

Ю.В. Луницына,

к.м.н., доцент кафедры терапевтической стоматологии

Л.Г. Дворникова,

к.фарм.н., доцент кафедры фармации

О.Н. Мазко,

к.б.н., доцент кафедры фармакологии

А.О. Шевякина,

аспирант кафедры терапевтической стоматологии

О.В. Бондаренко,

к.м.н., доцент кафедры терапевтической стоматологии

С.И. Токмакова,

д.м.н., профессор, зав. кафедрой терапевтической стоматологии

АГМУ, 656038, Барнаул, Россия

Перспективы применения бактериальной целлюлозы в стоматологии (обзор зарубежной литературы)

Аннотация. Приведен обзор современной научной литературы о бактериальной целлюлозе, которая, будучи природным биополимером, обладает уникальными физико-химическими: высокая степень чистоты, отличная механическая прочность и биосовместимость — и абсорбирующими свойствами, что делает ее востребованной в различных областях медицины: в качестве раневых покрытий, в тканевой инженерии и трансплантации и др. В стоматологии бактериальная целлюлоза проявляет себя в нескольких направлениях. В пародонтологии она используется для регенерации тканей десны и костных структур, в эндодонтии — для сохранения жизнеспособности пульпы, создания эффективных абсорберов и сильтеров. В имплантологии бактериальная целлюлоза может применяться в ходе операций синус-лифтинга. Также она эффективна при лечении заболеваний слизистой оболочки полости рта за счет своих барьера и защитных свойств, способствуя заживлению язв и эрозий. **Заключение.** Статья подчеркивает потенциал и перспективность разработки стоматологических изделий и препаратов на основе бактериальной целлюлозы.

Ключевые слова: бактериальная целлюлоза, биоматериал, стоматология, пародонтология, эндодонтия, медицинские изделия, раневые покрытия

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Луницына Ю.В., Дворникова Л.Г., Мазко О.Н., Шевякина А.О., Бондаренко О.В., Токмакова С.И. Перспективы применения бактериальной целлюлозы в стоматологии (обзор зарубежной литературы). — Клиническая стоматология. — 2025; 28 (3): 79—83. DOI: 10.37988/1811-153X_2025_3_79

Yu.V. Lunitsyna,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Therapeutic dentistry Department

L.G. Dvornikova,

PhD in Pharmacy, associate professor of the Pharmacy Department

O.N. Mazko,

PhD in Biology, associate professor of the Pharmacology Department

A.O. Shevyakina,

postgraduate of the Therapeutic dentistry Department

O.V. Bondarenko,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Therapeutic dentistry Department

S.I. Tokmakova,

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Therapeutic dentistry Department

Altai State Medical University,
656038, Barnaul, Russia

Prospects of bacterial cellulose application in dentistry (review of foreign literature)

Annotation. The article provides an overview of modern literature sources on bacterial cellulose, which, being a natural biopolymer, has unique physico-chemical properties such as high purity, excellent mechanical strength and biocompatibility, absorbent properties, which makes it in demand in various fields of medicine: as wound coatings, in tissue engineering and transplantation, etc. In dentistry, bacterial cellulose manifests itself in several ways. In periodontics, it is used to regenerate gum tissue and bone structures. In endodontics, to preserve the viability of the pulp, to create effective absorbers and silters. In implantology, bacterial cellulose can be applied during sinus lifting surgery. It is also effective in the treatment of diseases of the oral mucosa due to its barrier and protective properties, contributing to the healing of ulcers and erosions. **Conclusion.** The article highlights the potential and prospects for the development of dental products and preparations based on bacterial cellulose.

Key words: bacterial cellulose, biomaterial, dentistry, periodontics, endodontics, medical devices, wound coverings

FOR CITATION:

Lunitsyna Yu.V., Dvornikova L.G., Mazko O.N., Shevyakina A.O., Bondarenko O.V., Tokmakova S.I. Prospects of bacterial cellulose application in dentistry (review of foreign literature). *Clinical Dentistry (Russia).* 2025; 28 (3): 79—83 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2025_3_79

ВВЕДЕНИЕ

Все больший интерес в медицине приобретают биосовместимые материалы, которые способны имитировать и замещать ткани нашего организма [1]. В соответствии с их химической природой биоматериалы

можно разделить на две основные категории: натуральные (коллаген, шелк, кератин и др.) и синтетические (полимеры, биокомпозиты и др.). Природные биоматериалы обладают биосовместимостью и не вызывают побочных реакций [2]. В настоящее время активно изучается возможность применения коллагена, хитозана

и целлюлозы [3]. В частности, растет интерес к бактериальной целлюлозе (БЦ) с точки зрения ее использования в различных областях медицины, в том числе в стоматологии [4, 5].

