

# Оценка влияния термоциклирования на величину адгезионной прочности стеклоиономерных цемента в соединении с твердыми тканями зуба

А.А. КОПЫТОВ\*, к.м.н., к.с.н., доцент  
Н.С. ТЫЩЕНКО\*, врач-стоматолог  
С.В. ПОКЛАД\*\*, химик-технолог  
\*Кафедра ортопедической стоматологии  
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»  
Министерства образования и науки РФ  
\*\*ООО «ТехноДент»

## Evaluation of thermal cycling influence on adhesion strength rate of glass ionomer cements with hard tooth tissues

A.A. KOPYTOV, N.S. TYSHCHENKO, S.V. POKLAD

### Резюме

Реконструкция культей зубов при состоятельной эндодонтической терапии значительно расширяет возможность реабилитации стоматологических больных путем восстановления целостности зубных дуг несъемными ортопедическими конструкциями. Клиническая оценка состояния несъемной конструкции в целом, а в особенности поверхностей контакта стеклоиономерного цемента, фиксирующего несъемную конструкцию, с культей зуба и каркасом коронки определяется характеристиками применяемых материалов. Целью настоящего исследования явилась сравнительная оценка величины адгезионной прочности стеклоиономерных цемента в соединении с твердыми тканями зуба до и после термоциклирования. К исследованию приняты материалы Fuji I (GC, Япония), Meron (VOCO, Германия), «Полиакрилин» (для фиксации) («ТехноДент», Россия), применяемые для укрепления искусственных коронок, планируемых опорными в несъемных ортопедических конструкциях. Оценка адгезионной прочности проводилась в соответствии с ГОСТ 31574–2012 (ISO 4049:1988; ISO 10477:1992; ISO 11405:1994) до и после термоциклирования. Термоциклирование снизило показатели адгезионной прочности всех исследуемых материалов. В итоге, показатель адгезионной прочности материала «Полиакрилин» (для фиксации) в соединении с эмалью зуба стал ниже, чем у материала Meron. В соединении с дентином показатель адгезионной прочности материалов «Полиакрилин» (для фиксации) и Fuji I достоверно не отличались, при этом превышая показатель адгезионной прочности материала Meron.

**Ключевые слова:** адгезионная прочность, фиксация, стеклоиономерные цементы, термоциклирование, несъемные конструкции.

### Abstract

Tooth stump reconstruction, with due attention to endodontic treatment, can widen significantly possibility of patients rehabilitation by synthesis of continuity of dental arches with the help of permanent dental prostheses. Characteristics of applied material determine clinical evaluation of dental prostheses in general, and in particular its contact area in between glass ionomer cement, tooth stump and crown subframe. Goal of our current research work is comparative evaluation of glass ionomer cements adhesion strength with hard tooth tissues before and after thermal cycling. Following materials were investigated during our research: «Fuji I» (GC, Japan), «Meron» (VOCO, Germany), «Polyacrylin» (for fixation) («TehnoDent», Russia). Materials are specified for strengthening of artificial crowns, supposed to be survey crowns in dental prostheses. Evaluation of adhesion strength were provided before and after thermal cycling in accordance with following standards: GOST 31574–2012, ISO 4049:1988, ISO 10477:1992, ISO 11405:1994. Thermal cycling reduced adhesion strength in all investigated materials. As a result, material adhesion strength with tooth enamel in «Polyacrylin» (for fixation) became lower than in «Fuji I», but higher than in «Meron». In cohesion with tooth dentine, materials «Polyacrylin» (for fixation) and «Fuji I» didn't have any differences, but their adhesion strength were higher than in «Meron».

**Key words:** adhesion strength, fixation, glass ionomer cements, thermal cycling, dental prostheses.

Завершающим этапом восстановления дефектов зубов и зубных рядов с помощью несъемных ортопедических конструкций является укрепление искусственных коронок на культю зуба фиксирующим материалом [2].

