

© КОЛОДКИНА В.И., АРУТЮНОВ А.В., 2018

УДК 616.314-089.27-091

Колодкина В.И., Арутюнов А.В.

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЭМАЛИ, ДЕНТИНА ЗУБОВ И КОМПОЗИТНЫХ ПЛОМБИРОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ *IN VITRO*

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 350063, Краснодар, Россия

Решение проблемы повышения эффективности лечения заболеваний твёрдых тканей зуба является актуальной задачей не только стоматологического сообщества врачей, но и стоматологии в целом. Обеспечение краевой герметичности и высокой адгезивной связи композита с эмалью и дентином для предотвращения возникновения микропроницаемости реставрации для токсических агентов и последующего воспаления пульпы является одной из наиболее актуальных проблем терапевтической стоматологии. Универсальные микрогибридные композиты, применяемые для пломбирования всех групп зубов, созданы ещё в прошлом веке, однако ряд важных проблем остается нерешённым до сих пор. Целью данного исследования явилась оценка морфологической структуры эмали и дентина зубов до и после использования восстановительных пломбировочных материалов с покрытием герметиком и без такового. Данные, полученные в результате проведённого исследования, позволяют с научных позиций оценить изменения микроморфологической структуры эмали и дентина в местах контакта с композиционным материалом, сопровождающиеся уменьшением микротвёрдости дентина на фоне неудовлетворительной гигиены полости рта, увеличения потребления мягких и богатых углеводами продуктов питания, изменений буферных ёмкостей слюны, а также прямым воздействием микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности на твёрдые ткани зубов.

Ключевые слова: структура эмали; композиционный материал «Реставрин»; герметик Easy Glaze; эстетическая реставрация.

Для цитирования: Колодкина В.И., Арутюнов А.В. Морфологическая структура эмали, дентина зубов и композиционных пломбировочных материалов *in vitro*. Российский стоматологический журнал. 2018; 22(4): 176-179. <http://dx.doi.org/10.18821/1728-2802-2018-22-4-176-179>

Kolodkina V.I., Arutyunov A.V.

MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF ENAMYL, DENTINE OF TEETH AND COMPOSITE FORMING MATERIALS *IN VITRO*

Kuban State Medical University, 350063, Krasnodar, Russia

Solving the problem of increasing the effectiveness of treatment of diseases of hard tooth tissues is an urgent task not only for the dental community of doctors, but for dentistry in general. Provision of edge tightness and high adhesive bond of copolytic material with enamel and dentin to prevent the occurrence of micro-permeability of restoration for toxic agents and subsequent inflammation of pulp is one of the most urgent problems of therapeutic dentistry. Universal microhybrid composites used for sealing all groups of teeth were created in the last century, however, a number of important problems remain unresolved until now. The purpose of this study was to assess the morphological structure of the enamel and dentin of the teeth before and after using restorative sealing materials with and without sealant coating. The data obtained as a result of the research allows us to estimate from the scientific point of view the changes in the micro-morphological structure of enamel and dentin at the points of contact with the composite material, accompanied by a decrease in the microhardness of the dentine on the background of unsatisfactory oral hygiene, increased consumption of soft and carbohydrate-rich foods, salivary capacity, as well as direct exposure of microorganisms and products of their vital activity to hard dental tissues.

Key words: structure of enamel; composite material "Restavrin"; sealant "Easy Glaze"; aesthetic restoration.

For citation: Kolodkina V.I., Arutyunov A.V. Morphological structure of enamel, dentine of teeth and composite forming materials *in vitro*. Rossiiskii stomatologicheskii zhurnal. 2018; 22(4): 176-179. <http://dx.doi.org/10.18821/1728-2802-2018-22-4-176-179>

For correspondence: Arutyunov Armenak Valer'evich, Dr. Med. Sci., associate Professor, Professor of the Department of therapeutic dentistry, E-mail: armenak@mail.ru.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received 02.11.18

Accepted 16.11.18

Введение

Решение проблемы повышения эффективности лечения заболеваний твёрдых тканей зуба является актуальной задачей не только стоматологического сообще-

ства врачей, но и стоматологии в целом [1–3]. Современные композиционные пломбировочные материалы в состоянии отверждения не обладают цитотоксичностью, поэтому по данным литературы и клиническим наблюдениям, гиперемия и воспаление пульпы под реставрациями из композитных материалов могут возникнуть только вследствие проникновения в систему дентинных канальцев микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности [4–6]. Универсальные микро-

Для корреспонденции: Арутюнов Арменак Валерьевич, д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры терапевтической стоматологии КубГМУ Минздрава России, E-mail: armenak@mail.ru.

