

Метод определения естественной влажности дентина в клинических условиях

Л. В. Ияшвили¹, аспирант

Ю. А. Винниченко^{1,3}, д.м.н., проф.

А. В. Винниченко², к.м.н., доцент

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства Здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

²ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства Здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

³ФГБОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Минздрава России, Москва, Россия

A method for determining the natural moisture content of dentin in a clinical setting

L. V. Iyashvili, Yu. A. Vinnichenko, A. V. Vinnichenko

FSBI National Medical Research Center for Dentistry and Oral and Maxillofacial Surgery, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia, FSBEI DPO «Russian Medical Academy of Continuing Professional Education» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia, FGFOU VO «The First Moscow State Medical University named after I. M. Sechenov» Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

Резюме

Цель исследования – количественная оценка выхода дентинной жидкости на поверхность обработанного дентина зуба при восстановлении его структуры композитным пломбировочным материалом. Для достижения поставленной цели были использованы цифровые изображения коронковых частей зубов, имеющие сформированные кариозные полости; виртуальные модели твердых тканей зубов, воссозданных с помощью специализированных компьютерных программ; компьютерная программа, обеспечивающая возможность точного определения площади обработанного дентина зуба. Полученные результаты позволили сделать следующие выводы: с увеличением глубины кариозной полости резко возрастает количество дентинной жидкости, способной выделиться на ее поверхности (1–2 мм от полости зуба); с увеличением площади сформированной кариозной полости (более 30 мм²) значительно возрастает риск выделения критической массы дентинной жидкости (более 0,4 мг), способной негативно повлиять на силу адгезионного взаимодействия между композитным материалом и твердыми тканями зуба; такая же динамика наблюдается при увеличении времени, при котором существует возможность свободного выхода дентинной жидкости на поверхность подготовленной для пломбирования полости (более 45 секунд).

Ключевые слова: влажность дентина, площадь дентина, глубина сформированной полости, время выхода дентинного ликвора, сила адгезии.

Abstract

The purpose of the study is a quantitative assessment of the yield of dentinal fluid on the surface of the treated dentin of the tooth when restoring its structure with a composite filling material. To achieve this goal, digital images of the coronal parts of the teeth having formed carious cavities were used; virtual models of hard tissues of teeth recreated using specialized computer programs; A computer program that provides the ability to accurately determine the area of the treated dentin tooth. The results made it possible to draw the following conclusions: with an increase in the depth of the carious cavity, the amount of dentin fluid that can stand out on its surface (1–2 mm from the tooth cavity) sharply increases; with an increase in the area of the formed carious cavity (more than 30 mm²), the risk of release of a critical mass of dentinal fluid (more than 0.4 mg), which can adversely affect the strength of the adhesive interaction between the composite material and the hard tissues of the tooth, increases significantly; the same dynamics is observed with increasing time, at which there is the possibility of free exit of dentinal fluid to the surface of the cavity prepared for filling (more than 45 seconds).

Key words: dentin moisture, dentin area, depth of the formed cavity, time of dentin cerebrospinal fluid exit, adhesion force.

Широкое использование композитных материалов для восстановления твердых тканей зубов, утраченных в результате различных патологических процессов, является предпосылкой для их постоянного совершенствования. Одной из составляющих этого процесса является создание новых адгезивных систем, обеспечивающих надежное и долгосрочное взаимодействие между зубом и искусственными материалами.

В настоящее время, наиболее широкое применение в стоматологии получили однокомпонентные и самопротравливающие адгезивные системы, высокая эффективность которых подтверждается результатами многолетних клинических наблюдений. Однако, существует ряд факторов, объективного характера, влияние которых, может заметно уменьшить силу адгезии между композитным материалом и твердыми тканями зуба, что

приводит с течением времени к негативным последствиям в виде рецидивного кариеса или нарушения целостности композитной пломбы [1, 2, 4].

Одним из них, является влага на поверхности дентина, которая представляет собой смесь остатков воды, используемой для смыва кислоты с поверхности зуба и пульпарной жидкости, выделяющейся через открытые дентинные каналы. Влага, проникающая в структуру адгезивной системы, вызывает гидролиз ее компонентов и негативно влияет на процесс взаимодействия мономеров между собой [3, 5, 6]. Современные самопротравливающие адгезивные системы не требуют дополнительного увлажнения дентина водой, но глубоко проникая в структуру зуба, длительно взаимодействуют с дентинным ликвором.

