

НАНОТЕХНОЛОГИИ: ПОИСКИ НОВЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

А.В. БЛИНОВА

Кафедра пародонтологии, Тверской государственный медицинский университет, Тверь, Российская Федерация

Индивидуальная гигиена является важнейшим элементом комплексной программы профилактики кариеса зубов и воспалительных заболеваний пародонта. Глобальная индустрия, занимающаяся производством косметики для ухода за полостью рта, стремится аккумулировать последние научные достижения и использовать их для создания эффективных, а значит, коммерчески успешных продуктов. Внедрение наночастиц в стоматологические композитные материалы, растворы для ирригации корневых каналов, биологически активные покрытия титановых и циркониевых имплантатов уже не вызывает скепсиса и удивления. Введение наночастиц в косметические составы позволяет добиться высокой наполненности материалов, увеличения активной площади поверхности частиц, а следовательно, улучшения очищающих и противомикробных свойств. В обзоре изучены перспективные и существующие уже сейчас возможности применения достижений нанотехнологий в сфере профилактики стоматологических заболеваний, а именно в создании предметов и средств гигиены полости рта. Уже представленные на рынке образцы наносодержащих зубных паст, ополаскивателей, муссов и адгезивных плёнок демонстрируют высокий реминерализующий потенциал, а при регулярном применении, по-видимому, способны обеспечить пролонгированный бактериостатический эффект. При этом в доступных научных источниках на данный момент отсутствуют данные об общем или местном токсическом воздействии данных биологически активных препаратов.

Ключевые слова: нанотехнологии, профилактическая стоматология, индивидуальная гигиена полости рта, предметы и средства гигиены.

Для цитирования: Блинова А.В. Нанотехнологии: поиски новых решений для профилактической стоматологии. *Вестник Авиценны*. 2021;23(1):78-84. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2021-23-1-78-84>

NANOTECHNOLOGY: FINDING NEW SOLUTIONS FOR PREVENTIVE DENTISTRY

A.V. BLINOVA

Department of Periodontology, Tver State Medical University, Tver, Russian Federation

Individual oral hygiene is the key element of the complex programs, developed for prevention of caries and inflammatory periodontal diseases. The industry of care cosmetic, especially dental care cosmetic, is so sensitive to modern conceptions and scientific achievements. It tries to use them to create more effective and commercially successful products. Incorporation of nanoparticles into dental composites, disinfected solutions for irrigation of root canals, bioactive covers for titanium and zirconium implants no longer cause skepticism. Using nanoparticles in cosmetic formulations allows us to achieve high filling and active surface area, and therefore, improve cleaning and antimicrobial properties. The aim of this review is to study the promising and already existing areas for using nanotechnologies for prevention of dental disorders. First of all, we are interested in the creation of new oral hygiene products. The samples of nano-containing toothpastes, mouthwashes, mousses and adhesive films, already presented on the market, demonstrate a high remineralizing potential, and with regular use, they are apparently able to provide a prolonged bacteriostatic effect. At the same time, currently there is no information in the public science press about the general or local toxic effects, caused by these biologically active drugs.

Keywords: Nanotechnology, preventive dentistry, individual oral hygiene, hygiene products.

For citation: Blinova AV. Nanotekhnologii: poiski novykh resheniy dlya profilakticheskoy stomatologii [Nanotechnology: Finding new solutions for preventive dentistry]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2021;23(1):78-84. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2021-23-1-78-84>

Наблюдаемое в последние годы активное совершенствование методов первичной и вторичной профилактики стоматологических заболеваний в определённой степени модифицировало саму философию оказания медицинской помощи. Профилактическое направление сегодня имеет не меньшее значение, чем лечебное. Как известно, основной метод «превентивной» стоматологии – адекватная и полноценная гигиена полости рта.

У современного человека сформировалось понимание того, что здоровая улыбка – это показатель благополучия, социального успеха, залог формирования положительного впечатления при личной и деловой коммуникации. В связи с этим, возрастает мотивированность людей к грамотному уходу за полостью рта.

Разумеется, омываемая полноводными финансовыми потоками индустрия медицинской косметики охотно трансформирует запросы потребителей в конкретные предложения на рынке. Как и любая отрасль экономики, косметическая заинтересована в инновациях, стремится интегрировать последние научные достижения. Использование современных материалов усиливает как реальную клиническую эффективность продуктов, так и рекламный потенциал компании, что в сумме увеличивает вероятность коммерческого успеха.

Нанотехнологии – одна из привлекательных концепций для создания новых предметов и средств гигиены полости рта. Отметим, например, испанскую пасту «Sesderma Dentyse Perio», все активные вещества которой – лактоферрин, хлоргексидин,

фториды, экстракт куркумы – находятся в форме мембранных наноразмерных пузырьков – липосом. Введение наночастиц в косметические составы позволяет добиться высокой наполненности материалов, увеличения активной площади поверхности, а, следовательно, улучшения очищающих и, что не менее важно, противомикробных свойств. Ведь нет необходимости комментировать факт, что именно кариес зубов и воспалительные заболевания пародонта признаются самыми распространёнными инфекционными заболеваниями в мире [1].

Наночастицы могут взаимодействовать с бактериальной клеткой с помощью различных механизмов – от электростатического взаимодействия [2] и дисперсионной адгезии к мембранным липидам [3] до высокоспецифичных реакций типа «рецептор-лиганд» [4]. Наночастицы металлов способны проникать непосредственно внутрь бактериальной клетки через ионные каналы. И, хотя некоторые учёные высказывают опасения по поводу неблагоприятных общесоматических реакций, потенциально провоцируемых введением наночастиц в организм [5], следует помнить, что зубные пасты, щётки и ополаскиватели являются средствами местного воздействия.

Как для того, чтобы спровоцировать флюороз постоянных зубов, ребёнок должен регулярно проглатывать фторид-содержащую пасту, так и для развития гастрита и кишечного дисбактериоза требуется использовать серебросодержащий ополаскиватель в качестве биологически активной добавки к пище.