Цель обзора — изучить перспективы разработки стоматологических материалов на основе БЦ, обосновать преимущества их применения.

БАКТЕРИАЛЬНАЯ ЦЕЛЛЮЗА, ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

О производстве целлюлозы из бактериальных источников впервые сообщил А.Дж. Браун в 1886 г. [6]. Ученый выявил, что грамотрицательная бактерия *Komagataeibacter xylinus* способна производить целлюлозу. На сегодняшний день существует несколько грамотрицательных бактерий, продуцирующих данный биополимер: *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* и *Escherichia spp.* В поддающей среде в аэробных условиях на границе раздела питательной среды и воздуха эти бактерии образуют обширную трехмерную сеть целлюлозных фибрилл, используя глюкозу и другие сахарины в качестве источника углерода. Макроскопически мембранны БЦ похожи на гель, форма и толщина которого зависят от рецептиента и времени культивирования [2]. Микроскопически структура БЦ представляет собой взаимосвязанную трехмерную пористую сетчатую структуру, обуславливающую свойства материала [7]. Фибриллы БЦ биосинтезируются в несколько этапов. Водородные связи, обусловленные взаимодействием гидроксильных групп, позволяют изготавливать листы полимера с высокой площадью поверхности и пористостью. Изменяя условия культивирования и методы производства, можно влиять на характеристики получаемого материала [8].

Свойства БЦ достаточно хорошо изучены. Перечислим основные из них, определяющие возможность использования биополимера в медицине [2, 9]:

- 1) возможность стерилизации изделий различными способами (нагревание, пар, окись этилена и облучение) без потери своих физико-химических свойств и структурной целостности материала;
- 2) высокая пористость, высокая влагоудерживающая способность, что позволяет эффективно впитывать и выделять лекарственные вещества;
- 3) высокая чистота и кристалличность;
- 4) хорошая химическая стабильность;
- 5) отличные механические свойства, высокая прочность;
- 6) возможность применения изделий в качестве физического барьера против микробных инфекций;
- 7) биосовместимость — не вызывает аллергию, нетоксична;
- 8) хорошая адгезия к живым тканям;
- 9) регенеративное действие и ранозаживляющий эффект.

ПРИМЕНЕНИЕ В СТОМАТОЛОГИИ

Учитывая вышеперечисленные свойства и возможности применения БЦ в медицине, существует большой потенциал для применения биополимера в стоматологии.

Однако сложности использования БЦ в данной области связаны с необходимостью трансформировать биополимер и придать ему свойства биоразложения. С этой целью проведены исследования по разработке биодеградируемых образцов. Еще в 1982 г. M. Singh и соавт. описали селективное окисление целлюлозы периодатом натрия с получением бактериальной диальдегидцеллюлозы. В исследованиях *in vivo* у крыс наблюдалось разложение материала, причем отмечена корреляция между временем биодеградации бактериальной диальдегидцеллюлозы и степенью ее окисления. При этом биополимер не терял свои механические и физико-химические свойства [10]. Позже в исследовании P. Weyell и соавт. (2019) была подтверждена возможность получения биоразлагаемой БЦ при использовании данного способа [11].

Группа ученых во главе с S.J. An (2017) для получения растворимого материала на основе биополимера использовала электронно-лучевое осаждение. При помощи инфракрасной, сканирующей электронной микроскопии, термогравиметрического анализа и других методов подтверждены свойства получаемых мембран (прочность при растяжении во влажном состоянии, цитосовместимость, эффективное взаимодействие материала с клетками), что в результате способствовало усиленной регенерации тканей [12].

