

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 616.314-002-08:615.472]-076.4

Шумилов Б.Р., Лещева Е.А., Харитонов Д.Ю., Морозов А.Н., Санеев А.В.

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ЭМАЛИ И ДЕНТИНА ПОД ВЛИЯНИЕМ РОТАЦИОННОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ЛЕЧЕНИИ КАРИЕСА (ИССЛЕДОВАНИЕ *IN VITRO*)

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 394036, Воронеж, Россия

На современном этапе развития основным инструментом для некротомии и формирования полости при лечении кариеса остается ротационный. Поскольку основная технология реставрации зубов – адгезивная техника, качество адгезионных поверхностей эмали и дентина играет одну из решающих ролей в последующем качестве лечения. *In vitro* при помощи растровой электронной микроскопии изучали комплексное влияние компонентов одонтопрепарирования (тип режущего инструмента, привод, скорость подачи и т. д.) на микроструктуру адгезионных поверхностей эмали и дентина. Смоделированы и визуализированы наиболее часто совершаемые врачами ошибки при препарировании твердых тканей зуба. Алмазный инструмент в сочетании с турбинным приводом оказывает самое негативное влияние на микроструктуру дентина. Неадекватный выбор карбид вольфрамового инструмента приводит к значительному разрушению эмалевых призм, что становится причиной нарушения адгезии пломбировочных материалов и рецидивного кариеса. Только комплексное адекватное сочетание упомянутых компонентов одонтопрепарирования обеспечивает необходимое состояние адгезионных поверхностей и полноценное качество адгезии композита.

Ключевые слова: ротационный инструмент; лечение кариеса; изменение микроструктуры эмали и дентина.

Для цитирования: Шумилов Б.Р., Лещева Е.А., Харитонов Д.Ю., Морозов А.Н., Санеев А.В. Изменение микроструктуры эмали и дентина под влиянием ротационного инструмента при лечении кариеса (исследование *in vitro*). Российский стоматологический журнал. 2017; 21 (2): 68-71. DOI 10.18821/1728-2802.2017; 21 (2): 68-71

Shumilovich B.R., Leshcheva E.A., Kharitonov D.Yu., Morozov A.N., Saneev A.V.

CHANGE OF THE MICROSTRUCTURE OF ENAMEL AND DENTIN UNDER THE INFLUENCE OF THE ROTARY TOOL IN THE TREATMENT OF CARIES (*IN VITRO* STUDY)

At the present stage of development of the basic tool for cutting of necrotic tissues and forming, a cavity in the treatment of dental caries remains a rotary tool. Since the main dental restoration technique is adhesive technology, the quality of the enamel and dentin adhesive surfaces plays a decisive role in the future as a treatment. *In vitro*, using scanning electron microscopy was studied impact complex of hard teeth tissues preparation components (type cutting tool drive, feed rate, etc.) on the microstructure of adhesive enamel and dentin surfaces.

Modeled and rendered the most frequently committed errors by doctors at preparing dental hard tissues. Diamond tool in combination with the turbine drive has the most adverse effect on the microstructure of dentin. Inadequate selection of tungsten carbide tools leads to significant destruction of enamel prisms, which in turn is responsible for violations of the adhesion of filling materials and recurrent caries. Just complete an adequate combination of the above components of hard teeth tissues preparation provides the necessary condition of the adhesive surfaces and high-grade quality of the composite adhesion.

Key words: rotary tool; treatment of caries; the change of the microstructure of enamel and dentin.

Information about authors

Shumilovich B.R. <http://orcid.org/0000-0002-6571-9660>

Kharitonov D.U. <http://orcid.org/0000-0002-6649-0562>

Morozov A.N. <http://orcid.org/0000-0002-2071-1673>

Leshcheva E.A. <http://orcid.org/0000-0001-6290-6551>

For citation: Shumilovich B.R., Leshcheva E.A., Kharitonov D.Yu., Morozov A.N., Saneev A.V. Change of the microstructure of enamel and dentin under the influence of the rotary tool in the treatment of caries (*in vitro* study). Rossiyskiy stomatologicheskii zhurnal. 2017; 21 (2): 68-71. DOI 10.18821/1728-2802.2017; 21 (2): 68-71

For correspondence: Bogdan R. Shumilovich, Dr.Sci.Med., head of postgraduate dentistry department “N.N. Burdenko State Medical University”, E-mail: bogdanshum@gmail.com