Продолжая разговор о наночастицах серебра, стоит отметить, что на данный момент они являются наиболее распространённым компонентом зубных паст и безалкогольных композиций для орошения полости рта. Эффективность таких средств всесторонне исследуются учёными. Ahmed F et al (2019), используя диско-диффузионный метод, продемонстрировали значительную зону ингибирования роста *S. mutans* под образцом зубной пасты с наносеребром [6]. Специалистами из Южной Кореи разработана паста «Hanil Nano Charcoal» с серебром и бамбуковым углём.

Подтверждено, что водные коллоидные растворы обеспечивают надёжную антисептическую обработку слизистой оболочки полости рта [7]. На базе НИТУ МИСиС в 2016 году был разработан, а в 2020 году прошёл комиссию Евразийского экономического союза ополаскиватель «Нанаргол», содержащий частицы серебра размерами от 1 до 10 нм [8]. В целом, ополаскиватели на основе наночастиц серебра могут стать альтернативой традиционным составам, содержащим антисептики, такие как хлоргексидин. Из-за ряда побочных эффектов, в том числе, формирования дисколорита зубов и бактериальной резистентности, они назначаются на срок не более 10-14 дней [9].

Наночастицы серебра сейчас используются даже для импрегнации щетинок зубных щёток! Так, в исследовании 2017 года *in vitro* был изучен процесс деградации такой щетины [10]. Общее количество высвобожденного серебра было определено методом масс-спектрометрии. Оно оказалось сопоставимо с минимальной ингибирующей концентрацией. В другом, уже клиническом, исследовании оценивались буферная ёмкость слюны, содержание в ней стрептококков и лактобацилл, индекс видимого зубного налёта и индекс кровоточивости десны. Исследование показало, что спустя 4 недели использования «Silver toothbrush» была зафиксирована устойчивая тенденция к позитивным изменениям всех перечисленных показателей [11].

В сравнительных экспериментах, проводимых бразильскими учёными, в качестве «эталоны» фигурировала зубная щётка, щетинки которой пропитаны хлоргексидином [12]. По данным

молекулярно-генетических методов, после четырёхнедельного регулярного использования такой зубной щётки наблюдалась гибель отдельных видов идентифицируемых патогенов, в то время как при использовании щётки, модифицированной серебром, значительно снижалось общее микробное число. Зубные щётки многих брендов – Biomed Silver, Dental Care Nanosilver, O-Zone Silver Slim, Dr.NanoTo – можно приобрести в онлайн- и офлайн-магазинах по более чем доступным ценам.

Сама идея наноимпрегнированных предметов гигиены не нова. Одна из первых ионных зубных щёток – «Misoka» – была с успехом анонсирована в 2007 году на выставке «Salone del Mobile» в Милане. Основная её особенность заключается в том, что щетинки покрыты особой композицией минеральных наночастиц. Производители утверждают, что такие щётки могут использоваться без зубной пасты – необходимо только оросить щетинки водой. Это свойство может быть полезно для ухода за полостью рта у детей, людей с ограниченными возможностями, пациентов с неврологической или психиатрической патологией, когда высок риск проглатывания слюны во время чистки зубов, а также в случае непереносимости компонентов зубных паст.

Нет сомнений, что имели бы коммерческий успех и зубные щётки, щетинки которых инкорпорированы золотом [13, 14]. В целом, наночастицы золота используются в промышленном производстве средств гигиены полости рта сравнительно реже, чем частицы серебра [15]. Но с развитием эффективных химических методов синтеза чистого золота: восстановления золотохлористоводородной кислоты цитратом по Туркевичу, синтеза золотых гидрофобных кластеров, стабилизированных монослоем алкантиола в двухфазной водно-органической системе по Брусту-Шиффрину – эта технология может стать доступнее [16]. Несомненно, один из важнейших плюсов средств гигиены с наночастицами драгоценных металлов – это возможность дать продукту броское название. Трудно пройти мимо витрины, где выставлены элитные линейки «Royal Denta» или «Gold Dental Care Toothpaste» (La Miso).

Как известно, само по себе золото является достаточно инертным металлом. Однако было установлено, что при достижении кластерами диаметра около 2 нм оно изменяет свои физико-химические свойства, оказывается способным проникать в бактериальные клетки и вызывать метаболический дисбаланс [17]. При этом реальный клинический потенциал «презренного металла» активно обсуждается. В работе Junevičius J et al (2015) было высказано предположение, что в исследуемых образцах коммерческих зубных паст «серебряный» компонент обладает большим антимикробным действием, чем «золотой» [18]. Hernández-Sierra JF et al (2008) для достижения бактериостатического эффекта по отношению к *S. mutans* понадобилась более высокая концентрация золота, чем серебра [19].

Существует возможность повысить специфичность наночастиц золота, снабдив их соответствующими лигандами. Это могут быть антитела к маркерам бактериальных мембран и клеточных стенок или антимикробные пептиды [20]. Частицы могут служить «трекерами» для крупных молекул противомикробных препаратов, таких как лизоцим, ванкомицин, бацитрацин и др. [21-23].

В составе паст и ополаскивателей можно встретить наночастицы не только благородных металлов, но и, например, цинка [24, 25]. В исследовании *in vitro* было установлено, что избыток этого металла снижает деградацию коллагена, опосредованную матриксными металлопротеиназами, – процесса, являющегося одним из звеньев в цепи патогенеза пародонтита. Возможно,

связывание цинка с коллагеном приводит к защите участков, особенно чувствительных к ферментной атаке [26].

Оксид цинка может включаться в состав зубных паст для индивидуальной и профессиональной гигиены как самостоятельно [27], так и вместе с частицами биоактивного стекла [28-30]. Ингибирующее действие на зубную бляшку оказывает коллоидный раствор наночастиц чистого металлического цинка [31]. Изучаются перспективы применения в ополаскивателях оксида цинка [32], в лабораторных исследованиях многообещающе показывает себя его комбинация с наночастицами серебра [33].

Титан, помимо антибактериальных свойств [34, 35], обладает любопытными фотокаталитическими характеристиками. Ещё более выраженными они становятся, если наблюдать не за обычными, шаровидными или полигональными, частицами, а за более сложными структурами. По-видимому, их трёхмерная организация приводит к особому преломлению и слиянию отдельных световых пучков. Этим объясняется явление, при котором сочетание нанотрубочек оксида титана с перекисью водорода увеличивало отклик последней на воздействие фотоактиватора – при разложении перикисного соединения высвобождалось значительно большее количество молекулярного кислорода, способного разрушать химические связи тёмных пигментов в эмали зубов [36]. Аналогичный эффект наблюдался и при взаимодействии с перекисью карбамида – ещё одним компонентом отбеливающих гелей и зубных паст [37]. Равномерное распределение и стабилизация наночастиц титана в стоматологических материалах может дополнительно обеспечиваться хитозановым «каркасом» [38]. Перечисленные свойства могут быть использованы для увеличения эффективности процедур как домашнего, так и «кабинетного» отбеливания.