гибридные композиты, применяемые для пломбирования всех групп зубов, созданы ещё в прошлом веке, однако ряд важных проблем остается нерешённым до сих пор [7–10]. Несмотря на то что современные композиты позволяют изменять размеры, корректировать цвет и восстанавливать форму зубов, решение проблемы микропроницаемости и микропрочности эстетической реставрации не менее важно, чем соблюдение условий применения композитов, особенно при низком уровне гигиены ротовой полости [11, 12]. Обеспечение краевой герметичности и высокой адгезивной связи композита с эмалью и дентином для предотвращения возникновения микропроницаемости реставрации для токсических агентов и последующего воспаления пульпы является одной из наиболее актуальных проблем терапевтической стоматологии.

Цель исследования – оценка морфологической структуры эмали и дентина зубов до и после использования восстановительных пломбировочных материалов «Реставрин» и «Реставрин» + герметик «Easy Glaze» *in vitro*.

Материал и методы

В лабораторной части исследования использовали 30 моляров, удалённых по показаниям (пародонтит, подвижность II–III степени, ретинированные, дистопированные третьи моляры) на верхней ($n = 18$) и нижней челюстях ($n = 12$). Сразу после удаления зубы помещали в дистиллированную воду с температурой 5 °С. При первичной обработке с помощью бормашины отсекали корни на 5 мм на уровне шейки зуба (отступив 5 мм ниже эмалево-дентинного соединения), затем каждый зуб раскалывали струбиной продольно в мезиодистальном направлении на 2 равные половины. Из каждой половины извлекали пульпу (при наличии), осколки эмали и дентинные опилки, промывали в проточной воде, высушивали, полировали алмазными дисками с полировочной пастой.

Для дальнейшего исследования в каждом образце алмазным бором формировали продольную борозду длиной 5 мм, глубиной 2 мм (до дентиноэмалевой границы). После протравливания 30 % ортофосфорной кислотой в течение 10 сек сформированный дефект пломбировали композиционным материалом «Реставрин» ($n = 15$) и «Реставрин» + герметик «Easy Glaze» ($n = 15$). Затем образцы помещали в пробирки с искусственной слюной, насыщенной смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*), которые хранили в термостате при $t=37^{\circ}\text{C}$ в течение 45 сут.

Образцы исследовали через 10, 30 и 45 сут, подготовку материала для электронно-микроскопических исследований проводили по общепринятым методикам – фиксировали в 10% нейтральном формалине и в 2% глутаральдегиде на буферном растворе с нейтральной рН = 6,8–7,2, декальцинировали в Трилоне-Б, заливали в целлоидин. Полученные с помощью микротомы (ф. HMV-Corporation, Япония) срезы окрашивали гематоксилином и эозином и по Массону. Исследуемые образцы приклеивали на предметный столик токопроводящим клеем и изучали в электронном микроскопе Olympus (Япония), электронную микроскопию проводили на аппарате JEOL серии JSM-6510 с разложением

в режиме высокого вакуума при электрическом сдвиге изображения до ± 50 мкм, ($WD = 10$ мм), с сохранением полученных изображений в формате JPEG.

Лабораторные исследования проводили в соответствии с принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт «Принципы надлежащей лабораторной практики» ГОСТ Р 53434-2009) и правилами лабораторной практики в Российской Федерации (приказ МЗ РФ № 267 от 19.06.2003).

Полученные данные подвергнуты статистической обработке с использованием критерия Kruskal-Wallis на уровне значимости 5 %.

Результаты и обсуждение

Как показали результаты электронно-микроскопического исследования, эмаль исследуемых зубов до проведения композитной реставрации представлена хорошо организованными призмами с поперечным и косым расположением и окружена межпризматическими участками (рис. 1 см. на вклейке). Призматическая структура эмали оставалась неизменной даже после длительного пребывания (45 сут) в термостате в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*).

При окраске микрошлифов гематоксилином и эозином и по Массону в зоне эмалево-дентинной границы визуализировались эмалевые пучки, имеющие вид небольших лентовидных образований. Отмечались участки, в которых терминальные ветви дентинных канальцев проникали в эмаль, где в зоне бесструктурной массы эмали они окончательно истончались и обрывались (рис. 2 см. на вклейке).

По данным электронно-микроскопического исследования, дентин постоянных зубов до проведения композитной реставрации представлен чётко определёнными зубными канальцами и хорошо организованной сетью коллагеновых волокон (рис. 3 см. на вклейке), незначительные микро-морфологические изменения наблюдались в межпризматических пространствах.

