

DOI: 10.37988/1811-153X_2021_3_112

А.А. Романенко^{1,2},

м.н.с.; аспирант кафедры технологии стекла и керамики

А.А. Бузов¹,

к.т.н., технический директор

В.П. Чуев^{1,2,3},

д.т.н., генеральный директор; профессор кафедры технологии стекла и керамики; зав. кафедрой медико-технических систем

¹ Опытнo-экспериментальный завод «ВладМиВа», 308023, Белгород, Россия² БГТУ им. В.Г. Шухова, 308015, Белгород, Россия³ НИУ БелГУ, 308015, Белгород, Россия

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Романенко А.А., Бузов А.А., Чуев В.П. Адгезия стеклоиономерных фиксирующих цементав: исследование *in vitro*. — Клиническая стоматология. — 2021; 24 (3): 112—118. DOI: 10.37988/1811-153X_2021_3_112

Адгезия стеклоиономерных фиксирующих цементав: исследование *in vitro*

Реферат. Дана оценка и проведено сравнение адгезии 8 популярных стоматологических фиксирующих стеклоиономерных цементав (СИЦ) к дентину зуба и материалам несъемных зубных протезов: диоксиду циркония и кобальтохромовому сплаву после препарирования алмазным бором РосБел (ВладМиВа, Россия) и обработки абразивными электрокорундовыми порошками Белэкт (ВладМиВа). **Материалы и методы.** Запатентованным способом измеряли адгезию традиционных (Цемион-Ф, Fuji I, Meron, Ketac Cem Easymix), водозатворяемых (Ортофикс-Аква С, Aqua Meron), а также модифицированных полимером СИЦ (Fuji PLUS, Relyx Luting) к дентину и конструкционным материалам несъемных зубных протезов: диоксиду циркония Эсткер (ВладМиВа) и кобальтохромовому сплаву Starbond CoS (Scheftner Dental Alloys). Для эмпирической оценки поверхности материала, инструментов и изделий выполняли снимки методом сканирующей электронной микроскопии. **Результаты.** Среди отечественных и зарубежных традиционных цементав для фиксации конструкций из диоксида циркония различий не выявлено, их адгезия варьирует от 6,087 до 6,723 МПа. Водозатворяемые СИЦ характеризовались более низкими значениями — 3,007 и 4,151 МПа. При фиксации кобальтохромового сплава лучшие результаты показали Цемион-Ф, Meron и Fuji I (11,668; 10,525 и 11,775 МПа соответственно), а Ketac Cem Easymix и водозатворяемые СИЦ обладают в 1,4—1,5 раз более низкой адгезией. Среди модифицированных полимером СИЦ у Fuji PLUS адгезия к диоксиду циркония в 2,8 раза выше (18,777 против 6,712 МПа, $p < 0,001$), а к кобальтохромовому сплаву в 2,2 раза выше (15,895 против 7,108, $p < 0,015$) по сравнению с Relyx Luting. Наименьшая адгезия к дентину обнаружена у Ketac Cem Easymix (0,829 МПа), а наибольшая — у Fuji PLUS (5,214 МПа). **Выводы.** В большинстве случаев предпочтительно применять традиционные СИЦ (Цемион-Ф, Meron и Fuji I) по причине низкой адгезии водозатворяемых цементав. Из модифицированных полимером СИЦ для фиксации несъемных ортопедических конструкций мы рекомендуем Fuji PLUS с наиболее высокой адгезией как к конструкционным материалам, так и к дентину. Модифицированный полимером Relyx Luting подобного преимущества перед традиционными СИЦ не имеет.

Ключевые слова: стоматологический стеклоиономерный цемент, адгезия, диоксид циркония, кобальтохромовый сплав, дентин

А.А. Romanenko^{1,2},

junior researcher; postgraduate at the Glass and ceramics technology Department

А.А. Buzov¹,

PhD in Engineering, technical director

V.P. Chuev^{1,2,3},

Grand PhD in Engineering, general director; professor of the Glass and Ceramics Technology Department; head of the Medical and technical systems Department

¹ VladMiVa Experimental Plant JSC, 308023, Belgorod, Russia² Belgorod State Technological University, 308015, Belgorod, Russia³ Belgorod State University, 308015, Belgorod, Russia