Наиболее распространённым осложнением процедуры отбеливания зубов является гиперчувствительность дентина. Она обусловлена химическим воздействием на эмаль, приводящим к кратковременному увеличению её проницаемости и последующему контакту различных раздражителей с нервными окончаниями в микроскопических дентинных трубочках. Побочный эффект обычно длится всего несколько дней, но и это доставляет достаточно неудобств. Чтобы минимизировать дискомфорт, пациенту предлагается до и после процедуры использовать специальные средства, снижающие чувствительность зубов. Это могут быть гели, муссы, адгезивные плёнки. Наиболее доступным средством «первой помощи» при внезапно возникшей гиперестезии являются специализированные зубные пасты.

Одним из самых очевидных методов лечения гиперчувствительности зубов является аппликация препаратов гидроксиапатита – основного неорганического компонента зуба. Биологически совместимый и обладающий естественной тропностью к твёрдым тканям, он используется как в хирургии и имплантологии, так и в терапевтической стоматологии в качестве подкладочного материала при глубоком кариесе. Теоретически, гидроксиапатит может, с одной стороны, восполнить убыль минералов эмали, а с другой – obturировать сами дентинные трубочки. По этому принципу действуют зубные пасты «Dentissimo Complete Care», «Biorepair Total Protection». Итальянскими специалистами разработана успокаивающая маска для зубов «MontCarotte». Содержащая частицы гидроксиапатита, она используется для снятия чувствительности и дискомфорта зубов и десны после процедуры отбеливания. Имеется опыт комбинирования отбеливающих средств с апатитом, трикальцийфосфатом и фторидом натрия в форме лекарственных плёнок «Диплен ГАМ» и «Диплен Ф» [39].

Некоторые учёные заявляют, что массивный кристалл гидроксиапатита не обладает способностью непосредственно включаться в сформировавшуюся структуру зуба. Репарация неорганической матрицы эмали и дентина, по их мнению, может осуществляться только за счёт меньших по размеру кальциевых и фосфорных соединений, способных занимать вакантные дислокации – пункты отсутствия атомов в кристаллической решётке. В качестве таких ультрамикронных соединений могут выступать биодоступные ионы, образующиеся при электролитической диссоциации цитрата кальция [40], высвобождающиеся из стабилизированного казеин-фосфопептидами аморфного фторфосфата кальция [41, 42]. За счёт карбоксильных и аминогрупп молекулы казеина полярны и способны формировать мицеллы, внутри которых надёжно «хранится» минеральный компонент.

Разрабатываются пасты, содержащие микро- и наночастицы фосфата натрия. Они могут комбинироваться с фторсодержащими соединениями [43]. В одном из последних исследований структура образцов дентина, обработанных различными способами, изучалась под прицелом сканирующего электронного микроскопа, а «функциональная» проницаемость ткани была оценена путём измерения гидравлической проводимости до и после погружения блоков в раствор лимонной кислоты. Пасты, содержащие частицы фосфата натрия, оказались способны более значительно снижать гидравлическую проводимость, что указывает на их способность эффективно уменьшать симптомы гиперчувствительности дентина [44].

Другие исследования показали, что предварительная обработка образцов дентина L-аргинином или водным раствором хондроитин-сульфата улучшала адгезию наночастиц карбоната кальция [45]. Наноструктурированный карбонат кальция – один из компонентов зубной пасты британского происхождения «Nano Volcanic Whitening Toothpaste», рекомендуемой для контролируемого щадящего домашнего отбеливания эмали.

Интуитивно понятный способ увеличить биодоступность самого кристалла гидроксиапатита – каким-то образом добиться уменьшения его размеров при сохранении структуры. Пионерами в поисках оптимального решения этой проблемы выступили японские учёные. Медицинский наногидроксиапатит был разработан компанией «Sangi» ещё в 1978 году и одобрен правительством в качестве противокариозного препарата. Сегодня японский бренд «Araguard» имеет обширную линейку зубных паст с медицинским наногидроксиапатитом. Компания «Miradent» выпускает профессиональную полировочную пасту с наногидроксиапатитом и ксилитом. Также на рынке можно встретить пасту «Megasonex Whitening Enamel Building», которую производитель рекомендует использовать с ультразвуковыми зубными щётками.

Инновационная мысль не стоит на месте. Так, компания «Vivax» выпускает одноименную пасту, которая содержит наногидроксиапатит и аминокислотные комплексы АК-1 и АК-7. По данным производителя, пептиды стимулируют синтез тканеспецифических белков, пролиферативную и метаболическую активность клеток, что благоприятно сказывается на состоянии тканей пародонта.

В 1996 году Марковитц К и Джелфер М предложили для снижения чувствительности дентина интересную композицию на основе фторированной гекторитовой глины [46]. Гекторит – обнаруженный в 1830 году в Пермской губернии минерал. Отложившийся в устьях древних рек в конце Пермского периода (да, история и геология тесно связаны), он относительно редок. В состав кристаллической решётки гекторитов входят оксиды

кремния, магния и лития, 2-3% от общей массы составляют соединения натрия, катионы которых склонны к гидратации. Взаимодействие с водой изменяет структуру кристаллов, диполи оксида водорода «втягиваются» между пластинами ионов, выстраивая их в виде «карточного домика». Это определяет выраженные тиксотропные свойства данного материала – разжижение при механическом воздействии и увеличение вязкости в состоянии покоя. Начиная с 1980 годов, гекториты активно использовались в качестве загустителей в зубных пастах [47].