БАКТЕРИАЛЬНАЯ ЦЕЛЛЮЗА ПРИ ЛЕЧЕНИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПАРОДОНТА

Сегодня наиболее активно изучается возможность применения БЦ в пародонтологии [13]. В имеющейся литературе показана хорошая эпителиализация раны, описан противовоспалительный эффект при использовании биополимера в качестве пародонтального перевязочного материала [14, 15].

Интересные исследования проведены с целью определения возможности применения БЦ в направленной тканевой регенерации (guided tissue regeneration, GTR) при лечении заболеваний пародонта [2, 16]. Данная хирургическая манипуляция включает использование мембраны для предотвращения миграции эпителиальных клеток во время процесса восстановления костной ткани. Мембрана GTR действует как барьер, изолируя дефект кости от окружающей соединительной ткани. В настоящее время доступно несколько коммерческих материалов: нерассасывающиеся мембранны, которые требуют повторного хирургического вмешательства для извлечения, что увеличивает стоимость и длительность лечения; и рассасывающиеся мембранны, которые представляют собой группу природных и биоразлагаемых полимеров (коллаген, полимолочная кислота и др.). Однако есть ограничения в применении последних: эпителиальный рост вдоль мембранны; изменение скорости резорбции под воздействием различных факторов, которые препятствуют широкому клиническому применению. Поэтому потребность в альтернативных материалах остается.

Мембранны БЦ также применяются для направленной костной регенерации (guided bone regeneration, GBR), но скорость пролиферации и дифференциации

клеток по сравнению с коллагеновой мембраной у них меньше. В 1990-х годах была продемонстрирована регенерация фуркационных поражений II класса после применения мембранны из БЦ сначала в исследовании на животных, в ходе которого лечили собак с пародонтитом. Несколько позже Новаэс и с соавт. (1992, 1993) успешно провели лечение таких поражений у людей с использованием нерассасывающейся мембранны БЦ (Gengiflex) для GBR. Эффективность доказали клинически [17, 18].

Для усиления регенерации костной ткани применяют композиты БЦ с гидроксиапатитом, остеопонтином [19–21]. Р. Kraisuriyawong и соавт. (2024) разработали мембранны БЦ, получаемую при помощи электроспиннинга, имеющую слой смешанной карбоксиметилцеллюлозы и полиэтиленоксида на поверхности, отвечающую требованиям GBR [22].

Медикаментозные схемы лечения заболеваний пародонта включают применение хлоргексидина в качестве этиотропного препарата. Он также активен в отношении широкого спектра грамположительных и грамотрицательных бактерий с факультативным анаэробным метаболизмом и/или аэробных микроорганизмов, грибов. Не удивительно, что именно данное средство одним из первых стали применять с БЦ. Доказано образование сильной химической связи хлоргексидина с биополимером [9, 23].

Группа исследователей под руководством G. Krasowski в 2019 г. подвергла БЦ химической сорбции с антисептиками, содержащими повидон-йод и полигексанид. В исследованиях *in vitro* была доказана очень высокая эффективность в отношении пародонтопатогенной и условно-патогенной микрофлоры полости рта (*Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus* и *Pseudomonas aeruginosa*) [24].

ПРИМЕНЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ РТА

Еще одним перспективным направлением применения БЦ в стоматологии является закрытие дефектов слизистой оболочки при аутотрансплантации, удалении зубов и имплантации. В случае закрытия донорского участка при аутотрансплантации мембрана из БЦ может выполнять несколько функций: устранять болезненность донорского участка, снижать риск инфицирования и послеоперационных осложнений, уменьшать длительность хирургического вмешательства [2, 16].

В работе N. Chiaoprakobkij и соавт. (2019) были проведены испытания лиофилизованных композитных губок, изготовленных из волокон БЦ и альгината, сшитых хлоридом кальция. Новый материал отличался высокой впитываемостью жидкости и в исследовании *in vitro* с использованием кератиноцитов человека и фибробластов десны показал эффект пролиферации клеток. Разработанный материал, кроме того, отличался уникальным дизайном: наружный слой (более толстый) предотвращал попадание бактерий и механическое загрязнение раны, в то время как внутренний, более пористый слой способствовал отводу экссудата [25].

R. Weyell и соавт. (2019) использовали в своей работе биоразлагаемую бактериальную диальдегидцеллюлозу, содержащую антибиотик доксициклин. Разработанный материал применяли для закрытия дефекта при удалении зубов или перевязке ран после аутотрансплантации слизистой оболочки. Через 10 ч антибиотик полностью высвобождался из мембранны [11].

