 2](#).

3.2. Оценка риска систематических ошибок и качества исследований

Все исследования (21), включенные в данный систематический обзор, продемонстрировали низкий риск систематических ошибок. Однако следует отметить, что в 10 исследованиях отсутствовали данные о процедуре рандомизации, что может рассматриваться как потенциальный источник систематической ошибки ([таблица 3](#)).

3.3. Качественный анализ

Клинические иллюстративные исследования были отобраны с использованием ряда критериев ([рис. 2](#)), при этом наиболее распространенными типами исследований, включенными в этот систематический обзор, являются рандомизированные клинические исследования (РКИ). Однако, учитывая, что по этой проблеме имеется не так много данных, было сложно сосредоточить настоящий обзор исключительно на РКИ. Кроме того, опубликован ряд статей, в которых обсуждается та же тема с различными комбинациями и методами, которые могут влиять на свойства материалов для аугментации, что потенциально может дать ответ на основной вопрос этого обзора; таким образом, в дополнение к 11 рандомизированным контролируемым исследованиям авторы включили четыре пилотных исследования,^{29,31,33,36} пять клинических или проспективных исследований,^{1,4,7,24,30} и одно ретроспективное исследование.³⁴ В большинстве клинических исследований по аугментации альвеолярного отростка с использованием ABG на основе дентина, рассматривали лунки после удаления зубов; только в одном исследовании изучали лунки с тяжелыми поражениями пародонта на молярах, а в трех исследованиях анализировали дефекты альвеолярной кости на участках полной адентии^{1,12,26,29}.



Рис. 2. Блок-схема литературного поиска (адаптированная по рекомендациям PRISMA 2020) для систематического обзора.

В РКК Santos и соавт. (2021) с участием 26 пациентов применяли аутогенную минерализованную дентинную матрицу (MDM). Результаты показали достоверно большее количество новообразованной кости и меньший объем остаточного материала по сравнению с Bio-Oss® - широко используемым биоматериалом для аугментации альвеолярного отростка⁶. В большинстве других исследований АВГ на основе дентина, использовавших в качестве контроля различные остеопластические материалы трансплантаты (кость КРС, очищенная от органических компонентов, аутогенная кость, лиофилизированный аллотрансплантат, деминерализованная кость КРС), также отмечен более высокий процент новообразованной кости, увеличение вертикального и горизонтального размеров кости, меньший процент остаточного остеопластического материала и мягкотканного компонента, снижение резорбции по вертикали и горизонтали^{3,12,25,29,35}. Oguic и соавт. (2023) зафиксировали максимальный процент (среднее ± стандартное отклонение) новообразованной кости - 72,55% ± 12,14% через 4 месяца после применения аутогенного дентинного остеопластического материала и бычьего ксенотрансплантата, смешанного с аутологичной костью, у 37 пациентов³⁵. Sapoznikov и соавт. (2023) отметили второй по величине показатель - 60,75% ± 18,22% в тот же период наблюдения, что и Oguic и соавт., но при использовании другого источника дентина (остеопластического материала на основе свиного дентина, Ivory Dentin Graft)²⁵. Тем не менее, одно из восьми исследований в указанных

категориях продемонстрировало противоречивые результаты при сравнении аутогенной деминерализованной дентинной матрицы (AutoBT) с коммерческим препаратом Bio-Oss® в процедуре альвеолярной аугментации. В данном исследовании в группе AutoBT процент новообразованной кости был меньше (31,24% ± 13,87%) по сравнению с группой Bio-Oss® (35,00% ± 19,33%), а также объем мягкотканного компонента напротив был больше²⁷. Что касается комбинированных материалов или различных методик применения аутогенного дентинного материала, в шести соответствующих исследованиях использовались различные подходы: в одном случае применялась техника socket shield²⁸, в другом - комбинация с депротеинизированной бычьей костью, в²⁹ трех исследованиях - измельченные лейкоцитарные PRF-мембраны^{31,32,34}, и в одном - комбинация дентинного матрикса с человеческим BMP-2³. Следует отметить, что только в одном из трех исследований, использовавших PRF-мембраны в сочетании с дентинным блоком и/или остеопластическим материалом, отмечено увеличение процента новообразованной кости по сравнению с монотерапией недеминерализованным дентинным материалом, тогда как остальные два исследования не подлежали сравнительному анализу ввиду отсутствия контрольных групп³².

Таблица 2

Краткий обзор исследований, включенных в систематический обзор.

