



СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ НАПРАВЛЕННОЙ КОСТНОЙ И ТКАНЕВОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПАРОДОНТАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ

¹Коновалова Е. В. ORCID ID 0000-0002-5020-6619,

¹Иванов П. В. ORCID ID 0000-0002-4323-7943, ²Щетинин В. В.,

³Шастин Е. Н. ORCID ID 0009-0008-5660-9276, ¹Рыбас А. Р.

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет», Пенза, Российская Федерация, e-mail: udaltsovakaterina@mail.ru

²Общество с ограниченной ответственностью

«Центр имплантологии и эстетической медицины «ДЕНТОРА», Российская Федерация;

³Общество с ограниченной ответственностью «БАЛДАР», Российская Федерация

Пародонтит относится к группе хронических воспалительных заболеваний, сопровождающихся разрушением опорных тканей зуба, включая цемент корня, периодонтальную связку и альвеолярную кость. Без своевременного и рационального лечения данная патология становится основной причиной потери зубов у взрослого населения, что в последующем провоцирует развитие серьезных ортопедических и ортодонтических проблем. Цель обзора – анализ современных методов регенеративной пародонтальной хирургии, включая направленную костную регенерацию (НКТ) и направленную тканевую регенерацию (НТР), при хирургическом лечении пародонтальных дефектов костной ткани на основе данных литературы. Материалы и методы: проведен аналитический обзор публикаций в базах PubMed, Scopus, e-Library. Изучались статьи за последние 20 лет с акцентом на работы последних 10 лет по ключевым словам на русском и английском языках: «пародонтит», «пародонтальный дефект», «направленная костная регенерация», «направленная тканевая регенерация», «пародонтальные мембраны», «регенеративная пародонтальная хирургия», «periodontitis», «periodontal defect», «guided bone regeneration», «guided tissue regeneration», «periodontal membranes», «regenerative periodontal surgery». Результаты: комбинированные подходы, а именно использование барьерных мембран в сочетании с костными трансплантатами и биологическими факторами, по данным ряда обзоров и клинических исследований, могут способствовать более благоприятному исходу регенерации утраченных тканей. Асимметричные резорбируемые мембраны и тканевая инженерия с использованием стволовых клеток периодонтальной связки представляют перспективные направления при лечении пародонтальных дефектов сложной морфологии. Заключение: несмотря на значительный прогресс в хирургической пародонтологии, достижение полноценной функциональной регенерации пародонта остается сложной задачей, требующей дальнейших исследований.

Ключевые слова: пародонтит, пародонтальный дефект, направленная костная регенерация, направленная тканевая регенерация, пародонтальные мембраны, регенеративная пародонтальная хирургия

MODERN METHODS OF GUIDED BONE AND TISSUE REGENERATION IN THE SURGICAL TREATMENT OF PERIODONTAL DEFECTS

¹Konovalova E. V. ORCID ID 0000-0002-5020-6619,

¹Ivanov P. V. ORCID ID 0000-0002-4323-7943, ²Schetinin V. V.,

³Shastin E. N. ORCID ID 0009-0008-5660-9276, ¹Rybas A. R.

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Penza State University, Penza, Russian Federation, e-mail: udaltsovakaterina@mail.ru;

²Limited Liability Company Center of Implantology and Aesthetic Medicine DENTORA, Russian Federation;

³Limited Liability Company BALDAR, Russian Federation

Periodontitis belongs to a group of chronic inflammatory diseases accompanied by the destruction of tooth-supporting tissues, including the root cementum, periodontal ligament, and alveolar bone. Without timely and rational treatment, this pathology becomes the leading cause of tooth loss in the adult population, which subsequently provokes the development of serious prosthetic and orthodontic problems. The aim of this review is to analyze modern methods of regenerative periodontal surgery, including guided bone regeneration (GBR) and guided tissue regeneration (GTR) in the surgical treatment of periodontal bone defects based on a review of available literature. Materials and methods: a narrative review of publications in the PubMed, Scopus, and e-Library databases was conducted. Articles published over the last 20 years were reviewed, with emphasis on studies from the past 10 years, using keywords in Russian and English: «periodontitis», «periodontal defect», «guided bone regeneration», «guided tissue regeneration», «periodontal membranes», «regenerative periodontal surgery». Results: Combined approaches, namely the use of barrier membranes in conjunction with bone grafts and biological factors according to a number of reviews and clinical studies, may provide more favorable outcomes for the regeneration of lost tissues. Asymmetric resorbable membranes and tissue engineering using periodontal ligament stem cells represent promising directions in the treatment of periodontal defects with complex morphology. Conclusion: Despite significant progress in surgical periodontology, achieving complete functional regeneration of the periodontium remains a challenging task requiring further research.