Shear bond strength of glass ionomer luting cements: an *in vitro* study

Abstract. An assessment and comparison has been carried out for the shear bond strength of 8 popular dental luting glass ionomer cements (GIC) to tooth dentin and construction materials of fixed dentures: zirconia and cobalt-chromium alloy after preparation by RosBel diamond bur (VladMiVa, Russia) and sandblasting by Belekt abrasive electrocorundum powders (VladMiVa, Russia). **Materials and methods.** The patented method was used to evaluation of the shear bond strength of traditional (Cemion-F, Fuji I, Meron, Ketac Cem Easymix), water-mixable (Orthofix-Aqua S, Aqua Meron), as well as polymer-modified GIC (Fuji PLUS, Relyx Luting) to dentin and construction materials of fixed dentures: zirconia Estker (VladMiVa) and cobalt-chromium alloy Starbond CoS (Scheftner Dental Alloys). For an empirical assessment of the surface of materials, tools and products, images were taken using scanning electron microscopy. **Results.** No differences were found among the domestic and foreign traditional zirconia cements for fixation of zirconia constructions; their adhesion varies from 6.087 to 6.723 MPa. Water-bonding GIC were characterized by lower values of 3.007 and 4.151 MPa. When fixing cobalt-chromium alloy, the best results were obtained with Cemion-F, Meron and Fuji I (11.668; 10.525 and 11.775 MPa, respectively), while Ketac Cem Easymix and water-bonded GIC had 1.4-1.5 times lower adhesion. Among polymer-modified GICs, Fuji PLUS had 2.8 times higher adhesion to zirconium dioxide (18.777 vs 6.712 MPa, $p < 0.001$) and 2.2 times higher adhesion to cobalt-chromium alloy (15.895 vs 7.108, $p < 0.015$) compared to Relyx Luting. The lowest adhesion to dentin was found for Ketac Cem

FOR CITATION:

Romanenko A.A., Buzov A.A., Chuev V.P. Shear bond strength of glass ionomer luting cements: an *in vitro* study. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2021; 24 (3): 113–118 (In Russ.). DOI: 10.37988/1811-153X_2021_3_112

Easymix (0.829 MPa) and the highest for Fuji PLUS (5.214 MPa). **Conclusions.** In most cases it is preferable to use traditional GIC (Cemion-F, Meron and Fuji I) due to low adhesion of water-borne cements. Of the polymer-modified GICs for fixation of fixed orthopedic structures we recommend Fuji PLUS with the highest adhesion to both the structural materials and dentin. Relyx Luting modified polymer does not have this advantage over conventional GIC.

Key words: dental glass ionomer luting cement, shear bond strength, zirconia, cobalt-chrome alloy, dentin

ВВЕДЕНИЕ

Востребованное и перспективное направление современной стоматологии — лечение с применением несъемных ортопедических конструкций, а их эффективность во многом зависит от качественной фиксации. Недостаточная адгезия фиксирующего материала к твердым тканям зуба и конструкционным материалам приводит к разгерметизации, нарушению фиксации и разрушению зуба под коронкой.

На данный момент в литературе нет единого мнения относительно идеального протокола фиксации диоксида циркония [1–2]. Широко применяются цинк-фосфатные [3], поликарбоксилатные [4], традиционные и модифицированные стеклоиономерные цементы (СИЦ), а также композитные полимерные цементы. Последние демонстрируют более высокие оптические характеристики, более низкую растворимость и лучшие механические свойства [5–8], а также более высокую адгезию к диоксиду циркония [9] и дентину [10–12]. В то же время цинк-фосфатные цементы по сравнению с СИЦ обладают более низкой адгезией, в том числе к хромовым сплавам [13–14], а также они не связываются химически с твердыми тканями зуба.

Цели работы:

- 1) Оценка и сравнение адгезии стоматологических фиксирующих стеклоиономерных цементов к дентину зуба и конструкционным материалам несъемных зубных протезов — диоксиду циркония (ZrO_2) и кобальтохромовому сплаву.
- 2) Оценка микроструктуры электрокорунда (Al_2O_3) с зернистостью 90–106 и 250–300 мкм, алмазного бора со средним размером зерна 107 мкм, поверхности дентина после препарирования алмазным бором, поверхности конструкционных материалов после пескоструйной обработки электрокорундом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

По запатентованному способу [15] исследовали адгезию традиционных (Цемион-Ф, Fuji I, Meron и Ketac Cem Easymix), водозатворяемых (Ортофикс-Аква С, Aqua Meron) и модифицированных полимером (Fuji PLUS, Relyx Luting; табл. 1) СИЦ к дентину зуба и конструкционным материалам несъемных зубных протезов — диоксиду циркония (Эсткер, ВладМиВа, Россия) и кобальтохромовому сплаву (Starbond CoS,

Scheftner Dental Alloys, Германия). Все исследованные СИЦ представлены системой порошок—жидкость.

Пробоподготовка

Пескоструйную обработку элементов образца из конструкционных материалов проводили на аппарате АСОЗ 5.2У (Аверон, Россия). Для обработки кобальтохромового сплава применялся корунд Белэкт № 8 (ВладМиВа) с зернистостью 90–106 мкм, а для диоксида циркония — Белэкт № 25 (ВладМиВа) с зернистостью 250–300 мкм [16–17].

Образец твердых тканей зуба получали, разрезая в горизонтальном направлении удаленный здоровый постоянный моляр в области цервикальной трети коронковой части алмазным диском при 3000 об/мин с водяным охлаждением [18]. Обработку дентина осуществляли турбинным наконечником с применением алмазного бора РосБел (ВладМиВа) с синей маркировкой со средним размером зерна 107 мкм.