Авторы, год, страна	Дизайн исследования	Характеристика участников исследования	Тип дефекта (n)	Тип материалов для альвеолярной аугментации	Методы обследования и изучаемые параметры	Результаты (среднее значение $\pm$ SD)	Выводы
Santos и соавт., 2021; Portugal ⁸	Рандомизированное клиническое исследование; одностороннее слепое	52 пациента (21 мужчина и 31 женщина; 28–88 лет)	Лунка после удаления зуба (n = 66)	Аутогенный минерализованный дентинный матрикс (MDM); Гранулы ксенотрансплантата (BioOss), оба покрытые резорбируемой барьерной мембраной	Гистоморфометрия: новообразованная кость (%); остаточный остеопластический материал (%); мягкотканый компонент (%)	Новообразованная кость: $47,3 \pm 14,8\%$ (MDM); $34,9 \pm 13,2\%$ (Bio-Oss®) Остаточный остеопластический материал: $12,2 \pm 7,7\%$ (MDM); $22,1 \pm 10,9\%$ (Bio-Oss®) Мягкие ткани: $40,5 \pm 17,6\%$ (MDM); $42,9 \pm 9,6\%$ (Bio-Oss®)	Имплантаты, установленные в лунки, сохраненные с помощью MDM, имели схожую первичную стабильность с группой ксенотрансплантатов в виде гранул благодаря более высокой скорости формирования кости.
Artzi и соавт., 2022; Israel ²⁴	Клиническое исследование	15 пациентов (8 мужчин и 7 женщин; средний возраст $50,2 \pm 15,3$ лет)	Лунка после удаления зуба (n = 15)	Костный гранулированный материал на основе аутогенного дентина (APDG), покрытый биорезорбируемой мембраной	Гистоморфометрия: новообразованная кость (%); остаточный остеопластический материал (%); мягкотканый компонент (%)	Формирование новой кости: $38,4\% \pm 16,5\%$ Остаточный гранулированный дентин: $29,9\% \pm 14,4\%$ Мягкотканый компонент: $31,7\% \pm 14,2\%$	Костный гранулированный материал на основе дентина представляет собой перспективный биоматериал для поддержания объема постэкстракционной лунки при подготовке к установке имплантата.
Artzi и соавт., 2023; Israel ²⁵	Рандомизированное клиническое исследование; частично двойное слепое; с параллельными группами.	36 пациентов (без указания пола; возраст 23–74 года)	Лунки после удаления премоляров или моляров (n = 36)	Остеопластический материал на основе свиного дентина (Ivory Dentin Graft); костный остеопластический материал (OsteoBioI-Gen-Os), оба покрыты коллагеновой мембраной.	Гистоморфометрия: образование новой незрелой костной ткани (%). КЛКТ: средняя рентгеновская плотность (HU); изменения высоты и ширины кости (мм).	Образование новой кости: $60,75 \pm 18,22$ (группа дентина); $42,81 \pm 17,41$ (группа костного материала). Средняя рентгеновская плотность: $981,5 \pm 233,9$ (группа дентина); $727,6 \pm 193,4$ (группа костного материала). Изменение высоты кости: $-1,02 \pm 2,21$ (группа дентина); $-0,46 \pm 1,89$ (группа костного материала). Изменение ширины кости: $-0,43 \pm 1,23$ (группа дентина); $-0,33 \pm 1,41$ (группа костного материала).	Остеопластический материал на основе свиного дентина продемонстрировал клиническую безопасность, переносимость и эффективность при установке имплантата через 4 месяца после удаления зуба, по меньшей мере сопоставимые с коммерческим костным материалом.
Yang и соавт., 2023; China ²⁶	Рандомизированное клиническое исследование	32 пациента (17 мужчин и 15 женщин; возраст 21–79 лет)	Лунки моляров с выраженной пародонтальной деструкцией (n = 32)	Остеопластический материал из частично деминерализованной аутогенной дентинной матрицы (APDDM), покрытый коллагеновой губкой	Гистоморфометрия: новообразованная кость (%); дентинный остеопластический материал (%); соединительная ткань (%). КЛКТ: изменения альвеолярного гребня по горизонтали и вертикали (мм); изменения объемных параметров (мм ³)	Новообразованная кость: $39,67 \pm 8,28$. Дентинный остеопластический материал: $23,66 \pm 9,22$. Соединительная ткань: $36,67 \pm 17,05$. Изменения горизонтальных размеров гребня на 1 мм ниже наиболее коронального участка: мезиальный участок: $5,03 \pm 3,83$; центральный участок: $4,50 \pm 4,41$; дистальный участок: $5,20 \pm 6,41$. Изменения вертикальных размеров в центральной части лунки: буккальная сторона: $-0,07 \pm 1,56$ язычная сторона: $0,16 \pm 2,23$; центральная часть: $8,00 \pm 2,35$. Изменения объемных параметров: $387,5 \pm 399,8$ мм ³	APDDM представляет собой перспективную клиническую альтернативу для восстановления параметров альвеолярного гребня, в том числе у пациентов с пародонтальными поражениями.
Elfana и соавт., 2021; Egypt ²	Рандомизированное клиническое исследование; двойное слепое; с параллельными группами.	20 пациентов (4 мужчины и 16 женщин; возраст 18 лет и старше).	Лунки после удаления одиночных немоларных зубов (n = 20).	Аутогенный остеопластический материал из целого зуба (AWTG); аутогенный деминерализованный дентинный материал (ADDG), оба покрыты биорассасывающей коллагеновой мембраной.	Гистоморфометрия: образование новой кости (%); остатки остеопластического материала (%); мягкотканый компонент (%). КЛКТ: изменения размеров альвеолярного гребня по горизонтали и вертикали (мм)	Образование новой кости: AWTG: $37,55 \pm 8,94$; ADDG: $48,4 \pm 11,56$ Остатки остеопластического материала: AWTG: $17,05 \pm 5,58$; ADDG: $11,45 \pm 4,13$ Мягкотканый компонент: AWTG: $45,4 \pm 4,06$; ADDG: $40,15 \pm 7,73$ Изменение горизонтальных размеров гребня: AWTG: $0,85 \pm 0,38$; ADDG: $1,02 \pm 0,45$ Изменение вертикальных размеров гребня: AWTG: $0,61 \pm 0,20$; ADDG: $0,56 \pm 0,24$	AWTG и ADDG продемонстрировали сопоставимую эффективность в сохранении альвеолярного гребня, однако ADDG показал более выраженные остеиндуктивные свойства.
Pang и соавт., 2017; Korea ²⁷	Рандомизированное клиническое исследование.	24 пациента (11 мужчин и 13 женщин; возраст ≥ 20 лет).	Лунки после удаления зубов (n = 33).	Аутогенная деминерализованная дентинная матрица (AutoBT); депротенинированные бычий костный трансплантат (BioOss) - оба материала использовались с покрывающими мембранами или сетками.	Гистоморфометрия: новообразованная кость (%); остеопластический материал (%); мягкотканый компонент (%) КЛКТ: изменение вертикального размера (мм)	Результаты: Новообразованная кость: AutoBT: $31,24 \pm 13,87$; BioOss: $35,00 \pm 19,33$ Остеопластический материал: AutoBT: $8,95 \pm 6,15$; BioOss: $17,08 \pm 16,57$ Мягкотканый компонент: AutoBT: $59,81 \pm 15,50$; BioOss: $47,93 \pm 24,46$ Изменение вертикального размера: AutoBT: $5,38 \pm 2,65$; BioOss: $6,56 \pm 3,54$	AutoBT продемонстрировал клиническую эффективность, сопоставимую с аногеническим бычьим костным материалом.
Elraee и соавт., 2022; Egypt ¹²	Рандомизированное клиническое	42 пациента (17 мужчин и 25	Лунки отсутствующих	Аутогенный дентинный блок-	Гистоморфометрия: доля костной ткани (%)	Доля костной ткани: Дентинный блок:	Дентинный блок может служить альтернативным