Keywords: periodontitis, periodontal defect, guided bone regeneration, guided tissue regeneration, periodontal membranes, regenerative periodontal surgery

Введение

Внутрикостные пародонтальные дефекты являются частым осложнением пародонтита. Оптимальным результатом их лечения считается отсутствие кровоточивости при зондировании, наличие неглубоких пародонтальных карманов (связанное с регенерацией пародонта, формированием нового цемента корня с функционально ориентированными волокнами периодонтальной связки, соединенными с альвеолярной костью), а также отсутствие рецессии мягких тканей [1]. Для достижения регенерации пародонта применяется множество различных хирургических методов, которые часто включают имплантацию костных трансплантатов и/или костнозамещающих материалов, деминерализацию поверхности корня, направленную тканевую регенерацию, использование факторов роста, белков эмалевой матрицы, а также различные их комбинации [2].

Цель настоящего обзора – систематизация и анализ современных методов регенеративной пародонтальной хирургии, включая направленную костную регенерацию (НКР) и направленную тканевую регенерацию (НТР), при лечении внутрикостных пародонтальных дефектов, с оценкой эффективности различных типов барьерных мембран, остеоматериалов и подходов тканевой инженерии в пародонтологии.

Материалы и методы исследования

Проведен аналитический обзор научной литературы за период с 2005 – 2026 гг. Дата последнего поиска: 15 мая 2026 г. Поиск осуществлялся в электронных базах PubMed, Scopus, e-Library. Изучались статьи за последние 20 лет с акцентом на работы последних 10 лет. Поиск осуществлялся по ключевым словам на русском и английском языках: «пародонтит», «пародонтальный дефект», «направленная костная регенерация», «направленная тканевая регенерация», «пародонтальные мембраны», «регенеративная пародонтальная хирургия», «periodontitis», «periodontal defect», «guided bone regeneration», «guided tissue regeneration», «periodontal membranes», «regenerative periodontal surgery». Первично было отобрано 168 публикаций. Критериями включения были оригинальные клинические исследования, систематические обзоры и мета-анализы, рандомизированные контролируемые исследования (РКИ), посвященные оценке эффективности методов направленной костной регенерации и направленной тканевой регенерации при хирургическом лечении костных пародонтальных дефектов. Критериями исключения были исследования, проведенные

на животных, описания клинических кейсов (за исключением описаний новых хирургических методик), публикации, не содержащие данных о клинических исходах. После удаления дубликатов (n=32), исключения публикаций на животных (n=31), клинических случаев без новых методик (n=24) и статей без данных о клинических исходах (n=46). В финальный обзор включено 35 источников, соответствующих теме и критериям включения.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно результатам систематического обзора А. Sculean с соавт., регенерация пародонта при внутрикостных дефектах может быть достигнута в различной степени при использовании ряда методов и материалов. Регенерация пародонта выявлена при применении различных костных трансплантатов и костнозамещающих материалов, методов направленной тканевой регенерации, биологических факторов, а также их комбинаций. По данным ряда обзоров и клинических исследований, наилучшие результаты могут обеспечиваться при использовании комбинированных подходов, тогда как применение только одного вида материала приводит к ограниченной регенерации пародонта либо к её отсутствию [3,4,5]. Так, сочетанное использование концентрированных факторов роста с кальций-фосфатным цементом, обладающим свойствами самоотверждения, значительно улучшило клинические и рентгенологические показатели при лечении внутрикостных пародонтальных дефектов [6].

Традиционные хирургические подходы, в частности открытый кюретаж, обладают ограниченным регенераторным потенциалом. В настоящее время в клинической практике разрабатываются, анализируются и внедряются хирургические методики, направленные на прогнозируемую регенерацию тканей пародонта. В литературе обсуждаются различные материалы и агенты, используемые для регенерации внутрикостных дефектов и дефектов фуркации, включая костнозамещающие трансплантаты, барьерные мембраны и биологические модификаторы [7,8].