K.L. Tovar-Carrillo и соавт. (2024) разработали гидрогели, обогащенные экстрактом виноградных косточек, для лечения повреждений слизистой полости рта. Полученное средство проявило антибактериальные свойства в отношении *Streptococcus mutans*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* и *Pseudomonas aeruginosa*. Поверхность гидрогеля обладала большей клеточной адгезией в течение первых 4 ч культивирования. Это исследование позволило заключить, что гидрогели являются перспективным материалом для проведения дальнейших исследований [26].

ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ

Сегодня активно изучается вопрос возможности и применения БЦ в операции синус-лифтинга гайморовой пазухи перед имплантацией зубов. Проведен ряд экспериментальных исследований. Группой ученых под руководством S. Kiliç (2025) выполнено сравнительное исследование на животных по возможности применения каркасов из бактериальной целлюлозы для восполнения костных дефектов верхнечелюстных пазух. Доказан остеотропный эффект, обнаружено усиление регенерации костной ткани [27].

В 2019 г. проведены исследования на крысах по устранению дефектов лобной кости. В результате материал на основе БЦ, содержащий костный морфогенетический белок-2, обеспечивал постоянное высвобождение белка, способствуя оптимальному формированию кости, что также доказывает возможность применения разработанного изделия для синус-лифтинга перед имплантацией [28].

Что касается восстановления костной ткани, J.M. Lee и его коллеги (2013) в эксперименте на крысах доказали эффективность композита шелк/БЦ, успешно имплантируя их на двусторонние сегментарные дефекты (длиной 2 мм) скуловых дуг. Микрокомпьютерная томография и гистологическое исследование подтвердило полное заживление хирургических ран через 8 недель [29].

ПРИМЕНЕНИЕ В ЭНДОДОНТИИ

БЦ становится перспективным материалом в эндодонтии. Первое исследованное направление — применение штифтов из БЦ для высушивания, а также использование их для внесения лекарственных препаратов в корневой канал [30]. В своем исследовании A. Yoshino и соавт. (2013) показали преимущества штифтов из БЦ перед стандартными бумажными абсорберами. Разработанные штифты имели более высокие показатели впитываемости, высокую степень высвобождения лекарственного препарата, что сделало их более эффективными

и имело решающее значение для предотвращения повторного инфицирования. Во влажном состоянии БЦ сохраняет высокую прочность на разрыв даже при намокании, что важно для надежности в процессе обработки. Кроме того, БЦ обладает превосходной биосовместимостью, снижая риск побочных реакций у пациентов [31].

Благодаря своим свойствам БЦ может также применяться для усовершенствования пломбировочных материалов для корневых каналов зубов. В литературе описаны работы по изготовлению нановискеров из БЦ с целью армирования стоматологических материалов. S.I. Jinga с соавт. (2014) использовали нановискеры БЦ в комплексе с минералтриоксидагрегатом (МТА). Созданный экспериментальный материал исследовали при помощи рентгенографии и данных термического анализа [32]. Ученые пришли к выводу, что присутствие нановискеров БЦ ускоряет процессы твердения цемента МТА, при этом было отмечено уменьшение количества кристаллов гидроксида кальция. Авторы сообщили о том, что нановискеры БЦ способствуют дальнейшему образованию кристаллических гидросиликатов даже после одного дня затвердевания. Созданный композит на основе биополимера может применяться для пломбирования корневых каналов зубов после проведения клинических исследований. Группа ученых под руководством G. Voicu (2017) при помощи золь-гель-метода синтезировала еще один материал, перспективный для пломбирования кореневых каналов зубов и перфораций его стенок. Силикатный цемент, разработанный авторами, был получен при помощи добавления порошка измельченной в микрометрические частицы путем гидротермальной обработки БЦ. Физико-химические свойства полученного нанокомпозита были исследованы в лабораторных условиях. Авторы также наблюдали сокращение времени полимеризации материала, что делает его более удобным для клинического применения по сравнению с существующими аналогами. Исследование *in vitro* показало отсутствие цитотоксического действия и наличие выраженного регенеративного действия, а также удовлетворительную адгезию к тканям [33].