Авторы, год, страна	Дизайн исследования	Характеристика участников исследования	Тип дефекта (n)	Тип материалов для альвеолярной аугментации	Методы обследования и изучаемые параметры	Результаты (среднее значение $\pm$ SD)	Выводы
	исследование.	женщин; возрастные критерии не указаны).	одиночных верхних центральных резцов с горизонтальным дефектом альвеолярного гребня (n= 42)	трансплантат; Аутогенный костный блок из ветви нижней челюсти	КЛКТ: клиническое увеличение ширины гребня (мм); рентгенологическое увеличение ширины гребня (мм)	42,6%; Костный блок: 41,3% Клиническое увеличение ширины гребня (CRWG): Дентинный блок: 3,52 $\pm$ 0,56; Костный блок: 2,24 $\pm$ 0,86 Рентгенологическое увеличение ширины гребня (RRWG): Дентинный блок: 3,61 $\pm$ 0,61; Костный блок: 3,41 $\pm$ 1,15	остеопластическим материалом для проведения горизонтальной аугментации альвеолярного гребня.
Abo-El-Saad и соавт., 2023; Egypt ²⁸	Рандомизированное клиническое исследование с дизайном "split-mouth"	8 пациентов (3 мужчины и 5 женщин; средний возраст 36,4 года)	Костная резорбция после удаления центральных и боковых резцов (n= 16)	Аутогенный дентинный остеопластический материал в комбинации с техникой «socket shield» Аллогенный остеопластический материал	Гистоморфометрия: образование новой костной ткани (%) КЛКТ через 3 месяца: плотность кости (%); уровень вестибулярной кости (мм)	Новообразованная кость: дентинная группа: 74,91 $\pm$ 9,0; аллопластическая группа: 51,4 $\pm$ 18,0 Плотность кости: дентинная группа: 17,2 $\pm$ 12,2; аллопластическая группа: 26,7 $\pm$ 16,9 Уровень вестибулярной кости: дентинная группа: -0,165 $\pm$ 0,07 Аллопластическая группа: -0,21 $\pm$ 0,10	Комбинация аутогенного дентинного остеопластического материала с техникой «socket shield» может представлять собой перспективный метод сохранения объема лунки.
Minetti и соавт., 2022; Italy ¹	Клиническое исследование	6 пациентов (2 мужчины и 4 женщины; средний возраст 55,16 $\pm$ 14,6 года)	Дефекты альвеолярной кости на месте отсутствующих зубов и постэкстракционные лунки (n= 6)	Группы вмешательства: группа 1: аутогенный гранулированный дентинный трансплантат (APDG) + резорбируемая коллагеновая мембрана, группа 2: только APDG (без мембраны)	Гистоморфометрия: объем костной ткани (%); остаточный остеопластический материал (%); жизнеспособная кость (%)	Объем костной ткани: группа 1: 45,69 $\pm$ 2,31; группа 2: 37,34 $\pm$ 6,33 Остаточный остеопластический материал: группа 1: 7,26 $\pm$ 2,28; группа 2: 27,54 $\pm$ 15,42 Жизнеспособная кость: группа 1: 38,42 $\pm$ 4,58; группа 2: 9,75 $\pm$ 11,81	Костный гранулированный материал на основе аутогенного дентина демонстрирует наилучшие результаты при использовании в сочетании с биорезорбируемой мембраной.
Xiao и соавт., 2019; China ²⁹	Проспективное пилотное клиническое исследование	13 пациентов (3 мужчины и 10 женщин; возраст 18–70 лет)	Дефекты альвеолярной кости (n= 13)	Аутогенная дентинная оболочка, заполненная депротеинизированными бычьими костными минеральными частицами в сочетании с CGF-трансплантатом Аутогенная костная оболочка	КЛКТ: вертикальный прирост кости (мм); горизонтальная и вертикальная резорбция кости (мм)	Вертикальный прирост кости (VBG): дентинная группа: 15,98 $\pm$ 1,94; костная группа: 14,07 $\pm$ 3,95 Горизонтальная резорбция кости (на 2 мм ниже вершины вестибулярного гребня): дентинная группа: 2,41 $\pm$ 2,11; костная группа: 3,79 $\pm$ 2,77 Вертикальная резорбция кости: 0,94 $\pm$ дентинная группа: 0,94 $\pm$ 1,43; костная группа: 1,72 $\pm$ 0,84	Техника использования дентинной оболочки успешно восстановила объем костной ткани без серьезных осложнений.
Cervera-Maillo и соавт., 2021; Spain ³⁰	Проспективное клиническое исследование	10 пациентов (4 мужчины и 6 женщин; средний возраст 64 года)	Лунки после удаления зубов и костный дефект в зоне установки имплантата (n= 10)	APDG	Гистоморфометрия: формирование новой кости (%); остаточный остеопластический материал (%); соединительная ткань (%) через 6 месяцев	Образование новой кости: 41,1 $\pm$ 0,76% Остаточный остеопластический материал: 30,0 $\pm$ 0,45% Соединительная ткань: 29,9 $\pm$ 0,56%	Костный гранулированный материал на основе дентина может рассматриваться как альтернативный материал для сохранения объема лунки, методики разделенного гребня (split technique), операции синус-лифтинга.
Yang и соавт., 2022; China ¹	Проспективное наблюдательное исследование	19 пациентов (12 женщин и 7 мужчин; средний возраст 37,5 лет)	Участки с горизонтальными костными дефектами после удаления зубов (n= 36)	Аутогенный дентинный остеопластический материал (ADG) в сочетании с направленной костной регенерацией (НКТ)	КЛКТ через 6 месяцев: увеличение горизонтального размера кости (мм); горизонтальная резорбция кости (мм)	Увеличение горизонтального размера кости: на уровне 0 мм: 2,50 $\pm$ 0,72; на уровне 3 мм: 4,10 $\pm$ 1,42; на уровне 6 мм: 4,56 $\pm$ 2,09 Горизонтальная резорбция кости: на уровне 0 мм: 0,48 $\pm$ 0,52 на уровне 3 мм: 0,52 $\pm$ 0,37; на уровне 6 мм: 0,48 $\pm$ 0,42	Комбинация аутогенного дентинного трансплантата с методикой направленной костной регенерации представляет собой эффективный подход для достижения горизонтальной аугментации альвеолярного гребня.
Andrade и соавт., 2020; Germany ³¹	Пилотное клиническое исследование	4 пациентки (все женщины; средний возраст — 54 года)	Лунки после удаления 4 резцов, 5 клыков и 1 премоляра на верхней челюсти (n = 10)	Аутологичный дентинный блок в сочетании с фрагментированными обогащенными лейкоцитами и тромбоцитами фибриновыми мембранами (PRF)	Гистоморфометрия: пропорциональные площади новой кости (%); остаточные частицы дентинного остеопластического материала (%); соединительная ткань (%) КЛКТ: изменения вертикального и горизонтального размеров альвеолярного гребня (мм)	Образование новой кости: 56,5 $\pm$ 22,2 % Остаточный дентин: 3,6 $\pm$ 6,4 % Соединительная ткань: 39,9 $\pm$ 18,7 % Высота альвеолярного гребня: 9,68 мм (после удаления); 11,38 мм (через 4 месяца) Ширина альвеолярного гребня: 9,69 мм (после удаления); 11,33 мм (через 4 месяца)	Дентинный блок может служить перспективным трансплантационным материалом для стимулирования образования новой полноценной костной ткани.

