

## ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ ДЕНТИНА И КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА FILTEK ULTIMATE (3M ESPE) В АДГЕЗИВНОМ СОЕДИНЕНИИ

Восстановление утраченных твердых тканей зубов возможно различными методами. Но наиболее часто применяется в клинической практике прямое восстановление твердых тканей зубов реставрационными композиционными материалами. Ранее в работе [3] сравнивалось поведение Filtek Ultimate с дентином. Вызывает научный интерес влияние адгезивного соединения на деформационное поведение системы «пломбировочный материал – дентин».

### Цель исследования

Изучение влияния адгезивного соединения на деформационное поведение системы «пломбировочный материал – дентин».

### Задачи исследования:

1. Провести испытания на одноосное сжатие адгезивно фиксированного композиционного материала Filtek Ultimate на дентин.
2. Провести испытания на одноосное сжатие композиционного материала Filtek Ultimate, положенного на дентин без создания адгезивного соединения.
3. Провести анализ деформационных кривых механического поведения системы «пломбировочный материал – дентин» с использованием нанокластерного композиционного реставрационного материала Filtek Ultimate.
4. Соотнести полученные результаты с клиническими рекомендациями.

### Материалы и методы исследования

Для проведения механических испытаний было подготовлено две группы образцов. Первая группа состояла из 10 образцов дентина и адгезивно фиксированного на него композитного материала



**Ивашов А.С.**

соискатель кафедры пропедевтики и физиотерапии стом. заболеваний ГБОУ ВПО УГМУ, врач-стоматолог, г. Екатеринбург, svet\_anel11@mail.ru



**Мандра Ю.В.**

д.м.н., доцент, заведующая кафедрой пропедевтики и физиотерапии стоматологических заболеваний ГБОУ ВПО УГМУ, г. Екатеринбург



**Зайцев Д.В.**

к.ф.-м.н., физический факультет, Уральский Федеральный Университет, ИЕН, г. Екатеринбург

### Резюме

Проведены испытания на одноосное сжатие адгезивно фиксированного композиционного материала на дентин и материала, положенного на дентин без адгезивного соединения. Описаны изменения в поведении каждой кривой деформации. Уменьшение прочности системы «пломбировочный материал – дентин» с созданием адгезивного соединения обусловлено разностью коэффициентов Пуассона дентина и Filtek Ultimate.

*Ключевые слова:* прочность, дентин, Filtek Ultimate, адгезив.

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF DENTIN AND SAMPLE COMPOSITE MATERIAL FILTEK ULTIMATE (3M ESPE) IN THE ADHESIVE COMPOUNDS

Ivashov A.S., Mandra J.V., Zaitsev D.V.

### The summary

In a comparison of the deformation behavior in uniaxial compression Filtek Ultimate adhesive connection with the creation and without adhesive compound. Describes the changes in the deformation behavior of each deformation curve. It is shown that the compound alters the adhesive strength characteristics of the sample due to the difference of Poisson's ratio of the materials.

*Keywords:* strength, dentin, Filtek Ultimate, adhesive.

с помощью адгезивной системы тотального травления AdperSingleBond 2 (3M ESPE). Образцы имели форму параллелепипеда с линейными размерами (2x2x1,3 мм<sup>3</sup>). Во второй группе было 10 образцов. Каждый образец представлял собой два параллелепипеда (дентина и Filtek Ultimate) с размерами 2x2x0,65 мм<sup>3</sup>, положенные друг на друга без адгезивного соединения.

Механические испытания на сжатие проводились на разрывной машине Shimadzu AG-X 50kN при комнатной температуре и скоростью перемещения траверсы 0,1 мм/мин.

