

**МОДИФИЦИРОВАННЫЕ НАНОПРЕПАРАТАМИ ПРОТРАВОЧНЫЕ
СИСТЕМЫ ДЛЯ АДГЕЗИВНОЙ ТЕХНИКИ ПЛОМБИРОВАНИЯ ЗУБОВ:
ЛАБОРАТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

Е.В. Заболева, В.А. Румянцев, А.Р. Бессуднова

ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России, г. Тверь, Россия

Кафедра пародонтологии

Научный руководитель – д.м.н., профессор В.А. Румянцев

Резюме. В пилотном лабораторном исследовании на 48 удаленных зубах с помощью красителя было выявлено, что протравочный гель, модифицированный наночастицами металлов и их оксидов, способствует более активному, чем обычный гель с 37% ортофосфорной кислоты, очищению дентинных канальцев от органических компонентов. Это может повысить эффективность профилактики рецидивирующего кариеса зубов при адгезивном пломбировании за счет инактивации биопленки в дентине и усилить адгезию пломбировочного материала.

Ключевые слова: профилактика вторичного и рецидивирующего кариеса, адгезивная техника, протравливание, наночастицы

**NANOPREPARATION MODIFIED ETCHINGS SYSTEMS FOR ADHESIVE
DENTAL FILLING TECHNIQUES: LABORATORY EXAMINATION**

E.V. Zabolova, V.A. Rummyantsev, A.R. Bessudnova

Tver State Medical University, Tver, Russia

Department of Periodontology

Scientific director – MD, Professor V.A. Rummyantsev

Resume. In a pilot laboratory study on 48 extracted teeth using a dye, it was revealed that a mordant gel modified with nanoparticles of metals and their oxides contributes to a more active purification of dentine tubules from organic compounds than a conventional gel with 37% orthophosphoric acid. This can increase the effectiveness of the prevention of recurrent dental caries during adhesive filling by inactivating the biofilm in the dentin and enhance the adhesion of the filling material.

Keywords: prevention of secondary and recurrent caries, adhesive technique, etching, nanoparticles

Введение

Несмотря на постоянное совершенствование техник адгезивного пломбирования, вторичный и рецидивирующий кариес зубов по-прежнему являются основной причиной повторного лечения, а также причиной развития пульпита в ранее запломбированных зубах. Такие осложнения

провоцируются жизнедеятельностью и размножением кариесогенной микробиоты в дентинных канальцах, открывающихся в сформированную при лечении зуба кариозную полость. При этом имеет место персистирование микроорганизмов в дентинных канальцах на глубине до 500 – 1000 мкм [1]. Поэтому при медикаментозной обработке полости, предшествующей пломбированию, никакими способами инактивировать эти патогены не удастся. В результате развивается рецидив кариеса или еще более грозное осложнение – пульпит. В случаях неудовлетворительного гигиенического ухода за зубами на границе между пломбой (всегда дающей усадку) и стенкой полости активность кислотопродуцирующих микроорганизмов зубного налета также может приводить к деминерализации твердых тканей с последующим нарушением герметизма пломбы и проникновением патогенной микробиоты вглубь полости. В этом случае развивается вторичный кариес.

При использовании адгезивной техники пломбирования зубов предварительно осуществляют протравливание стенок полости растворами ортофосфорной кислоты для удаления «смазанного» слоя и обнажения отверстий дентинных трубочек. В дальнейшем в эти отверстия заходит адгезив, способствующий таким образом лучшей адгезии и фиксации пломбы. Однако, кислотные протравливающие растворы и гели провоцируют локальную деминерализацию и мобилизацию на поверхность стенки полости органических компонентов, содержащихся в дентинных трубочках, включая и микроорганизмы. В результате концентрация бактериальной массы на стенках полости резко увеличивается, что отнюдь не способствует профилактике рецидивирующего и вторичного кариеса. В связи с этим актуальной задачей является инактивация микробиоты на стенках полости на этапе протравливания твердых тканей. Ранее в проведенных исследованиях, в том числе с использованием электронной микроскопии, было показано, что наночастицы металлов способны проникать в дентинные канальцы на достаточную глубину для того, чтобы инактивировать персистирующие там микроорганизмы [2-4]. Однако, влияние процедур протравливания на твердые ткани зубов при использовании адгезивной техники не изучалось [5].