К сожалению, в настоящее время не существует объективных методов клинического контроля за сте-

пенью влажности подготовленного для восстановления композитом дентина зуба. Таким образом, проблема попадания дентинной жидкости, в структуру используемого адгезива, в связи с невозможностью его полной изоляции от этого физиологического процесса, остается по-прежнему актуальной и требует дополнительного изучения.

Материал и методы

Для получения цифрового изображения обработанной кариозной полости зубов, с целью дальнейшего проведения расчета ее площади, была использована внутриоральная сканирующая камера. Подавляющее большинство современных стоматологических сканирующих устройств обладают характеристиками, позволяющими с минимальным количеством погрешностей легко воспроизводить самые сложные рельефные поверхности зубов и десен. Процесс непрерывного сканирования обеспечивает большую глубину резкости и может быть прерван и возобновлен в любой удобный для оператора момент. Вне зависимости от их природы все сканируемые поверхности отображаются в своих естественных цветах, что упрощает ориентацию в зубной полости.

Для точного определения площади сформированной кариозной полости было проведено трехмерное моделирование отсутствующего объема твердых тканей зуба в системе STL. Моделирование проводилось с помощью программы CEREC 4.2. Используя анатомические параметры зубочелюстной системы пациента, программа в автоматическом режиме моделирует естественные окклюзионные поверхности зубов. Именно на этом этапе возникает возможность получения точного зеркального изображения, обработанной поверхности зуба. Измерение его площади (за исключением жевательной поверхности) позволяет определить площадь открытого дентина в коронковой части зуба (рис. 1 и 2).

Для решения задачи по вычислению площади поверхности дентина зуба в условиях цифрового сканирования была разработана специализированная компьютерная программа, позволяющая легко получать искомую информацию. Исходное трехмерное изображение вводили с помощью широко распространенного формата stl (stereolithographi), представляющего виртуальный объект в виде массива треугольников, заданных своими вершинами в пространстве.

Поэтому вычисление площади поверхности было сведено к суммированию площадей треугольников, аппроксимирующих искомую область.

Для реализации этого подхода в разработанное нами программное обеспечение был встроен визуализатор трехмерных изображений, который позволял правильно сориентировать исследуемую трехмерную модель. При выборе функции определения площади, были последовательно выделены нужные области, состоящие из треугольников. По окончании выделения, автоматически происходил запуск алгоритма Герона для вычисления площади каждого выбранного треугольника в отдельности. Окончательный результат вычисляли как сумму всех вычисленных площадей (рис. 3 и 4).



Рисунок 1. Цифровая виртуальная модель коронковой части моляра, полученная путем поверхностного сканирования зуба (а). На жевательной поверхности моляра сформирована полость по 1 классу (б). На жевательной поверхности с помощью компьютерной программы CEREC 4.2. воссозданы утраченные в процессе препарирования твердые ткани зуба

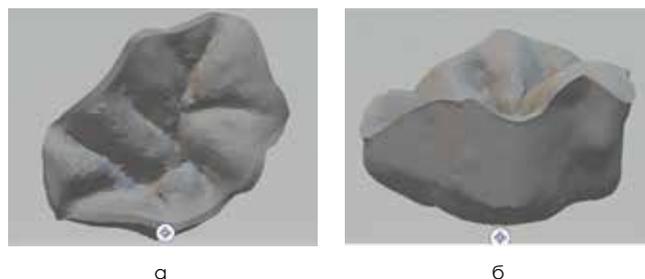


Рисунок 2. Цифровая виртуальная модель утраченных твердых тканей зуба, (зеркальное отображение поверхности обработанного дентина) полученная с помощью специализированной компьютерной программы CEREC 4.2. Точное воспроизведение всех морфологических особенностей рельефа полости. Вид окклюзионной (а) и боковой (б) поверхности смоделированной вкладки