Начиная с конца 1980-х годов ведется активная работа по ускорению и усилению регенерации тканей пародонта с использованием методов направленной тканевой регенерации (НТР), направленной костной регенерации (НКР) и других регенеративных подходов. Следует отметить, что направленная тканевая регенерация (НТР) направлена на восстановление всех тканей пародонтального комплекса, таких как: цемент, свя-

зочный аппарат, костная ткань, что достигается применением барьерных мембран. Направленная костная регенерация (НКР) фокусируется преимущественно на восполнении объемов костной ткани, часто в рамках подготовки к дентальной имплантации, либо при лечении глубоких внутрикостных пародонтальных дефектов. Эти достижения значительно улучшили клинические результаты лечения заболеваний пародонта. Достигнут большой прогресс в развитии клеточной терапии и тканевой инженерии. Применение принципов, методов и подходов тканевой инженерии в пародонтологии продемонстрировало высокий потенциал в регенерации тканей пародонтального комплекса: альвеолярной кости, периодонтальной связки, цемента корня и, в конечном итоге, восстановления нормальной структуры и функции пародонта вокруг ранее пораженного зуба [9,10]. Так, в рамках актуальной научной парадигмы тканевой инженерии и регенеративной медицины на первый план выходят биомиметические материалы. Данные материалы способны воспроизводить сложный комплекс биохимических и биофизических сигналов, характерных для нативного внеклеточного матрикса. Биомиметические материалы также демонстрируют механическую адаптивность (способность к динамическому ремоделированию), микроструктурную связанность, обеспечивающую интеграцию клеток и транспорт метаболитов, а также присущую им биологическую активность. Указанные свойства обуславливают высокий потенциал биомиметических материалов в качестве матрикса для создания живых имплантатов, в том числе в пародонтологии [11]. Разработаны биоматериалы с антимикробной, иммуномодулирующей и регенеративной активностью, что открывает новые перспективы в лечении инфекционных заболеваний бактериальной этиологии, в том числе пародонтита. Данные материалы могут быть внесены в пародонтальный дефект в виде микросфер, гелей, пленок, пептидов [12].

Существуют два наиболее распространенных метода регенерации: направленная тканевая регенерация (НТР) и направленная костная регенерация (НКР). Они направлены на восстановление поврежденных тканей пародонта и кости, пораженных вследствие пародонтита. В процессе лечения НТР/НКР барьерная мембрана размещается на границе между мягкой тканью и пародонтальным дефектом с целью предотвращения врастания мягких тканей и создания пространства для миграции медленно пролиферирующих остеогенных клеток в область дефекта. В последние годы асим-

метричные резорбируемые барьерные мембраны привлекают значительное внимание как новое поколение мембран для НТР/НКР. Несмотря на многочисленные публикации, посвященные асимметричным мембранам, до сих пор отсутствует всесторонний обзор, в котором подчеркивалась бы роль структуры мембраны в регенерации пародонта [13]. Барьерные мембраны обладают рядом свойств, которые могут быть модифицированы. Таким образом, актуальной задачей является обновление имеющихся данных о физико-химических и механических характеристиках мембран, а также о сопряженных с ними биологических исходах. Не менее значимым представляется анализ биологических механизмов, опосредующих остеорегенерацию в костных дефектах, закрытых барьерными мембранами. Согласно экспериментальным данным, вариации физико-химических и механических свойств мембран способны оказывать стимулирующее влияние на репаративный остеогенез. Кроме того, новые результаты указывают на то, что пространство, ограниченное мембраной, выполняет не только пассивную барьерную функцию, но и активно участвует в регенерации дефекта. В связи с этим ключевой стратегией является оптимизация мембран с позиций сочетания их барьерных и биоактивных свойств [14,15]. Принципы тканевой инженерии основаны на процессе объединения клеток, каркасов и сигнальных молекул для производства функциональных тканей с целью восстановления, поддержания и улучшения поврежденных органов. Открытие стволовых клеток периодонтальной связки подтвердило возможность разработки тканеинженерных терапевтических подходов для лечения заболеваний пародонта. Стволовые клетки периодонтальной связки являются разновидностью соматических стволовых клеток, которые демонстрируют способность к дифференцировке в несколько типов клеток и к надежному клональному самообновлению. В связи с этим они рассматриваются как весьма перспективное направление в регенеративной терапии пародонта [16,17]. Современные методы лечения способны ограничить прогрессирование заболевания, однако достижение истинной регенерации, характеризующейся перпендикулярно ориентированным прикреплением волокон периодонтальной связки к цементу на поверхности корня, остается сложной задачей. В связи с этим разработаны тканеинженерные подходы, направленные на улучшение регенерации за счет микроинженерных топографических особенностей, специально созданных для области пародонта [18].