На 10-е сутки после помещения зубов в термостат в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*) при окраске микрошлифов по Массону видны дентинные канальцы (периодонтбластические пространства), которые имеют вид трубочек, расположенных радиально от пульпарной полости до дентинно-эмалевой границы. Внутри канальцев расположены отростки одонтобластов, длина которых достигает терминальных ветвей канальцев и их анастомозов. Однако в разных частях зуба канальцы имеют особенности расположения в основном веществе: в исследуемой зоне коронковой части зуба они расположены параллельно по отношению друг к другу, терминальные ветви и анастомозы в исследуемых шлифах редкие (рис. 4, а см. на вклейке). На 30-е сутки пребывания в термостате в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*) перитубулярный дентин канальцев слабо уплотнён, что характеризуется стёртостью картины границ канальцев. В промежутках между канальцами расположен гомогенный по составу интертубулярный дентин (основное вещество дентина). К 45-м суткам повсеместно отмечаются зоны, в которых плотность дентинных канальцев увеличена, что приво-

дит к сдавливанию интерглобулярного дентина (рис. 4, б см. на вклейке).

При электронно-микроскопическом исследовании образцов эмали в зонах контакта с пломбировочным композиционным материалом «Реставрин» с герметиком Easy Glaze (P-1) отмечено небольшое увеличение морфологических изменений после 30 и 45 сут пребывания в термостате в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*) во всех анализируемых зонах (на границе композита с эмалью) по сравнению с интактным дентином

(рис. 5 см. на вклейке). Вместе с этим в области контакта композитной реставрации с дентином зуба отмечается значительное утолщение слоя преддентина и его выраженное волокнистое строение (на границе композита с дентином).

При окраске микрошлифов гематокилином и эозином и по Массону на 10-е сутки после помещения зубов с пломбировочным композиционным материалом «Реставрин» с герметиком Easy Glaze (P-1) в термостат в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*) отмечается уменьшение плотности расположения дентинных канальцев в зоне эмалево-дентинной границы (рис. 6, а см. на вклейке). На 30-е сутки пребывания в термостате в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*) выявлена минерализация и уплотнение перитубулярного дентина. К 45-м суткам в интерглобулярном дентине визуализируются расширенные интерглобулярные пространства на фоне неравномерно минерализованного дентина, в месте перехода преддентина в плащевой дентин последний имеет фестончатый вид и пронизан дентинными канальцами, сохраняющими свою конфигурацию (рис. 6, б см. на вклейке).

При электронно-микроскопическом исследовании образцов эмали в зонах контакта с пломбировочным композиционным материалом «Реставрин» без герметика (P-2) отмечено более значительное, чем в P-1, увеличение морфологических изменений уже после 10 сут, резко усиливающееся после 30 и 45 сут пребывания в термостате в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*) во всех анализируемых зонах (рис. 7 см. на вклейке).

При электронно-микроскопическом исследовании образцов дентина в зонах контакта с пломбировочным композиционным материалом «Реставрин» без герметика «Easy Glaze» (P-2) после 30 и 45 сут пребывания образцов в термостате в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*) установлена выраженная деградация сети коллагеновых волокон и генерализованные микро-морфологические изменения на границе композита с дентином (рис. 8, а) и в самих дентинных канальцах (рис. 8, б).

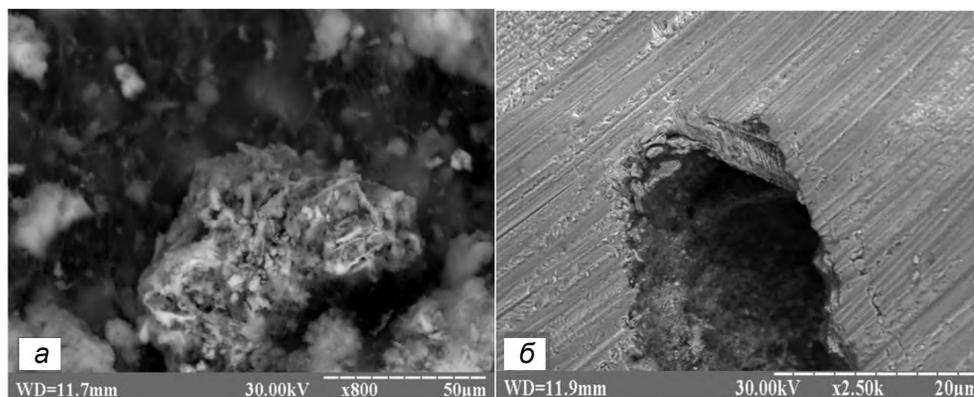


Рис. 8. Дентин постоянных зубов в зонах контакта с пломбировочным композиционным материалом «Реставрин» без герметика (P-2) на 30-е (а) и 45-е (б) сутки пребывания в термостате в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*).