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

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received 02.02.17

Accepted 28.02.17

Введение

Если представить себе лечение кариеса в разрезе исторического развития используемых методов, можно констатиро-

вать значительную степень новизны в применении механической и медикаментозной обработки кариозных полостей, средств и методов профилактики, оценки зависимости активности и интенсивности кариозного процесса от состояния организма человека и т. д. Значительная эволюция наблюдалась, например, в области разработки ротационных инструментов, таких как боры, фрезы, профилактический инструментарий и т. д. Еще в недавнем прошлом препарирование кариозных

Для корреспонденции: Шумилов Богдан Романович, д-р мед. наук, доцент, зав. кафедрой стоматологии ИДПО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, E-mail: bogdanshum@gmail.com

полостей проводили стальными борами, затем появились твердосплавные, позднее – алмазные режущие инструменты разнообразной конфигурации и абразивности.

Наряду с вариантами препарирования с помощью механического привода появился воздушный и электрический. В современной стоматологии все способы развиваются параллельно с усовершенствованием в зависимости от назначения определенных параметров наконечников (скорость, мощность, электро- или пневмопривод, система охлаждения, оптика, тип движения режущего инструмента и т. д.).

В настоящее время лечение кариеса включает в себя 3 основных этапа – некротомию (одонтопрепарирование), кондиционирование и нанесение адгезивной системы на поверхности эмали и дентина и собственно пломбирование полости (реставрация зуба). По мнению ряда исследователей, препарирование твердых тканей зуба относится к наиболее трудоемкой и требующей большого врачебного искусства манипуляции в практической стоматологии. Согласно литературным данным, долговечность пломбы, ее ретенция, состояние эмалево-реставрационного соединения зависят от соблюдения правил одонтопрепарирования, которые включают: адекватное обезболивание; полноценное охлаждение; учет анатомо-топографических особенностей препарируемого зуба; соблюдение всех критериев формирования полости в зависимости от вида применяемого пломбировочного материала.

Внимание практикующих стоматологов акцентируется на том, что одонтопрепарирование – только один из этапов лечения и полноценная реабилитация больного с дефектами твердых тканей зубов возможна лишь при соблюдении всей схемы лечения.

Соглашаясь с важностью первого, основополагающего этапа – составления плана лечения на основе тщательного всестороннего обследования больного и установки диагноза, нельзя не отметить исключительную важность такой сложной манипуляции, как препарирование твердых тканей зуба. В комплексе с общепринятой схемой лечения в стоматологии этой технике принадлежит ведущая роль в обеспечении долговременного успеха реставрации зуба и полноценной реабилитации пациента.

В стоматологии применяют различные виды одонтопрепарирования, которые можно разделить на 2 большие группы: традиционное (применение ротационного инструмента); инновационное (лазерное, ультразвуковое препарирование, аэробразия).

При всем многообразии видов препарирования, его принципы остаются неизменными и вытекают из требований, предъявляемых к одонтопрепарированию: обеспечение такого распределения механической энергии по обрабатываемой поверхности, которое свело бы к минимуму травматическое воздействие на твердые и мягкие ткани зуба и максимально соответствовало плотности препарируемой ткани; минимальное нагревание зуба; создание максимальной поверхности для микроадгезии; отсутствие психологической травмы пациента.

Уже более 200 лет при традиционном препарировании используют различные типы боров. Вся информация о боре можно узнать из его обозначения, которое по системе ISO 6360 состоит из 4 групп цифр: ААА ББВ ГГГ ДДД ЕЕЕ. Первая группа цифр (А) – код, обозначающий материал рабочей части бора, вторая – код, обозначающий диаметр хвостовика (Б) и общую длину (В), третья – код формы (Г) и абразивность рабочей части (Д), четвертая – максимальный диаметр рабочей части.

Алмазные боры диаметром хвостовика 0,16 мм (турбинные), как правило, имеют цветовую кодировку. Черный маркер – размер частиц абразива 150–180 мкм (ISO № 544), грубое предварительное препарирование твердых тканей зуба, удаление старых реставраций. Зеленый маркер – размер частиц абразива 125–150 мкм (ISO № 534), предварительное

препарирование. Синий маркер – размер частиц абразива 95–120 мкм (ISO № 524), основное препарирование. Красный маркер – размер частиц абразива 20–90 мкм (ISO № 514), финирирование поверхностей полости. Желтый маркер – размер частиц абразива 12–20 мкм (ISO № 5054), финирирование реставрационных материалов. Белый маркер – размер частиц абразива 6–12 мкм (ISO № 4944), полирование реставрационных материалов.