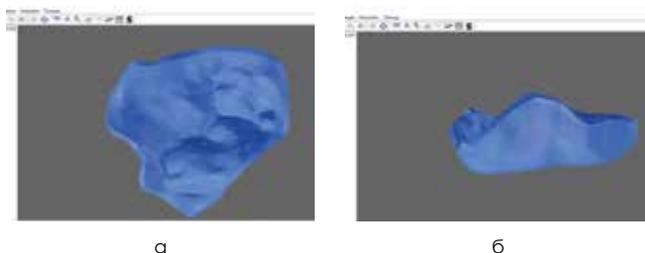


Рисунок 3. Интерфейс компьютерной программы для определения площади обработанного дентина зуба. Вид виртуальной модели утраченных твердых тканей зуба, смоделированных с помощью компьютерной программы CEREC 4.2 вид дна (а) и боковых стенок полости (б))

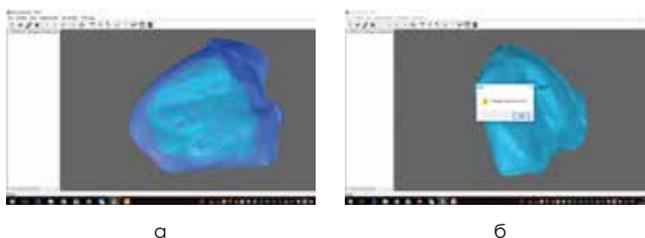


Рисунок 4. Интерфейс компьютерной программы для определения площади обработанного дентина зуба (а). Вид виртуальной модели утраченных твердых тканей зуба, смоделированных с помощью компьютерной программы CEREC 4.2 (вид дна полости). Процесс использования компьютерной программы для определения площади сформированной полости. Изменение цвета модели на участках треугольников, площадь которых уже была подсчитана в автоматическом режиме (б). Суммирование полученных результатов в виде цифрового значения в мм² (49,23 мм²), характеризующее площадь обработанного дентина зуба

Таблица 1

Количество дентинной жидкости, выделяющейся из дентинного канальца в течение 1 секунды в зависимости от его длины

Длина дентинного канальца, мм	1	2	3	4	5	6
Массовый расход дентинной жидкости, кг/с	-2,07E-15	-1,04E-15	-6,90E-16	-5,18E-16	-4,17E-16	-2,27E-16
Массовый расход, дентинной жидкости 10 ⁻¹⁵ кг/с	2,0707533	1,03538	0,690437	0,517691	0,417286	0,22728

Результаты и обсуждение

Задачей данного исследования явилась количественная оценка выхода дентинной жидкости на поверхность обработанного дентина зуба в зависимости от глубины сформированной полости, ее площади и времени, в течение которого дентинные канальцы оставались открытыми (от момента окончания просушивания сформированной полости до полимеризации адгезива на поверхности обработанного дентина).

В основу приведенных ниже результатов положены расчеты, основанные на ранее полученных нами и известных из литературы данных.

Так, с помощью компьютерного моделирования нами были получены результаты, позволяющие определить количество дентинной жидкости, выделяющейся из 1 дентинного канальца в единицу времени (1 с) в зависимости от его длины (1, 2, 3, 4, 5 и 6 мм) (таблица 1).

Количество дентинных канальцев, присутствующих на 1 мм² дентина коронковой части зуба, учитывали в расчетах в зависимости от глубины их расположения:

На уровне 6 мм от пульпарной полости зуба – 20 000

На уровне 5 мм от пульпарной полости зуба – 25 000

На уровне 4 мм от пульпарной полости зуба – 30 000

На уровне 3 мм от пульпарной полости зуба – 35 000

На уровне 2 мм от пульпарной полости зуба – 50 000

На уровне 1 мм от пульпарной полости зуба – 65 000

Глубину препарирования дентина в клинических условиях измеряли с помощью градуированного пародонтологического зонда. При этом измеряли расстояние от эмалево-дентинной границы до дна сформированной полости. В случае варьирования показателей по длине сформированной полости в расчет принимали значение наибольшей глубины. Длину дентинного канальца рассчитывали исходя из разницы между его максимальной длиной (6 мм) и глубиной сформированной полости.

Количество времени, в течение которого происходил выход дентинной жидкости на поверхность дентина сформированной полости, определяли от момента окончания просушивания ее поверхности после кислотного травления до момента полимеризации адгезивной системы (блокирование выхода дентинной жидкости). В процессе числового определения данного параметра, учитывали особенности работы с тем или иным адгезивом, изложенные в рекомендациях фирм-производителей (аннотация к использованию). В связи с чем, средний временной диапазон этого этапа составил 30–45 с.