Цилиндрическую форму с плунжером в нижнем положении заполняли светоотверждаемым базисным материалом Нолатек (ВладМиВа) и монтировали фрагмент зуба так, чтобы его рабочая поверхность выступала над поверхностью монтировочной массы на 2–3 мм и была параллельна основанию формы. После фотополимеризации плунжер переводили в верхнее положение, извлекали образец из формы и помещали в воду комнатной температуры (23 ± 1)°С. Непосредственно перед фиксацией дентин высушивали воздушным потоком. Кондиционирование не проводили [19].

Изготавливали по 10 образцов в виде пленки каждого из 8 испытуемых СИЦ между двумя элементами образца. Для этого замешанный по инструкции

Таблица 1. Образцы фиксирующих стеклоиономерных цементов [Table 1. Specimens of glass ionomer luting cements]

| Тип | Название | Производитель | № партии |
|--------------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Традиционный | Цемион-Ф | ВладМиВа, Россия | 4310 2019 07 |
| | Fuji I | GC, Япония | 190618A |
| | Meron | VOCO, Германия | 2037496 |
| | Ketac Cem Easymix | 3M ESPE, США | 7289992 |
| Водозатворяемый | Aqua Meron | VOCO, Германия | 1825235 |
| | Ортофикс-Аква С | ВладМиВа, Россия | 9409 2020 03 |
| Модифицированный полимер | Fuji PLUS | GC, Япония | 1707101 |
| | Relyx Luting | 3M ESPE, США | NA66513 |

производителя цемент помещали между двумя элементами образца. К полученному образцу прилагалась нагрузка при помощи разработанного нами нагружающего устройства с применением оригинального приспособления для изготовления образцов [20–21]. Оно содержит подвижную прижимную часть в виде усеченного цилиндра и подвижное основание, в конструкцию которого входит самоцентрирующийся шариковый подшипник, предназначенный для компенсации перекосов из-за непараллельности элементов образца, что обеспечивает равномерное распределение стоматологического цемента между ними и образование пленки одинаковой толщины по всей площади. Через 15 минут после начала приложения нагрузки образец удаляли из-под нагружающего устройства, опускали в сосуд с дистиллированной водой и помещали в термостат при температуре $37 \pm 1^\circ\text{C}$ на $23 \pm 0,5$ ч.

Испытание

Для испытания образцов применяли приспособление, состоящее из двух частей для закрепления в верхнем

и нижнем зажиме испытательной машины. Первая часть — металлический блок с цилиндрическим отверстием для установки образца и винтовыми зажимами для его фиксации. Вторая часть устанавливается параллельно и представляет собой нож округлой формы для приложения силы к образцу в одной точке [22–24].

Образец извлекали из воды, устанавливали в приспособление, после чего на машине Instron 3345 (США) проводили испытание на сдвиг до полного разрушения склеенного образца [25]. Фиксировали значение нагрузки, при которой произошло разрушение адгезионного соединения, измеряли площадь поверхности адгезионного контакта стоматологического материала с конструкционным материалом или с дентином и рассчитывали значение адгезии.

Микроструктуру электрокорунда, бора, конструкционных материалов и дентина оценивали методом сканирующей электронной микроскопии на Hitachi TM3030 (Япония), причем диоксид циркония, кобальтохромовый сплав и дентин оценивали в режиме исследования топологии поверхности.

Обработка данных

При статистической обработке данных применяли *t*-критерий Стьюдента, а различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Технология изготовления несъемных протезов включает этап пескоструйной обработки их поверхности. При этом под высоким давлением на поверхность каркаса подается сверхтвердый материал — электрокорунд. Для обработки кобальтохромового сплава применяли электрокорунд с зернистостью 90–106 мкм, а для диоксида циркония — с зернистостью 250–300 мкм (рис. 1). На СЭМ видны острые режущие кромки зерен электрокорунда, что обуславливает его высокую абразивную способность и эффективность применения в зуботехнических работах. Размер частиц электрокорунда соответствует заявленному производителем.

Пескоструйная обработка угловатыми частицами электрокорунда обеспечивает шероховатый, с острыми пиками профиль обрабатываемой поверхности (рис. 2). Таким образом, в процессе пескоструйной обработки поверхности каркаса не только происходит очистка, но и повышается микроретенция, что необходимо для обеспечения высокой адгезии и образования прочного соединения с фиксирующим материалом.