Со временем обратили на себя внимание свойства лапониновой глины – синтетического гекторита, состоящего из наноразмерных кристаллов [48, 49]. Широкие перспективы открылись в области его использования в тканевой инженерии в качестве наноплатформы для транспорта различных лекарственных веществ [50]. Сегодня, в контексте развития технологий регенерации пульпы, композиции на основе альгинатов и лапонитов, в которых последние отвечают за регулировку реологических свойств, используются для создания гидрогелевых микросфер – системы доставки стволовых клеток и факторов роста [51]. В 2015 году Ordikhani F et al опубликовали данные о возможности использования нанокомпозитных плёнок на основе лапонита и хитозана в качестве депо антибиотиков на поверхности титановых имплантатов [52].

В 2004 году было установлено, что глинистые коллоиды способны ремобилизовать часть прикреплённой бактериальной биомассы *Pseudomonas aeruginosa* с пористой поверхности [53]. Сегодня синтетические гекториты можно увидеть в составе зубных паст фирм Logona Naturkosmetik (UK, Spain), Sante (Germany).

При обзоре изделий, предлагаемых сегодня косметической индустрией, можно заметить, что средства гигиены, произведённые с применением нанотехнологий, ещё не успели полностью оккупировать витрины магазинов. Из приведённых в обзоре торговых наименований едва ли даже половина покажется читателю знакомой. При этом практически каждый уважающий себя бренд имеет исследовательские лаборатории, где постоянно ведётся разработка новых материалов, происходит переосмысление и совершенствование уже известных методик. Каждая стоматологическая выставка становится настоящим подиумом для презентаций целых коллекций инновационных продуктов. Будет ли с каждым годом наблюдаться всё более форсированное повышение интереса к применению наночастиц в производстве гигиенических средств? Вероятно. Но можно быть абсолютно уверенными в том, что со временем «невидимая рука» рынка укажет на то, что посчитает действительно перспективным и полезным для выигрыша в перманентной конкурентной гонке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Valm AM. The structure of dental plaque microbial communities in the transition from health to dental caries and periodontal disease. *J Mol Biol.* 2019;431:2957-69. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2019.05.016>
2. Li H, Chen Q, Zhao J, Urmila K. Enhancing the antimicrobial activity of natural extraction using the synthetic ultrasmall metal nanoparticles. *Sci Rep.* 2015;5:11033. Available from: <https://doi.org/10.1038/srep11033>
3. Luan B, Huynh T, Zhou R. Complete wetting of graphene by biological lipids. *Nanoscale.* 2016;8:5750–5754. Available from: <https://doi.org/10.1039/C6NR00202A>
4. Gao W, Thamphiwatana S, Angsantikul P, Zhang L. Nanoparticle approaches against bacterial infections. *Wiley Interdiscip Rev Nanomed Nanobiotechnol.* 2014;6:532-47. Available from: <https://doi.org/10.1002/wnan.1282>
5. Gaillet S, Rouanet JM. Silver nanoparticles: Their potential toxic effects after oral exposure and underlying mechanisms – a review. *Food Chem Toxicol.* 2015;77:58-63. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.12.019>
6. Ahmed F, Prashanth ST, Sindhu K, Nayak A, Chaturvedi S. Antimicrobial efficacy of nanosilver and chitosan against *Streptococcus mutans*, as an ingredient of toothpaste formulation: An *in vitro* study. *J Indian Soc Pedod. Prev Dent.* 2019;37:46-54. Available from: https://doi.org/10.4103/JISPPD.JISPPD_239_18
7. Abadi MFD, Mehrabian S, Asghari B, Namvar AE, Ezzatifar F, Lari AR. Silver nanoparticles as active ingredient used for alcohol-free mouthwash. *GMS Hyg Infect Control.* 2013;8:Doc05. Available from: <https://doi.org/10.3205/dgkh000205>. eCollection 2013
8. Румянцев ВА, Некрасов АВ, Моисеев ДА, Задорожный ДВ, Панкин ПИ. Биоплёнка в эндодонтии. Часть II. Методы борьбы с биоплёнкой при эндодонтическом лечении зубов (обзор литературы). *Эндодонтия Today.* 2018;2:38-42.
9. Balagopal S, Arjunker R. Chlorhexidine: The gold standard antiplaque agent. *J Pharm Sci.* 2013;5:270.
10. Mackevica A, Olsson ME, Hansen SF. The release of silver nanoparticles from commercial toothbrushes. *J Hazard Mater.* 2017;322:270-5. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.03.067>
11. Baygin O, Tuzuner T, Yilmaz N, Aksoy S. Short-term antibacterial efficacy of a new silver nanoparticle-containing toothbrush. *J Pak Med Assoc.* 2017;67(5):818-9.

REFERENCES

1. Valm AM. The structure of dental plaque microbial communities in the transition from health to dental caries and periodontal disease. *J Mol Biol.* 2019;431:2957-69. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2019.05.016>
2. Li H, Chen Q, Zhao J, Urmila K. Enhancing the antimicrobial activity of natural extraction using the synthetic ultrasmall metal nanoparticles. *Sci Rep.* 2015;5:11033. Available from: <https://doi.org/10.1038/srep11033>
3. Luan B, Huynh T, Zhou R. Complete wetting of graphene by biological lipids. *Nanoscale.* 2016;8:5750–5754. Available from: <https://doi.org/10.1039/C6NR00202A>
4. Gao W, Thamphiwatana S, Angsantikul P, Zhang L. Nanoparticle approaches against bacterial infections. *Wiley Interdiscip Rev Nanomed Nanobiotechnol.* 2014;6:532-47. Available from: <https://doi.org/10.1002/wnan.1282>
5. Gaillet S, Rouanet JM. Silver nanoparticles: Their potential toxic effects after oral exposure and underlying mechanisms – a review. *Food Chem Toxicol.* 2015;77:58-63. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.12.019>
6. Ahmed F, Prashanth ST, Sindhu K, Nayak A, Chaturvedi S. Antimicrobial efficacy of nanosilver and chitosan against *Streptococcus mutans*, as an ingredient of toothpaste formulation: An *in vitro* study. *J Indian Soc Pedod. Prev Dent.* 2019;37:46-54. Available from: https://doi.org/10.4103/JISPPD.JISPPD_239_18
7. Abadi MFD, Mehrabian S, Asghari B, Namvar AE, Ezzatifar F, Lari AR. Silver nanoparticles as active ingredient used for alcohol-free mouthwash. *GMS Hyg Infect Control.* 2013;8:Doc05. Available from: <https://doi.org/10.3205/dgkh000205>. eCollection 2013
8. Romyantsev VA, Nekrasov AV, Moiseev DA, Zadorozhnyy DV, Pankin PI. Bioplyonka v endodontii. Chast' II. Metody bor'by s bioplyonkoy pri endodonticheskom lechenii zubov (obzor literatury) [Biofilm in endodontics. Part 2. Methods of biofilm control in endodontic dental treatment (literature review)]. *Endodontiya Today.* 2018;2:38-42.
9. Balagopal S, Arjunker R. Chlorhexidine: The gold standard antiplaque agent. *J Pharm Sci.* 2013;5:270.
10. Mackevica A, Olsson ME, Hansen SF. The release of silver nanoparticles from commercial toothbrushes. *J Hazard Mater.* 2017;322:270-5. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.03.067>
11. Baygin O, Tuzuner T, Yilmaz N, Aksoy S. Short-term antibacterial efficacy of a new silver nanoparticle-containing toothbrush. *J Pak Med Assoc.* 2017;67(5):818-9.

