

С. А. Гранько¹, Ю. О. Лисовская², С. В. Шелудько³, И. В. Кравчук¹

¹Институт повышения квалификации
и переподготовки кадров здравоохранения учреждения образования
«Белорусский государственный медицинский университет»,

²Институт порошковой металлургии
имени академика О. В. Романа НАН Беларуси,

³Индивидуальный предприниматель
г. Минск, Республика Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ САМОПРОТРАВЛИВАЮЩИХСЯ АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ

Введение

Научные исследования стоматологического материаловедения позволили выделить адгезионные системы как отдельный класс материалов [1–3]. Композитные реставрации не могут обеспечить надежное сцепление и краевое прилегание к эмали

идентину без использования адгезионных систем. Нарушение интерактивной зоны «зуб–пломба» приводит к нарушению краевой адаптации и микроутечке реставрации, что приводит к ее разгерметизации и возможным возникновением вторичного кариеса.

Адгезионная прочность является одной из важнейших характеристик любых обрабатываемых материалов. Без обеспечения ее достаточного уровня высокие функциональные свойства материалов не реализуются.

Актуальными остаются изучения адгезионной прочности современных адгезивных систем и их влияние на минеральную составляющую твердых тканей зубов.

Цель

Оценить сравнительную характеристику адгезионной прочности самопротравливающих адгезивов и фотокомпозитов с твердыми тканями зуба на основании микроструктурного анализа и определения микротвердости.

Материал и методика исследования

Для проведения экспериментальных исследований использовали удаленные по ортодонтическим показаниям премоляры человека. Зубы находились в физиологическом растворе. Для испытания применяют зубы, срок хранения которых не более 6 месяцев с момента удаления [1].

Препарирование полостей для пломбирования осуществляли алмазными борами с красным, желтым и белым маркировочными кольцами. Перед нанесением адгезива селективно протравливали эмаль 37% ортофосфорной кислотой в течение 15 секунд. Далее на зуб номер 1, согласно инструкции производителя, наносили самопротравливающийся адгезив BeautiBond Universal Adhesive (Shofu). Однокомпонентный адгезив BeautiBond Universal Adhesive обеспечивает протравливание, создание первого слоя и соединение за один рабочий этап. Рецептура без наполнителя и НЕМА облегчает отделение воды, при этом образуется адгезивный слой толщиной всего 5 мкм.

На зуб номер 2, согласно инструкции производителя, наносили самопротравливающийся адгезив Prime & Bond Universal (Dentsply). Формула адгезива уравнивает гидрофобные и гидрофильные свойства, чтобы обеспечить полное покрытие и проникновение в дентин. В состав входят ацетон, метакрилаты (смолы – ди- и триметилакрилатные, а также дипентаэритрита пентакрилата монофосфат), гидрофторид цетиламина (cetylamine hydrofluoride).

Далее проводили пломбирование подготовленных полостей обоих зубов текучим композиционным материалом Beautifil Flow 02 (Shofu), толщина слоя составляла 2 мм. Затем послойно наносили композиционный материал Beautifil II (Shofu), толщина каждого слоя не превышала 2 мм.

Методика препарирования шлифов запломбированных зубов состоит из следующих этапов:

1 – зуб помещают в оправку, заливают раствором эпоксидной смолы и дают затвердеть;

2 – шлифование и полирование шлифов производят на станках Forcimat и Forcipol фирмы Metcon (Турция).

Определение адгезионной прочности границ пломба-зуб проводилось на поперечных шлифах путем измерения микротвердости на микротвердомере Micromet-II фирмы Buehler (Швейцария). Методика заключается во вкалывании индентора (алмазной пирамидки с углом заточки 136°) в границу соединения пломба-зуб с нагрузкой 200 г. В основу данной методики заложен метод определения адгезионной прочности тонких слоев покрытий, рекомендованный в источниках [2, 3].

Адгезионная прочность определяется по формуле (1):

$$\sigma = 0,2 \frac{P}{D^2}, \quad (1)$$

где P – нагрузка, Н;

D – сумма диагонали отпечатка и проекции на прямую диагональной микротрещины, мм.

Исследование границы «пломба – зуб» проводилось на световом микроскопе MeF-3 фирмы Reichert (Австрия) при увеличении $\times 200$.

Дополнительно исследование морфологии шлифов зубов с отпечатками микротвердости проводили на аттестованном сканирующем электронном микроскопе Mira фирмы Tescan (Чехия).

На шлифы нанесли токопроводящее покрытие из хрома толщиной 7 нм. В установке Quorum токопроводящий слой создается катодным распылением хрома.