Появление белков эмалевой матрицы и рекомбинантных факторов роста открыло новую эру, где биологические медиаторы могут использоваться для регенерации пародонта. Преимущество рекомбинантных факторов роста – стабильность их регенеративного потенциала; различия в результатах заживления или хирургическими погрешностями. В обзоре Као с соавт. рассматривается эволюция тканевой инженерии и её влияние на клиническое лечение пародонтальных и костных дефектов при подготовке к имплантации [19]. Рекомбинантный амелогенин может служить альтернативой белкам эмалевой матрицы, так как обладает про-регенеративным клеточным поведением, особенно в сигнальных путях, связанных с формированием минерализованных тканей. В исследованиях отмечалось усиление адгезии, миграции, дифференцировки, минерализации и повышение экспрессии остеогенных/цементогенных маркеров (щелочная фосфатаза, остеокальцин, костный сиалопротеин, RUNX2). Однако важно отметить, что в нескольких исследованиях сообщалось о нейтральных, смешанных или дозозависимых эффектах, особенно в отношении пролиферации и миграции клеток [20].

Направленная регенерация тканей пародонта предполагает хирургическую имплантацию природных или синтетических полимеров в форме мембран, гидрогелей или трехмерных матриц. Комбинации биоматериалов с биоактивными факторами представляют собой регенеративные стратегии нового поколения. Доставка клеток с использованием клеточно-каркасных конструкций показала эффективность при лечении пародонтита. В настоящее время для дополнения существующих методов регенерации пародонта предлагается биоинженерия тканей с применением генетически модифицированных стволовых клеток. Создание трехмерных структур с помощью аддитивных технологий (3D-печати) позволяет улучшить влияние архитектуры имплантата на процесс тканеобразования [21].

Костные дефекты в полости рта могут значительно варьироваться: от незначительных внутрикостных поражений, вызванных хроническим воспалением пародонта до обширных костных дефектов, которые распространяются через костную ткань челюсти в результате травмы, резекции опухоли или врожденных дефектов. Различия в размерах и локализации этих дефектов еще больше усугубляются индивидуальными особенностями пациента и факторами окружающей среды, которые способствуют проблемам регенерации пародонта, реге-

нерации периимплантатной ткани и реконструкции альвеолярного гребня. В обзорной работе Л. Ларссона, А.М. Деккера и соавторов «Regenerative Medicine for Periodontal and Peri-implant Diseases» систематизированы терапевтические стратегии и классы биоматериалов, применяемые при регенерации альвеолярной костной ткани [22]. Предложены новые биомиметические материалы и технологии изготовления каркасов (скаффолдов) для регенерации тканей пародонта. Особое внимание уделено недавней разработке многофункциональных каркасных биоматериалов, предназначенных для одновременной регенерации альвеолярной кости, периодонтальной связки и цемента корня [23]. При наличии пародонтальных дефектов сложной морфологии применяются разные типы каркасов, в том числе многослойные. Существуют многослойные каркасы, предназначенные для иерархически организованной регенерации альвеолярной кости, периодонтальной связки и цемента, однако, ни один из них до настоящего времени не способен воспроизвести все четыре типа тканей, вовлеченных в пародонтальный дефект [24]. Скаффолды, изготовленные методом 3D-печати с использованием мезенхимальных стволовых клеток и композитного биоразлагаемого каркаса показали свою эффективность при лечении внутрикостных пародонтальных дефектов сложной морфологии [25].

Регенерация пародонта остается актуальной клинической проблемой, так как для восстановления здоровья и функции зуба необходимо формирование правильного прикрепления и функционально ориентированной периодонтальной связки к регенерированной кости и цементу [26]. В исследовании Р. Стэйплса, С. Ивановски, К. Васвани и С. Вакетта «Melt electrowriting scaffolds with fibre-guiding features for periodontal attachment» представлен инновационный двухфазный каркас, созданный с использованием технологии расплавленной электростринговой печати (melt electrowriting) для направленного контроля роста тканей. В отличие от существующих аналогов, предложенный каркас обладает высокой пористостью, адаптируемостью и позволяет точно воспроизводить прикрепление волокон периодонтальной связки, как к поверхности корня зуба, так и к поверхности альвеолярной кости, что является критическим условием для достижения функциональной регенерации пародонта. Полученные результаты не только восполняют значительный пробел в области биоматериал-опосредованного управления тканевыми процессами, но и обещают более прогнози-

руемые клинические исходы, что представляет собой прогресс в данной области [27].

В хирургической пародонтологии модифицируются и совершенствуются не только регенеративные материалы, но и хирургические методики направленной костной регенерации. Одной из таких разработок является модифицированная малоинвазивная хирургическая техника (M-MIST), используемая при лечении внутрикостных пародонтальных дефектов. Данный хирургический метод был предложен в ответ на клиническую необходимость уменьшения размеров хирургического лоскута, сокращения сроков регенерации тканей, снижения дискомфорта для пациента и повышения стабильности послеоперационной раны. Метод продемонстрировал свою эффективность как при самостоятельном применении, так и в сочетании с производным эмалевой матрицы и ксеногенным остеозамещающим материалом. Динамика уровня клинического прикрепления между первым и десятым годами наблюдения во всех трёх группах оказалась минимальной (от -0,1 до -0,3 мм) и статистически незначимой как при внутригрупповом сравнении, так и между группами ($p > 0,05$) [28].