При препарировании зуба под несъемные ортопедические конструкции проводится обработка поверхности алмазным бором [26–29]. Так как подготовка поверхности твердых тканей зуба оказывает существенное влияние на адгезию [30–31], обработка дентина осуществлялась турбинным наконечником с применением алмазного бора РосБел (ВладМиВа) с синей маркировкой со средним размером зерна 107 мкм (рис. 3). Рабочая поверхность этого бора состоит из связанных с основанием зерен



Рис. 1. Порошок электрокорунда зернистостью 90—106 мкм (А) и 250—300 мкм (В) при 100-кратном увеличении
[Fig. 1. Electrocorundum with a grain size 90—106 microns (A) and 250—300 microns (B) at 100× magnification]

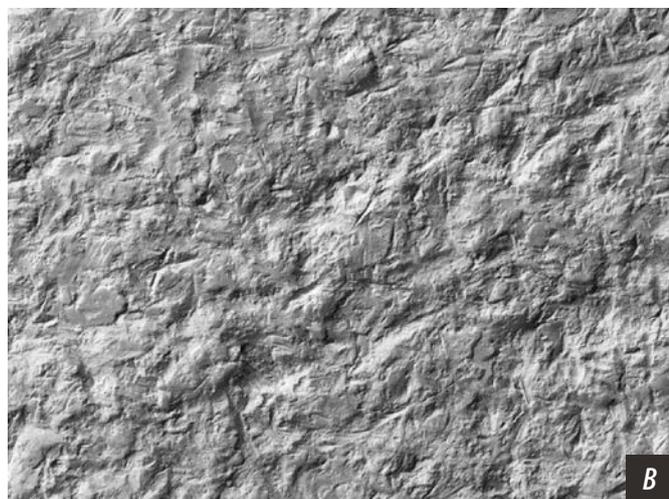


Рис. 2. Поверхность кобальтохромового сплава после обработки порошком электрокорунда зернистостью 90—106 мкм (А) и поверхность диоксида циркония после обработки порошком электрокорунда зернистостью 250—300 мкм (В) при 500-кратном увеличении
[Fig. 2. The surface of cobalt-chrome alloy after sandblasting by electrocorundum with a grain size 90—106 microns (A) and the surface of zirconia after sandblasting by electrocorundum with a grain size 250—300 microns (B) at 500× magnification]

алмаза с острыми кромками, размер которых соответствует заявленному производителем. Высокая плотность укладки алмазных зерен свидетельствует о том, что инструмент изготовлен методом гальванопластики и имеет высокие режущие свойства. После обработки алмазным бором дентин имеет характерную для обработки вращающимся абразивным инструментом шероховатую поверхность с бороздами (рис. 4).

В табл. 2 приведены результаты испытания адгезии фиксирующих СИЦ к диоксиду циркония, кобальтохромовому сплаву и дентину.

По результатам испытания адгезии к диоксиду циркония среди традиционных СИЦ

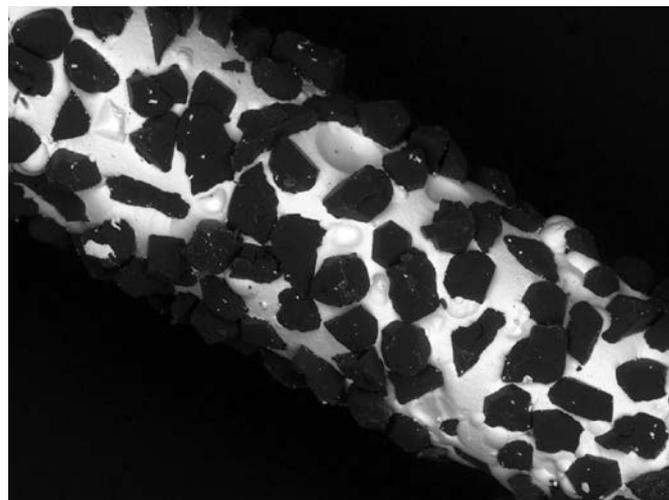


Рис. 3. Рабочая часть алмазного бора со средним размером зерна 107 мкм (ув. 100)
[Fig. 3. The working part of diamond bur with an average grain size 107 microns (magnification 100)]

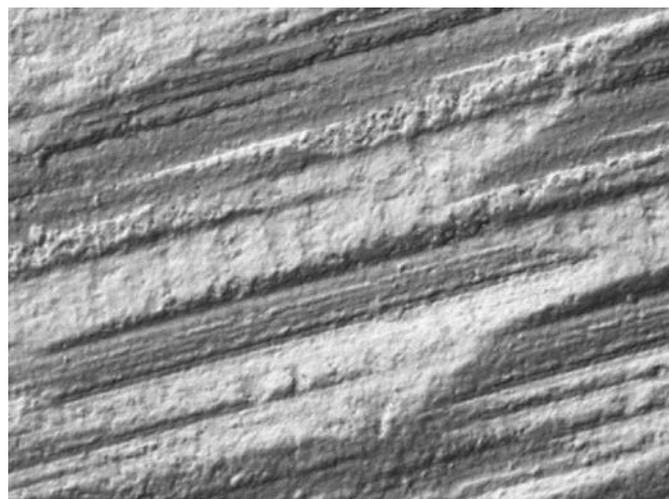


Рис. 4. Поверхность дентина после обработки алмазным бором с синей маркировкой со средним размером зерна 107 мкм (ув. 500)
[Fig. 4. The surface of dentin after preparation by a diamond bur with an average grain size 107 microns (magnification 500)]

