

ПРОЧНОСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АДГЕЗИВНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ *

Восстановительная стоматология на сегодняшний день обладает большим арсеналом восстановительных методик. Но наиболее часто применяется в клинической практике прямое восстановление твердых тканей зубов реставрационными композиционными материалами. Ранее в работе [3] сравнивалось поведение композиционного материала с дентином. Вызывает научный интерес влияние адгезивного соединения на деформационное поведение системы «пломбировочный материал-дентин».

Цель исследования

Изучить влияние адгезивного соединения на деформационное поведение системы «пломбировочный материал-дентин».

Задачи исследования

1. Провести испытания на одноосное сжатие адгезивно фиксированного композиционного материала на дентин.
2. Провести испытания на одноосное сжатие композиционного материала, положенного на дентин, без создания адгезивного соединения.
3. Провести анализ деформационных кривых механического поведения системы «пломбировочный материал-дентин» с использованием нано-кластерного композиционного реставрационного материала на основе bis-GMA, UDMA, TEGDMA, PEGDMA и bis-EMA с кремниевым и циркониевым наполнителем.
4. Соотнести полученные результаты с клиническими рекомендациями.



Ивашов А.С.

соискатель кафедры пропедевтики и физиотерапии стоматологических заболеваний ГБОУ ВПО УГМА, г. Екатеринбург



Мандра Ю.В.

д.м.н., доцент, заведующая кафедрой пропедевтики и физиотерапии стоматологических заболеваний ГБОУ ВПО УГМА, г. Екатеринбург, jmandra@mail.ru

Резюме

В работе представлено сравнение деформационного поведения при одноосном сжатии композиционного материала на основе bis-GMA, UDMA, TEGDMA, PEGDMA и bis-EMA с кремниевым и циркониевым наполнителем при создании адгезивного соединения и без адгезивного соединения. Описаны изменения в деформационном поведении каждой деформационной кривой. Показано, что адгезивное соединение изменяет прочностные характеристики образца из-за разности коэффициентов Пуассона материалов системы.

Ключевые слова: прочность, дентин, композиционный материал, адгезив.

STRENGTH FEATURES OF ADHESIVE BOND ON AXIAL COMPRESSION

Ivashov A.S., Mandra J.V., Zaitsev D.V., Panfilov P.E.

The summary

In a comparison of the deformation behavior under uniaxial compression of the composite material based on bis-GMA, UDMA, TEGDMA, PEGDMA and bis-EMA with the silicon and zirconium filler to create an adhesive connection 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, composite material, adhesive.

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



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



Панфилов П.Е.
д.ф.-м.н., профессор, физический факультет, Уральский Федеральный Университет, ИЕН, г. Екатеринбург

Материалы и методы

Для проведения механических испытаний было подготовлено две группы образцов. Первая группа состояла из 10 образцов дентина и адгезивно фиксированного на него композиционного материала с помощью адгезивной системы тотального травления. Образцы имели форму параллелепипеда с линейными размерами (2 x 2 x 1,3 мм³). Во второй группе было 10 образцов. Каждый образец представлял собой два параллелепипеда (дентин и композиционный материал) с размерами 2 x 2 x 0,65 мм³, 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

Для проведения сравнения поведения материала, установленного на блок дентина, были сжаты группы образцов, имеющие аналогичные размеры и состоящие из дентина, композиционного материала и материала, положенного на блок дентина. Характерные деформационные кривые для этих групп образцов приведены на графике (рис. 2). Деформационное поведение пломбировочного материала 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, сви-

детельствующий о разрушении образца. Первый участок нелинейный, он начинается от начала координат и заканчивается при 1,5% деформации и напряжении 30МПа. 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 принимались как предел прочности (σ_B).