Другим направлением применения БЦ в эндодонтии стали исследования возможности ее применения для регенерации и сохранения жизнеспособности пульпы. L.M. Costa и его коллеги (2012) разработали нанокомпозит из отолита и БЦ для прямого покрытия пульпы. Данные получены в эксперименте на собаках. Гистологическое исследование пульпы, проведенное через 21 день после ее прямого покрытия разработанным материалом с применением стеклоиономерного цемента в качестве постоянной пломбы, доказало, что предложенный композит БЦ индуцирует образование тканевого барьера и стимулирует reparативную реакцию пульпы [34].

БАКТЕРИАЛЬНАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ АФТОЗНОГО СТОМАТИТА

Некоторые заболевания проявляются возникновением эрозий и язв на слизистой оболочке полости рта. Одним из них является афтозный стоматит, сопровождающийся

возникновением резкоболезненных афт, снижающих уровень жизни пациентов. БЦ, с успехом применяющаяся при лечении дефектов кожи и слизистой оболочки, может быть применена и для лечения данного заболевания.

В 2020 г. группа ученых разработала пластыри, содержащие БЦ, гиалуроновую кислоту и диклофенак, обладающие комплексным действием. Мембранны были изготовлены путем простой диффузии водных растворов препаратов во влажную трехмерную пористую сетку БЦ с последующей термической обработкой при 200°C для получения пластырей. Лабораторные исследования доказали возможность использования предложенных покрытий для уменьшения боли и ускорения эпителизации афт на слизистой полости рта. В искусственной слюне мембранны набухали, происходило высвобождение лекарственного средства [35].

Другой группой авторов разработаны сухие прозрачные пластыри, состоящие из БЦ и фотоактивных биоадгезивов на основе карбена. Матрицы БЦ в данном случае служат структурным компонентом, обеспечивающим целостность во влажной среде, в то время как биоадгезивы на основе карбена обеспечивают адгезию. Структурная целостность разработанного материала сохраняется как минимум в течение 7 дней в водной среде. Пластыри действуют как селективный нанопористый барьер против бактерий [36].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бактериальная целлюлоза является перспективным биоматериалом для применения в стоматологии благодаря своим превосходным механическим свойствам, биосовместимости, способности поглощать и высвобождать лекарственные вещества. Ее применение в стоматологии охватывает все сферы — от регенерации тканей до систем доставки лекарств, при этом ведутся исследования, направленные на улучшение ее свойств путем различных модификаций. Будучи универсальным и экологически чистым материалом, БЦ обладает значительным потенциалом для будущих достижений в стоматологической терапии. Однако требуется проведение большего количества исследований перед внедрением данного биополимера в широкую клиническую практику.

ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Грант губернатора Алтайского края в форме субсидий для разработки качественно новых технологий, создания инновационных продуктов и услуг в сферах переработки и производства пищевых продуктов, фармацевтического производства и биотехнологий (соглашение № 30-2024-004258 от 19.11.2024).

FUNDING:

Grant from the Governor of the Altai Territory in the form of subsidies for the development of qualitatively new technologies, the creation of innovative products and services in the fields of food processing and production, pharmaceutical production and biotechnology (agreement no. 30-2024-004258 dated November, 19 2024).