В хирургической пародонтологии эстетический компонент является решающим фактором при планировании лечебных мероприятий в области фронтальных зубов. В связи с этим приоритетное значение приобретает сохранение анатомической целостности десневого края и исходной высоты межзубных сосочков. Хирургическое лечение пародонтальных дефектов в эстетической зоне может расцениваться как удовлетворительное только в тех случаях, когда удастся избежать повреждения или рецессии десневого сосочка. Для минимизации осложнений и достижения оптимальных эстетических результатов разработаны различные типы хирургических лоскутов. К числу таковых относятся лоскуты с сохранением зубодесневого сосочка (papilla-preserving flaps), а также малоинвазивные хирургические подходы, которые предполагают либо минимальную отслойку межзубного сосочка, либо полный отказ от его приподнимания [29].

Разработаны техники с использованием определенного подхода к рассечению тканей при работе в изолированных внутрикостных пародонтальных дефектах. Так, при проведении НКР с использованием протокола «AICAST» описаны положительные клинические результаты: было зафиксировано уменьшение глубины ПК на $6,05 \pm 1,76$ мм ($p < 0,01$), уменьшение рецессии десны на $1,15 \pm 1,97$ мм ($p = 0,119$) и прирост клинического прикрепления на

$7,20 \pm 2,13$ мм ($p < 0,01$). Полное рентгенологическое замещение внутрикостного кармана наблюдалось во всех пародонтальных дефектах. Хирургическая методика «AICAST» представляет собой инновационный протокол оперативного вмешательства для лечения глубоких внутрикостных пародонтальных дефектов и возможного уменьшения, связанных с ними рецессий десны [30]. При использовании данной хирургической методики также зафиксировано статистическое уменьшение глубины пародонтального кармана, уменьшение значений рецессии десны.

Следует отметить, что эндоскопический поддесневой кюретаж (EASD), как и лоскутные пародонтологические операции с сохранением зубодесневого сосочка (PPFS) под увеличением, приобрели особую популярность благодаря своей эффективности. Ликвидация кармана достигнута в 100% (PPFS) и 87,5% (EASD) участков [31].

Для лечения внутрикостных пародонтальных дефектов был предложен модифицированный неинцизионный хирургический доступ с сохранением зубодесневых сосочков (M-NIPSA). В сериях клинических случаев описаны положительные результаты данного протокола: он позволяет сохранить межзубные сосочки за счёт расположения линий разрезов в стороне от межзубных контактов, что обеспечивает хорошие результаты. Однако следует отметить, что применение данной методики ограничено из-за морфологии и анатомии костного дефекта. Хирургический протокол «M-NIPSA» позволяет преодолеть анатомические ограничения традиционных методик направленной костной регенерации, обеспечивая первичное заживление при минимальном разрезе и отслойке лоскута. В сочетании с эффективными остеозамещающими материалами и факторами роста данный метод значительно улучшает исход хирургического вмешательства. Было отмечено статистически значимое уменьшение глубины пародонтального кармана, рентгенологическое восстановление костной ткани. В отдалённом послеоперационном периоде отмечено уменьшение осложнений, связанных с развитием рецессии десны [32]. Следует также отметить, что применение данного хирургического подхода в сочетании с рекомбинантным фактором роста фибробластов человека 2-го типа и депротеинизированным бычьим костным остеозамещающим материалом привело к улучшению клинических параметров и уменьшению костной резорбции при лечении внутрикостного дефекта в области центральных резцов у пациента с агрессивным типом пародонтита [33].

Хирургический протокол, сочетающий апикальный неинцизионный хирургический доступ с сохранением зубодесневых сосочков, используется не только при лечении пародонтальных дефектов, но и при лечении запущенного периимплантита с формированием дефектов с ограниченным количеством костных стенок и/или при наличии надкостных (супракрестальных) дефектов.

Хирургическое лечение пародонтальных внутрикостных дефектов часто сопровождается осложнениями в послеоперационном периоде, такими как рецессия десны. Для лечения пациентов с тонким или средним фенотипом десны и внутрикостным пародонтальным дефектом была предложена методика, сочетающая коронально перемещённый лоскут с сохранением всего сосочка (coronally advanced entire papilla preservation – CA-EPP), в сочетании с соединительнотканым трансплантатом (CTG). В представленных клинических случаях применение описанной хирургической методики способствовало выраженному улучшению клинического уровня межзубного прикрепления, а также позволило добиться полноценного закрытия пародонтального кармана без признаков рецессии десны в отдалённом послеоперационном периоде [34].