Таким образом, результаты количественной оценки выхода дентинной жидкости на поверхность сформированной полости в зависимости от ее топографического расположения, площади и времени, в течение которого

происходил свободный выход пульпарного ликвора, могут быть получены с помощью следующей формулы:

количество дентинной жидкости =
 площадь обработанного дентина ×
 количество дентинных канальцев на 1 мм²
 (в зависимости от глубины полости) ×
 количество дентинной жидкости, выделяющейся из 1 дентинного канальца в зависимости от его реальной длины ×
 время, в течение которого происходило воздействие адгезивной системы на структуру дентина до ее полимеризации.

На основании вышеизложенного, были проведены расчеты, свидетельствующие о количестве выделяющейся через дентинные канальцы жидкости на поверхность сформированной кариозной полости, при ее расположении на глубине 6 мм от пульпарной полости (зона эмалево-дентинной границы). Количество дентинной жидкости, выделяющейся на уровне 6 мм от пульповой полости, колеблется от 0,0011 до 0,13 мг, в зависимости от времени действия адгезивной системы (5–60 секунд) и площади поверхности сформированной полости (5–50 мм²).

Полученные данные также свидетельствуют, что выделение дентинной жидкости массой от 0,2 мг и более, не происходит даже в случае, когда площадь сформированной полости достигает 50 мм², а длительность воздействия адгезивной системы, до ее полимеризации, составляет 60 секунд. Так, при действии адгезивной системы в течение 60 секунд на поверхности сформированной кариозной полости зуба площадью 50 мм² происходит скопление дентинной жидкости массой всего 0,13 мг.

Таким образом, если рассматривать клиническую ситуацию, при которой площадь обработанного дентина при лечении кариеса зуба будет способна продуцировать пульпарную жидкость массой 0,13 мг, то максимальная степень снижения силы адгезионного соединения композита с ним при использовании самопротравливающей адгезивной системы будет около 26% (по данным ранее проведенных нами исследований). Как показывают результаты исследования, при использовании однокомпонентной адгезивной системы для обработки дентина на глубине 6 мм от пульповой полости, на площади 50 мм², в течение 60 секунд, сила ее сцепления с ним в результате попадания дентинной жидкости уменьшится, но крайне незначительно (менее чем на 4,3%) (по данным ранее проведенных нами исследований).

Если рассматривать клиническую ситуацию, при которой расположение сформированной кариозной полости будет на уровне 1 мм от пульповой полости зуба, выход дентинной жидкости на ее поверхность, при определенных условиях, может колебаться от 0,03 до 3,9 мг.

Полученные данные показывают, что выделение дентинной жидкости массой от 0,2 до 0,4 мг, попадание которой в самопротравливающую адгезивную систему приводит к снижению силы адгезионного сцепления минимум на 26%, имеет место быть в случаях когда: площадь сформированной полости находится в диапазоне от 5 до 31 мм², а длительность воздействия адгезивной системы до ее полимеризации составляет от 10 до 60 секунд. При применении однокомпонентной адгезивной системы в этих же условиях снижение силы адгезии не превышает 9,2%. Выделение дентинной жидкости массой от 0,4 до 0,7 мг на этом уровне происходит на площади обработанного дентина от 31 до 36 мм² при длительности воздействия адгезивной системы от 10 до 60 секунд. Попадание такой массы дентинной жидкости в самопротравливающую адгезионную систему уменьшает силу ее адгезионного сцепления до 58%. Применение однокомпонентной системы снижает эту цифру до 19,1%. Выделение дентинной жидкости массой от 0,7 до 1,5 мг на этом уровне происходит на площади обработанного дентина от 36 до 47 мм² при длительности воздействия самопротравливающей адгезивной системы от 15 до 60 секунд. Попадание такой массы дентинной жидкости в самопротравливающую адгезионную систему уменьшает силу ее адгезионного сцепления до 70,0%, попадание в однокомпонентную систему такого же объема – до 29,6% (по данным ранее проведенных нами исследований).