12. do Nascimento C, Paulo DF, Pita MS, Pedrazzi V, de Albuquerque Junior RF. Microbial diversity of the supra- and subgingival biofilm of healthy individuals after brushing with chlorhexidine – or silver-coated toothbrush bristles. *Can J Microbiol.* 2015;61:112-23. Available from: <https://doi.org/10.1139/cjm-2014-0565>
13. Ni C, Zhou J, Kong N, Bian T, Zhang Y, Huang X, et al. Gold nanoparticles modulate the crosstalk between macrophages and periodontal ligament cells for periodontitis treatment. *Biomaterials.* 2019;206:115-32. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2019.03.039>
14. AlKahtani RN. The implications and applications of nanotechnology in dentistry: A review. *Saudi Dent J.* 2018;30(2):107-16. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2018.01.002>
15. Raval C, Vyas K, Gandhi U, Patel B, Patel P. Nanotechnology in dentistry: A review. *J Adv Med Dent Sci Res.* 2016;4:3.
16. Shamaila S, Zafar N, Riaz S, Sharif R, Nazir J, Naseem S. Gold nanoparticles: An efficient antimicrobial agent against enteric bacterial human pathogen. *Nanomaterials.* 2016;6:71. Available from: <https://doi.org/10.3390/nano6040071>
17. Zheng K, Setyawati MI, Leong DT, Xie J. Antimicrobial gold nanoclusters. *ACS Nano.* 2017;11(7):6904-10. Available from: <https://doi.org/10.1021/acsnano.7b02035>
18. Junevičius J, Žilinskas J, Česaitis K, Česaitienė G, Gleiznys D, Maželienė Ž. Antimicrobial activity of silver and gold in toothpastes: A comparative analysis. *Stomatologija.* 2015;17:9-12.
19. Hernández-Sierra JF, Ruiz F, Pena DCC, Martínez-Gutiérrez F, Martínez AE, de Jesús Pozos Guillén A, et al. The antimicrobial sensitivity of *Streptococcus mutans* to nanoparticles of silver, zinc oxide, and gold. *Nanomed Nanotechnol Biol Med.* 2008;4:237-40. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nano.2008.04.005>
20. Rajchakit U, Sarojini V. Recent developments in antimicrobial-peptide-conjugated gold nanoparticles. *Bioconjug Chem.* 2017;28(11):2673-86. Available from: <https://doi.org/10.1021/acs.bioconjchem.7b00368>
21. Chen WY, Lin JY, Chen WJ, Luo L, Wei-Guang Diao E, Chen YC. Functional gold nanoclusters as antimicrobial agents for antibiotic-resistant bacteria. *Nanomedicine.* 2010;5:755-64. Available from: <https://doi.org/10.2217/nnm.10.43>
22. Yougbare S, Chang TK, Tan SH, Kuo JC, Hsu PH, Su CY, et al. Antimicrobial gold nanoclusters: Recent developments and future perspectives. *Int J Mol Sci.* 2019;20(12):2924. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijms20122924>
23. Zheng Y, Liu W, Chen Y, Li C, Jiang H, Wang X. Conjugating gold nanoclusters and antimicrobial peptides: From aggregation-induced emission to antibacterial synergy. *J Colloid Interface Sci.* 2019;546:1-10. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.03.052>
24. Vargas-Reus MA, Memarzadeh K, Huang J, Ren GG, Allaker RP. Antimicrobial activity of nanoparticulate metal oxides against periimplantitis pathogens. *Int J Antimicrob Agents.* 2012;40(2):135-9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2012.04.012>
25. Agarwal H., Nakara A., Shanmugam V.K. Anti-inflammatory mechanism of various metal and metal oxide nanoparticles synthesized using plant extracts: A review. *Biomed Pharmacother Biomed Pharmacother.* 2019;109:2561-72. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.11.116>
26. Osorio R, Yamauti M, Osorio E, Ruiz-Requena M, Pashley D, Tay F, et al. Zinc reduces collagen degradation in demineralized human dentin explants. *J Dent.* 2011;39:148-53. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.11.005>
27. Takatsuka T, Tanaka K, Iijima Y. Inhibition of dentine demineralization by zinc oxide: In vitro and in situ studies. *Dent Mater.* 2005;21:1170-7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.02.006>
28. Mahmood A, Mneimne M, Zou LF, Hill RG, Gillam DG. Abrasive wear of enamel by bioactive glass-based toothpastes. *Am J Dent.* 2014;27:263-7.
29. Alsubaie AA, Sarfraz Z, Alali AA, Alessa AE, Subaie HAA, Shah AT, et al. Effect of nano-zinc oxide and fluoride-doped bioactive glass-based dentifrices on esthetic restorations. *Dent Med Probl.* 2019;56:59-65. Available from: <https://doi.org/10.17219/dmp/103597>
30. Lynch E, Brauer DS, Karpukhina N, Gillam DG, Hill RG. Multi-component bioactive glasses of varying fluoride content for treating dentin hypersensitivity. *Dent Mater.* 2012;28:168-78. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.11.021>
31. Almoudi MM, Hussein AS, Abu Hassan MI, Mohamad Zain N. A systematic review on antibacterial activity of zinc against *Streptococcus mutans*. *Saudi Dent J.* 2018;30:283-91. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2018.06.003>
12. do Nascimento C, Paulo DF, Pita MS, Pedrazzi V, de Albuquerque Junior RF. Microbial diversity of the supra- and subgingival biofilm of healthy individuals after brushing with chlorhexidine – or silver-coated toothbrush bristles. *Can J Microbiol.* 2015;61:112-23. Available from: <https://doi.org/10.1139/cjm-2014-0565>
13. Ni C, Zhou J, Kong N, Bian T, Zhang Y, Huang X, et al. Gold nanoparticles modulate the crosstalk between macrophages and periodontal ligament cells for periodontitis treatment. *Biomaterials.* 2019;206:115-32. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2019.03.039>
14. AlKahtani RN. The implications and applications of nanotechnology in dentistry: A review. *Saudi Dent J.* 2018;30(2):107-16. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2018.01.002>
15. Raval C, Vyas K, Gandhi U, Patel B, Patel P. Nanotechnology in dentistry: A review. *J Adv Med Dent Sci Res.* 2016;4:3.
16. Shamaila S, Zafar N, Riaz S, Sharif R, Nazir J, Naseem S. Gold nanoparticles: An efficient antimicrobial agent against enteric bacterial human pathogen. *Nanomaterials.* 2016;6:71. Available from: <https://doi.org/10.3390/nano6040071>
17. Zheng K, Setyawati MI, Leong DT, Xie J. Antimicrobial gold nanoclusters. *ACS Nano.* 2017;11(7):6904-10. Available from: <https://doi.org/10.1021/acsnano.7b02035>
18. Junevičius J, Žilinskas J, Česaitis K, Česaitienė G, Gleiznys D, Maželienė Ž. Antimicrobial activity of silver and gold in toothpastes: A comparative analysis. *Stomatologija.* 2015;17:9-12.
19. Hernández-Sierra JF, Ruiz F, Pena DCC, Martínez-Gutiérrez F, Martínez AE, de Jesús Pozos Guillén A, et al. The antimicrobial sensitivity of *Streptococcus mutans* to nanoparticles of silver, zinc oxide, and gold. *Nanomed Nanotechnol Biol Med.* 2008;4:237-40. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nano.2008.04.005>
20. Rajchakit U, Sarojini V. Recent developments in antimicrobial-peptide-conjugated gold nanoparticles. *Bioconjug Chem.* 2017;28(11):2673-86. Available from: <https://doi.org/10.1021/acs.bioconjchem.7b00368>
21. Chen WY, Lin JY, Chen WJ, Luo L, Wei-Guang Diao E, Chen YC. Functional gold nanoclusters as antimicrobial agents for antibiotic-resistant bacteria. *Nanomedicine.* 2010;5:755-64. Available from: <https://doi.org/10.2217/nnm.10.43>
22. Yougbare S, Chang TK, Tan SH, Kuo JC, Hsu PH, Su CY, et al. Antimicrobial gold nanoclusters: Recent developments and future perspectives. *Int J Mol Sci.* 2019;20(12):2924. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijms20122924>
23. Zheng Y, Liu W, Chen Y, Li C, Jiang H, Wang X. Conjugating gold nanoclusters and antimicrobial peptides: From aggregation-induced emission to antibacterial synergy. *J Colloid Interface Sci.* 2019;546:1-10. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.03.052>
24. Vargas-Reus MA, Memarzadeh K, Huang J, Ren GG, Allaker RP. Antimicrobial activity of nanoparticulate metal oxides against periimplantitis pathogens. *Int J Antimicrob Agents.* 2012;40(2):135-9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2012.04.012>
25. Agarwal H., Nakara A., Shanmugam V.K. Anti-inflammatory mechanism of various metal and metal oxide nanoparticles synthesized using plant extracts: A review. *Biomed Pharmacother Biomed Pharmacother.* 2019;109:2561-72. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.11.116>
26. Osorio R, Yamauti M, Osorio E, Ruiz-Requena M, Pashley D, Tay F, et al. Zinc reduces collagen degradation in demineralized human dentin explants. *J Dent.* 2011;39:148-53. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.11.005>
27. Takatsuka T, Tanaka K, Iijima Y. Inhibition of dentine demineralization by zinc oxide: In vitro and in situ studies. *Dent Mater.* 2005;21:1170-7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.02.006>
28. Mahmood A, Mneimne M, Zou LF, Hill RG, Gillam DG. Abrasive wear of enamel by bioactive glass-based toothpastes. *Am J Dent.* 2014;27:263-7.
29. Alsubaie AA, Sarfraz Z, Alali AA, Alessa AE, Subaie HAA, Shah AT, et al. Effect of nano-zinc oxide and fluoride-doped bioactive glass-based dentifrices on esthetic restorations. *Dent Med Probl.* 2019;56:59-65. Available from: <https://doi.org/10.17219/dmp/103597>
30. Lynch E, Brauer DS, Karpukhina N, Gillam DG, Hill RG. Multi-component bioactive glasses of varying fluoride content for treating dentin hypersensitivity. *Dent Mater.* 2012;28:168-78. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.11.021>
31. Almoudi MM, Hussein AS, Abu Hassan MI, Mohamad Zain N. A systematic review on antibacterial activity of zinc against *Streptococcus mutans*. *Saudi Dent J.* 2018;30:283-91. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2018.06.003>