На сегодняшний день в области направленной регенерации тканей пародонта достигнуты значительные успехи. Однако процесс ремоделирования пародонта сопряжен со сложными изменениями микроокружения, и регенерация тканей пародонта по-прежнему остается труднодостижимой задачей [6,35].

При интерпретации результатов данного аналитического обзора, посвященного анализу современных методов регенеративной пародонтальной хирургии необходимо учитывать ряд ограничений. Во-первых, заметная доля сведений, особенно касающихся тканевой инженерии, основана на доклинических испытаниях либо ранних фазах клинических исследований, что не позволяет напрямую использовать полученные результаты в повседневной врачебной практике. Во-вторых, по многим новым оперативным техникам, таким как AICAST, NIPSA и CA-EPP, отсутствуют рандомизированные контролируемые исследования с длительным послеоперационным мониторингом. В-третьих, в большинстве проанализированных работ основным инструментом оценки регенерации являлись рентгенологические методы, которые широко применяются как клинический метод оценки костного заполнения дефекта, однако не позволяют достоверно судить о полноценной функциональной регенерации пародонта.

Для подтверждения подлинной функциональной регенерации пародонта требуются гистологические исследования, проведение которых у людей ограничено инвазивностью процедуры забора материала и этическими соображениями. В связи с этим значительная часть подобных исследований выполняется на животных моделях, что существенно затрудняет использование полученных данных в клинической практике. Неоднородность структуры исследований, различия в типах дефектов и применяемых материалах серьезно осложняют сопоставление результатов и выработку чётких клинических рекомендаций.

Заключение

Современные методы направленной костной регенерации, включая использование барьерных мембран, комбинации костных трансплантатов с биологическими факторами и матриксами на основе стволовых клеток, демонстрируют высокий потенциал в восстановлении тканей пародонта. Наибольшая эффективность достигается при комбинированных подходах. Однако функциональная регенерация с формированием правильно ориентированных волокон периодонтальной связки остаётся сложной задачей. Перспективными направлениями являются разработка многослойных скаффолдов с использованием технологий 3D-печати для индивидуального подхода к каждому клиническому случаю.

Список литературы

1. Вережкина Ю. В., Шаманова З. К., Царинская Н. М., Сирак С. В., Перикова М. Г., Еникеев А. М. Индексная оценка результатов лечения хронического пародонтита в условиях потери минеральной плотности костной ткани // Главные врач Юга России. 2023. № 3(89). С. 2-10. EDN: PEPBFZ.
2. Коновалова Е. В., Иванов П. В., Зюлькина Л. А., Шастин Е. Н. Рентгенологическая и функциональная оценка регенерации костной ткани после оперативного вмешательства на тканях пародонта // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2025. № 10-2. С. 106-109. DOI: 10.37882/2223-2966.2025.10-2.10. EDN: SIOKZE.
3. Sculean A., Nikolidakis D., Nikou G., Ivanovic A., Chapple I. L., Stavropoulos A. Biomaterials for promoting periodontal regeneration in human intrabony defects: a systematic review // Periodontology 2000. 2015. № 68(1). P. 182–216. DOI: 10.1111/prd.12086.
4. Calciolari E., Corbella S., Gkraniats N., Viganó M., Sculean A., Donos, N. Efficacy of biomaterials for lateral bone augmentation performed with guided bone regeneration. A network meta-analysis // Periodontology 2000. 2023. № 93(1). P. 77–106. DOI: 10.1111/prd.12531.
5. Аведова Д. Ю., Осипова Ю. Л., Зюлькина Л. А., Илюнина О. О. Оптимизация костной пластики у пациентов с атрофией челюстных костей // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2024. № 10-2. С. 128-130. DOI: 10.37882/2223-2966.2024.10-2.01. EDN: BAADEM.
6. Wang X., Cheng X., Zhang Y., Li F., Duan J., Qiao J. Therapeutic effect of concentrated growth factors combined with self-curing calcium phosphate cement on periodontal intrabony defects: Clinical and radiographic evaluation // Journal of Peking