Таблица 2. Адгезия фиксирующих стеклоиономерных цемента, МПа
[Table 2. Shear bond strength of glass ionomer cements, MPa]

| Образец СИЦ | Адгезия, МПа | | |
|-------------------|------------------|------------------------|---------------------------------|
| | Диоксид циркония | Кобальтохромовый сплав | Дентин — кобальтохромовый сплав |
| Цемион-Ф | 6,658±0,606 | 11,668±0,314 | 1,294±0,196* |
| Fuji I | 6,376±0,959 | 10,525±0,791 | 2,447±0,323 |
| Meron | 6,723±1,088 | 11,775±0,883 | 2,550±0,685 |
| Ketac Cem Easymix | 6,087±0,491 | 7,806±0,648* | 0,829±0,083* |
| Aqua Meron | 3,007±0,923 | 9,438±1,014 | 2,220±0,600 |
| Ортофикс-Аквa C | 4,151±0,372 | 6,698±0,689* | 1,222±0,153 |
| Fuji PLUS | 18,777±1,297* | 15,895±3,102* | 5,214±0,670* |
| Relyx Luting | 6,712±1,421 | 7,108±0,570 | 1,256±0,315 |

* — статистические значимые внутригрупповые различия.

статистически значимых различий не выявлено, как и среди водозатворяемых СИЦ ($p>0,05$). Однако адгезия водозатворяемого Aqua Meron оказалась в 2–6 раз ниже, чем у модифицированных полимером и традиционных цементах, в том числе Meron того же производителя ($p<0,05$). Аналогичные результаты получены для

водозатворяемого Ортофикс-Аква С, который характеризуется в 1,5–4,5 раза более низкой адгезией к диоксиду циркония, чем модифицированные и традиционные СИЦ, в том числе Цемион-Ф того же производителя ($p<0,05$). Среди модифицированных полимером СИЦ у Fuji PLUS адгезия к диоксиду циркония в 2,8 раза выше, чем Relyx Luting (18,777 против 6,712 МПа; $p<0,05$), которая у последнего статистически значимо не отличается от традиционных цементах. Из всех исследованных СИЦ наибольшая адгезия к диоксиду циркония выявлена у Fuji PLUS (рис. 5).

Среди традиционных цементах в 1,4–1,5 раз более низкой адгезией к кобальтохромовому сплаву характеризуется Ketac Cem Easymix. Адгезия данного цемента оказалась близка к таковой у Aqua Meron и Ортофикс-Аква С, в отличие от прочих традиционных СИЦ, обладающих в 1,6–1,8 раз более высокой адгезией по сравнению с водозатворяемыми. Среди водозатворяемых СИЦ Ортофикс-Аква С характеризуется в 1,4 раза более высокой адгезией по сравнению с Aqua Meron. Адгезия модифицированного Relyx Luting того же производителя к кобальтохромовому сплаву и в 2,2 раза ниже по сравнению с Fuji PLUS, который также относится к группе модифицированных СИЦ, но обладает более высокой адгезией к КХС среди всех групп (рис. 6). Преимущества над традиционными СИЦ модифицированный Relyx Luting не имеет, так как статистически значимо не отличается от них по адгезии. Адгезия только Fuji PLUS выше к диоксиду циркония, чем к КХС, а для прочих СИЦ характерно обратное.

Наименьшей адгезией к дентину среди традиционных СИЦ характеризуется Ketac Cem Easymix (рис. 7), в 1,6 раза более высокий показатель у Цемион-Ф ($p<0,05$), еще более высокими и при этом близкими друг к другу показателями характеризуется Fuji I и Meron. Среди водозатворяемых СИЦ различия статистически не значимы. От СИЦ данной группы значимо не отличается модифицированный СИЦ Relyx Luting, который также не различается по адгезии с традиционным Ketac Cem Easymix того же производителя. Fuji PLUS обладает наибольшей адгезией к дентину не только среди модифицированных СИЦ ($p<0,05$), но и среди всех исследованных цементах, его адгезия выше в 2–6,3 раза.

Наилучшие в нашем исследовании результаты Fuji PLUS как представителя модифицированных СИЦ подтверждаются другими исследованиями [32–33]. В рамках данного исследования оценивалась адгезия СИЦ к дентину, однако известно, что адгезия данного типа цементах к эмали характеризуется более высокими показателями [34].

Адгезия всех исследованных СИЦ к дентину ниже, чем к конструкционным материалам.