Известно о применении некоторыми фирмами-производителями цветового кодирования для твердосплавных (по другим названиям карбид вольфрамовых) боров: зеленый маркер – предварительное препарирование кариозного дентина (6 лезвий); отсутствие маркера – основное препарирование кариозного дентина (8 лезвий); желтый маркер – 12–16 лезвий финирирование границ полости и реставрационного материала; белый маркер – 20–32 лезвия, полирование реставрационного материала.

Однако на подавляющем числе таких боров маркировки нет, особенно с диаметром хвостовика 2,35 мм («угловые»), и потребитель ориентируется по визуальному определению количества лезвий.

Не менее важная составляющая одонтопрепарирования, помимо правильного выбора абразивности, формы и типа бора, – соблюдение скоростных режимов препарирования, которые обеспечиваются стоматологическими наконечниками. Все наконечники можно разделить на турбинные и механические (микромоторы). Последние разделяют на микромоторы с передачей вращения с понижением, повышением или без изменения передачи скорости вращения.

Общепризнаны следующие скоростные режимы для различных этапов препарирования: 500–1500 об/мин – препарирование кариозного дентина в околопульпарной зоне (выполняется микромоторными наконечниками с понижающей функцией или обычными наконечниками с регулируемыми моторами); 2 000–10 000 об/мин – удаление размягченного кариозного дентина (те же наконечники, что и в околопульпарной области); 20 000–40 000 об/мин – препарирование дентина, удаленного от пульпы (выполняется микромоторными наконечниками 1:1); 100 000–120 000 об/мин – удаление амальгамовых и композитных пломб (выполняется турбинным или скоростным микромоторным наконечником 1:5); 120 000–180 000 об/мин – финирирование реставрационных поверхностей алмазным бором (турбинный наконечник); 200 000–250 000 об/мин – раскрытие кариозной полости, удаление нависающих краев эмали (турбинный наконечник или скоростной микромотор).

К сожалению, в отечественной клинической стоматологии качеству препарирования до последнего времени не уделяли должного внимания. Особенно это касается препарирования кариозных полостей. У нас существует культ турбины и алмазного бора, и большинство врачей все манипуляции выполняют именно этим набором.

Как правило, результат и качество такого «препарирования» не видны невооруженным глазом и все последствия проявляются через некоторое время. В своей работе мы постарались визуализировать микроструктуру эмали и дентина и наглядно показать практикующим врачам, как выглядят адгезионные поверхности при правильном и неправильном применении даже высококачественного и дорогостоящего ротационного инструмента. Если по использованию алмазных боров исследований достаточно много, то по влиянию твердосплавных боров их практически нет.

Материал и методы

Материалом исследования послужили 15 экстрагированных по различным показаниям витальных зубов с объемом сохранившихся тканей не менее 1/2 коронки. В лабораторных условиях на них моделировались приведенные ниже клинические ситуации.

Изучение морфологии полученных образцов эмали и дентина осуществлялось на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6380LV. Электронный пучок от источника электронов формируется специальной конденсорной системой в виде хорошо сфокусированного зонда и проходит через систему управляющих электродов или электромагнитов, которые перемещают пучок по поверхности образца по траектории, образующей растр. Вследствие взаимодействия первичного электронного пучка с поверхностью образца возникает вторичный пучок электронов, который улавливается детектором, после чего благодаря усилителю вторичного сигнала и с помощью компьютера формируется изображение поверхности материала. Также возможна регистрация других сигналов, например рентгеновского излучения, которое используется для элементного анализа образцов. Ускоряющее напряжение на аноде электронной пушки составляет 20 кВ. Максимальная разрешающая способность прибора равна 3 нм, вакуум в рабочей камере порядка 10^{-4} – 10^{-5} мм рт. ст. Максимально возможное увеличение изображения объекта составляет 200 000.

Получение микрофотографий образцов, исследуемых в данной работе, производилось с подготовкой, связанной с особенностями вещества: образцы напылялись золотом, так как исходные материалы имеют диэлектрические свойства и сильно заряжаются в камере микроскопа.