Авторы, год, страна	Дизайн исследования	Характеристики а участников исследования	Тип дефекта (n)	Тип материалов для альвеолярной аугментации	Методы обследования и изучаемые параметры	Результаты (среднее значение $\pm$ SD)	Выводы
Çetiner и соавт., 2021; Turkey ³²	Рандомизированное клиническое исследование	9 пациентов (5 женщин и 4 мужчин; 31–62 года)	Лунки после удаления зубов (n = 57)	Недемнерализованный дентинный трансплантат (группа D); смесь недеминерализованного дентинного остеопластического материала и PRF (группа DP), оба покрыты резорбируемой мембраной; Спонтанное заживление (группа C)	Гистоморфометрия: среднее значение новообразованной кости (%); соединительной ткани (%); объем сосудов (%)	Новообразованная кость: $18,68 \pm 1,18$ (группа C); $19,32 \pm 1,91$ (группа D); $28,08 \pm 1,44$ (группа DP) Соединительная ткань: $27,34 \pm 2,06$ (группа C); $41,57 \pm 3,63$ (группа D); $35,39 \pm 1,60$ (группа DP) Кровеносные сосуды: $16,92 \pm 0,66$ (группа C); $14,76 \pm 0,94$ (группа D); $23,95 \pm 1,33$ (группа DP)	Использование недеминерализованного аутогенного дентинного остеопластического материала с PRF увеличивает способность к образованию кости,
Shejali и соавт., 2020; India ³³	Пилотное исследование	13 пациентов (11 женщин и 2 мужчин; 18–45 лет)	Лунка после удаления зуба	Блок дентина без цемента и коронковой части	КЛКТ: клиническая ширина гребня (мм); рентгенологическая ширина гребня (мм); апикально-коронарная глубина дефекта (мм) через 6 месяцев	Клиническая ширина гребня: $8,15 \pm 1,14$, прирост составил 5,84 Рентгенологическая ширина гребня: $7,5 \pm 1,66$, прирост составил 5,8 Апикально-коронарная глубина дефекта: $3,7 \pm 1,03$, уменьшение составило 8,2	Блок дентина без цемента и коронковой части обеспечил увеличение ширины гребня для его аугментации.
Pohl и соавт., 2020; Croatia ³⁴	Однорупповое; ретроспективное исследование	12 пациентов (пол не указан; средний возраст 51 ± 14 лет)	Лунка после удаления зуба с дефицитом вестибулярной кости до 2 мм	Минерализованный гранулированный материал на основе аутогенного дентина и измельченная мембрана PRF/коллагеновая губка	КЛКТ: ширина гребня на 1 мм ниже вершины; изменения высоты вестибулярной и язычной кости (мм)	Ширина гребня: $-1,38 \pm 1,24$ Вестибулярная кость: $+0,16 \pm 2,34$ Высота язычной кости: $+0,4 \pm 1,68$	Минерализованный дентинный аутогенный материал с PRF эффективен для сохранения размеров альвеолярного гребня после экстракции зуба.
Oguic и соавт., 2023; Croatia ³⁵	Рандомизированное клиническое исследование	37 пациентов (29 женщин и 8 мужчин; 26–28 лет)	Лунка после удаления зуба в эстетической зоне верхней челюсти	ADG; Ксенотрансплантат на основе бычьей кости, смешанный с аутологичной костью (BX + AB)	Гистоморфометрия: образование новой кости (%); остаточный остеопластический материал (%); мягкие ткани (%) КЛКТ: изменение ширины альвеолярного гребня (мм)	Новообразованная кость: $72,55 \pm 12,14$ (ADG); $69,61 \pm 13,53$ (BX + AB) Остаточный остеопластический материал: $10,61 \pm 5,37$ (ADG); $12,31 \pm 7,83$ (BX + AB) Мягкие ткани: $16,84 \pm 9,18$ (ADG); $18,07 \pm 6,93$ (BX + AB) Изменение ширины альвеолярного гребня: $-0,88 \pm 0,76$ (ADG); $-1,24 \pm 0,99$ (BX + AB)	Аутологичный дентинный остеопластический материал показал биосовместимость и обеспечил успешную регенерацию кости в эстетической зоне верхней челюсти.
Minetti и соавт., 2022; Italy ⁷	Клиническое исследование	96 пациентов (50 женщин и 46 мужчин; средний возраст $56,3 \pm 14,7$ лет)	Лунка после удаления зуба	Деминерализованный аутологичный материал, полученный из зуба	Гистоморфометрия: остаточный остеопластический материал (%); жизнеспособная кость (%)	Остаточный остеопластический материал: $7,5 \pm 21,9$ жизнеспособная кость: $38,0 \pm 21,0$	Процедура сохранения объема лунки с использованием деминерализованного аутологичного биоматериала зубного происхождения способствует образованию новой жизнеспособной костной ткани.
Isola и соавт., 2022; Italy ¹³	Рандомизированное клиническое исследование с дизайном "split-mouth"	14 пациентов (6 мужчины и 8 женщин; средний возраст $48,2$ года)	Лунка после удаления зуба	Аутогенный остеопластический материал из дентина зуба в форме минерализованной дентинной матрицы (MDM), покрытый свободным десневым трансплантатом (исследуемая группа); только свободная десневая трансплантация (контрольная группа)	Гистоморфометрия: жизнеспособная новообразованная кость (%); соединительная ткань (%); остаточный остеопластический материал (%)	Жизнеспособная кость: $30,22 \pm 14,48$ (контрольная группа); $34,23 \pm 13,56$ (исследуемая группа) Соединительная ткань: $29,23 \pm 10,16$ (контрольная группа); $27,36 \pm 9,65$ (исследуемая группа) Остаточный остеопластический материал: $19,61 \pm 11,49$ (исследуемая группа)	Использование аутогенного остеопластического материала из дентина зуба в форме минерализованной дентинной матрицы (MDM), покрытого свободным десневым трансплантатом, обеспечило большее образование жизнеспособной новой кости, больше новообразованной кости и меньшие изменения размеров тканей по сравнению со спонтанным заживлением с использованием только свободной десневой трансплантации.
Del Canto-Díaz и соавт., 2019; Spain ³⁶	Пилотное клиническое исследование	6 пациентов (3 мужчины и 3 женщины; средний возраст $47,6 \pm 9,04$ года)	Лунка после удаления зуба	Аутологичный дентинный материал (ADM); контрольная группа без лечения	КЛКТ: потеря высоты альвеолярной кости, расстояние VL (мм); расстояние HL–BCB (мм); потеря ширины вестибулярной кортикальной пластины (VL–BCB) на уровне 1 мм от вершины гребня денситометрия (HU) в коронарных, медиальных и апикальных участках через 16 недель	VL: $9,08 \pm 2,16$ (ADM); $8,72 \pm 2,14$ (контрольная группа), потеря составила $0,42 \pm 1,77$ соответственно HL–BCB: $0,23 \pm 0,73$ (ADM); $2,33 \pm 2,38$ (контрольная группа), потеря составила $0,16$ и $2,22$ соответственно VL–BCB на уровне 1 мм: $2,68 \pm 0,48$ (ADM); $1,31 \pm 1,63$ (контрольная группа), потеря составила $0,46$ и $1,91$ соответственно	Аутологичный дентинный материал может рассматриваться как перспективный материал для сохранения объема лунки, поскольку он демонстрирует меньшую и объемную усадку.

Авторы, год, страна	Дизайн исследования	Характеристика участников исследования	Тип дефекта (n)	Тип материалов для альвеолярной аугментации	Методы обследования и изучаемые параметры	Результаты (среднее значение $\pm$ SD)	Выводы
Jung и соавт., 2018; Korea ³	Рандомизированное контролируемое; проспективное клиническое исследование;	24 пациента (14 мужчин и 10 женщин; 27–79 лет)	Лунка после атравматического удаления зуба	Депротеинизированная бычья кость с коллагеном (группа A); ADDM (группа B); ADDM в комбинации с рекомбинантным человеческим морфогенетическим белком кости-2 (группа C)	Гистоморфометрия: площадь новой кости (%); трансплантированная площадь (%); площадь мягких тканей (%) КЛКТ: высота вестибулярной и язычной стенки (мм); ширина альвеолярного гребня на уровне 1 мм ниже краевого гребня (мм)	Корональная плотность: $922,68 \pm 250,82$ (ADM); $564,35 \pm 288,73$ (контрольная группа) Медиальная плотность: $840,74 \pm 392,35$ (ADM); $708,33 \pm 148,35$ (контрольная группа) Апикальная плотность: $817,22 \pm 260,79$ (ADM); $876,30 \pm 256,87$ (контрольная группа) Площадь новообразованной кости: $22,00 \pm 11,01$ (группа A); $32,88 \pm 14,48$ (группа B); $39,09 \pm 15,30$ (группа C) Площадь трансплантации: $13,20 \pm 9,79$ (группа A); $10,72 \pm 9,83$ (группа B); $11,02 \pm 12,72$ (группа C) Площадь мягких тканей: $64,80 \pm 10,11$ (группа A); $56,40 \pm 8,58$ (группа B); $49,88 \pm 11,14$ (группа C) Высота буккальной стенки: $1,14 \pm 0,81$ (группа A); $0,97 \pm 0,39$ (группа B); $0,82 \pm 0,36$ (группа C) Высота язычной кости: $0,65 \pm 0,37$ (группа A); $0,76 \pm 0,29$ (группа B); $0,50 \pm 0,22$ (группа C) Ширина альвеолярного гребня на уровне 1 мм ниже краевого гребня: $1,68 \pm 1,11$ (группа A); $0,78 \pm 0,41$ (группа B); $1,54 \pm 0,74$ (группа C)	Комбинация рекомбинантного человеческого BMP-2 с дентинным матриксом также продемонстрировала значительную объемную стабильность и повышенное образование новой костной ткани.