### Результаты исследования и их обсуждение

Для проведения сравнения поведения Filtek Ultimate, установленного на блок дентина, были сжаты группы образцов, имеющие аналогичные размеры и состоящие из дентина, Filtek Ultimate и Filtek Ultimate, положенного на блок дентина. Характерные деформационные кривые для этих групп образцов приведены на графике (рис. 1). Деформационное поведение Filtek Ultimate и дентина с данными размерами образцов описано в работе [1, 3]. Результаты механических испытаний приведены в таблице 1. Механические испытания останавливали, когда на деформационной кривой возникал перегиб, свидетельствующий о разрушении образца. Первый участок нелинейный, он начинается из начала координат и заканчивается при 1,5% деформации и напряжении 30 МПа. Такое поведение связано с особенностями испытания малогабаритных образцов на сжатие, когда из-за неплоскопараллельности поверхностей сжатия образцов на начальном этапе испытания происходит их неполное касание пуансоном, что приводит к различию между условными и истинными напряжениями. Далее следует линейный участок до ~10% и ~350 МПа. На этом участке был рассчитан модуль Юнга (E), а максимальное напряжение при испытании или точка перегиба на кривых принималось как предел прочности ( $\sigma_b$ ).

Для проведения сравнения поведения Filtek Ultimate, установленного на блок дентина, были сжаты группы образцов, имеющие аналогичные размеры и состоящие из дентина, Filtek Ultimate и Filtek Ultimate, положенного на блок дентина. Характерные деформационные кривые для этих групп образцов приведены на графике (рис. 1). Деформационное поведение Filtek Ultimate и дентина с данными размерами образцов описано в работе [1, 3]. Форма кривой для групп образцов Filtek Ultimate, положенного на дентин, не отличается от группы образцов Filtek Ultimate, фиксированного на дентин. Однако первая имеет более

продолжительный третий участок, который заканчивается при напряжении и деформации ~400 МПа и ~14%, соответственно. Результаты механических испытаний представлены в таблице 1. Образцы Filtek Ultimate, положенные на блоки дентина, более прочные и деформируемые, на ~30 МПа и ~3%, соответственно, по сравнению с образцами Filtek Ultimate, смонтированных на блоки дентина, хотя ход кривой совпадает вплоть до момента начала разрушения последнего. Модуль Юнга этих двух групп совпадал друг с другом и соответствовал модулю образца, изготовленного из Filtek Ultimate, тогда как у образцов дентина он был выше на ~0,5 ГПа. Предел прочности был ниже, чем у образцов, изготовленных из Filtek Ultimate, на ~110 МПа и ~80 МПа, для группы образцов Filtek Ultimate, адгезивно фиксированного на блоки дентина, и Filtek Ultimate, положенного на блоки дентина, тогда как прочность образцов дентина была выше на ~40 МПа

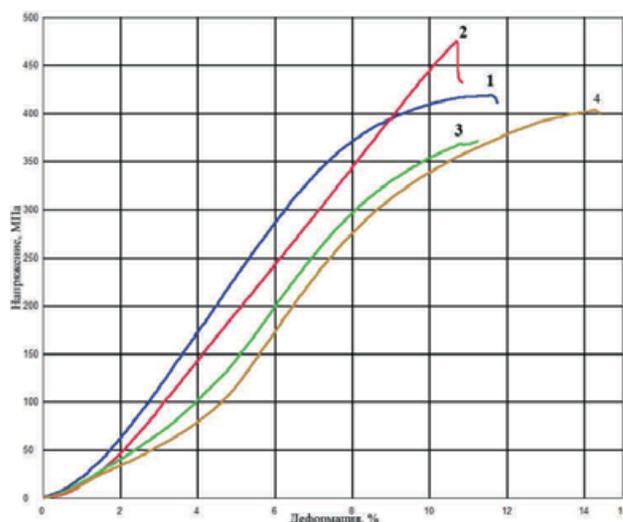


Рис. 1. Деформационные кривые при сжатии: кривая 1 – дентин [1]; кривая 2 – Filtek Ultimate [2]; кривая 3 – Filtek Ultimate A3E (t=24°C), установленная на дентине; кривая 4 – Filtek Ultimate, положенный на дентин

Таблица 1  
Результаты механических испытаний

	E, Гпа	$\sigma_b$ , МПа	$\epsilon$ , %
Дентин	5,46±0,35	406±25	11,7±2,0
Filtek Ultimate	5,07±0,19	477±16	10,9±0,4
Filtek Ultimate, адгезивно фиксированный на дентин	5,03±0,19	366±12	11,1±0,5
Filtek Ultimate, положенный на дентин	5,16±0,54	394±21	14,5±1,4

для первого случая, но равнялась во втором случае. Величина полной деформации не отличалась для групп образцов дентина Filtek Ultimate и Filtek Ultimate, смонтированных на блоки дентина, и была ~11%, тогда как для образцов Filtek Ultimate, положенных на дентин, она составляла ~14%. После испытания образцов Filtek Ultimate, положенных на дентин, видно, как на поверхностях блоков Filtek Ultimate, так и на поверхностях блоков дентина возникали трещины.