Определение элементного анализа изучаемых материалов производилось на приставке Inca-250. Поскольку состав синтезированных материалов сильно зависит от метода синтеза и включения легких элементов, разрешенных по структуре данного соединения, а из-за приборных особенностей невозможно их точное определение (из-за присутствия в камере прибора), соответствующие таблицы микроанализа приведены с наличием подобных элементов, без сопоставления их количественной оценки.

Результаты и их обсуждение

Итак, начнем по наиболее часто совершаемым ошибкам.

• **Неправильное, неадекватное или нецелесообразное применение боров при препарировании эмали.** Результат применения твердосплавных боров с 6–8 лезвиями для финирирования эмали представлен на рис. 1–2 на вклейке.

На рис. 1 изображена адгезионная поверхность эмали после воздействия на нее твердосплавным бором. Вся поверхность равномерно покрыта обломками эмалевых призм, «затертых» в межпризменные пространства. Конечно же, ни о какой микрошероховатости в данном случае не может быть и речи. При уменьшении площади сканирования, помимо обломков, отчетливо видны микротрещины (см. рис. 2 на вклейке).

Более того, даже применение предназначенных для этой цели финиров с 16–32 лезвиями оказывает травмирующее воздействие на эмаль при нарушении скоростного режима (рис. 3–4 на вклейке). На рисунках представлено состояние поверхности эмали при работе твердосплавного финира и турбинного наконечника. Отчетливо видны не только разрушенные вершины эмалевых призм (см. рис. 3), но и разрушенные призм на их протяжении (см. рис. 4).

В то же время применение этого же инструмента в сочетании с угловым наконечником 1:5 показывает совершенно иную картину (рис. 5–6 на вклейке).

Обращает на себя внимание практически полное отсутствие обломков и целостность эмалевых призм, «срезуемых» ротационным инструментом. Адекватное применение алмазных финиров также обеспечивает высокое качество адгезионной поверхности (рис. 7 на вклейке), подтверждаемое даже при увеличении до 12 000 раз (рис. 8 на вклейке).

Подобное качество адгезионных поверхностей в свою очередь обеспечивает качество эмалево-композитного соединения, наблюдаемое при сканировании как параллельно (рис.

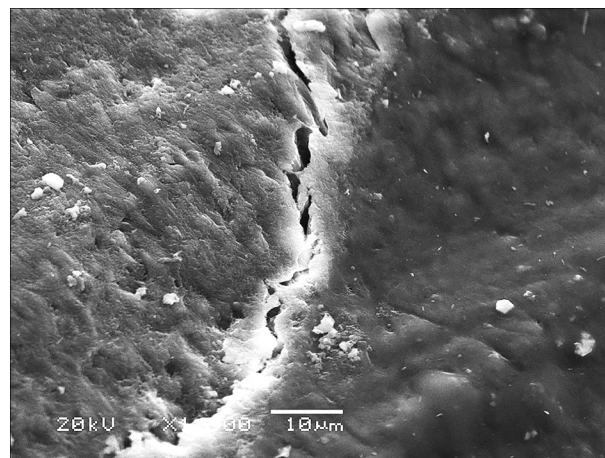


Рис. 20. РЭМ дентин-композитной границы при неадекватном препарировании.

9 на вклейке), так и перпендикулярно (рис. 10 на вклейке) ходу эмалевых призм.

Травмированная неправильным препарированием эмаль не в состоянии обеспечить качество адгезии с композитом (рис. 11 на вклейке), что особенно наглядно видно на планарной спектрограмме (рис. 12 на вклейке).

• **Неправильное, неадекватное или нецелесообразное применение боров при препарировании дентина.** Микроструктура дентина так же, как и эмали, весьма подвержена раздражающему влиянию ротационного инструмента, особенно при его неадекватном применении. На рис. 13 на вклейке представлена РЭМ адгезионной поверхности дентина при воздействии на него алмазного бора с турбинным приводом. Вся поверхность представляет собой сплошную массу смазанного слоя, впрессованного в толщу дентина, и запечатывающую дентинные каналы. Неудивительно, что на подобных поверхностях полноценная работа праймера невозможна. Запечатывание дентинных каналов смазанным слоем особенно наглядно видно на снимках, где сканируются участки со срезом параллельно ходу дентинных каналов (рис. 14 на вклейке).