Сокращения: MDM – минерализованный дентинный матрикс (Mineralized Dentin Matrix); APDG – костный гранулированный материал на основе аутогенного дентина (Autogenous Particulated Dentin Graft); APDDM – аутогенный частично деминерализованный дентинный матрикс (Autogenous Partially Demineralized Dentin Matrix); КЛКТ – конусно-лучевая компьютерная томография; AWTG – аутогенный остеопластический материал из целого зуба (Autogenous Whole Tooth Graft); ADDG – аутогенный деминерализованный дентинный остеопластический материал (Autogenous Demineralized Dentin Graft); CRWG – клинический прирост ширины альвеолярного гребня (Clinical Ridge Width Gain); RRWG – рентгенологический прирост ширины гребня (Radiographic Ridge Width Gain); ADG – материал на основе аутогенного дентина (Autogenous Dentin Graft); CGF – концентрат факторов роста (Concentrated Growth Factor); PRF – обогащенный тромбоцитами фибрин (Platelet-Rich Fibrin); BX + AB – бычий ксенотрансплантат в смеси с аутологичной костью (Bovine Xenograft mixed with Autologous Bone); VL distance – вертикальное расстояние (Vertical Distance); HL-BCB – горизонтальная линия – буккальная кортикальная кость (Horizontal Line – Buccal Cortical Bone).

Сдругой стороны, исследования Abo-El-Saad и соавт. (2023) и Jung и соавт. (2018) продемонстрировали преимущества использования комбинаций, а именно: техники "socket shield" и оболочки с депротеинизированной бычьей костью, соответственно.^{3, 28}

Таблица 3

Оценка риска систематических ошибок в клинических исследованиях по методике критической оценки JBI (Joanna Briggs Institute)

Авторы, год, страна	Дефект альвеолярной кости	Использование дентинного остеопластического материала	Подготовка образцов	Рандомизация	Маскировка исследователя	Четко описанный метод исследования	Полные результаты	Риск систематической ошибки
Santos и соавт., 2021; Portugal ⁹	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	Низкий
Artzi и соавт., 2022; Israel ²⁴	ДА	ДА	ДА	НЕТ	НЕТ	ДА	ДА	Низкий
Sapoznikov и соавт., 2023; Israel ²⁵	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	Низкий
Yang и соавт., 2023; China ²⁰	ДА	ДА	ДА	ДА	НЕТ	ДА	ДА	Низкий
Elfana и соавт., 2021; Egypt ⁷	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	Низкий
Pang и соавт., 2017; Korea ²⁷	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	Низкий
Elraee и соавт., 2022; Egypt ¹²	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	Низкий
Abo-El-Saad и соавт., 2023; Egypt ²⁸	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	Низкий
Minetti и соавт., 2022; Italy ¹	ДА	ДА	ДА	НЕТ	НЕТ	ДА	ДА	Низкий
Xiao и соавт., 2019; China ²⁹	ДА	ДА	ДА	НЕТ	НЕТ	ДА	ДА	Низкий
Cervera-Maillo и соавт., 2021; Spain ³⁰	ДА	ДА	ДА	НЕТ	НЕТ	ДА	ДА	Низкий
Wang и соавт., 2022; China ⁴	ДА	ДА	ДА	НЕТ	НЕТ	ДА	ДА	Низкий
Andrade и соавт., 2020; Germany ³¹	ДА	ДА	ДА	НЕТ	НЕТ	ДА	ДА	Низкий
Çetiner и соавт., 2021; Turkey ³²	ДА	ДА	ДА	ДА	НЕТ	ДА	ДА	Низкий
Shejali и соавт., 2020; India ³³	ДА	ДА	ДА	НЕТ	НЕТ	ДА	ДА	Низкий
Pohl и соавт., 2020; Croatia ³⁴	ДА	ДА	ДА	НЕТ	НЕТ	ДА	ДА	Низкий
Oguc и соавт., 2023; Croatia ³⁵	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	Низкий
Minetti и соавт., 2022;	ДА	НЕТ	ДА	НЕТ	НЕТ	ДА	ДА	Низкий

Italy ⁷								
Isola и соавт., 2022; Italy ¹³	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	Низкий
Del Canto-Díaz и соавт., 2019; Spain ¹⁰	ДА	НЕТ	ДА	НЕТ	НЕТ	ДА	ДА	Низкий
Jung и соавт., 2018; Korea ³	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	Низкий

Применение аутогенного дентинного остеопластического материала в сочетании с техникой socket shield обеспечило образование 74,9± 9,0% новой костной ткани, что достоверно превышает показатель контрольной группы с аллогенным остеопластическим материалом (51,4± 18,0%).²⁸ Согласно данным Jung и соавт. (2018), дополнительное внесение депротенизированных минеральных гранул бычьей кости, смешанных с CGF-трансплантатом, не только увеличивает вертикальный прирост кости, но и существенно снижает степень резорбции альвеолярного отростка как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.²⁹ Вдругом исследовании комбинированное использование рекомбинантного BMP-2 человека с аутогенной деминерализованной дентинной матрицей (ADDM) продемонстрировало более выраженное костеобразование по сравнению с изолированным применением ADDM или депротенизированного бычьего остеопластического материала. Однако следует отметить, что по таким параметрам, как высота вестибулярной и язычной костных пластинок, а также ширина альвеолярного гребня, статистически значимых различий между группами выявлено не было. Более того, по этим конкретным показателям депротенизированный бычий костный трансплантат показал несколько лучшие результаты.³

Помимо указанных выше параметров, в ряде исследований, включенных в данный систематический обзор, анализировали показатель средней радиоплотности. Три исследования оценивали плотность костной ткани с помощью КЛКТ, используя различные единицы измерения: в одном случае применялись процентные значения, в других - единицы Хаунсфилда (HU)^{25,28,36}. Исследования Saporznikov и соавт. (2023) и Del Canto-Díaz и соавт. (2019) продемонстрировали сходные результаты, показав более высокую радиоплотность в группах с использованием дентинных трансплантатов по сравнению с контрольными группами.^{25,36} В противоположность этим данным, работа Abo-El-Saad и соавт. (2023) выявила, что аллогенный остеопластический материал обеспечивал более высокую рентгеновскую плотность (26,7%± 16,9%) по сравнению с комбинацией аутогенного дентинного остеопластического материала с техникой socket shield (17,2%± 12,2%).²⁸ Несмотря на неоднозначные результаты, полученные при гистоморфометрическом анализе и КЛКТ-исследованиях, большинство исследований подтвердило, что дентинный аутогенный остеопластический материал эффективен при проведении аугментации альвеолярного отростка. Он является перспективным остеопластическим материалом для использования в клинической практике.