Цель исследования: сравнительная опосредованная оценка в пилотном лабораторном исследовании на ранее удаленных зубах степени очищения дентинных канальцев с помощью традиционных и модифицированных наночастицами протравочных гелей, используемых при адгезивной технике пломбирования.

Материалы и методы. Проведено исследование с использованием 48 ранее удаленных постоянных моляров, пораженных кариозным процессом в стадии дефекта твердых тканей. Перед исследованием все зубы выдерживали на протяжении 3 суток в физиологическом растворе, чтобы приблизить условия исследований к естественным в полости рта. Затем их разделили на 4 группы по 12 зубов в каждой. Согласно «Клиническим рекомендациям по лечению кариеса зубов» полости обрабатывали с помощью боров и формировали для дальнейшей подготовки к пломбированию.

Затем их промывали 3% раствором перекиси водорода, дистиллированной водой и высушивали воздухом. После этого на стенки полостей с помощью брашей наносили небольшое количество кариес-маркера «Омега-дент», содержащего краситель эозин В. Проводили сравнение интенсивности окрашивания твердых тканей зубов с палитрой стандартной типографской шкалы красного цвета. Затем индикатор смывали струей дистиллированной воды и полости вновь высушивали воздухом. В последующем на одну из стенок полостей наносили традиционный коммерческий протравливающий гель, содержащий 37% ортофосфорной кислоты: на поверхности эмали – на 30 секунд и на поверхности дентина – на 15 секунд (контроль). Одновременно на другие, противоположные, стенки полостей наносили такой же гель, но модифицированный нами *ex tempore* путем добавления в него в разных случаях наночастиц в виде гидрозолей: серебра, тантала и двуокиси ванадия (опыт). Такие гидрогели с наночастицами размером от 1 до 10 нм получали в лабораторных условиях на кафедре физической химии Университета науки и технологий МИСИС (Москва) путем конденсации низкотемпературной плазмы в искровом разряде. После протравки твердых тканей на них опять наносили краситель и оценивали интенсивность окрашивания по типографской шкале. Образцы зубов фотографировали в одинаковых условиях съемки. В дальнейшем проводили сравнительную оценку показателей интенсивности окраски стенок полостей до и после протравливания, а также при использовании традиционного и модифицированного протравливающего геля, в баллах стандартной типографской шкалы. Статистический анализ результатов проводили с помощью пакета SPSS, версия 23, с использованием критерия t Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Полученные результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели интенсивности окраски твердых тканей зубов кариес-маркером по стандартной типографской шкале до и после применения протравливающих гелей (n=12, M±m, баллы)

Протравливающие гели с содержанием 37%	Протравливаемые поверхности тканей зубов:					
	Эмаль		P	Дентин		P
	До протравки	После протравки		До протравки	После протравки	

орт оф фо рн ой кис лот ы						
М о д и ф и ц и р о в а н н ы е н а н о ч а с т и ц а м и	д в у т а		>	0 ,	0 ,	<
	с е р е б р а н А g			0 , 3	0 ,	
р			—			—
Не мо ди фи ци ро ван ны й				0		

Как видно из таблицы 1, средние показатели интенсивности окрашивания эмали и дентина до применения протравливающих гелей статистически не различались между всеми группами зубов ($p > 0,05$). Интересно, что в участках эмали после протравливания не было обнаружено значимых различий в интенсивности окрашивания как между опытной и контрольной группами зубов, так и между всеми опытными группами.

При сравнении интенсивности окрашивания дентина картина отличалась от описанной ранее применительно к эмали. Применение в опытной группе модифицированных наночастицами протравливающих гелей статистически значимо уменьшало средние значения показателей в сравнении с таковыми до протравливания ($p < 0,05$). Так, добавление в протравочный гель наночастиц двуокиси ванадия снижало интенсивность прокрашивания дентина в среднем на 12,7%. Добавление наночастиц тантала – на 12,3%, а наночастиц серебра – на 17,7%. Столь же значимое различие было и при сравнении с группой контроля (не модифицированного геля, $p < 0,05$).