ВЫВОДЫ

Среди отечественных и зарубежных традиционных цементах для фиксации конструкций из диоксида циркония различий не выявлено, их адгезия варьирует от 6,087

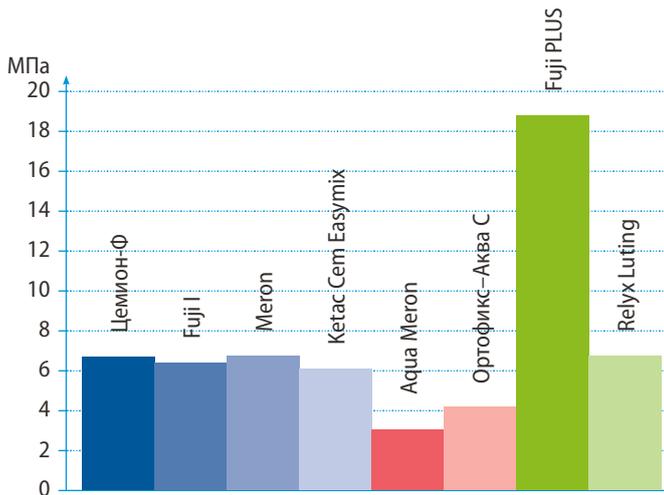


Рис. 5. Адгезия СИЦ к диоксиду циркония
[Fig. 5. Shear bond strength of GICs to zirconia]

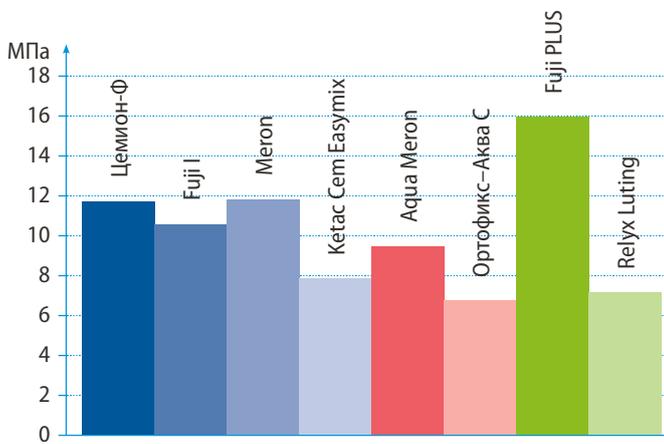


Рис. 6. Адгезия СИЦ к кобальтохромовому сплаву
[Fig. 6. Shear bond strength of GICs to cobalt-chrome alloy]

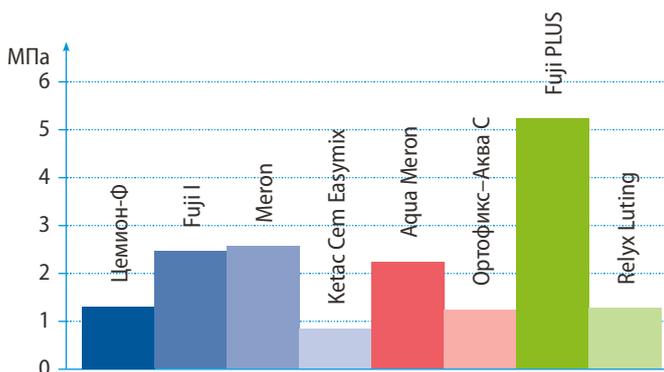


Рис. 7. Адгезия СИЦ к дентину
[Fig. 7. Shear bond strength of GICs to dentin]

до 6,723 МПа. При фиксации кобальтохромового сплава лучшие результаты показали Цемион-Ф, Meron и Fuji I (11,668; 10,525 и 11,775 МПа соответственно).

В большинстве случаев предпочтительно применять традиционные СИЦ, по причине низкой адгезии к дентину и конструкциям водозатворяемых цемента. Из модифицированных полимером СИЦ для фиксации несъемных ортопедических конструкций мы рекомендуем Fuji PLUS с наиболее высокой адгезией как к конструкционным материалам (18,777 и 15,895 МПа),

так и к дентину (5,214 МПа). Модифицированный полимером Relyx Luting подобного преимущества перед традиционными СИЦ не имеет.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Поступила: 18.08.2021 **Принята в печать:** 06.09.2021

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Received: 18.08.2021 **Accepted:** 06.09.2021

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

.....