а – разрушение коллагеновой сети дентина фрагментированными волокнами; б – частичная облитерация дентинного канальца. РЭМ.

При окраске микрошлифов по Массону на 10-е сутки после помещения зубов с пломбировочным композиционным материалом «Реставрин» без герметика Easy Glaze (P-2) в термостат в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*) отмечается тотальный циторексис с одновременным распадом канальцев и образованием на участках контакта композита с эмалью микрополостей «заполненных» воздухом, что проявляется признаком появления «мёртвых путей» (рис. 9, а см. на вклейке). К 30-м суткам в дентине отмечается растрескивание дентина, неравномерность окрашивания интерглобулярного дентина и эктазия дентинных канальцев. Местами визуализируются единичные зоны глубокой декальцификации, гомогенизации и некроза дентина, сами дентинные канальцы просматриваются плохо (рис. 9, б см. на вклейке).

Следует отметить, что в образцах P-2 в зоне контакта с эмалью к 10-м суткам возникает поперечная исчерченность эмалевых призм, они начинают распадаться на фрагменты, поверхность эмали шероховата, частью с зубчатыми выступами и впадинами, контуры эмалево-дентинной границы расплывчатые. Установленные на 30 и 45-е сутки изменения в образцах P-2 на границе с дентином характеризуются частичной облитерацией дентинных канальцев, деформации канальцев в межтрубном, перитубулярном и внутриканальцевом дентине усиливаются прямо пропорционально увеличению срока пребывания образцов в термостате в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*). Коллагеновые волокна постепенно фрагментируются с образованием к 45-м суткам некротических участков.

По нашему мнению, облитерация дентинных канальцев вместе с фрагментацией сети коллагеновых волокон является результатом потери гигроскопичности коллагеновых волокон, вызванной изменением вторичной и третичной структуры белков из-за воздействия свободных радикалов, высвобождающихся при микробной инвазии вследствие нарушения герметичности композитной реставрации P-2 (композиционный материал «Реставрин» без герметика Easy Glaze).

Анализ данных электронно-микроскопического и

гистологического исследований показал, что наиболее значительные морфологические изменения в межпризматической области эмали, которая соответствует эмалевой органической матрице, происходили при использовании образцов Р-2. Анализ образцов Р-2 выявил деградацию сети коллагеновых волокон и генерализованные микро-морфологические изменения уже через 10 сут после их помещения в термостат в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*). К 30-м суткам разрывы в межпризматической части эмали в местах контакта с композитом Р-2 стали более очевидными, поскольку на фоне поперечной исчерченности эмалевых призм они начинали распадаться на фрагменты, поверхность эмали стала шероховатой, с зубчатыми выступами и впадинами. Установленные на 45-е сутки изменения в образцах Р-2 на границе с дентином характеризуются окончательной потерей чёткости эмалево-дентинной границы, частичной облитерацией дентинных канальцев. К данному сроку деформации канальцев в межтрубном, перитубулярном и внутриканальцевом дентине усиливались прямо пропорционально увеличению срока пребывания образцов в термостате в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*), коллагеновые волокна постепенно фрагментировались с образованием к 45-м суткам некротических участков.

Заключение

Микроморфологические изменения дентина, выявленные в образцах Р-1 и Р-2 позволяют объяснить прогрессирующее снижение микротвёрдости дентина в местах контакта с композитом. По нашему мнению, облитерация дентинных канальцев вместе с фрагментацией сети коллагеновых волокон является результатом потери гигроскопичности коллагеновых волокон, вызванной изменением вторичной и третичной структуры белков из-за воздействия свободных радикалов, высвобождающихся при микробной инвазии вследствие нарушения герметичности композитной реставрации Р-2 (композиционный материал «Реставрин» без герметика Easy Glaze). Явная деградация органической части дентина к 45-м суткам может также способствовать адгезии микроорганизмов. Полученные данные позволяют с научных позиций оценить изменения микроморфологической структуры эмали и дентина в местах контакта с композиционным материалом, сопровождающиеся уменьшением микротвёрдости дентина на фоне неудовлетворительной гигиены полости рта, увеличения потребления мягких и богатых углеводами продуктов питания, изменений буферных ёмкостей слюны, а также прямым воздействием микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности на твёрдые ткани зубов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лущая И.К. Эстетическая стоматология как самостоятельная область стоматологической науки и практики. *Современная стоматология*. 2013; 1: 6-12.