32. Ahrari F, Eslami N, Rajabi O, Ghazvini K, Barati S. The antimicrobial sensitivity of *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguis* to colloidal solutions of different nanoparticles applied as mouthwashes. *Dent Res J*. 2015;12:44-9. Available from: <https://doi.org/10.4103/1735-3327.150330>
33. Ghosh S, Goudar VS, Padmalekha KG, Bhat SV, Indi SS, Vasan HN. ZnO/Ag nanohybrid: Synthesis, characterization, synergistic antibacterial activity and its mechanism. *RSC Adv*. 2012;2:930-40. Available from: <https://doi.org/10.1039/C1RA00815C>
34. Azizi-Lalabadi M, Ehsani A, Divband B, Alizadeh-Sani M. Antimicrobial activity of Titanium dioxide and Zinc oxide nanoparticles supported in 4A zeolite and evaluation the morphological characteristic. *Sci Rep*. 2019;9:1-10. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54025-0>
35. de Dicastillo CL, Patiño C, Galotto MJ, Vásquez-Martínez Y, Torrent C, Albuquerque D, et al. Novel hollow titanium dioxide nanospheres with antimicrobial activity against resistant bacteria. *Beilstein J Nanotechnol*. 2019;10:1716-25. Available from: <https://doi.org/10.3762/bjnano.10.167>
36. Komatsu O, Nishida H, Sekino T, Yamamoto K. Application of titanium dioxide nanotubes to tooth whitening. *Nano Biomed*. 2014;6:63-72.
37. Monteiro NR, Basting RT, Amaral FLBD, França FMG, Turssi CP, Gomes OP, et al. Titanium dioxide nanotubes incorporated into bleaching agents: Physicochemical characterization and enamel color change. *J Appl Oral Sci*. 2020;28:e20190771. Available from: <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2019-0771>
38. Sürmelioğlu D, Özçetin HK, Özdemir ZM, Yavuz SA, Aydın U. Effectiveness and SEM-EDX analysis following bleaching with an experimental bleaching gel containing titanium dioxide and/or chitosan. *Odontology*. 2021;109(1):114-23. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10266-020-00526-8>
39. Арутюнов СД, Гезалова НК, Маев ИВ, Захарова НВ, Савкова ЕВ, Степанов АГ и др. Способ лечения дисколорита зубов. Патент Российской Федерации № 2005141335/14. 10.01.2007.
40. Поважный ДБ, Петрович ЮА. Лечебно-профилактическая зубная паста. Патент Российской Федерации № 2005105881/15. 20.11.2007.
41. Рейнольдс Э. Стабилизированные комплексы фосфата кальция. Патент Российской Федерации № 2007123603/15. 27.11.2010.
42. Dewani N, Kashyap N, Avinash A, Kumar B, Singh M, Pawar P. Effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate as a remineralizing agent – an in vivo study. *Indian J Dent Res*. 2019;30(6):820-5. Available from: https://doi.org/10.4103/ijdr.IJDR_779_17
43. Favretto CO, Delbem ACB, Moraes JCS, Camargo ER, de Toledo PTA, Pedrini D. Dentinal tubule obliteration using toothpastes containing sodium trimetaphosphate microparticles or nanoparticles. *Clin Oral Investig*. 2018;22(9):3021-9. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2384-3>
44. Favretto CO, Delbem ACB, Toledo PTA, Pedrini D. Hydraulic conductance of dentin after treatment with fluoride toothpaste containing sodium trimetaphosphate microparticles or nanoparticles. *Clin Oral Investig*. 2021;25(4):2069-76. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03516-w>
45. Sereda G, Saeedi S. Pre-treatment of dentin with chondroitin sulfate or L-arginine modulates dentin tubule occlusion by toothpaste components. *Am J Dent*. 2019;32(2):81-8.
46. Марковитц К, Дзелфер М. Композиция для лечения зубов с повышенной чувствительностью, способ лечения зубов с повышенной чувствительностью и способ блокировки или герметизации дентиновых канальцев в зубах. Патент Российской Федерации № 97118435/14. 10.03.2001.
47. Mayes B. Synthetic Hectorite – a new toothpaste binder. *International Journal of Cosmetic Science*. 1979;1:329-40. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2494.1979.tb00227.x>
48. Gaffar A, John F. *Anticalculus oral composition*. Patent of the USA № 469374/06. 24.02.1983.
49. Tomás H, Alves CS, Rodrigues J. Laponite: A key nanoplatform for biomedical applications? *Nanomedicine*. 2018;14(7):2407-20. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nano.2017.04.016>
50. Das SS, Neelam, Hussain K, Singh S, Hussain A, Faruk A, et al. Laponite-based nanomaterials for biomedical applications: A review. *Curr Pharm Des*. 2019;25(4):424-43. Available from: <https://doi.org/10.2174/1381612825666190402165845>
51. Zhang R, Xie L, Wu H, Yang T, Zhang Q, Tian Y, et al. Alginate/laponite hydrogel microspheres co-encapsulating dental pulp stem cells and VEGF for endodon-
32. Ahrari F, Eslami N, Rajabi O, Ghazvini K, Barati S. The antimicrobial sensitivity of *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguis* to colloidal solutions of different nanoparticles applied as mouthwashes. *Dent Res J*. 2015;12:44-9. Available from: <https://doi.org/10.4103/1735-3327.150330>
33. Ghosh S, Goudar VS, Padmalekha KG, Bhat SV, Indi SS, Vasan HN. ZnO/Ag nanohybrid: Synthesis, characterization, synergistic antibacterial activity and its mechanism. *RSC Adv*. 2012;2:930-40. Available from: <https://doi.org/10.1039/C1RA00815C>
34. Azizi-Lalabadi M, Ehsani A, Divband B, Alizadeh-Sani M. Antimicrobial activity of Titanium dioxide and Zinc oxide nanoparticles supported in 4A zeolite and evaluation the morphological characteristic. *Sci Rep*. 2019;9:1-10. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54025-0>
35. de Dicastillo CL, Patiño C, Galotto MJ, Vásquez-Martínez Y, Torrent C, Albuquerque D, et al. Novel hollow titanium dioxide nanospheres with antimicrobial activity against resistant bacteria. *Beilstein J Nanotechnol*. 2019;10:1716-25. Available from: <https://doi.org/10.3762/bjnano.10.167>
36. Komatsu O, Nishida H, Sekino T, Yamamoto K. Application of titanium dioxide nanotubes to tooth whitening. *Nano Biomed*. 2014;6:63-72.
37. Monteiro NR, Basting RT, Amaral FLBD, França FMG, Turssi CP, Gomes OP, et al. Titanium dioxide nanotubes incorporated into bleaching agents: Physicochemical characterization and enamel color change. *J Appl Oral Sci*. 2020;28:e20190771. Available from: <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2019-0771>
38. Sürmelioğlu D, Özçetin HK, Özdemir ZM, Yavuz SA, Aydın U. Effectiveness and SEM-EDX analysis following bleaching with an experimental bleaching gel containing titanium dioxide and/or chitosan. *Odontology*. 2021;109(1):114-23. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10266-020-00526-8>
39. Arutyunov SD, Gezalova NK, Maev IV, Zakharova NV, Savkova EV, Stepanov AG, i dr. *Sposob lecheniya diskolorita zubov [The method of treating teeth discoloration]*. Patent RF № 2005141335/14. 10.01.2007.
40. Povazhnyy DB, Petrovich YuA. *Lechebno-profilakticheskaya zubnaya pasta [The therapeutic and prophylactic toothpaste]*. Patent RF № 2005105881/15. 20.11.2007.
41. Reynolds E. *Stabilizirovannye komplekсы fosfata kal'tsiya [Stabilized calcium phosphate complexes]*. Patent RF № 2007123603/15. 27.11.2010.
42. Dewani N, Kashyap N, Avinash A, Kumar B, Singh M, Pawar P. Effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate as a remineralizing agent – an in vivo study. *Indian J Dent Res*. 2019;30(6):820-5. Available from: https://doi.org/10.4103/ijdr.IJDR_779_17
43. Favretto CO, Delbem ACB, Moraes JCS, Camargo ER, de Toledo PTA, Pedrini D. Dentinal tubule obliteration using toothpastes containing sodium trimetaphosphate microparticles or nanoparticles. *Clin Oral Investig*. 2018;22(9):3021-9. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2384-3>
44. Favretto CO, Delbem ACB, Toledo PTA, Pedrini D. Hydraulic conductance of dentin after treatment with fluoride toothpaste containing sodium trimetaphosphate microparticles or nanoparticles. *Clin Oral Investig*. 2021;25(4):2069-76. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03516-w>
45. Sereda G, Saeedi S. Pre-treatment of dentin with chondroitin sulfate or L-arginine modulates dentin tubule occlusion by toothpaste components. *Am J Dent*. 2019;32(2):81-8.
46. Markovits K, Dzhefeler M. *Kompozitsiya dlya lecheniya zubov s povyshennoy chuvstvitel'nost'yu, sposob lecheniya zubov s povyshennoy chuvstvitel'nost'yu i sposob blokirovki ili germetizatsii dentyonovykh kanal'tsev v zubakh [A composition for the treatment of sensitive teeth, a method for the treatment of sensitive teeth, and a method for blocking or sealing the dentin tubules in the teeth]*. Patent RF № 97118435/14. 10.03.2001.
47. Mayes B. Synthetic Hectorite – a new toothpaste binder. *International Journal of Cosmetic Science*. 1979;1:329-40. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2494.1979.tb00227.x>
48. Gaffar A, John F. *Anticalculus oral composition*. Patent of the USA № 469374/06. 24.02.1983.
49. Tomás H, Alves CS, Rodrigues J. Laponite: A key nanoplatform for biomedical applications? *Nanomedicine*. 2018;14(7):2407-20. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nano.2017.04.016>
50. Das SS, Neelam, Hussain K, Singh S, Hussain A, Faruk A, et al. Laponite-based nanomaterials for biomedical applications: A review. *Curr Pharm Des*. 2019;25(4):424-43. Available from: <https://doi.org/10.2174/1381612825666190402165845>
51. Zhang R, Xie L, Wu H, Yang T, Zhang Q, Tian Y, et al. Alginate/laponite hydrogel microspheres co-encapsulating dental pulp stem cells and VEGF for endodon-