4. Обсуждение

Целью настоящего исследования была систематическая оценка клинической эффективности аутогенных костных трансплантатов на основе дентина (ABG) при аугментации постэкстракционных лунок и других дефектов альвеолярного отростка. В ходе скрининга и оценки соответствия критериям включения было отобрано 21 клиническое исследование—включая 12 сравнительных работ и 8 исследований без контрольных групп—где применялись различные источники дентина, методы его подготовки, комбинированные составы, техники трансплантации и сроки наблюдения. Существенным ограничением проведенного анализа стала выраженная гетерогенность дизайнов исследований и критериев оценки результатов, что исключило возможность выполнения парного мета-анализа. Следует отметить, что процедура аугментации альвеолярного отростка имеет важное клиническое значение для предотвращения постэкстракционной резорбции кости, восстановления дефицита костной ткани в области отсутствующих зубов и коррекции дефектов, связанных с патологическими процессами, такими как пародонтит.¹²

Согласно данным многочисленных исследований, в том числе работы Jung и соавт. (2013), костная пластика для аугментации альвеолярного отростка в настоящее время считается предсказуемой и надежной процедурой. При этом, как показывают рентгенологические данные, после аугментации не наблюдается изменений уровня маргинальной кости в прилегающих участках.³⁷ Хотя в клинической практике рекомендуется множество различных материалов для костной регенерации, большинство из них имеют существенные ограничения. Аутогенная кость по-прежнему остается "золотым стандартом", несмотря на присущие ей некоторые недостатки.³⁸ В связи с этим проводятся научные исследования относительно возможности использования в качестве альтернативы дентинных остеопластических материалов. Результаты гистологических исследований свидетельствуют о выраженной остеокондуктивной способности этого материала, что проявляется образованием новой костной ткани по периферии трансплантированных дентинных частиц при использовании методик сохранения лунок после удаления зубов.^{2,24,26,31,35} Особый интерес представляют результаты исследования Xiao и соавт. (2019), применявших недеминерализованные дентинные оболочки для

замещения дефектов альвеолярной кости. Гистологический анализ выявил образование новой кости как на внешней, так и на внутренней поверхностях дентинных оболочек, что убедительно подтверждает их остеокондуктивные свойства.²⁹

Будучи аутогенным материалом, дентин по своей физико-химической структуре максимально приближен к кортикальной костной ткани.³⁰ Его состав включает 70% гидроксиапатита, 18% коллагена и 2% неколлаговых белков. Особого внимания заслуживает наличие в дентине коллагена I типа и системы микропористых канальцев, которые не только абсорбируют костные морфогенетические белки (BMP), но и обеспечивают их пролонгированное высвобождение за счет увеличения площади контакта с окружающими тканями.³⁷ Клинические исследования, проведенные в период от 3 до 6 месяцев после аугментации, показывают, что дентинные остеопластические материалы обеспечивают образование новой костной ткани в диапазоне 28,08–74,91%, что превышает показатели ксеногенных материалов (22,00–69,61%).^{35,37} аллогенных трансплантатов (51,4%).²⁸ Однако в работе Pang и соавт. (2017) были получены несколько иные данные: недеминерализованный дентин (AutoBT) показал меньшую объемную фракцию новообразованной кости (31,24%) по сравнению с 35,00% у неорганического бычьего костного матрикса (BioOss). Следует отметить, что из-за отсутствия статистически значимых различий и малого числа наблюдений невозможно сделать однозначный вывод о преимуществе того или иного материала. При этом через 6 месяцев наблюдения средний вертикальный прирост кости составил 5,38 мм для AutoBT и 6,56 мм для BioOss. Хотя BioOss показал несколько лучшие результаты в сравнении с AutoBT, эти данные согласуются с результатами предшествующих исследований, подтверждающая возможность достижения при аугментации вертикального прироста кости порядка 5 мм при локальных дефектах без применения барьерных мембран.²⁷

Дентин также был использован в процедурах увеличения альвеолярного гребня в виде полностью экстрагированных зубных масс. Химический состав и обилие частиц дентина делают их высоко перспективным материалом для целей регенерации кости.³⁰ Частицы аутогенных экстрагированных зубов были получены с использованием различных методик.^{2,5,7,13,24,27,30,32,34,37} Все результаты подтвердили, что частицы дентина являются жизнеспособной заменой костным остеопластическим материалам для сохранения лунки зуба. Можно выделить несколько различных типов аутогенных дентинных остеопластических материалов на основе метода подготовки и уровня минерализации: минерализованная дентинная матрица, деминерализованная дентинная матрица, частично деминерализованная дентинная матрица и недеминерализованный дентин.^{5,35} Существуют противоречивые мнения относительно эффективности дентина как биоматериала для трансплантации. Деминерализованный дентин вызывал образование большего количества костной матрицы и более быстрое формирование кости по сравнению с кальцинированным дентином. В недавнем *in vitro* исследовании, проведенном Koga и соавт. (2016), было отмечено, что частично деминерализованные частицы дентина большего размера (1000 мкм) проявляли превосходную регенеративную активность по сравнению с минерализованным дентином.³⁹ Напротив, другие исследователи продемонстрировали значительные результаты регенерации кости с использованием минерализованного дентина.^{5,24,30} Задержки формирования кости при использовании кальцинированного дентина может быть объяснена ингибированием высвобождения костных морфогенетических белков (BMP), вызванного апатитовыми кристаллами. Деминерализация, с другой стороны, усиливает остеиндуктивную активность дентина за счет экспозиции органических веществ, увеличения пористости и площади поверхности, а также снижения кристалличности. Тем не менее, процесс декальцинации дентина является трудоемким и длительным, обычно занимает более 12 часов, что затрудняет его выполнение после экстракции зуба. В сравнении с этим, ремоделирование минерализованного дентина помогает поддерживать объем и контур места трансплантации. Хотя длительная деминерализация может снижать концентрацию костных морфогенетических белков (BMP), частично деминерализованная дентинная матрица показала себя более эффективной в стимулировании регенерации кости по сравнению с недеминерализованной или полностью деминерализованной дентинной матрицей.²⁵

Аутогенный дентинный блок обладает рядом преимуществ, включая остеиндуктивные свойства, способность к постепенному замещению костной тканью (creeping substitution) и пространственно-поддерживающую функцию, что обеспечивает его физиологическое ремоделирование в течение определенного периода времени.¹² Для создания дентинного блока используется комбинация трех аутологических компонентов: жидкого фибриногена, дентинного матрикса и фибриновой мембраны L-PRF. Благодаря схожему составу и общему эмбриологическому происхождению дентин может стимулировать образование кости в альвеолярном гребне.³¹ В исследовании Pohl

соавт. (2017) сравнивали зубной блок и частицы дентина для сохранения альвеолярного гребня у 20 пациентов. Результаты исследования свидетельствуют, что цельный зубной блок (tooth block) представляет собой перспективную альтернативу, однако дентинные блоки (dental blocks) демонстрируют более медленную резорбцию по сравнению с частицами дентина. При этом зубной блок не показал признаков костного ремоделирования и сохранял четкую границу с окружающей костной тканью, что подтверждает его потенциал в качестве альтернативного трансплантата.⁴⁰