Качество выполнения данного этапа во многом определяет клиническую долговечность несъемных ортопедических конструкций. Ошибки при фиксации приводят к нарушению герметизации, кариесу и т.д. Поэтому для обеспечения адекватной фиксации необходимо учесть несколько ключевых моментов:

- выбор метода фиксации;
- выбор фиксирующего материала;
- соблюдение рекомендаций производителя.

Для повышения эффективности лечения после обсуждения с пациентом материала каркаса несъемной конструкции следует подобрать материал, восстанавливающий культю зуба, обладающий характеристиками, наиболее близкими к цементу и материалу каркаса, а также соответствующий для конкретной клинической ситуации [8, 3].

В процессе окклюзионного нагружения системы «культя зуба – цемент – внутренняя поверхность коронки» возможность перехода упругих деформаций в пластические зависит от соотношения механических характеристик применяемых материалов. Чем меньше это соотношение, тем ниже вероятность разрушения элементов реставрации окклюзионным нагружением [1]. В настоящее время прогнозирование состояния циклично нагружаемой несъемной конструкции, определение запаса прочности и срока ее службы, несмотря на очевидную важность данной задачи, не регламентированы. Главной причиной, объясняющей отсутствие возможности прогнозирования состояний реконструкций, является значительное число переменных, от которых зависит динамика перехода упругих деформаций системы в пластические [6, 5].

При фиксации металлокерамических конструкций (цельнолитых металлических коронок, вкладок) долгое время «золотым стандартом» оставался цинкфосфатный цемент [4]. В настоящее время большинство стоматологов переходят к использованию традиционных и модифицированных стеклоиономерных цемента (СИЦ) для фиксации [3, 11]. СИЦ для фиксации имеют ряд преимуществ: биосовместимость, хорошую адгезию к металлу и тканям зуба, тонкую пленку, низкую растворимость, возможность выделения фтора после отверждения [4, 7].

В свою очередь, одной из важнейших клинико-технологических характеристик фиксирующего материала является адгезия – сила, которая соединяет два разнородных материала. Адгезионная связь обусловлена механическим, физическим, химическим и диффузионным механизмами [4]. Механическая адгезия образуется за счет неровностей прилегающих поверхностей. Основным условием образования механической адгезии является способность фиксирующего материала проникать в углубления (трещины, щели, шероховатости) формирующих геометрию прилегающих поверхностей.

Физическая адгезия образуется при близком расположении двух плоскостей за счет диполь – дипольного взаимодействия между поляризованными молекулами фиксирующего материала и фиксируемых поверхностей.

Химическая адгезия возникает в случае, когда два соседних атома различных материалов обладают общей электронной парой. Поверхность фиксирующего материала соединяется с поверхностью твердых тканей зуба ионными или ковалентными связями, при наличии реакционноспособных групп на обеих поверхностях.

Диффузионный механизм адгезии возникает, если абсорбированный компонент представляет собой молекулу с длинной цепью, в результате может произойти переплетение или взаимодиффузия молекул фиксирующего компонента и субстрата, которое приведет к очень высокой адгезионной прочности [3, 4].

Стеклоиономерным цементам присущи все вышеприведенные механизмы адгезии, обеспечивающие прочное соединение с твердыми тканями зуба. Адгезионная связь с дентином может обеспечиваться механизмом водородной связи с коллагеном в сочетании с ионной связью с кальцием гидроксиапатита в структуре зуба (рис. 1).

