

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-2-230-236

УДК 616.314-089.23

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМОПРОТРАВЛИВАЮЩИХ СИЛАНОВЫХ ПРАЙМЕРОВ ПО СРАВНЕНИЮ СО СТАНДАРТНЫМ ПРОТОКОЛОМ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИСИЛИКАТА ЛИТИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Шлык А. Д., Лазарова А. А., Гильманова Н. С., Рудова А. И., Гезбаф Нежад М.

Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский университет), г. Москва, Россия

Аннотация

В современной стоматологии керамика на основе дисиликата лития широко применяется для изготовления не прямых реставраций благодаря своим механическим и эстетическим характеристикам. Надежная фиксация керамических ортопедических конструкций на твердых тканях зуба достигается посредством адгезии, которая, в свою очередь, зависит от правильной подготовки поверхности материала и зуба. Наряду с традиционной обработкой плавиковой кислотой с силаном, в последние годы получило распространение применение самопротравливающих силановых праймеров, объединяющих процессы травления и силанизации в один этап. Такой подход позволяет сократить время подготовки, снизить вероятность ошибок при соблюдении адгезивного протокола и риск токсического воздействия плавиковой кислоты. В силу относительной новизны данного метода его изученность меньше по сравнению с традиционным протоколом.

Предмет – современные данные об эффективности самопротравливающих силановых праймеров по сравнению с традиционным адгезивным протоколом.

Цель – анализ и систематизация исследований, направленных на сравнение различных методов обработки поверхности керамики на основе дисиликата лития: плавиковой кислоты с силаном и самопротравливающих силановых праймеров.

Материалы и методы. Поиск статей осуществлялся в системах PubMed, Google Scholar, eLIBRARY.ru и КиберЛенинка. Рассмотрены публикации, вышедшие с 2021 по 2026 год.

Результаты. Большинство лабораторных испытаний показывают, что силановые праймеры демонстрируют силу адгезии, сравнимую с традиционными методами, а иногда превосходящую ее. Несмотря на то что в ряде исследований классический протокол показывал лучшие результаты, новые одноэтапные препараты являются его эффективной альтернативой.

Выводы. Применение самопротравливающих силановых праймеров представляет собой эффективную технологию, сокращающую время подготовки поверхности и позволяющую избежать взаимодействия с токсичными веществами, а также обеспечивающую стабильную адгезию керамических реставраций. Для полноценной оценки данных препаратов в клинических условиях следует продолжать их изучение *in vivo*.

Ключевые слова: литийдисиликатная керамика, адгезия, самопротравливающий силановый праймер, обработка поверхности, фиксация реставраций, плавиковая кислота, силан

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

Андрей Дмитриевич ШЛЫК ORCID ID 0000-0001-7829-975X

ассистент кафедры ортопедической стоматологии, Институт стоматологии им. Е. В. Боровского, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия
andshlyk@yandex.ru

Алина Александровна ЛАЗАРОВА ORCID ID 0009-0004-1711-3607

студентка, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия
lazarova.alina-lazarova@yandex.ru

Наталья Сергеевна ГИЛЬМАНОВА ORCID ID 0000-0002-9024-7837

к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии, Институт стоматологии им. Е. В. Боровского, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия
gilmanova_natali@mail.ru

Анна Ильясовна РУДОВА ORCID ID 0009-0001-5298-8992

ассистент кафедры ортопедической стоматологии, Институт стоматологии им. Е. В. Боровского, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский университет), г. Москва, Россия
gilmanova_a_i@staff.sechenov.ru

Мелика ГЕЗБАФ НЕЖАД ORCID ID 0009-0009-2782-816X

ординатор второго года обучения кафедры ортопедической стоматологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский университет), г. Москва, Россия
melika4082@gmail.com

Адрес для переписки: Алина Александровна ЛАЗАРОВА

119331, г. Москва, ул. Кравченко, д. 12

+ 7 (985) 290-37-34

lazarova.alina-lazarova@yandex.ru

Образец цитирования:

Шлык А. Д., Лазарова А. А., Гильманова Н. С., Рудова А. И., Гезбаф Нежад М.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМОПРОТРАВЛИВАЮЩИХ СИЛАНОВЫХ ПРАЙМЕРОВ ПО СРАВНЕНИЮ СО СТАНДАРТНЫМ ПРОТОКОЛОМ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИСИЛИКАТА ЛИТИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ). Проблемы стоматологии. 2026; 2: 230-236.