Снижение предела прочности Filtek Ultimate в образцах с соединением с дентином обусловлено жестким соединением между этими двумя материалами, разрушение которого не наблюдалось ни в одном случае. Поэтому деформации в направлении, перпендикулярном направлению сжатия (растягивающие), должны быть одинаковыми, тогда как деформации вдоль оси сжатия могут отличаться (сжимающие). Величина деформации, при которой происходит разрушение Filtek Ultimate в дентине, достигается при меньших напряжениях ~ 405 МПа, что соответствует пределу прочности дентина, но, в отличие от Filtek Ultimate, дентин способен также и к пластической деформации [1, 2]. Однако разрушение Filtek Ultimate в соединении с дентином происходит при меньших напряжениях ~370 МПа, это может быть связано с тем, что предел прочности на сжатие и растяжение данного материала отличается, что является естественным для многих материалов [4].

Действительно испытания, когда Filtek Ultimate положен на блок дентина безо всякого соединения, показали, что предел прочности данной конструкции повышается до ~400 МПа, что соответствует пределу прочности дентина, а величина полной деформации возрастает до 14%. Однако аттестация плоскостей сжатия показало, что трещины возникают как в дентине, так и в Filtek Ultimate. В этом случае материалы могут деформироваться независимо друг от друга во всех направлениях. Однако Filtek Ultimate все равно разрушается при напряжениях меньших, чем величина его предела прочности. Такое поведение связано с тем, что при уменьшении толщины образца уменьшается и его прочность. Такое поведение характерно для некоторых керамических материалов, когда при достижении определенной толщины они начинают разрушаться при напряжениях меньших, чем их предел прочности [6].

## Выводы

1. Испытания на одноосное сжатие системы «пломбировочный материал-дентин» с созданием адгезивного соединения показали снижение предела прочности на 23% (366 МПа) по сравнению с монолитным Filtek Ultimate (477 МПа) и на 10% по сравнению с дентином (406 МПа).

2. Испытания на одноосное сжатие системы «пломбировочный материал-дентин» без создания адгезивного соединения показало увеличение прочности на 8% по сравнению с системой «пломбировочный материал – дентин» с созданием адгезивного соединения.

3. Уменьшение прочности системы «пломбировочный материал – дентин» с созданием адгезивного соединения обусловлено разностью коэффициентов Пуассона дентина и Filtek Ultimate. При отсутствии адгезивного соединения устраняются поперечные напряжения на границе материалов, но предел прочности все равно ниже среднего арифметического предела прочности этих материалов – это объясняется недостаточной толщиной композиционного материала.

4. Полученные результаты соотносятся с клиническими рекомендациями при восстановлении твердых тканей зубов композиционными материалами и подтверждают необходимость создания достаточной толщины реставрации (не менее 1,5 мм).

*Работа выполнена при поддержке программы ориентированных фундаментальных исследований УрОРАН, проект №12-5-022-УМА.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Деформация и разрушение человеческого дентина // Д.В.Зайцев, С.С.Григорьев, О.В.Антонова, П.Е.Панфилов // Деформация и разрушение материалов. – 2011, том 6. – С. 37-43.
2. Прочностные свойства дентина и эмали//Д.В.Зайцев, Е.В.Бузова, П.Е.Панфилов// Вестник ТГУ. – 2010, том. 15, вып. 3. – С. 1198-1202.
3. Зависимость прочностных свойств современных композиционных материалов при сжатии от температуры полимеризации // А.С.Ивашов, Д.В.Зайцев, Ю.В.Мандра // Проблемы стоматологии. – 2011, т. 5. – С. 30-34.
4. Кикоин И.К. Таблицы физических величин / И.К.Кикоин. – М.: Атомиздат, 1976. – 1008 с.
5. Салова А.В., Рехачев В.М. Особенности эстетической реставрации в стоматологии. Практическое руководство // А.В.Салова, В.М.Рехачев. – СПб.: издательство «Человек», 2008.
6. Hertzberg Richard W. Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials 4th Edition Book Description // John Wiley & Sons Inc, 1995. – P. 786.