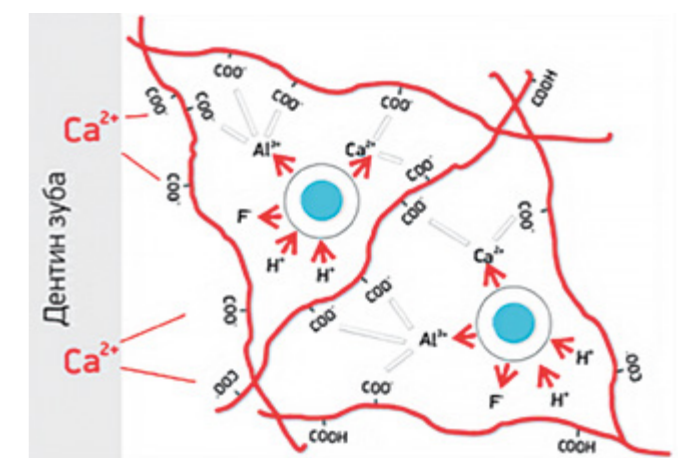


Рис. 1. Схема взаимодействия карбоксилатных групп полиакриловой кислоты (ПАК) с ионами кальция гидроксиапатита дентина зуба

Этот тип адгезии возможен благодаря наличию в составе СИЦ, полиакриловой кислоты и ее сополимеров, обеспечивающих ионообмен между цементом и тканями зуба [13]. Адгезия на основе ионного обмена возникает на поверхности соприкосновения СИЦ – эмаль или дентин, и является уникальным свойством, присущим этой группе материалов [9].

На фото SEM (рис. 2) представлена визуализация клинической реставрации – области контакта стеклоиономерного цемента и дентина. Через 17 месяцев после реставрации по причине несостоятельности пародонта зуб удален и подвергнут дегидратации. Зуб распилили, изготовили шлиф и сканирующей электронной микроскопией (SEM) выявлен ионообменный слой между стеклоиономером и дентином зуба. Этот слой плотно прилегает к дентину, а смещение реставрации

возникло за счет нарушения целостности массива материала во время дегидратации при сканировании образца (вакуумирование в камере микроскопа) [13].

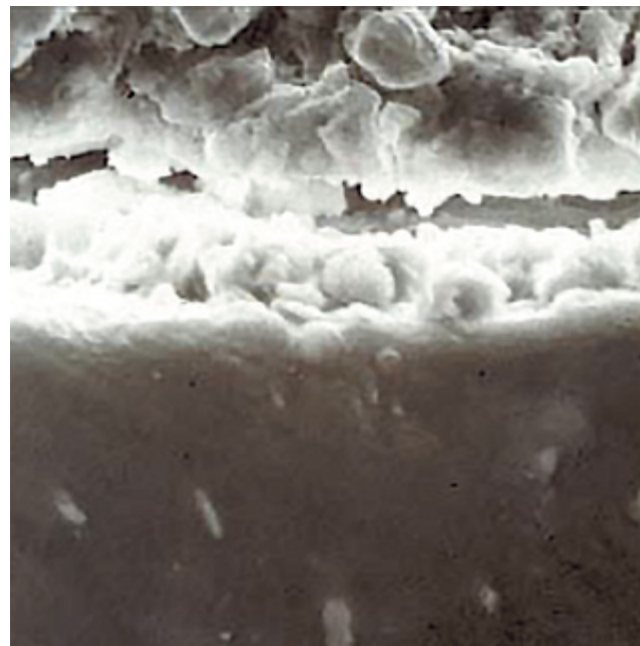


Рис. 2. Фото SEM. Граница раздела дентин-стеклоиономерный цемент. Увеличение Ч1000

Таблица 1. Показатели адгезионной прочности стеклоиономерных цемента в соединении с эмалью (МПа)

Наименование материала	До термоциклирования*	Послетермоциклирования*	$\Delta$ , %
«Fuji I»	5,8±1,2	5,1±1,3	12,0
«Merop»	5,2±1,3	4,7±1,3	9,6
«Полиакрилин» (для фиксации)	5,6±1,4	4,9±1,4	12,5

\* Различия адгезионной прочности при сдвиге достоверны при  $p < 0,05$ .