Объяснить уменьшение интенсивности окраски дентина в результате использования модифицированных протравочных гелей с наночастицами можно тем, что высокоэнергетические наночастицы резко увеличивают поверхностно-активные свойства дентинной жидкости и ускоряют ее центробежное движение [3]. А это способствует выходу на поверхность дентина органического содержимого дентинных канальцев, включая бактериальную микробиоту, полимерную матрицу биопленки, остатки белковых структур. Учитывая, что краситель в кариес-детекторе избирательно окрашивает белковые компоненты, можно предположить, что под влиянием модифицированных протравочных гелей происходит более выраженное очищение просвета дентинных канальцев от органических компонентов, основную массу которых составляет микробная биопленка. Кроме того, надо учитывать, что наночастицы металлов обладают выраженным противомикробным действием и по градиенту концентрации способны перемещаться вглубь дентинных канальцев. Следовательно, такое явление может являться предпосылкой к профилактике рецидивирующего кариеса зубов. Также нельзя забывать еще один возможный эффект: очищение дентинных трубочек может способствовать усилению адгезии пломбировочного материала за счет более глубокого проникновения в эти трубочки адгезива. В то же время, основываясь на полученных нами результатах, нельзя утверждать, что этот вывод касается профилактики вторичного кариеса, поскольку нам не удалось выявить значимых изменений в эмали зубов под влиянием изученных протравочных гелей. К тому же следует учитывать, что наше исследование проводилось *in vitro* на удаленных зубах, в которых происходящие процессы, связанные с дентинной экссудацией отличаются от тех, которые имеют место непосредственно в витальных зубах во рту пациентов. В дальнейшем планируется дальнейшее исследование на витальных зубах, которое, возможно, позволит выявить такие отличия.

Вывод. С помощью красителя, избирательно окрашивающего органические компоненты, в пилотном лабораторном исследовании удалось выявить более выраженное очищение просвета дентинных канальцев на стенках и дне сформированных полостей под влиянием модифицированных наночастицами металлов протравочных гелей, используемых в технике адгезивного пломбирования. С учетом противомикробного действия наночастиц можно предположить, что применение таких гелей способно предупредить развитие рецидивирующего кариеса. В то же время пока нельзя утверждать, что такие гели будут эффективны в профилактике вторичного кариеса зубов.

Список литературы

1. Фаустов Л.А., Леонтьев В.К., Попков В.Л., Гречишников В.В., Сычева Н.Л. Ультроструктурная характеристика твердых тканей корней зуба при пульпитах. Феномен формирования в дентине инфицированных очагов деструкции // Научные ведомости БелГУ. Серия «Медицина. Фармация», 2011, № 16 (111), Выпуск 15/1, С. 93-99.
2. Бессуднова А.Р., Румянцев В.А., Фролов Г.А., Блинова А.В., Битюков В.В. Экспериментальная оценка возможности профилактики рецидивирующего кариеса зубов методом гальванофоретической наноимпрегнации дентина // Аспирантский вестник Поволжья.– 2023.- 23(2).- С.13-18. <https://doi.org/10.55531/2072-2354.2023.23.2.13-18>
3. Rumiantsev V., Bordina G., Blinova A., Moiseev D., Iusupova I. The cooper-calcium hydroxide nanoparticles galvanophoresis for cleansing spaces of the root of the tooth // Adv. Dent & Oral Health (США).– 2021.- 14(4).-555895. <https://doi.org/10.19080/ADON.2021.14.555895>
4. Румянцев В.А., Полунина О.С., Моисеев Д.А. Экспериментальное лечение кариеса методом наноимпрегнации: электронная микроскопия дентина зубов // Medicine. Science and education, Ереван (Республика Армения).– 2017.- №22.- С.145-147.
5. Блинова А.В., Румянцев В.А. Нанотехнологии – реальность современной стоматологии (обзор литературы) // Эндодонтия Today.– 2020.-18(2).- С.56-61. <https://doi.org/10.36377/1683-2981-2020-18-2-56-61>