Для проведения сравнения поведения композиционного материала, установленного на блок дентина, были сжаты группы образцов, имеющие аналогичные размеры и состоящие из дентина и реставрационного материала, положенного на

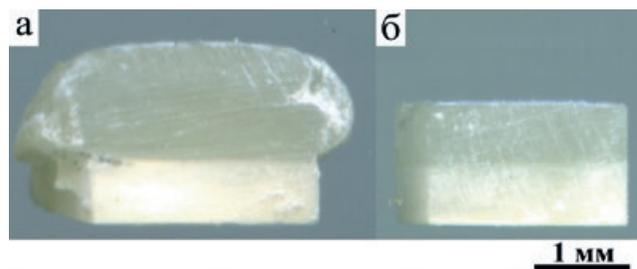


Рис. 1. Изготовление образцов адгезивно фиксированного композиционного материала на дентин (первая группа)

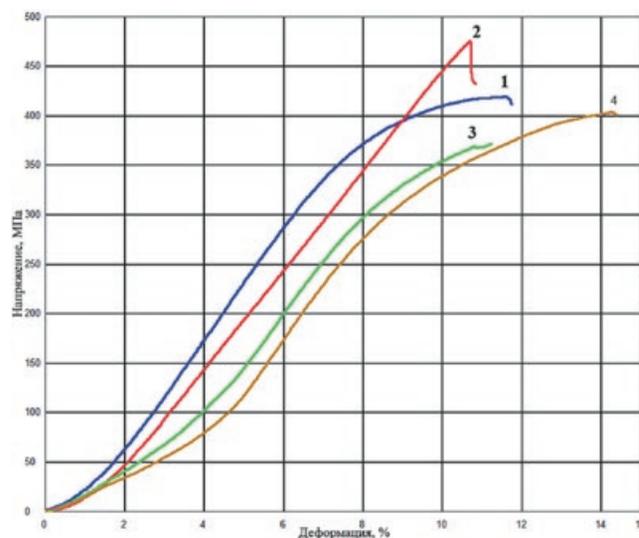


Рис. 2. Деформационные кривые при сжатии: кривая 1 – дентин [1]; кривая 2 – композиционный материал [2]; кривая 3 – композиционный материал, установленный на дентине; кривая 4 – композиционный материал, положенный на дентин

блок дентина. Характерные деформационные кривые для этих групп образцов приведены на графике (рис. 2). Форма кривой для групп образцов материала, положенного на дентин, не отличается от группы образцов материала, фиксированного на дентин. Однако первая имеет более продолжительный третий участок, который заканчивается при напряжении и деформации ~ 400 МПа и $\sim 14\%$, соответственно. Результаты механических испытаний представлены в таблице 1. Образцы реставрационного материала, положенные на блоки дентина, более прочные и деформируемые, на ~ 30 МПа и $\sim 3\%$, соответственно, по сравнению с образцами материала, смонтированными 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 пломбировочного материала, тогда у образцов дентина он был выше на $\sim 0,5$ ГПа. Предел прочности был ниже, чем у образцов, изготовленных из пломбировочного материала, на ~ 110 МПа и ~ 80 МПа, для группы образцов композиционного материала, адгезивно фиксированного на блоки дентина, и материала, положенного на блоки дентина соответственно, тогда как прочность образцов дентина была выше на ~ 40 МПа для первого случая, но равнялась во втором случае. Величина полной

деформации не отличалась для групп образцов дентина, композиционного материала и материала, смонтированных на блоки дентина, и была $\sim 11\%$, тогда как для образцов реставрационного материала, положенных на дентин, она составляла $\sim 14\%$. После испытании образцов материала, положенного на дентин, видно, как на поверхностях блоков реставрационного материала и на поверхностях блоков дентина возникали трещины (рис. 3а и б).

Обсуждение

Снижение предела прочности пломбировочного материала 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 пломбы, в дентине достигается при меньших напряжениях ~ 405 МПа, что соответствует пределу прочности дентина, но, в отличие от реставрационного материала, дентин способен также и к пластической деформации [1, 2]. Однако разрушение реставрационного материала 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 материал 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 показала, что трещины возникают как в дентине, так и в композиционном материале (рис. 3а и б). В этом случае материалы могут деформироваться независимо друг от друга во всех направлениях. Однако реставрационный материал 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].