Рис. 3. Образец стеклоиономерного цемента в соединении с дентином зуба для испытания адгезионной прочности методом сдвига

На прочность адгезионного соединения СИЦ влияет эксплуатационный температурный режим. При приеме пищи, чистке зубов и т.п. температура в полости рта изменяется, что влечет изменения физико-механических свойств цемента. Анизотропия материалов ведет к возникновению напряжений в зоне соединения фиксирующего материала с поверхностью каркаса коронки, что приводит к преждевременному старению материала. В качестве моделирования процесса старения СИЦ в полости рта применяется метод термоциклирования, который заключается в многократном изменении температуры, при которой будет находиться объект исследования (адгезионное соединение) от 5 до 55 °С [14, 10, 12].

#### ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнительная оценка величины адгезионной прочности стеклоиономерных цемента в соединении с твердыми тканями зуба до и после термоциклирования.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

К исследованию приняты стеклоиономерные цементы для фиксации несъемных ортопедических конструкций Fuji I (GC, Япония), Merop (Voco, Германия), «Полиакрилин» (для фиксации) («ТехноДент», Россия).

Оценка адгезионной прочности проводилась в соответствии с ГОСТ 31574–2012 (Материалы стоматологические полимерные восстановительные. Технические требования. Методы испытаний) (ISO 4049:1988; ISO 10477:1992; ISO 11405:1994).

Метод заключается в определении значения разрушающего напряжения при нагружении образца усилиями, стремящимися сдвинуть образец фиксирующего материала относительно поверхности (эмаль, дентин). Для приготовления образцов использовались интактные третьи моляры, удаленные по ортодонтическим показаниям у пациентов в возрасте 18–25 лет, помещенные после экстракции в 0,5% раствор хлорамина-Т сроком на две недели. Зубы и образцы фиксирующего материала подготавливали по методике ГОСТ 31574–2012 (рис. 3).

Образцы хранились в дистиллированной воде в течение 24 часов при температуре 37 °С, после чего проводилось термоциклирование. Образец погружали в кювету с дистиллированной водой при температуре 5 °С на 15 секунд. После экспозиции образец извлекали и незамедлительно погружали на 15 секунд в кювету с дистиллированной водой, нагретую до температуры 55 °С. Для каждого материала приготовлено по пять образцов. Все образцы прошли 1500 циклов нагрев – охлаждение. Иная продолжительность экспозиции неуместна, так как пациенты не могут переносить долгосрочный контакт зубов со слишком холодными или горячими продуктами.

Испытание адгезионной прочности проводили на испытательной машине «Инстрон». Образцы закрепляли в зажиме машины, нагружали по поверхности раздела до разрушения склеенного образца при скорости движения траверсы 1 мм/мин.

Адгезионную прочность вычисляли по формуле:  $A = F/S$ ,

где F – предельная нагрузка, при которой происходит разрушение образца, (Н);

S – площадь поверхности, по которой происходит разрушение (м<sup>2</sup>).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Первым этапом исследования адгезионной прочности было испытание на сдвиг в комплексе «стеклоиономерный цемент – эмаль зуба». Получены показатели величины адгезионной прочности в соединении СИЦ с эмалью зуба (табл. 1).

Наибольшую адгезионную прочность в соединении с эмалью зуба – (5,8 ± 1,6) МПа показал стеклоиономерный цемент Fuji I. Термоциклирование снизило величину адгезионной прочности на 12,0% до величины (5,1 ± 1,3) МПа.

Наименьший показатель – (5,2 ± 1,3) МПа адгезионной прочности в соединении с эмалью зуба продемонстрировал стеклоиономерный цемент Merop, который снизился после термоциклирования на 9,6% до (4,7 ± 1,3) МПа.

Адгезионная прочность «Полиакрилин для фиксации» до термоциклирования соответствовала (5,6 ± 1,4) МПа, а после термоциклирования она уменьшилась на 12,5% до (4,9 ± 1,4) МПа.