- endodontic regeneration. *Acta Biomater.* 2020;113:305-16. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.07.012>
52. Ordikhani F, Dehghani M, Simchi A. Antibiotic-loaded chitosan-Laponite films for local drug delivery by titanium implants: cell proliferation and drug release studies. *J Mater Sci Mater Med.* 2015;26(12):269. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10856-015-5606-0>
53. Leon-Morales CF, Leis AP, Strathmann M, Flemming HC. Interactions between laponite and microbial biofilms in porous media: implications for colloid transport and biofilm stability. *Water Res.* 2004;38(16):3614-26. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.05.009>
- tic regeneration. *Acta Biomater.* 2020;113:305-16. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.07.012>
52. Ordikhani F, Dehghani M, Simchi A. Antibiotic-loaded chitosan-Laponite films for local drug delivery by titanium implants: cell proliferation and drug release studies. *J Mater Sci Mater Med.* 2015;26(12):269. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10856-015-5606-0>
53. Leon-Morales CF, Leis AP, Strathmann M, Flemming HC. Interactions between laponite and microbial biofilms in porous media: implications for colloid transport and biofilm stability. *Water Res.* 2004;38(16):3614-26. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.05.009>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Блинова Алиса Владимировна, аспирант кафедры пародонтологии, Тверской государственной медицинской университет
ORCID ID: 0000-0002-4315-163X
SPIN-код: 4239-0519
Author ID: 985695
E-mail: blinova-alisa@mail.ru