Выделение дентинной жидкости массой от 1,5 до 2,0 мг на этом уровне происходит на площади обработанного дентина от 20 до 50 мм² при длительности воздействия самопротравливающей адгезивной системы от 25 до 60 секунд. Попадание такой массы дентинной жидкости в самопротравливающую адгезионную систему уменьшает силу ее адгезионного сцепления до 78,9 %, а при ее проникновении в однокомпонентную смолу – до 43% (по данным ранее проведенных нами исследований).

Таким образом, с увеличением глубины кариозной полости резко возрастает количество дентинной жидкости, способной выделиться на ее поверхности. Так, например, скопление дентинной жидкости на площади 30 мм² на уровне 6 мм от полости зуба (уровень эмалево-дентинной границы) в течение 30 секунд составляет 0,039 мг, то масса дентинной жидкости, выделившейся на площади 30 мм² в течение 30 секунд, но уже на глубине 1 мм от пульповой полости (зона параппульпарного дентина) будет эквивалентна 1,17 мг.

С увеличением площади сформированной кариозной полости также значительно возрастает риск выделения критической массы дентинной жидкости, способной негативно повлиять на силу адгезионного взаимодействия между композитным материалом и твердыми тканями зуба.

Так, например, если при ситуации, когда в течение 45 секунд дентинные каналы остаются открытыми для выхода жидкости (время кислотного травления, смыва кислоты, просушивание дентина, действие адгезивной системы), то масса этого вещества, способная проникнуть

в адгезив на площади 20 мм² (небольшая кариозная полость) на уровне 3 мм от полости зуба, равна 0,21 мг, а на площади 50 мм² (большая кариозная полость) – 0,54 мг.

Такая же динамика наблюдается при увеличении времени, при котором существует возможность свободного выхода дентинной жидкости на поверхность подготовленной для пломбирования полости. Так, например, в случае если, на площади 35 мм² на уровне 2 мм от полости зуба выделение дентинного ликвора в течение 20 секунд составляет 0,35 мг, то на той же площади в течение 60 секунд этот показатель увеличивается до 1,07 мг.

Заключение

Количество дентинной жидкости, выделяющейся на поверхности кариозной полости, подготовленной к пломбированию, зависит не только от ее площади и времени, в течение которого дентинные каналы остаются свободными для выделения ликвора, но и от глубины ее расположения по отношению к пульпарной полости.

Даже небольшое количество дентинной жидкости, выделяющейся на поверхности сформированной кариозной полости, в большинстве случаев, способно негативно влиять на силу адгезии между дентином зуба и композитным материалом.

Для прогностической оценки отдаленных результатов восстановления твердых тканей зубов композитными материалами необходимо использовать предложенный метод определения естественной влажности дентина.

Строгий контроль со стороны врача-стоматолога за соблюдением количества времени необходимого для подготовки сформированной кариозной полости к нанесению адгезивной системы (этапы кислотного травления, смыва кислоты, просушивание дентина) и времени непосредственного ее действия на дентин, может в значительной степени влиять на долговечность композитной пломбы в ближайшие и отдаленные сроки.

Дизайн сформированной кариозной полости в значительной степени определяет площадь коронкового дентина открытого для просачивания пульпарной жидкости. Дополнительные ниши, ретенционные пункты, сложная конфигурация полости и необоснованное ее расширение могут послужить причиной выделения такой массы дентинной жидкости, которая будет способна снизить силу адгезионного прикрепления композита к зубу до критического уровня.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Борисенко А.В., Неспрядько В.П. Композиционные пломбировочные материалы в стоматологии – М.: Книга плюс, 2002. – 223 с.
2. Боровский Е.В. Терапевтическая стоматология М.: МИА. – 2009. – 345 с.
3. Боровский Е.В., Леонтьев В.К. Биология полости рта – М.: Медицина, 1991. – 304 с.
4. Николаев А.И. Практическая терапевтическая стоматология. / А.И. Николаев, Л.М. Цепов. – М.: МЕДпресс-информ. – 2007 – 112 с.
5. Терехова Т.Н. Современные данные о составе, структуре и свойствах твердых тканей зуба / Т.Н. Терехова // Современная стоматология. – 2002. – № 1. – С. 27–31.
6. Окушко В.Р. Основы физиологии зуба / В.Р. Окушко. – М.: Newdent, 2008. – 344 с.