- University. Health sciences. 2025. № 57(1). P. 42–50. DOI: 10.19723/j.issn.1671-167X.2025.01.007.
7. Wang H. L., Cooke J. Periodontal regeneration techniques for treatment of periodontal diseases // *Dental clinics of North America*. 2005. № 49(3). P. 637–VII. DOI: 10.1016/j.cden.2005.03.004.
8. Liu Y., Guo L., Li X., Liu S., Du J., Xu J., Hu J., Liu Y. Challenges and Tissue Engineering Strategies of Periodontal-Guided Tissue Regeneration // *Tissue engineering. Part C, Methods*. 2022. № 28(8). P. 405–419. DOI: 10.1089/ten.TEC.2022.0106.
9. Chen F. M. Zhonghua kou qiang yi xue za zhi. Zhonghua kouqiang yixue zazhi // *Chinese journal of stomatology*. 2024. № 59(4). P. 312–317. DOI: 10.3760/cma.j.cn112144-20240130-00050.
10. Ward E. A Review of Tissue Engineering for Periodontal Tissue Regeneration // *Journal of veterinary dentistry*. 2022. № 39(1). P. 49–62. DOI: 10.1177/08987564211065137.
11. Zhang Q., Gou C., Zhang, Z. Biomimetic materials: a promising strategy for periodontal tissue engineering and regeneration // *Frontiers in bioengineering and biotechnology*. 2025. № 13. P. 1639170. DOI: 10.3389/fbioe.2025.1639170.
12. Wu H., Li Y., Shi L., Liu Y., Shen J. New Advances in Periodontal Functional Materials Based on Antibacterial, Anti-Inflammatory, and Tissue Regeneration Strategies // *Advanced healthcare materials*. 2025. № 14(9). P. e2403206. DOI: 10.1002/adhm.202403206.
13. Bee S. L., Hamid Z. A. A. Asymmetric resorbable-based dental barrier membrane for periodontal guided tissue regeneration and guided bone regeneration: A review // *Journal of biomedical materials research. Part B, Applied biomaterials*. 2022. № 110(9). P. 2157–2182. DOI: 10.1002/jbm.b.35060.
14. Elgali I., Omar O., Dahlin C., Thomsen P. Guided bone regeneration: materials and biological mechanisms revisited // *European journal of oral sciences*. 2017. № 125(5). P. 315–337. DOI: 10.1111/eos.12364.
15. Ali M., Mohd Noor S. N. F., Mohamad H., Ullah F., Javed F., Abdul Hamid Z. A. Advances in guided bone regeneration membranes: a comprehensive review of materials and techniques // *Biomedical physics & engineering express*. 2024. № 10(3). P. 10.1088/2057-1976/ad1e75. DOI: 10.1088/2057-1976/ad1e75.
16. Tomokiyo A., Wada N., Maeda H. Periodontal Ligament Stem Cells: Regenerative Potency in Periodontium // *Stem cells and development*. 2019. № 28(15). P. 974–985. DOI: 10.1089/scd.2019.0031.
17. Zhang Z., Deng M., Hao M., Tang, J. Periodontal ligament stem cells in the periodontitis niche: inseparable interactions and mechanisms // *Journal of leukocyte biology*. 2021. № 110(3). P. 565–576. DOI: 10.1002/JLB.4MR0421-750R.
18. Staples R., Ivanovski S., Vaquette C. Fibre-guiding biphasic scaffold for perpendicular periodontal ligament attachment // *Acta biomaterialia*. 2022. № 150. P. 221–237. DOI: 10.1016/j.actbio.2022.07.023.
19. Kao R. T., Conte G., Nishimine D., Dault S. Tissue engineering for periodontal regeneration // *Journal of the California Dental Association*. 2005. № 33(3). P. 205–215. DOI: 10.1080/19424396.2005.12223862.
20. Luo J. D. D., Mardini J., Lee R., Dehghani F., Schindler A. Recombinant Amelogenin as a Potential Alternative to Enamel Matrix Derivatives in Periodontal Regeneration: A Scoping Review of Its Biological Activity, Synthesis and Delivery Systems // *Clinical and experimental dental research*. 2026. № 12(2). P. e70325. DOI: 10.1002/cre2.70325.
21. Seciu A. M., Craciunescu O., Stanciu A. M., Zarnescu O. Tailored Biomaterials for Therapeutic Strategies Applied in Periodontal Tissue Engineering // *Stem cells and development*. 2019. № 28(15). P. 963–973. DOI: 10.1089/scd.2019.0016.
22. Larsson L., Decker A. M., Nibali L., Pilipchuk S. P., Berglundh T., Giannobile W. V. Regenerative Medicine for Periodontal and Peri-implant Diseases // *Journal of dental research*. 2016. № 95(3). P. 255–266. DOI: 10.1177/0022034515618887.