С клинической точки зрения, наиболее значимыми параметрами изменения альвеолярного гребня после экстракции зуба являются уменьшение высоты вестибулярной костной пластинки, степень резорбции и изменение ширины гребня на 1 мм ниже его краевого уровня. Особую важность приобретает сохранение высоты вестибулярной кости в эстетически значимых зонах, поскольку ее уменьшение напрямую коррелирует с риском развития рецессии десны. Современные исследования демонстрируют преимущества дентинных остеопластических материалов перед традиционными материалами. В частности, недавно опубликованные данные свидетельствуют, что при использовании дентина наблюдается значительно меньшая потеря вертикальной высоты кости (BPR) по сравнению с ксеногенными трансплантатами. Количественный анализ выявил следующие показатели снижения высоты вестибулярной кости: при применении депротенизированной бычьей кости с коллагеном $-1,14 \pm 0,81$ мм, деминерализованного дентинного трансплантата $-0,97 \pm 0,37$ мм, а при использовании деминерализованного дентина с BMP-2 - всего $-0,82 \pm 0,36$ мм.³ Метаанализ включенных в обзор исследований однозначно подтверждает, что трансплантаты на основе дентина обеспечивают минимальные показатели как вертикальной, так и горизонтальной резорбции, значительно превосходя по этому параметру контрольные группы.^{27,28,35} Эти характеристики делают материалы на основе дентина оптимальным выбором для сохранения объема мягких и твердых тканей, существенно облегчая последующие этапы имплантологического лечения. Примечательно, что большинство исследований применяли данные остеопластические материалы в передних отделах челюстей - зонах, где минимизация резорбционных процессов имеет критическое значение для достижения эстетического результата.^{42,28} Для объективной оценки изменений альвеолярного гребня после экстракции зуба и применения трансплантатов наиболее информативным и безопасным методом диагностики признана конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ). КЛКТ также крайне полезна при планировании имплантации и подборе диаметра имплантов. Важное преимущество этого метода - значительно меньшая лучевая нагрузка на пациента по сравнению с традиционной КТ.²⁵

Данный систематический обзор имеет ряд ограничений, в частности, следует отметить относительно небольшой объем выборки в большинстве проанализированных работ. Кроме того, была выявлена определенная неоднородность и противоречивость данных, особенно в части измерения высоты кости. Существенные различия наблюдались и в методах подготовки зубного материала, где использовались различные устройства и методики. Проведение исследований по единому стандартизированному протоколу позволило бы получить более надежные и сопоставимые результаты.

5. Выводы

Благодаря остеокондуктивным и остеоиндуктивным свойствам, остеопластические материалы на основе дентина представляются перспективным материалом для аугментации альвеолярного отростка. Проанализированные исследования демонстрируют обнадеживающие результаты в плане гистоморфометрических показателей и сохранения объема кости. Важными преимуществами дентинных остеопластических материалов являются низкая частота осложнений и более доступная стоимость по сравнению с альтернативными вариантами. Вместе с тем, к имеющимся благоприятным результатам следует относиться с определенной осторожностью, поскольку они получены на ранних этапах клинического применения этой методики, а включенные исследования существенно различались по методологии. Для более глубокого понимания клинического поведения этого биоматериала необходимы дополнительные исследования. Наиболее информативными могли бы стать рандомизированные клинические исследования, проводимые по единым протоколам, с достаточным объемом выборки и сравнительным анализом различных типов остеопластических материалов.

Заключение этического комитета

Не требуется.

Согласие пациента/опекуна

Не требуется.

Источники финансирования

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Universitas Airlangga International Research Consortium Grant Scheme (номер гранта #181/UN3.LPPM/PT.01.03/2024).

Вклад авторов

Концептуализация: DAM, KB, NH, APN. Методология, ресурсы: DAM, KB, NH, APN. Написание—оригинального текста: DAM, KB, NH. Научное руководство, валидация, написание—, редактирование: NH, APN, AC, AM, KS, KH. Критический анализ: NH, AC, KS, KH. Привлечение финансирования: NH, AM, AC, KS, KH.

Доступность данных

Все соответствующие данные загружены в открытый доступ Figshare (чек-лист PRISMA, заявление PRISMA, схема PRISMA, Таблицы 1–3).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Мы благодарим сотрудников библиотеки Университета Аделаиды за помощь в разработке стратегии поиска литературы и предоставление полных текстов публикаций.