## Адгезивные системы



### OptiBond™ FL

Адгезивная система IV поколения (техника тотального протравливания), включающая в себя 2 компонента. С 1995 года является признанным «золотым стандартом» среди адгезивов.

#### Преимущества

- Надежность и долговечность, проверенные временем.
- Высокие показатели адгезии.
- Высокая наполненность (48%) и более прочный адгезивный слой, который выполняет еще и функцию суперадаптивного слоя.

#### Показания к применению

Прямые реставрации:

- к эмали/дентину;
- починка реставраций;
- починка керамики;
- прокладка под амальгаму;

Непрямые реставрации:

- материалы для восстановления культи коронки зуба.

#### Информация для заказа

Набор OptiBond FL: 1 бутылочка (8 мл) праймера, 1 бутылочка (8 мл) адгезива, 1 шприц (3 г) протравливающего геля, аксессуары.



### OptiBond™ Solo Plus

Адгезивная система V поколения (техника тотального протравливания), включающая в себя 1 компонент.

#### Преимущества

- Наиболее доступный по цене адгезив V поколения.
- Универсальность и возможность применения в ортопедии.
- Высокие показатели адгезии (в том числе при не прямых реставрациях).
- Экономичность использования благодаря нанесению в 1 слой (другие адгезивы V поколения в 2 слоя).
- Более прочная адгезивная пленка благодаря наполнителю (15%).
- Профилактика вторичного кариеса и постпломбировочной чувствительности благодаря выделению фтора.
- Бутылочки 3 мл, всегда свежий адгезив.

#### Показания к применению

Прямые реставрации:

- к эмали/дентину;
- починка реставраций;
- починка керамики;
- прокладка под амальгаму.

Непрямые реставрации:

- виниры;
- коронки и мосты;
- вкладки и накладки;
- материалы для восстановления культи коронки зуба;
- цементирование штифтов.

#### Информация для заказа:

Бутылочка OptiBond Solo Plus 5 мл  
Бутылочка OptiBond Solo Plus 3 мл



### OptiBond™ XTR

Адгезивная система VI поколения (самопротравливающая), включающая в себя 2 компонента.

#### Преимущества

- Совместимость с композитными

цементами двойного и химического отверждения (оптимален для не прямых керамических реставраций).

- Минимальная толщина адгезивной пленки 5 микрон идеальна для точной фиксации не прямых реставраций (микропротезирование, виниры и др).
- Высокая сила адгезии, как у адгезивов тотального протравливания.
- Простота применения, как у самопротравливающих адгезивов.
- Отсутствие постоперационной чувствительности.

#### Показания к применению

Прямые реставрации:

- к эмали/дентину;
- починка реставраций;
- починка керамики;
- прокладка под амальгаму.

Непрямые реставрации:

- виниры;
- коронки и мосты;
- вкладки и накладки;
- материалы для восстановления культи коронки зуба;
- цементирование штифтов.

#### Информация для заказа:

Набор OptiBond XTR:  
1 бутылочка (5 мл) праймера,  
1 бутылочка (5 мл) адгезива,  
аксессуары.



### OptiBond™ All-in-One

Адгезивная система VII поколения (самопротравливающая), включающая в себя 1 компонент.

#### Преимущества

- Элементарность применения.
- Отсутствие постоперационной чувствительности.
- Самый доступный адгезив VII поколения (экономия около 1000 руб.).

#### Показания к применению

Прямые реставрации:

- к эмали/дентину;
- починка реставраций;
- починка керамики;
- прокладка под амальгаму.

Непрямые реставрации:

- виниры;
- коронки и мосты;
- вкладки и накладки;
- материалы для восстановления культи коронки зуба;
- цементирование штифтов.

#### Информация для заказа:

Набор OptiBond All-in-One:  
1 бутылочка (5 мл) адгезива, 3 унисдозы по 0,18 мл, аксессуары.