Более приемлемая картина наблюдается при использовании для препарирования дентина твердосплавного карбидвольфрамового бора. Использовался тот же турбинный при-

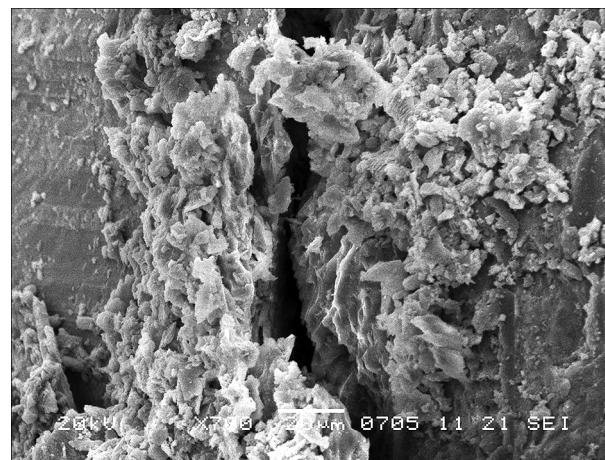


Рис. 21. Разрыв дентин-композитного соединения вследствие неадекватной подготовки адгезионной поверхности.

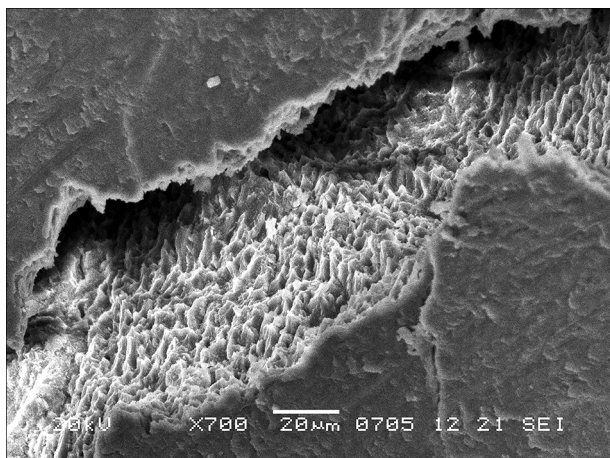


Рис. 22. Разрыв эмали-композитного соединения вследствие неадекватной подготовки адгезионной поверхности.

вод, что и предыдущем случае, с подачей водно-воздушной смеси со скоростью 70 мл/мин. На рис. 15 на вклейке отчетливо видны срезы дентинных каналов в окружении незначительно количества обломков дентина. При параллельном сканировании дентина (рис. 16 на вклейке) только подтверждается адекватность выбранного ротационного инструмента. Дентинные каналы практически чистые, готовые к кондиционированию и нанесению адгезивной системы.

Наименьшие нарушения морфологии дентина определяли при его препарировании карбид вольфрамовым бором с механическим приводом. На рис. 17 на вклейке видно практически полное отсутствие обломков, обнаженные дентинные каналы, что объективно подтверждается параллельным сканированием (рис. 18 на вклейке).

Очевидно, что высокое качество адгезионной поверхности в свою очередь обеспечивает и такое высокое качество адгезии композита (рис. 19 на вклейке) и, наоборот, некачественная подготовка адгезионной поверхности обуславливает появление разрывов дентин-композитного соединения (рис. 20), микроподтеканий, разгерметизации пломбы как в пределах дентина (рис. 21), так и в пределах эмали (рис. 22), а в конечном счете необходимость ее замены.

Заключение

Наши выводы могут на первый взгляд показаться не новыми, но мы анализировали наиболее частые ошибки в препарировании эмали и дентина, которые до сих пор допускаются в клинической практике в массовом порядке. Одонтопрепарирование – один из основополагающих этапов лечения кариеса. Этот этап имеет несколько составляющих. Помимо правильного выбора типа самого режущего ротационного инструмента, не менее важными компонентами являются тип привода (турбина, микромотор), скоростной режим, режим подачи водно-воздушного спрея, скорость подачи инструмента (механическое усилие и т. д.)

Алмазные боры целесообразно использовать только на поверхности эмали и/или реставрационного материала (композита). Если говорить просто, препарировать дентин турбинным наконечником, а тем более в сочетании с алмазным бором нельзя.

Твердосплавные (карбид вольфрамовые) боры целесообразно использовать в сочетании с механическим приводом, причем для некротомии использовать редукцию 1:1 с борами 6–12 граней, а для финишной обработки твердых тканей и реставрации – редукцию 1:5 с борами 16–32 граней.