23. Deng Y., Liang Y., Liu, X. Biomaterials for Periodontal Regeneration // *Dental clinics of North America*. 2022. № 66(4). P. 659–672. DOI: 10.1016/j.cden.2022.05.011.
24. Jahangirnezhad M., Mahmoudinezhad S. S., Moradi M., Moradi K., Rohani A., Tayebi L. Bone Scaffold Materials in Periodontal and Tooth-supporting Tissue Regeneration: A Review // *Current stem cell research & therapy*. 2024. № 19(4). P. 449–460. DOI: 10.2174/1574888X18666221227142055.
25. Baba S., Yamada Y., Komuro A., Yotsui Y., Umeda M., Shimuzutani K., Nakamura S. Phase I/II Trial of Autologous Bone Marrow Stem Cell Transplantation with a Three-Dimensional Woven-Fabric Scaffold for Periodontitis // *Stem cells international*. 2016. № 2016. P. 6205910. DOI: 10.1155/2016/6205910.
26. Коновалова Е. В., Иванов П. В., Зюлькина Л. А., Невылицын И. В. Клинико-рентгенологическая оценка эффективности хирургического лечения воспалительных заболеваний пародонта с использованием направленной тканевой регенерации // *Уральский медицинский журнал*. 2022. № 21(3). С. 38–45. DOI: 10.52420/2071-5943-2022-21-3-38-45.
27. Staples R., Ivanovski S., Vaswani K., Vaquette, C. Melt electrowriting scaffolds with fibre-guiding features for periodontal attachment // *Acta biomaterialia*. 2024. № 180. P. 337–357. DOI: 10.1016/j.actbio.2024.04.006.
28. Cortellini P., Cortellini S., Bonaccini D., Tonetti M. S. Modified minimally invasive surgical technique in human intrabony defects with or without regenerative materials-10-year follow-up of a randomized clinical trial: Tooth retention, periodontitis recurrence, and costs // *Journal of clinical periodontology*. 2022. № 49(6). P. 528–536. DOI: 10.1111/jcpe.13627.
29. Pragya G., Logaranjani A., Prashanthi P., Mahendra J. A review on papilla preservation flap techniques // *Bioinformation*. 2025. № 21(6). P. 1463–1466. DOI: 10.6026/973206300211463.
30. Calzavara D., Morante S., Sanz J., Noguero F., Gonzalez J., Romandini M., Sanz M. The apically incised coronally advanced surgical technique (AICAST) for periodontal regeneration in isolated defects: a case series // *Quintessence international*. Berlin, Germany: 1985. 2021. № 53(1). P. 24–34. DOI: 10.3290/j.qi.b1763645.
31. Ho K. D., Wang M., Ho K. R., Tong W. M., Tonetti M. S., Leung W. K. Papilla preservation flap surgery and endoscope-assisted subgingival debridement for Step 3 therapy: A 12-month pilot study on subgingival microbial community dynamics in deep periodontal pockets // *Journal of dentistry*. 2025. № 162. P. 106058. DOI: 10.1016/j.jdent.2025.106058.
32. Katayama A., Suzuki E., Rasperini G., Funato A. Modified nonincised papillae surgical approach: Minimally invasive technique for periodontal regeneration // *Clinical advances in periodontics*. 2026. № 16(1). P. 124–131. DOI: 10.1002/cap.10343.
33. Bizenjima T., Irokawa D., Yamada S., Saito A., Tomita S. A Case Report of Periodontal Regenerative Therapy Using Recombinant Human Fibroblast Growth Factor 2 and Deproteinized Bovine Bone Mineral with Non-incised Papillae Surgical Approach (NIPSA) for Angular Bone Defect in Patient with Stage III Grade C Periodontitis // *The Bulletin of Tokyo Dental College*. 2023. № 64(4). P. 145–155. DOI: 10.2209/tdpublication.2023-0011.
34. Rasperini G., Kazarian E., Aslan S. Coronally Advanced Entire Papilla Preservation (CA-EPP) Flap in the Treatment of an Isolated Intrabony Defect to Promote Buccal and Interproximal Soft Tissue Stability: Case Reports // *The International journal of periodontics & restorative dentistry*. 2024. № 44(1). P. 9–16. DOI: 10.11607/prd.6851.
35. Liu G., Xue J., Zhou X., Gui M., Xia R., Zhang Y., Cai Y., Li S., Shi S., Mao X., Chen Z. The paradigm shifts of periodontal regeneration strategy: From reparative manipulation to developmental engineering // *Bioactive materials*. 2025. № 49. P. 418–436. DOI: 10.1016/j.bioactmat.2025.03.009.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.