Поступила/Received: 22.05.2025

Принята в печать/Accepted: 25.08.2025

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. O'Brien F.J. Biomaterials & scaffolds for tissue engineering. — *Materials Today*. — 2011; 14 (3): 88—95. [DOI: 10.1016/S1369-7021\(11\)70058-X](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(11)70058-X)
2. de Oliveira Barud H.G., et al. Bacterial nanocellulose in dentistry: Perspectives and challenges. — *Molecules*. — 2020; 26 (1): 49. [PMID: 33374301](https://doi.org/10.33943/mol.2020.26.1.49)
3. Horue M., Cacicedo M.L., Castro G.R. New insights into bacterial cellulose materials: Production and modification strategies. — *International Journal of Advances in Medical Biotechnology*. — 2018; 1 (2): 44—49. [DOI: 10.25061/2595-3931/IJAMB/2018.v1i2.20](https://doi.org/10.25061/2595-3931/IJAMB/2018.v1i2.20)
4. Popa L., et al. Bacterial cellulose — A remarkable polymer as a source for biomaterials tailoring. — *Materials (Basel)*. — 2022; 15 (3): 1054. [PMID: 35160997](https://doi.org/10.3160997)
5. Choi S.M., Shin E.J. The Nanofication and functionalization of bacterial cellulose and its applications. — *Nanomaterials (Basel)*. — 2020; 10 (3): 406. [PMID: 32106515](https://doi.org/32106515)
6. Brown A.J. On an acetic ferment which forms cellulose. — *Journal of the Chemical Society, Transactions*. — 1886; 49: 432—439. [DOI: 10.1039/CT8864900432](https://doi.org/10.1039/CT8864900432)
7. Ul-Islam M., Khan T., Park J.K. Water holding and release properties of bacterial cellulose obtained by in situ and ex situ modification. — *Carbohydrate Polymers*. — 2012; 88 (2): 596—603. [DOI: 10.1016/j.carbpol.2012.01.006](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.01.006)
8. Reiniati I., et al. Recent developments in the production and applications of bacterial cellulose fibers and nanocrystals. — *Crit Rev Biotechnol*. — 2017; 37 (4): 510—524. [PMID: 27248159](https://doi.org/27248159)
9. Inoue B.S., et al. Bioactive bacterial cellulose membrane with prolonged release of chlorhexidine for dental medical application. — *Int J Biol Macromol*. — 2020; 148: 1098—1108. [PMID: 31917984](https://doi.org/31917984)
10. Singh M., et al. Biodegradation studies on periodate oxidized cellulose. — *Biomaterials*. — 1982; 3 (1): 16—20. [PMID: 6279192](https://doi.org/6279192)
11. Weyell P., et al. Tailor-made material characteristics of bacterial cellulose for drug delivery applications in dentistry. — *Carbohydr Polym*. — 2019; 207: 1—10. [PMID: 30599988](https://doi.org/30599988)
12. An S.J., et al. Preparation and characterization of resorbable bacterial cellulose membranes treated by electron beam irradiation for guided bone regeneration. — *Int J Mol Sci*. — 2017; 18 (11): 2236. [PMID: 29068426](https://doi.org/29068426)
13. Kadkhodazadeh M., et al. In vitro comparison of biological effects of Coe-Pak and Reso-Pac periodontal dressings. — *J Oral Maxillofac Res*. — 2017; 8 (1): e3. [PMID: 28496963](https://doi.org/28496963)
14. Baghani Z., Kadkhodazadeh M. Periodontal dressing: a review article. — *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. — 2013; 7 (4): 183—91. [PMID: 24578815](https://doi.org/24578815)
15. Petelin M., et al. Effects of periodontal dressings on fibroblasts and gingival wound healing in dogs. — *Acta Vet Hung*. — 2004; 52 (1): 33—46. [PMID: 15119785](https://doi.org/15119785)
16. Alimardani Y., et al. Prospective and applications of bacterial nanocellulose in dentistry. — *Cellulose*. — 2024; 13: 7819—7839. [DOI: 10.1007/s10570-024-06098-y](https://doi.org/10.1007/s10570-024-06098-y)
17. Novaes A.B. jr, Novaes A.B. IMZ implants placed into extraction sockets in association with membrane therapy (Gengiflex) and porous hydroxyapatite: a case report. — *Int J Oral Maxillofac Implants*. — 1992; 7 (4): 536—40. [PMID: 1299651](https://doi.org/1299651)
18. Novaes A.B. jr, Novaes A.B. Bone formation over a TiAl6V4 (IMZ) implant placed into an extraction socket in association with membrane therapy (Gengiflex). — *Clin Oral Implants Res*. — 1993; 4 (2): 106—10. [PMID: 8218743](https://doi.org/8218743)