Таблица 1

Результаты механических испытаний

	Е, ГПа	σ_b , МПа	ϵ , %
Дентин	5,46 \pm 0,35	406 \pm 25	11,7 \pm 2,0
Реставрационный материал	5,07 \pm 0,19	477 \pm 16	10,9 \pm 0,4
Реставрационный материал, адгезивно фиксированный на дентин	5,03 \pm 0,19	366 \pm 12	11,1 \pm 0,5
Реставрационный материал, положенный на дентин	5,16 \pm 0,54	394 \pm 21	14,5 \pm 1,4

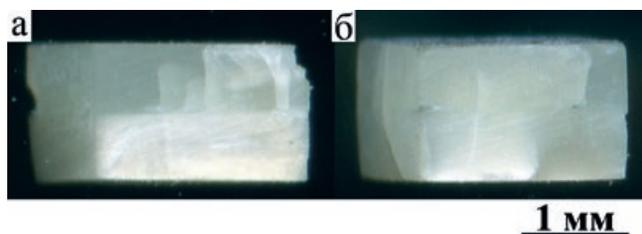


Рис. 3. Фотографии образцов первой (рис. 3а) и второй (рис. 3б) группы исследования после проведения механических испытаний

Выводы

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

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.

Уменьшение прочности системы «пломбировочный материал-дентин» с созданием адгезивного соединения обусловлено разностью коэффициентов Пуассона дентина и реставрационного материала. 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.

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) [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. **Зайцев Д.В.** 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. **Зайцев Д.В.** 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. **Ивашов А.С.** Зависимость прочностных свойств современных композиционных материалов при сжатии от температуры полимеризации / А.С.Ивашов, Д.В.Зайцев, Ю.В.Мандра // Проблемы стоматологии. – 2011. – №5. – С. 30-34.
4. **Кикоин И.К.** Таблицы физических величин. Справочник // М.: Атомиздат, 1976. – 1008 с.
5. **Салова А.В.** Особенности эстетической реставрации в стоматологии. Практическое руководство / А.В.Салова, В.М.Рехачев // СПб.: издательство «Человек», 2008. – 160 с.
6. **Hertzberg R.W.** Deformation and Fracture / R.W.Hertzberg // Mechanics of Engineering Materials 4th Edition Book Description. John Wiley & Sons Inc., 1995. – P. 786.

Проблемы СТОМАТОЛОГИИ

Редакция журнала «ПРОБЛЕМЫ СТОМАТОЛОГИИ»
и издательский дом «Тираж»

Приглашает к сотрудничеству:

- ✓ авторов
- ✓ рекламодателей
- ✓ подписчиков

подробности на сайте
www.dental-press.com
т.: (343) 253-58-02

The screenshot shows the website interface for 'Проблемы Стоматологии' (Problems of Stomatology) journal and 'Тираж' (Tirage) publishing house. The header includes the journal title, contact information (phone: (343) 253-58-02, 311-51-04), and address (Ekaterinburg, Tolstaya St. 43a, office 502, 5th floor). A navigation menu is visible below the header. The main content area features a 'Товаров на: 0 руб.' (Items: 0 rub.) indicator and a 'Секреты стоматологии от настоящих профессионалов' (Secrets of dentistry from real professionals) section. This section highlights two books: 'Хирургия пародонта. Клинический атлас' (Parodontology. Clinical atlas) and 'Ортопедическое лечение. Систематический подход' (Orthopedic treatment. Systematic approach). A sidebar on the left lists various dental topics like 'Имплантиология' (Implantology) and 'Ортодонтия' (Orthodontics). A right sidebar features a 'РАСПРОДАЖА' (SALE) announcement for books from 'АЗБУКА' (ABC) publisher with a 10% discount, and a 'Полить номер' (Water the issue) section with a preview of the journal cover.