Далее исследовали аналогичным способом адгезионную прочность стеклоиономерных цемента в соединении с дентином зуба (табл. 2).

Таблица 2. Показатели адгезионной прочности стеклоиономерных цемента в соединении с дентином зуба (МПа)

Наименование материала	До термоциклирования*	После термоциклирования*	$\Delta$ , %
«Fuji I»	5,0±1,2	4,4±1,5	12,0
«Merop»	4,3±1,3	3,8±1,5	11,6
«Полиакрилин для фиксации»	4,9±1,8	4,4±1,7	10,2

\* Различия адгезионной прочности при сдвиге достоверны при  $p < 0,05$ .

Наименьшую величину адгезионной прочности в соединении с дентином зуба – (4,3 ± 1,3) МПа, показал СИЦ Merop, термоциклирование уменьшило показатель на 11,6% до (3,8 ± 1,5) МПа.

Практически равный показатель адгезионной прочности в соединении с дентином зуба продемонстрировали «Полиакрилин» (4,9 ± 1,8) МПа и Fuji I (5,0 ± 1,2) МПа. После термоциклирования адгезионная прочность стеклоиономерных цемента уменьшилась на 10,2% и 12,0%, и составила (4,4 ± 1,7) МПа и (4,4 ± 1,5) МПа соответственно.

**Клинический случай.** Пациент А., 31 год, обратился в стоматологическую клинику с жалобами на эстетический недостаток в области фронтальной группы зубов (рис. 4).

**Anamnesis morbi:** пять лет назад 1.1 зуб удален после горизонтального перелома коронки. Через 14 дней дефект был восстановлен пластмассовым мостовидным протезом с опорой на 1.2 и 2.1 зубы.

**Объективно:** на зубах 1.2, 2.1 зафиксирован пластмассовый мостовидный протез, отличающийся по цвету от рядом стоящих зубов. Слизистая оболочка в области мостовидного протеза бледно-розового цвета, перкуссия зубов безболезненна.

**Предварительный диагноз:** неполноценный пластмассовый мостовидный протез с опорой на 1.2, 2.1 зубы. Лечение: мостовидный протез снят. Показаний к депульпированию 1.2, 2.1 зубов нет.

**Диагноз:** частичная вторичная адентия верхней челюсти (K08.1).



Рис. 4. Исходная клиническая ситуация



Рис. 5. Клиническая ситуация через 3 месяца после установки имплантата

#### План ортопедического лечения:

1. Установка дентального имплантата в позиции 1.1.
2. Изготовление и фиксация одиночных коронок на 1.1, 1.2, 2.1 зубы из диоксида циркония.

Установлен имплантат AlphaBio DFI 3.75 × 11.5, ССТ с бугра верхней челюсти, установлен формирователь десны. Изготовлен временный мостовидный протез с опорой на 1.2, 2.1 зубы сроком на четыре месяца. Швы сняты через 10 дней.

Через четыре месяца проводилось препарирование зубов с водо-воздушным охлаждением под местным обезболиванием (sol. Ultracaini 4% D-S forte) с ретрационной нитью (размер 00 торговой марки Ultrarak, США) (рис. 5). Получены оттиски. Проведена фиксация временного мостовидного протеза. По истечении 14



Рис. 6. Нанесение кондиционера на культы 1.2, 2.1 зубов



Рис. 7. Укрепления коронки на винтовой фиксации с опорой на дентальный имплантат в позиции 1.1



Рис. 8. Фиксация коронок



Рис. 9. Вид ортопедической реабилитации пациента через 7 дней после фиксации коронок из диоксида циркония на стеклоиономерный цемент «Полиакрилин»

дней временная конструкция снята. Для достижения оптимального ионного обмена между структурами зуба и стеклоиономерным цементом проведена обработка культей 1.2, 2.1 зубов кондиционером – раствором полиакриловой кислоты в течение 10 секунд (рис. 6). Далее прошла установка коронки с винтовой фиксации на дентальный имплантат в позиции 1.1 (рис. 7), фиксация постоянных одиночных коронок из диоксида циркония на стеклоиономерный цемент «Полиакрилин» (рис. 8).