Препарированные образцы помещают в камеру сканирующего электронного микроскопа и проводят съемку при различных увеличениях.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ микрофотографий позволяет сделать вывод о качестве герметичности пломбирования полости. Выявлены как закрытые, так и открытые поры. На некоторых участках нарушено краевое прилегание с образованием микрополостей, которые на границе «зуб – пломба» имеют вид неравномерной полосы. Ширина микрополостей в интерактивной зоне не повлияла на адгезионные свойства. Результаты СЭМ демонстрируют, что несмотря на сложный рельеф адгезионных поверхностей твердых тканей изучаемых зубов, компоненты исследуемых адгезионных систем достигли всех труднодоступных участков (зон).

Качественная адгезия материала, используемого для реставрации, с тканями зуба важна для того, чтобы исключить риск деструкции в интерактивной зоне («зуб – пломба»), которая приведет к нарушению краевого прилегания и вызовет постоперационную чувствительность.

Результаты определения адгезионной прочности представлены в таблице 1. Разрушающая нагрузка 200 г.

Таблица 1 – Адгезионная прочность на границах «пломба – эмаль» и «пломба – дентин»

Номер образца	Граница «пломба – эмаль»		Граница «пломба – дентин»	
	Длина диагонали с трещиной, мкм	Адгезия, МПа	Длина диагонали с трещиной, мкм	Адгезия, МПа
1	116,4	29,5	96,9	42,6
	117,6	28,9	123,8	26,1
	115,8	29,8	123	26,4
	119,2	28,2	117,8	28,8
	125,1	25,6	117,8	28,8
	130,2	23,6	106,2	35,5
	106,9	35,0	113	31,3
	100,2	39,8	113,9	30,8
	среднее	30,1	–	31,3

Окончание таблицы 1

Номер образца	Граница «пломба – эмаль»		Граница «пломба – дентин»	
	Длина диагонали с трещиной, мкм	Адгезия, МПа	Длина диагонали с трещиной, мкм	Адгезия, МПа
2	118,7	28,4	139,2	20,6
	114,0	30,8	136,5	21,5
	118,7	28,4	135,5	21,8
	116,5	29,5	130	23,7
	114	30,8	125,5	25,4
	118,3	28,6	125,9	25,2
	116	29,7	118,2	28,6
	116,4	29,5	113,7	30,9
	среднее	29,5	–	24,7

Более высокая адгезионная прочность к твердым тканям зуба зафиксирована для образца номер 1 и составляет 30–31 МПа. Сила адгезии композита к твердым тканям зуба для образца номер 2 составила 25–30 МПа.

При изучении морфологии поверхности образцов, после испытаний на адгезионную прочность, на отдельных участках выявлены зоны нарушения эмалево-композитной целостности, которых характеризовались наличием микрощелей в толще адгезионного слоя при сохранении двухстороннего контакта с композиционным материалом и подлежащей гибридной зоной.

Заключение

1. При проведении микроструктурного анализа и определения микротвердости для установления адгезионной прочности на удаленных по ортодонтическим показаниям зубах человека установлено, что более высокая адгезионная прочность к твердым тканям зуба зафиксирована для образца номер 1 и составляет 30–31 МПа. Сила адгезии композита к твердым тканям зуба для образца номер 2 составила 25–30 МПа.

2. Несмотря на сложный рельеф адгезионных поверхностей твердых тканей изучаемых зубов, компоненты исследуемых адгезионных систем достигли всех труднодоступных участков (зон).

3. Ширина микрополостей в интерактивной зоне не повлияла на адгезионные свойства.

4. Отрыва пломбировочного материала от тканей зуба не произошло, что свидетельствует о хорошей адгезии пломбировочного материала с твердыми тканями зубов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 59423-2021 (ИСО 29022:2013). НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. Стоматология. МАТЕРИАЛЫ РЕСТАВРАЦИОННЫЕ. Методы испытаний на сдвиг для определения прочности адгезионных соединений / Dentistry. Restorative materials. Shear test methods for determining the strength of adhesive joints.

2. Spies, H. J. Beurteilung des Bruchverhaltes nitrierter Bauteile mit Hilfe der Eindruck-Bruchmechanik [Text] / H. J. Spies, K. Brock // Neue Hütte. – 1982. – № 11. – P. 430–432.

3. Tutzchky, G. Informationstheoretische Charakterisierung des Leistungsvermögens zerstörungsfreier Prüfverfahren [Text] / G. Tutzchky, K. Danzer // Neue Hütte. – 1980. – № 8. – P. 308–312.

ISSN 2224-6959

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕДИЦИНЫ

Сборник научных статей
Республиканской научно-практической конференции
с международным участием
(г. Гомель, 13 ноября 2024 года)

Основан в 2000 г.

Выпуск 25

В 3 томах

Том 2

Гомель
ГомГМУ
2024