1. **Özcan M., Bernasconi M.** Adhesion to zirconia used for dental restorations: a systematic review and meta-analysis. — *J Adhes Dent.* — 2015; 17 (1): 7–26. PMID: 25646166
2. **Dogan S., Raigrodski A.J.** Cementation of zirconia-based toothborne restorations: A clinical review. — *Compend Contin Educ Dent.* — 2019; 40 (8): 536–540. PMID: 31478701
3. **Романенко А.А., Бузов А.А., Половнева Л.В., Чуев В.П.** Цинк-фосфатные цементы — новые возможности фиксации в современной стоматологии. Часть 1. Физико-механические характеристики. — *Клиническая стоматология.* — 2019; 3 (91): 10–15. [Romanenko A.A., Buzov A.A., Polovneva L.V., Chuev V.P. Zinc phosphate cements is a new possibilities of fixation in orthopedic dentistry. Part 1. Physical and mechanical characteristics. — *Clinical Dentistry (Russia).* — 2019; 3 (91): 10–15 (In Russ.). DOI: 10.37988/1811-153X_2019_3_10
4. **Романенко А.А., Бузов А.А., Чуев В.П., Щелокова Л.С.** Поликарбоксилатные цементы — новые возможности фиксации в ортопедической стоматологии. — *Клиническая стоматология.* — 2020; 1 (93): 70–75. [Romanenko A.A., Buzov A.A., Chuev V.P., Shchelokova L.S. Polycarboxylate cements is a new possibilities of fixation in orthopedic dentistry. — *Clinical Dentistry (Russia).* — 2020; 1 (93): 70–75 (In Russ.). DOI: 10.37988/1811-153X_2020_1_70
5. **Lüthy H., Loeffel O., Hammerle C.H.** Effect of thermocycling on bond strength of luting cements to zirconia ceramic. — *Dent Mater.* — 2006; 22 (2): 195–200. PMID: 16143382
6. **Uo M., Sjögren G., Sundh A., Goto M., Watari F., Bergman M.** Effect of surface condition of dental zirconia ceramic (Denzir) on bonding. — *Dent Mater J.* — 2006; 25 (3): 626–31. PMID: 17076338
7. **Tsuyuki Y., Sato T., Nomoto S., Yotsuya M., Koshihara T., Takemoto S., Yoshinari M.** Effect of occlusal groove on abutment, crown thickness, and cement-type on fracture load of monolithic zirconia crowns. — *Dent Mater J.* — 2018; 37 (5): 843–850. PMID: 29962415
8. **de Oyagüe R.C., Monticelli F., Toledano M., Osorio E., Ferrari M., Osorio R.** Influence of surface treatments and resin cement selection on bonding to densely-sintered zirconium-oxide ceramic. — *Dent Mater.* — 2009; 25 (2): 172–9. PMID: 18620746
9. **De Angelis F., D'Arcangelo C., Buonvivere M., Rondoni G.D., Vadini M.** Shear bond strength of glass ionomer and resin-based cements to different types of zirconia. — *J Esthet Restor Dent.* — 2020; 32 (8): 806–814. PMID: 32810368
10. **Pacifici E., Chazine M., Vichi A., Grandini S., Goracci C., Ferrari M.** Shear-bond strength of a new self-adhering flowable restorative material to dentin of primary molars. — *J Clin Pediatr Dent.* — 2013; 38 (2): 149–54. PMID: 24683779
11. **Poorzandpoush K., Shahrabi M., Heidari A., Hosseini-pour Z.S.** Shear bond strength of self-adhesive flowable composite, conventional flowable composite and resin-modified glass ionomer cement to primary dentin. — *Front Dent.* — 2019; 16 (1): 62–68. PMID: 31608338
12. **Scaminaci Russo D., Pierleoni F., Buti J., Ferrari M., Giachetti L.** In vitro comparison of bonding effectiveness of different adhesive strategies. — *Am J Dent.* — 2014; 27 (6): 323–9. PMID: 25707087
13. **Pilo R., Agar-Zoizner S., Gelbard S., Levartovsky S.** The retentive strength of laser-sintered cobalt-chromium-based crowns after pretreatment with a desensitizing paste containing 8% arginine and calcium carbonate. — *Int J Mol Sci.* — 2018; 19 (12): 4082. PMID: 30562955
14. **Pattanaik B.K., Nagda S.J.** An evaluation of retention and marginal seating of Ni-Cr alloy cast restorations using three different luting cements: an in vitro study. — *Indian J Dent Res.* — 2012; 23 (1): 20–5. PMID: 22842244
15. **Романенко А.А., Бузов А.А., Чуев В.П., Мульчин М.А., Копытов А.А.** Способ определения прочности соединения стоматологического материала для фиксации с твердыми тканями зуба и материалом несъемных зубных протезов и приспособление для его реализации. — Патент RU № 2740252, действ. с 19.08.2020. [Romanenko A.A., Buzov A.A., Chuev V.P., Mulchin M.A., Kopytov A.A. Method of determining strength of dental material connection for fixation with hard tooth tissues and non-removable dental prosthesis material and device for its implementation. — Patent RU № 2740252, effective from 19.08.2020 (In Russ.).
16. **Ozer F., Pak-Tunc E., Esen Dagli N., Ramachandran D., Sen D., Blatz M.B.** Shear bond strength of luting cements to fixed superstructure metal surfaces under various seating forces. — *J Adv Prosthodont.* — 2018; 10 (5): 340–346. PMID: 30370024
17. **Abdelaziz K.M., Al-Qahtani N.M., Al-Shehri A.S., Abdelmoneam A.M.** Bonding quality of contemporary dental cements to sandblasted esthetic crown copings. — *J Invest Clin Dent.* — 2012; 3 (2): 142–7. PMID: 22522951
18. **Techa-Ungkul C., Sakoolnamarka R.** The effect of dentin age on the microshear bond strength and microleakage of glass-ionomer cements. — *Gerodontology.* — 2021; 38 (3): 259–266. PMID: 33354808
19. **Hoshika S., Ting S., Ahmed Z., Chen F., Toida Y., Sakaguchi N., Van Meerbeek B., Sano H., Sidhu S.K.** Effect of conditioning and 1 year aging on the bond strength and interfacial morphology of glass-ionomer cement bonded to dentin. — *Dent Mater.* — 2021; 37 (1): 106–112. PMID: 33229039