2. Садовский В.В., Садовский В.В., Шумилович Б.Р., Сущенко А.В., Морозов А.Н., Лещева Е.А. Клиническая эффективность современной прямой композитной реставрации при сочетании стандартной и преполномеризованной форм композита. *Российский стоматологический журнал*. 2016; 20(4): 194-8.
3. Лобовина Л.А. Прямая композитная реставрация в области режущего края зуба. *Dental Magazine*. 2016; 9(153): 28-31.
4. Максимовский Ю.М., Тишкина Ю.С. Изучение краевой проницаемости композитных реставраций методом термощлифования с последующим прокрашиванием. *Пародонтология*. 2008; 1: 71-5.
5. Решетнева И.Т., Алямовский В.В., Афанасьева А.С., Солнцев А.С., Николаенко С.А. Влияние состава органической матрицы и наполненности композитов на адгезивную активность карисогенной микрофлоры. *Клиническая стоматология*. 2010; 2(54): 10-2.
6. Mellara T.S., Palma-Dibb R.G., Oliveira H.F., Paula-Silva F.W.G., Nelson-Filho F., Silva R.A.B., et al. The effect of radiation therapy on the mechanical and morphological properties of the enamel and dentin of deciduous teeth – an in vitro study / *Radiat. Onco*. 2014; 9: 30-8.
7. Адамчик А.А. Оценка полимеризации композита. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2015; 1(150): 7-11.
8. Новак Н.В., Байтус Н.А. Анализ физико-механических характеристик твердых тканей зуба и пломбировочных материалов. *Вестник ВГМУ*. 2016; 1(15): 19-26.
9. Даурова Ф.Ю., Вайц Т.В., Кодзаева З.С. Современный уровень развития и изготовления стоматологических реставраций. *Российский стоматологический журнал*. 2014; 3: 53-5.
10. Макеева И.И., Туркина А.Ю., Загорский В.В. Биомеханика соединения твердых тканей зуба с пломбировочными материалами. *Институт стоматологии*. 2014; 1: 114-6.
11. Примерова А.С., Митронин А.В., Чунихин А.А. Клиническая оценка эффективности применения современных композиционных материалов в восстановительной терапии жевательной группы зубов. *Эндодонтия Today*. 2011; 4: 20-6.
12. Сотникова Н.П., Гринева Т.В., Чиликин В.Н., Фадеева Д.Ю. Клиническое изучение краевой проницаемости пломб при использовании низко модульных композитов с разными адгезивными системами. *Клиническая стоматология*. 2012; 4 (64): 26-8.

REFERENCES

1. Luckaya I.K. Aesthetic dentistry as an independent field of dental science and practice. *Sovremennaya stomatologiya*. 2013; 1: 6-12. (in Russian)
2. Sadovskiy V.V., Sadovskiy V.V., Shumilovich B.R., Sushchenko A.V., Morozov A.N., Leshcheva E.A. Clinical efficacy of a modern direct composite restoration with the combination of standard and prepolymerized composite forms. *Rossiyskii stomatologicheskii zhurnal*. 2016; 20(4): 194-8. (in Russian)
3. Lobovina L.A. Direct composite restoration in the region of the cutting edge of the tooth. *Dental Magazine*. 2016; 9(153): 28-31. (in Russian)
4. Maksimovskiy Yu.M., Tishkina Yu.S. The study of the permeability of composite restorations by thermal cycling with subsequent staining. *Parodontologiya*. 2008; 1: 71-5. (in Russian)
5. Reshetneva I.T., Alyamovskii V.V., Afanasieva A.S., Solntsev A.S., Nikolaenko S.A. Effect of the composition of the organic matrix and the content of composites on the adhesive activity of cariogenic microflora. *Klinicheskaya stomatologiya*. 2010; 2(54): 10-12. (in Russian)
6. Mellara T.S., Palma-Dibb R.G., Oliveira H.F., Paula-Silva F.W.G., Nelson-Filho F., Silva R.A.B. The effect of radiation therapy on the mechanical and morphological properties of the enamel and dentin of deciduous teeth – an in vitro. *Radiat. oncol*. 2014; 9: 30-8.
7. Adamchik A.A. Evaluation of the polymerization of the composite. *Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik*. 2015; 150(1): 7-11. (in Russian)
8. Novak N.V., Baytus N.A. Analysis of physical and mechanical characteristics of hard tooth tissues and filling materials. *Vestnik VGMU*. 2016; 15(1): 19-26. (in Russian)
9. Daurova F.Yu., Vayts T.V., Kodzaeva Z.S. Modern level of development and manufacturing of dental restorations. *Rossiyskii stomatologicheskii zhurnal*. 2014; 3: 53-5. (in Russian)
10. Makeeva I.I., Turkina A.Yu., Zagorskiy V.V. Biomechanics of connection of hard tooth tissues with filling materials. *Institut stomatologii*. 2014; 1: 114-6. (in Russian)
11. Primerova A.S., Mitronin A.V., Chunihin A.A. Clinical evaluation of the effectiveness of the use of modern composite materials in restorative therapy of the chewing group of teeth. *Endodontiya Today*. 2011; 4: 20-6. (in Russian)
12. Sotnikova N.P., Grineva T.V., Chilikin V.N., Fadeeva D.Yu. Clinical study of marginal permeability of fillings using low-modulus composites with different adhesive systems. *Klinicheskaya stomatologiya*. 2012; 4 (64): 26-8. (in Russian)