19. Luz E.P.C.G., et al. Resorbable bacterial cellulose membranes with strontium release for guided bone regeneration. — *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. — 2020; 116: 111175. [PMID: 32806235](https://doi.org/32806235)
20. Anitasari S., et al. New insight of scaffold based on hydroxyapatite (HAp)/bacteria's nanocellulose (BN) for dental tissue engineering. — *Eur J Dent*. — 2024; 18 (3): 891—897. [PMID: 37995722](https://doi.org/37995722)
21. Klinthoothamrong N., et al. Bacterial cellulose membrane conjugated with plant-derived osteopontin: Preparation and its potential for bone tissue regeneration. — *Int J Biol Macromol*. — 2020; 149: 51—59. [PMID: 31981668](https://doi.org/31981668)
22. Kraisuriyawong P., et al. Functionalizable bacterial cellulose composite membrane for guided tissue regeneration. — *Int J Biol Macromol*. — 2024; 268 (Pt 1): 131655. [PMID: 38636763](https://doi.org/38636763)
23. Lavoine N., et al. Controlled release of chlorhexidine digluconate using β-cyclodextrin and microfibrillated cellulose. — *Colloids Surf B Biointerfaces*. — 2014; 121: 196—205. [PMID: 24984267](https://doi.org/24984267)
24. Krasowski G., et al. Potential of novel bacterial cellulose dressings chemisorbed with antiseptics for the treatment of oral biofilm infections. — *Applied Sciences*. — 2019; 9 (24): 5321. [DOI: 10.3390/app9245321](https://doi.org/10.3390/app9245321)
25. Chiaoprakobij N., et al. Fabrication and characterization of novel bacterial cellulose/alginate/gelatin biocomposite film. — *J Biomater Sci Polym Ed*. — 2019; 30 (11): 961—982. [PMID: 31043124](https://doi.org/31043124)
26. Tovar-Carrillo K.L., et al. Antibacterial properties of grape seed extract — enriched cellulose hydrogels for potential dental application: In vitro assay, cytocompatibility, and biocompatibility. — *Gels*. — 2024; 10 (9): 606. [PMID: 39330208](https://doi.org/39330208)
27. Cömert Kılıç S., et al. Dispersed bacterial cellulose (DBC) alone graft material and adding DBC or the boric acid-absorbed DBC to xenograft increases the new bone formation during rabbit maxillary sinus augmentation- a pilot study. — *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. — 2025; 102321 (Online ahead of print). [PMID: 40158658](https://doi.org/40158658)
28. Koike T., et al. Efficacy of bacterial cellulose as a carrier of BMP-2 for bone regeneration in a rabbit frontal sinus model. — *Materials (Basel)*. — 2019; 12 (15): 2489. [PMID: 31390730](https://doi.org/31390730)
29. Lee J.M., et al. The fixation effect of a silk fibroin-bacterial cellulose composite plate in segmental defects of the zygomatic arch: an experimental study. — *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. — 2013; 139 (6): 629—35. [PMID: 23787423](https://doi.org/23787423)
30. Cañas-Gutiérrez A., et al. Bacterial cellulose: a biomaterial with high potential in dental and oral applications. — *Cellulose*. — 2020; 17: 9737—9754. [DOI: 10.1007/s10570-020-03456-4](https://doi.org/10.1007/s10570-020-03456-4)
31. Yoshino A., et al. Applicability of bacterial cellulose as an alternative to paper points in endodontic treatment. — *Acta Biomater*. — 2013; 9 (4): 6116—22. [PMID: 23268234](https://doi.org/23268234)
32. Jinga S.I., et al. Biocellulose nanowhiskers cement composites for endodontic use. — *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. — 2014; 9 (2): 543—550
33. Voicu G., et al. Improvement of silicate cement properties with bacterial cellulose powder addition for applications in dentistry. — *Carbohydr Polym*. — 2017; 174: 160—170. [PMID: 28821055](https://doi.org/28821055)
34. Costa L.M., et al. Novel otoliths/bacterial cellulose nanocomposites as a potential natural product for direct dental pulp capping. — *Journal of Biomaterials and Tissue Engineering*. — 2012; 2: 48—53. [DOI: 10.1166/jbt.2012.1031](https://doi.org/10.1166/jbt.2012.1031)
35. Carvalho J.P.F., et al. Nanocellulose-based patches loaded with hyaluronic acid and diclofenac towards aphthous stomatitis treatment. — *Nanomaterials (Basel)*. — 2020; 10 (4): 628. [PMID: 32231070](https://doi.org/32231070)
36. Singh J., Steele T.W.J., Lim S. Bacterial cellulose adhesive patches designed for soft mucosal interfaces. — *Biomater Adv*. — 2023; 144: 213174. [PMID: 36428212](https://doi.org/36428212)