© Шлык А. Д. и др., 2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-2-230-236

Поступила 04.04.2026. Принята к печати 03.05.2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-2-230-236

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF USING SELF-ETCHING SILANE PRIMERS IN COMPARISON WITH A STANDARD PROTOCOL FOR LITHIUM DISILICATE CERAMICS SURFACE TREATMENT (LITERATURE REVIEW)**Shlyk A.D., Lazarova A.A., Gilmanova N.S., Rudova A.I., Ghezbaf Nejad M.***I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia***Abstract**

In modern dentistry, lithium disilicate-based ceramics are widely used for the fabrication of indirect restorations due to their favorable mechanical and aesthetic properties. Reliable fixation of ceramic restorations to the hard tissues of the tooth is achieved through adhesion, which depends on the proper surface preparation of both the material and the tooth. Alongside traditional treatment with hydrofluoric acid combined with silane application, the use of self-etching ceramic primers that integrate etching and silanization into a single step has gained popularity in recent years. This approach allows for reducing preparation time, minimizing the likelihood of errors during adherence to the adhesive protocol, and decreasing the risk of toxic effects associated with hydrofluoric acid. Due to its relatively recent introduction, research on this method is less extensive compared to that on traditional protocols.

Subject. Current data on the efficacy of self-etching silane primers compared to the traditional surface treatment protocol.

Objective. Analysis and systematization of studies aimed at comparing various surface treatment methods for lithium disilicate ceramics: hydrofluoric acid with silane versus self-etching silane primers.

Materials and Methods. Articles were retrieved from PubMed, Google Scholar, eLIBRARY.ru, and CyberLeninka. The included publications were published between 2021 and 2026.

Results. Most in vitro studies indicate that silane primers demonstrate bond strengths comparable to and in some cases exceeding those obtained with traditional methods. Although some instances show advantages of the classic protocol, emerging one-step formulations serve as effective alternatives.

Conclusions. The application of self-etching silane primers represents an effective technology that enhances clinician efficiency, reduces exposure to toxic substances, and provides stable adhesion of ceramic restorations. To thoroughly assess these agents in clinical settings, further in vivo studies are necessary.

Keywords: lithium disilicate ceramic, adhesion, self-etching silane primer, surface treatment, prosthesis fixation, hydrofluoric acid, silane

The authors declare no conflict of interest

Andrey D. SHLYK ORCID ID 0000-0001-7829-975X

assistant of the Department of Orthopedic Dentistry, E.V. Borovsky Institute of Dentistry, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia
andshlyk@yandex.ru

Alina A. LAZAROVA ORCID ID 0009-0004-1711-3607

student, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia
lazarova.alina-lazarova@yandex.ru

Natalia S. GILMANOVA ORCID ID 0000-0002-9024-7837

PhD, Associate Professor of the Department of Orthopedic Dentistry, E.V. Borovsky Institute of Dentistry, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia
gilmanova_natali@mail.ru

Anna I. RUDOVA ORCID ID 0009-0001-5298-8992

assistant of the Department of Orthopedic Dentistry, E.V. Borovsky Institute of Dentistry, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia
gilmanova_a_i@staff.sechenov.ru

Melika GHEZBAF NEJAD ORCID ID 0009-0009-2782-816X

second-year resident of the Department of Orthopedic Dentistry, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia
melika4082@gmail.com

Correspondence address: Alina A. LAZAROVA

12 Kravchenko St., Moscow, 119331, Russia
+ 7 (985) 290-37-34
lazarova.alina-lazarova@yandex.ru

For citation:

Shlyk A.D., Lazarova A.A., Gilmanova N.S., Rudova A.I., Ghezbaf Nejad M.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF USING SELF-ETCHING SILANE PRIMERS IN COMPARISON WITH A STANDARD PROTOCOL FOR LITHIUM DISILICATE CERAMICS SURFACE TREATMENT (LITERATURE REVIEW). *Actual problems in dentistry*. 2026; 2: 230-236. (In Russ.)