Поступила 02.11.18

Принята в печать 16.11.18

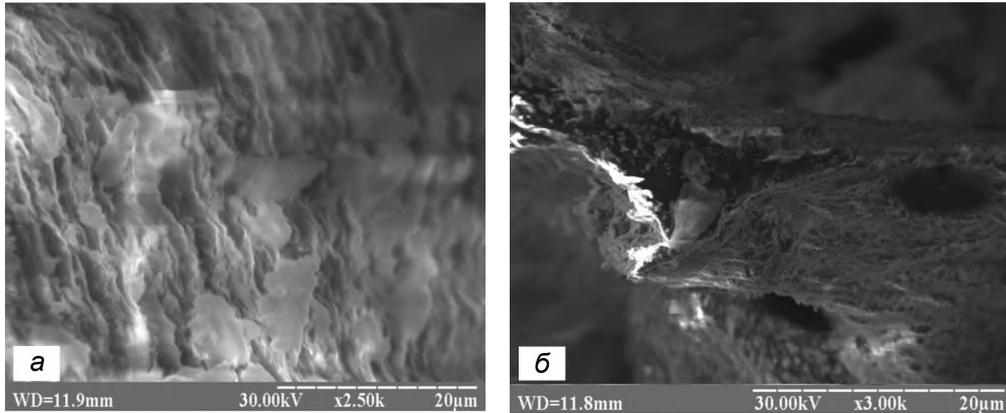


Рис. 1. Эмаль постоянных зубов до композитной реставрации.

a – хорошо организованные призмы в окружении межпризматического пространства; *б* – участок межпризматического пространства эмали в районе эмалево-дентинной границы с выраженными призмами и кристаллами. РЭМ.

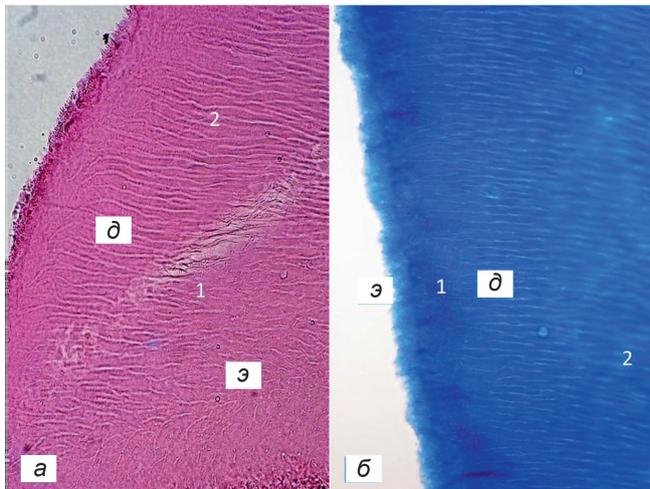


Рис. 2. Эмаль постоянных зубов до композитной реставрации.

a – эмалево-дентинная граница (1), имеющая вид светлой линии, эмалевые пучки в виде небольших лентовидных образований (2); *б* – терминальные ветви дентинных канальцев (1), проникающие в эмаль, где истончаются или обрываются в зоне бесструктурной массы (2). Здесь и на рис. 4: Э – эмаль, Д – дентин. Окраска гематоксилином и эозином. Об. 40, ок. 10 (*a*). Окраска по Массону. Об. 40, ок. 10 (*б*).