Через семь дней после лечения на контрольном приеме была проведена оценка состояния слизистой оболочки после эпителизации десневого края (рис. 9).

#### ВЫВОДЫ

1. Термоциклирование снижает величину адгезионной прочности стеклоиономерных цементов в соединении с твердыми тканями зуба на 10–12%, но несмотря на это, снижение адгезионные цементы для укрепления несъемных ортопедических конструкций обеспечивают надежную фиксацию.

2. Стеклоиономерный цемент «Полиакрилин» показал достаточную величину адгезионной прочности в соединении с твердыми тканями зуба в сравнении с импортными аналогами. Стеклоиономерный цемент «Полиакрилин» продемонстрировал большую величину адгезионной прочности в соединении с эмалью и дентином, чем стеклоиономерный цемент Megon, но меньшую, чем стеклоиономерный цемент Fuji I.

3. Определение адгезионной прочности стеклоиономерных цементов для фиксации несъемных ортопедических конструкций является важным показателем характеристики материала, и есть необходимость введения этого показателя в нормативно-техническую документацию (ГОСТ 31578-2012; ISO 9917, ISO 9917-2).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Загорский В. В., Макеева И. М., Жигунов Р. М. Изучение упруго-напряженных состояний в твердых тканях зуба при наличии кариозного поражения класса II по Блеку // *Стоматология для всех*. 2013. № 2. С. 4–8.
- Zagorskiy V. V., Makeeva I. M., Zhigunov R. M. Izuchenie uprugonapryazhyonnykh sostoyaniy v tvorodykh tkanyah zuba pri nalichii karioznogo porazheniya klassa II po Bleku // *Stomatologiya dlya vsekh*. 2013. № 2. С. 4–8.
- Копытов А. А., Тыщенко Н. С., Поклад С. В. Стеклоиономерный цемент «Полиакрилин» для надежной фиксации // *Клиническая стоматология*. 2017. № 2 (82). С. 62–65.
- Kopytov A. A., Tyshchenko N. S., Poklad S. V. Stekloionomernyy cement «Poliakrilin» dlya nadezhnoy fiksatsii // *Klinicheskaya stomatologiya*. 2017. № 2 (82). С. 62–65.
- Литвишко И. В. Цементы для фиксации несъемных зубных протезов – клинические требования, показания к применению, преимущества и недостатки, перспективные разработки // *Вестник стоматологии*. 2009. № 3. С. 74–79.
- Litvishko I. V. Cementy dlya fiksatsii nes'emnykh zubnykh protezov – klinicheskie trebovaniya, pokazaniya k primeneniyu, preimushchestva i nedostatki, perspektivnye razrabotki // *Vestnik stomatologii*. 2009. № 3. С. 74–79.
- Нурт Р. В. Основы стоматологического материаловедения: учебное пособие. 2-е изд. / пер. с англ. – М.: Инкоралрус КМК-Инвест, 2004. – 304 с.
- Nurt R. V. Osnovy stomatologicheskogo materialovedeniya: uchebnoe posobie. 2-e izd. / per. s angl. – М.: Inkoralrus KMK-Invest, 2004. – 304 с.

Полный список литературы находится в редакции  
Поступила 25.04.2018  
Координаты для связи с авторами:  
308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85



УНИВЕРСАЛЬНЫЙ  
РЕСТАВРАЦИОННЫЙ  
НАНОГИБРИДНЫЙ  
КОМПОЗИТ

профилактические, реставрационные, эндодонтические  
**МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ**



 [www.tehnodent.org](http://www.tehnodent.org)

  
**Tehno  
Dent**

 [info@tehnodent.org](mailto:info@tehnodent.org)

 **8 800 350-09-73**