20. Романенко А.А., Бузов А.А., Чуев В.В., Фадеева Д.А., Казакова В.С. Устройство нагружающее для изготовления образцов стоматологического фиксирующего материала. — Патент RU № 199739, действ. с 18.05.2020. [Romanenko A.A., Buzov A.A., Chuev V.V., Fadeeva D.A., Kazakova V.S. Loading device for producing samples of dental fixing material. — Patent RU № 199739, effective from 18.05.2020 (In Russ.)].
21. Романенко А.А., Бузов А.А., Рыжова И.П., Максимова В.М., Фадеева Д.А., Казакова В.С. Основание устройства нагружающего для изготовления образцов стоматологического фиксирующего материала. — Патент RU № 199620, действ. с 19.05.2020. [Romanenko A.A., Buzov A.A., Ryzhova I.P., Maksimova V.M., Fadeeva D.A., Kazakova V.S. Basis of loading device for producing samples of dental fixing material. — Patent RU № 199620, effective from 19.05.2020 (In Russ.)].
22. L.E. Minh., Larsson C., Papia E. Bond strength between MDP-based cement and translucent zirconia. — *Dent Mater J.* — 2019; 38 (3): 480—489. PMID: 31105161
23. Salem R.S.T., Ozkurt-Kayahan Z., Kazazoglu E. In vitro evaluation of shear bond strength of three primer/resin cement systems to monolithic zirconia. — *Int J Prosthodont.* — 2019; 32 (6): 519—525. PMID: 31664268
24. Zhao L., Jian Y.T., Wang X.D., Zhao K. Bond strength of primer/cement systems to zirconia subjected to artificial aging. — *J Prosthet Dent.* — 2016; 116 (5): 790—796. PMID: 27312655
25. Manuja N., Pandit I.K., Srivastava N., Gugnani N., Nagpal R. Comparative evaluation of shear bond strength of various esthetic restorative materials to dentin: an in vitro study. — *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* — 2011; 29 (1): 7—13. PMID: 21521911
26. Altintas S.H., Hamiyet K., Kilic S. Effect of surface treatments to remove temporary cement remnants on the bond strength between the core composite and resin cement. — *Niger J Clin Pract.* — 2019; 22 (10): 1441—1447. PMID: 31607737
27. Saikaew P., Matsumoto M., Sattabanasuk V., Harnirattisai C., Carvalho R.M., Sano H. Ultra-morphological characteristics of dentin surfaces after different preparations and treatments. — *Eur J Oral Sci.* — 2020; 128 (3): 246—254. PMID: 32396258
28. Stallings M.T., Stoeckel D.C., Rawson K.G., Welch D.B. Significant shear bond strength improvements of a resin-modified glass ionomer cement with a resin coating. — *Gen Dent.* — 2017; 65 (1): 75—78. PMID: 28068271
29. Kong Y.Y., Chen Y., Shen R., Jiang Q.Z., Chen M.L. Influence of thermocycling on shear bond strength of glass ionomer cement to Er:YAG laser-prepared enamel. — *Lasers Surg Med.* — 2016; 48 (10): 978—984. PMID: 26660943
30. Alves M., Campos F., Bergoli C.D., Bottino M.A., Özcan M., Souza R. Effect of adhesive cementation strategies on the bonding of Y-TZP to human dentin. — *Oper Dent.* — 2016; 41 (3): 276—83. PMID: 26509232
31. Quigley N.P., Loo D.S.S., Choy C., Ha W.N. Clinical efficacy of methods for bonding to zirconia: A systematic review. — *J Prosthet Dent.* — 2021; 125 (2): 231—240. PMID: 32115220
32. Poggio C., Beltrami R., Scribante A., Colombo M., Lombardini M. Effects of dentin surface treatments on shear bond strength of glass-ionomer cements. — *Ann Stomatol (Roma).* — 2014; 5 (1): 15—22. PMID: 24753797
33. Somani R., Jaidka S., Singh D.J., Sibal G.K. Comparative evaluation of shear bond strength of various glass ionomer cements to dentin of primary teeth: An in vitro study. — *Int J Clin Pediatr Dent.* — 2016; 9 (3): 192—196. PMID: 27843248
34. Carvalho T.S., van Amerongen W.E., de Gee A., Bönecker M., Sampaio F.C. Shear bond strengths of three glass ionomer cements to enamel and dentine. — *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* — 2011; 16 (3): e406—10. PMID: 20526266