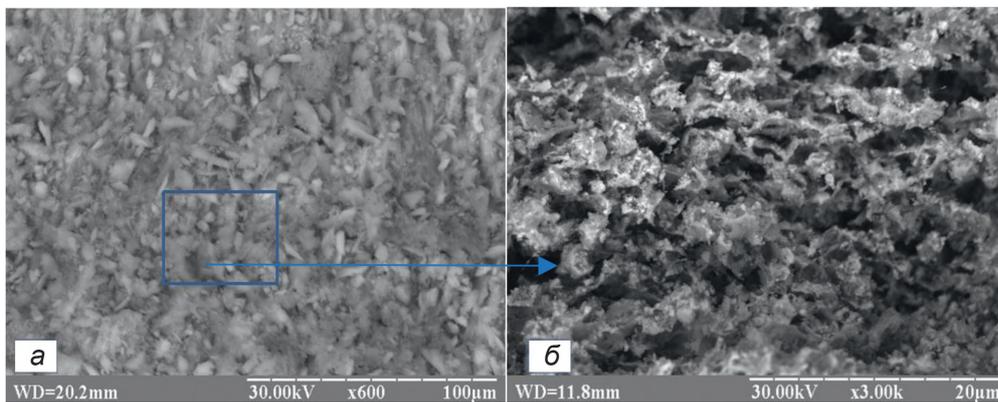
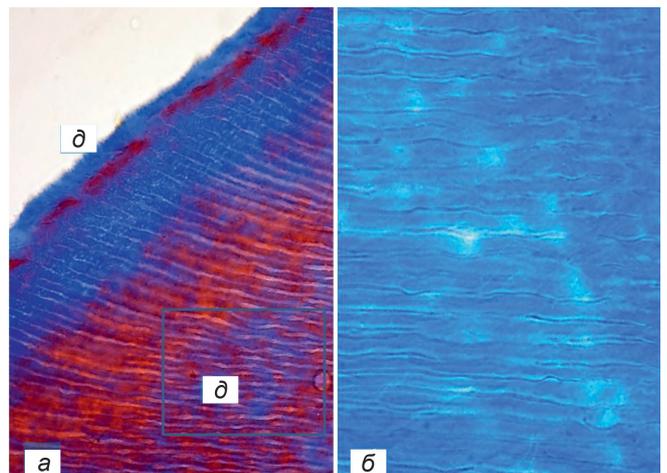


Рис. 3. Дентин постоянных зубов до композитной реставрации.

a – плотный дентин; *б* – структура дентинных канальцев с хорошо организованной сетью коллагеновых волокон РЭМ.

Рис. 4. Эмаль (*a*) и дентин (*б*) постоянных зубов до композитной реставрации.

a – лентовидные эмалевые пучки с отростками одонтобластов; *б* – зоны пониженной плотности дентинных канальцев, позволяющие визуализировать интертубулярный дентин, и он не визуализируется. Окраска по Массону. Об. 40, ок. 10 (*a*), об. 100, ок. 10 (*б*)



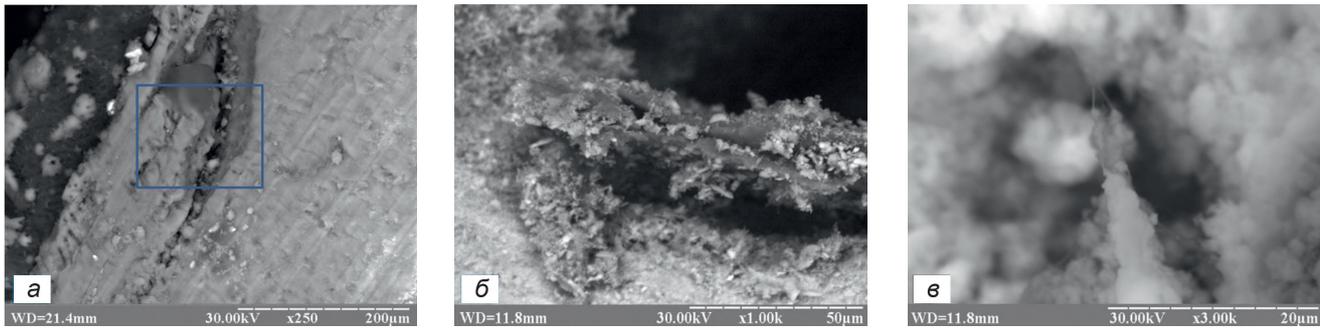


Рис. 5. Эмаль и дентин постоянных зубов в зонах контакта с пломбирочным композиционным материалом «Реставрин» с герметиком Opti Guard (P-1) на 10 (а), 30 и 45-е сутки пребывания в термостате в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*).

а – неплотное прилегание композита в области эмалево-дентинной границы; б, в -- изменение интертубулярного, перитубулярного (б) и интратубулярного (в) дентина. РЭМ.