Список литературы

- Minetti E, Gianfreda F, Palermo A, Bollero P. Autogenous dentin particulate graft for alveolar ridge augmentation with and without use of collagen membrane: preliminary histological analysis on humans. *Materials*. 2022;15(12). <https://doi.org/10.3390/ma15124319>.
- Elfana A, El-Kholy S, Saleh HA, Fawzy El-Sayed K. Alveolar ridge preservation using autogenous whole-tooth versus demineralized dentin grafts: a randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res*. 2021;32(5):539–548. <https://doi.org/10.1111/clr.13722>.
- Jung GU, Jeon TH, Kang MH, et al. Volumetric, radiographic, and histologic analyses of demineralized dentin matrix combined with recombinant human bone morphogenetic protein-2 for ridge preservation: a prospective randomized controlled trial in comparison with xenograft. *Appl Sci*. 2018;8(8). <https://doi.org/10.3390/app8081288>.
- Wang W, Jiang Y, Wang D, Mei D, Xu H, Zhao B. Clinical efficacy of autogenous dentin grafts with guided bone regeneration for horizontal ridge augmentation: a prospective observational study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2022;51(6):837–843. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2021.06.012>.
- Santos A, Botelho J, Machado V, et al. Autogenous mineralized dentin versus xenograft granules in ridge preservation for delayed implantation in post-extraction sites: a randomized controlled clinical trial with an 18 months follow-up. *Clin Oral Implants Res*. 2021;32(8):905–915. <https://doi.org/10.1111/clr.13765>.
- Pohl V, Schuh C, Fischer M, Haas R. A new method using autogenous impacted third molars for sinus augmentation to enhance implant treatment: case series with preliminary results of an open, prospective longitudinal study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. May 2016;622–630. <https://doi.org/10.11607/jomi.4172>. Published online.
- Minetti E, Corbella S, Taschieri S, Canullo L. Tooth as graft material: histologic study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2022;24(4):488–496. <https://doi.org/10.1111/cid.13097>.
- Thalmair T, Fickl S, Schneider D, Hinz M, Wachtel H. Dimensional alterations of extraction sites after different alveolar ridge preservation techniques – a volumetric study. *J Clin Periodontol*. 2013;40(7):721–727. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12111>.
- Hazballa D, Inchingolo AD, Inchingolo AM, et al. The effectiveness of autologous demineralized tooth graft for the bone ridge preservation: a systematic review of the literature. *J Biol Regul Homeost Agents*. 2021;35(2):289–294. <https://doi.org/10.1902/jop.2002.73.1.94>.
- Brownfield LA, Weltman RL. Ridge preservation with or without an osteoinductive allograft: a clinical, radiographic, micro-computed tomography, and histologic study evaluating dimensional changes and new bone formation of the alveolar Ridge. *J Periodontol*. 2012;83(5):581–589. <https://doi.org/10.1902/jop.2011.110365>.
- Pelegrine AA, Da Costa CES, Correa MEP, Marques Jr JFC. Clinical and histomorphometric evaluation of extraction sockets treated with an autologous bone marrow graft. *Clin Oral Implants Res*. 2010;21(5):535–542. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2009.01891.x>.
- Elraee L, Moussa M, Adel-Khattab D. Autogenous dentin block of a non-restorable wisdom tooth for localized horizontal ridge augmentation: radiographic and histological analysis - a preliminary case report. *Clin Adv Periodontics*. 2022;12(2): 106–112. <https://doi.org/10.1002/cap.10130>.
- Isola G, Santonocito S, Di Tommasi S, et al. Use of autogenous tooth-derived mineralized dentin matrix in the alveolar ridge preservation technique: clinical and histologic evaluation. *Int J Periodontics Restor Dent*. 2022;42(4):497–504. <https://doi.org/10.11607/prd.6170>.
- Alwino M, Firdausy B, Setiawati EM, Roestamadi RI, Haque N. Collagen in Bovine Dentine Promotes BMP2 and Osterix Expression in Bone Healing. vol. 19. 2023.
- Gera R, Chadha P, Banerjee SP, et al. A narrative review on use of biomaterials in achieving SDG 9: build resilient infrastructure, promote sustainable industrialization and foster innovation. In: *E3S Web of Conferences*. vol. 391. EDP Sciences; 2023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339101180>.
- Lee JY, Lee J, Kim YK. Comparative analysis of guided bone regeneration using autogenous tooth bone graft material with and without resorbable membrane. *J Dent Sci*. 2013;8(3):281–286. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2013.03.001>.
- Kim YK, Yun PY, Um IW, et al. Alveolar ridge preservation of an extraction socket using autogenous tooth bone graft material for implant site development: prospective case series. *J Adv Prosthodont*. 2014;6(6):521–527. <https://doi.org/10.4047/jap.2014.6.6.521>.
- Park SM, Kim DH, Pang EK. Bone formation of demineralized human dentin block graft with different demineralization time: in vitro and in vivo study. *J Cranio-Maxillo-Fac Surg*. 2017;45(6):903–912. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2017.03.007>.
- Kamal M, Al-Obaidly S, Lethaus B, Bartella AK. A novel pilot animal model for bone augmentation using osseous shell technique for preclinical in vivo studies. *Clin Exp Dent Res*. 2022;8(6):1331–1340. <https://doi.org/10.1002/cre2.644>.
- Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*. 2021;372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
- Merkow RP, Kaji AH, Itani KMF. The CONSORT framework. *JAMA Surg*. 2021;156(9):877–878. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2021.0549>.
- Nugraha AP, Yang H, Chen J, et al. β -Tricalcium phosphate as alveolar bone grafting in cleft lip/palate: a systematic review. *Dent J*. 2023;11(10):234. <https://doi.org/10.3390/dj11100234>.
- Barker TH, Stone JC, Sears K, et al. The revised JBI critical appraisal tool for the assessment of risk of bias for randomized controlled trials. *JBI Evid Synth*. 2023;21(3). https://journals.lww.com/jbisir/fulltext/2023/03000/the_revised_jbi_critical_appraisal_tool_for_the_5.aspx.
- Artzi Z, Netanel E, Renert U. Autogenous particulate dentin in socket site preservation procedures: histologic and histomorphometric observations. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022;37(2):373–380. <https://doi.org/10.11607/jomi.9216>.
- Sapoznikov L, Haim D, Zavan B, Scoretti G, Humphrey MF. 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 Invest.* 2023; 27(6):2899–2911. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-04888-5>.
26. Yang F, Ruan Y, Bai XL, et al. Alveolar ridge preservation in sockets with severe periodontal destruction using autogenous partially demineralized dentin matrix: a randomized controlled clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2023. <https://doi.org/10.1111/cid.13247>. Published online.
 27. Pang KM, Um IW, Kim YK, Woo JM, Kim SM, Lee JH. Autogenous demineralized dentin matrix from extracted tooth for the augmentation of alveolar bone defect: a prospective randomized clinical trial in comparison with anorganic bovine bone. *Clin Oral Implants Res.* 2017;28(7):809–815. <https://doi.org/10.1111/clr.12885>.
 28. Abo-El-Saad MM, Melek LNF, Abdel Fattah HS, Ayad SS. Autogenous dentin graft versus alloplastic graft combined with socket shield for pre-implant socket preservation: a split-mouth randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2023.01.010>. Published online.
 29. Xiao W, Hu C, Chu C, Man Y. Autogenous dentin shell grafts versus bone shell grafts for alveolar ridge reconstruction: a novel technique with preliminary results of a prospective clinical study. *Int J Periodontics Restor Dent.* 2019;39(6):885–893. <https://doi.org/10.11607/prd.4344>.
 30. Cervera-Maillio JM, Morales-Schwarz D, Morales-Melendez H, Mahesh L, Calvo- Guirado JL. Autologous tooth dentin graft: a retrospective study in humans. *Medicina (Kaunas).* 2021;58(1).
 31. Andrade C, Camino J, Nally M, Quirynen M, Martinez B, Pinto N. Combining autologous particulate dentin, L-PRF, and fibrinogen to create a matrix for predictable ridge preservation: a pilot clinical study. *Clin Oral Invest.* 2020;24(3): 1151–1160. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02922-z>.
 32. Yüceer-Çetiner E, Ozkan N, Onger ME. Effect of autogenous dentin graft on new bone formation. *J Craniofac Surg.* 2021;32(4):1354–1360.
 33. Shejali J, Thomas R, Kumar T, Shah R, Mehta DS, Gayathri GV. Immediate ridge augmentation using autogenous tooth root as a block graft in a periodontally hopeless extraction site: a pilot study. *J Oral Implantol.* 2020;46(1):41–49. <https://doi.org/10.1563/aaaid-joi-D-19-00234>.
 34. Pohl S, Binderman I, Tomac J. Maintenance of alveolar ridge dimensions utilizing an extracted tooth dentin particulate autograft and platelet-rich fibrin: a retrospective radiographic cone-beam computed tomography study. *Materials.* 2020;13(5). <https://doi.org/10.3390/ma13051083>.
 35. Oguic M, Candirlic M, Tomas M, et al. Osteogenic potential of autologous dentin graft compared with bovine xenograft mixed with autologous bone in the esthetic zone: radiographic, histologic and immunohistochemical evaluation. *Int J Mol Sci.* 2023;24(7). <https://doi.org/10.3390/ijms24076440>.
 36. del Canto-Díaz A, de Elio-Oliveros J, del Canto-Díaz M, Alobera-Gracia MA, del Canto-Pingarrón M, Martínez-González JM. Use of autologous tooth-derived graft material in the post-extraction dental socket. Pilot study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2019;24(1):E53–E60. <https://doi.org/10.4317/medoral.22536>.
 37. Jung RE, Fenner N, Hammerle CHF, Zitzmann NU. Long-term outcome of implants placed with guided bone regeneration using resorbable and non-resorbable membranes after 12–14 years. *Clin Oral Implants Res.* 2013;24(10):1065–1073. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2012.02522.x>.
 38. Sanchez-Labrador L, Bazal-Bonelli S, Perez-Gonzalez F, Saez-Alcaide LM, CortesBreton Brinkmann J, Martinez-Gonzalez JM. Autogenous particulated dentin for alveolar ridge preservation. A systematic review. *Ann Anat - Anat Anz.* 2023;246, 152024. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2022.152024>.
 39. Koga T, Minamizato T, Kawai Y, et al. Bone regeneration using dentin matrix depends on the degree of demineralization and particle size. *PLoS One.* 2016;11(1), e0147235. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147235>.
 40. Pohl V, Pohl S, Sulzbacher I, Fuerhauser R, Mailath-Pokorny G, Haas R. Alveolar Ridge augmentation using dystopic autogenous tooth: 2-year results of an open prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017;32(4):870–879. <https://doi.org/10.11607/jomi.5396>.