Помимо основной, строго научной цели нашего исследования – изучения изменения микроструктуры твердых тка-

ней зуба под воздействием ротационного инструмента, мы преследовали и другую, более приземленную цель: визуализировать для врачей-стоматологов вышеупомянутые нарушения, следствия неадекватного препарирования и доказать, что все рекомендации по одонтопрепарированию, лекции на курсах повышения квалификации, профессиональной переподготовки и т. д. – не пустые слова. Эти правила работают. Результаты ошибок, как правило, проявляются в отдаленные сроки после лечения, и оценить качество препарирования непосредственно после процедуры невооруженным глазом невозможно. А такие наиболее вероятные осложнения, как замена реставрации, необходимость эндодонтического лечения и т. д., не только несут дополнительные финансовые затраты, но наносят ощутимый урон по профессиональной репутации лечащего врача и стоматологической клиники.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровский Е.В., Леонтьев В.К. *Биология полости рта*. М.: Медицина; 2003.
2. Николаев А.И., Гильмияров Э.М., Митронин А.В., Садовский В.В. *Критерии оценки композитных реставраций зубов*. М.: МЕДпресс-информ; 2015.
3. Максимовская Л.Н., Григорян А.С., Золотарева О.В., Топоркова А.К. Лабораторные исследования дентина после препарирования (часть 2). *Институт стоматологии*. 2007; 34 (1): 126–7.
4. Шумилов Б.Р., Санеев А.В., Малихина И.Е., Чертовских А.В. Морфологические особенности микроструктуры эмали и дентина при их препарировании ротационным инструментом (исследование *in vitro*). *Журнал анатомии и гистопатологии*. 2016; 5 (1): 69–75.
5. Максимовская Л.Н., Григорян А.С., Золотарева О.В., Топоркова А.К. Оценка эффективности препарирования полостей с помощью алмазных боров (часть 1). *Институт стоматологии*. 2006; 33 (4): 72–4.
6. Шумилов Б.Р., Сущенко А.В., Садовский В.В., Харитонов Д.Ю. Физиологические изменения морфологии основной структурной единицы эмали – кристалла гидроксиапатита в процессе его жизнедеятельности (исследование *in vitro*). *Стоматология*. 2015; 6: 11–8.
7. Шумилов Б.Р., Кунин А.А. *Морфологические аспекты одонтопрепарирования (исследование in vitro)*. Saarbrücken. Deutschland. OmniScriptum GmbH&Co.KG; 2015. ISBN: 978-3-659-60130-9.

REFERENCES

1. Borovsky E.V., Leont'ev V.K. *Biology of the Oral Cavity*. [Biologiya polosti rta]. Moscow: Meditsina; 2003.
2. Nikolaev A.I., Gilmiyarov E.M., Mitronin A.V., Sadovskiy V.V. *Criteria for the Evaluation of Composite Restorations*. [Kriterii otsenki kompozitnykh restavratsiy zubov]. Moscow: MEDpress-inform; 2015.
3. Maksimovskaya L.N., Grigoryan A.S., Zolotareva O.V., Toporkova A.K. Laboratory study of dentin after preparation (part 2). *Institut stomatologii*. 2007; 34 (1): 126–7.
4. Shumilovich B.R., Saneev A.V., Malykhina I.E., Chertovskikh A.V. Morphological features of the microstructure of enamel and dentin when preparing with a rotary instrument (in vitro investigation). *Zhurnal anatomii i gistopatologii*. 2016; 5 (1): 69–75.
5. Maksimovskaya L.N., Grigoryan A.S., Zolotareva O.V., Toporkova A.K. Evaluation of the effectiveness of cavity preparation with diamond burs (part 1). *Institut stomatologii*. 2006; 33 (4): 72–4.
6. Shumilovich B.R., Sushchenko A.V., Sadovskiy V.V., Kharitonov D.Yu. Physiological changes of the morphology of the basic structural units of enamel — of a crystal of hydroxyapatite in the process of its vital activity (in vitro study). *Stomatologiya*. 2015; 6: 11–8.
7. Shumilovich B.R., Kunin A.A. *Morphological Aspects of Odontopreparation (Study In Vitro)*. [Morfologicheskie aspekty odontopreparirovaniya (issledovanie in vitro)]. Saarbrücken. Deutschland. OmniScriptum GmbH&Co.KG; 2015. ISBN: 978-3-659-60130-9.

Поступила 02.02.17

Принята в печать 28.02.17