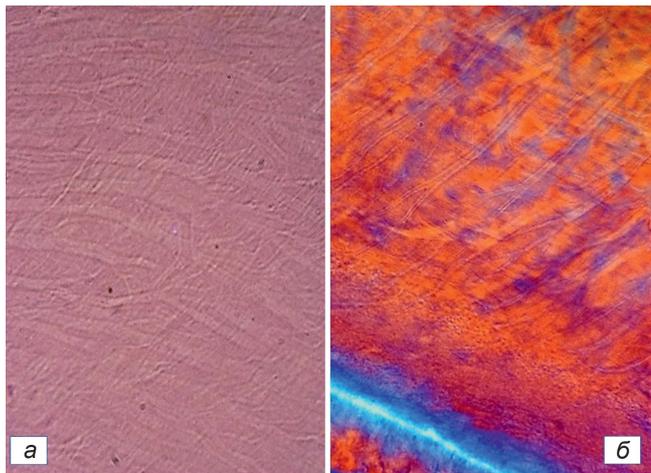


Рис. 6. Дентин постоянных зубов через 30 и 45 сут после композитной реставрации и пребывания в термостате в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*).

а – уменьшение плотности и выраженное ветвление терминальных ветвей дентинных канальцев в зоне эмалево-дентинной границы; б – вращание терминальных ветвей в бесклеточный цемент. Окраска гематоксилином и эозином. Об. 40, ок. 10 (а). Окраска по Массону. Об. 100, ок. 10 (б).

Рис. 7. Эмаль постоянных зубов в зонах контакта с пломбирочным композиционным материалом «Реставрин» без герметика (P-2) на 10-е (а) и 30-е (б) сутки пребывания в термостате в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*).

а – разрыхление эмали в зоне контакта с композитом; б – потеря структурного рисунка эмали в области эмалево-дентинной границы. РЭМ.

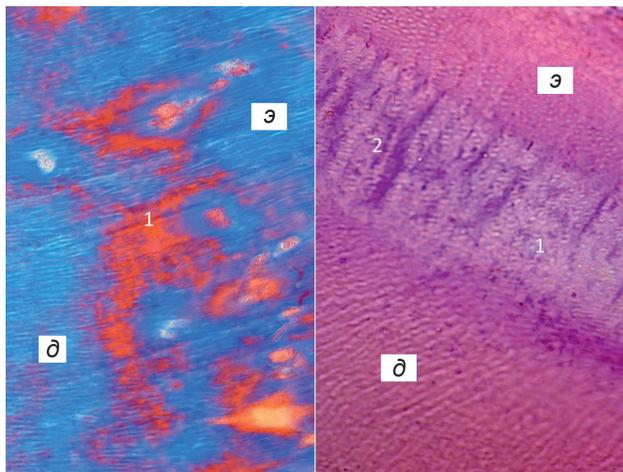
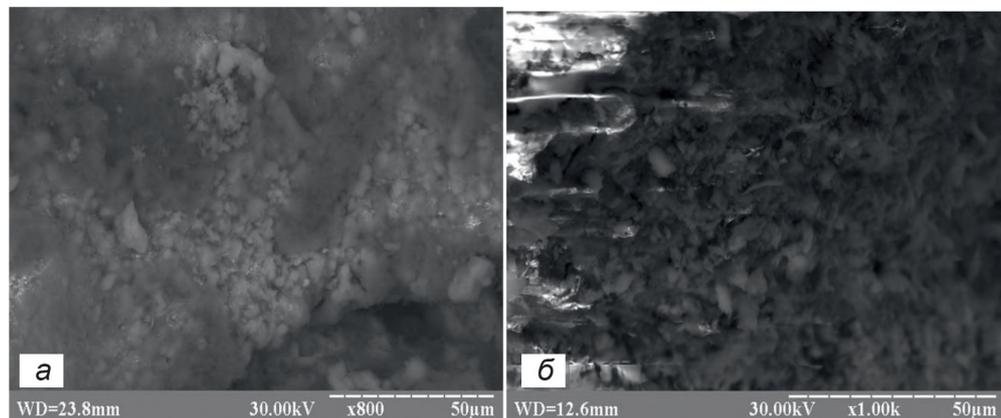


Рис. 9. Дентин постоянных зубов через 10 (а) и 30 (б) сут после композитной реставрации и пребывания в термостате в пробирке со слюной и смесью оральных стрептококков (*S. mutans* + *S. oralis*).

а – образование микрополостей (1), «заполненных» воздухом на участках контакта композита с эмалью; б – зона декальцификации (1) и некроза (2) дентина. Окраска по Массону. Об. 40, ок. 10 (а, б).