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования автор не получала

Конфликт интересов: отсутствует

АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Блинова Алиса Владимировна
аспирант кафедры пародонтологии, Тверской государственной медицинской университет

170100, Российская Федерация, г. Тверь, ул. Советская, д. 4
Тел.: +7 (919) 0516059
E-mail: blinova-alisa@mail.ru

ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайна исследования: БАВ
Сбор материала: БАВ
Анализ полученных данных: БАВ
Подготовка текста: БАВ
Редактирование: БАВ
Общая ответственность: БАВ

Поступила 02.02.2021
Принята в печать 29.03.2021

AUTHOR INFORMATION

Blinova Alisa Vladimirovna, Postgraduate Student, Department of Periodontology, Tver State Medical University
ORCID ID: 0000-0002-4315-163X
SPIN: 4239-0519
Author ID: 985695
E-mail: blinova-alisa@mail.ru

Information about the source of support in the form of grants, equipment, and drugs

The author did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

Conflicts of interest: The author has no conflicts of interest

ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

Blinova Alisa Vladimirovna
Postgraduate Student, Department of Periodontology, Tver State Medical University

170100, Russian Federation, Tver, Sovetskaya Str., 4
Tel.: +7 (919) 0516059
E-mail: blinova-alisa@mail.ru

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: BAV
Data collection: BAV
Analysis and interpretation: BAV
Writing the article: BAV
Critical revision of the article: BAV
Overall responsibility: BAV

Submitted 02.02.2021
Accepted 29.03.2021