© Shlyk A.D. et al., 2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-2-230-236

Received 04.04.2026. Accepted 03.05.2026

Введение. Керамика на основе дисиликата лития, обладая высокими механическими и эстетическими характеристиками, широко применяется в современной стоматологии для изготовления непрямых реставраций [1, 2]. Одним из важных факторов, влияющих на долговечность таких реставраций, является надежная фиксация керамических ортопедических конструкций на твердых тканях зуба, что достигается благодаря адгезивной подготовке поверхности материала и зуба [3, 4]. В стеклокерамике основное внимание уделяется микромеханической и силан-опосредованной химической адгезии. Таким образом, традиционный протокол обработки керамики на основе дисиликата лития включает травление поверхности плавиковой кислотой с последующим очищением от продуктов травления и нанесение силанового праймера, что обеспечивает прочное химическое и микромеханическое сцепление. Плавиковая кислота растворяет стекловидную фазу из матрицы, создавая микрошероховатость и увеличивая площадь поверхности. Химическая связь, в свою очередь, обеспечивается силановым связующим агентом, который представляет собой бифункциональную молекулу, одна функциональная группа которой реагирует с неорганической поверхностью керамики, образуя ковалентные связи, а другая — с органической смоляной матрицей [5, 6]. Такой метод подготовки поверхности, являясь золотым стандартом, длительное время используется врачами и обеспечивает надёжную адгезию.

Наряду с существующим традиционным протоколом обработки, в последние годы получило распространение использование самопротравливающих силановых праймеров. Этот метод объединяет этапы травления и силанизации в один, что сокращает время подготовки керамической поверхности, а также снижает вероятности ошибок при соблюдении адгезивного протокола и уменьшает риск негативного влияния плавиковой кислоты, используемой при классической обработке [7]. Как известно, плавиковая кислота является токсичным веществом даже в низких концентрациях, используемых в стоматологической практике [8]. Так, 5 % раствор, попав на незащищенную кожу, будет вызывать повреждение эпидермиса уже через 3 минуты, а повышение концентрации будет способствовать поражению более глубоких слоев [9]. Самопротравливающий силановый праймер представлен препаратом Monobond Etch & Prime. Он не содержит токсичной плавиковой кислоты, которая была заменена водно-спиртовым раствором травителя тетрабутиламмония дигидротрифторида. В состав также входит силан-метакрилат в качестве связующего агента [10]. Относительная новизна данного метода обуславливает его меньшую изученность по сравнению с традиционным адгезивным протоколом [34].

Цель — анализ и систематизация современных исследований, направленных на сравнение эффективности различных методов обработки поверхности керамики на основе дисиликата лития: использовании плавиковой кислоты с силаном и самопротравливающих силановых праймеров.

Материалы и методы. Поиск статей для данного литературного обзора осуществлялся в поисковых системах

PubMed, Google Scholar, eLIBRARY.ru и КиберЛенинка по ключевым словам и их комбинациям: «плавиковая кислота», «силан», «стоматологическая керамика», «дисиликат лития», «самопротравливающий силановый праймер», «Monobond Etch and Prime», «сравнение», «адгезия», «сила адгезии», «обработка поверхности», «hydrofluoric acid», «silane», «dental ceramics», «lithium disilicate», «self-etching silane primer», «comparison», «adhesion», «bond strength», «surface treatment».

В обзор были включены оригинальные исследования с использованием керамики на основе дисиликата лития и ее модификаций, сравнивающие группы образцов с нанесением самопротравливающего силанового праймера и обработкой плавиковой кислотой с силаном, опубликованные за последние 5 лет (с 2021 по 2026 годы). Исключались исследования, имеющие другую тематику, не связанные с обработкой керамики с дисиликатом лития в составе, а также обзоры литературы, тезисы конференций и письма в редакцию. По итогам отбора в обзор было включено 16 оригинальных исследований.

Результаты и обсуждение. Качественные данные статей, включенных в обзор, представлены в таблице. Для оценки силы адгезии в исследованиях проводились механические тесты на сдвиг [11, 12, 14, 18–20, 23, 24, 26–28, 29, 31, 33] и растяжение [30], при этом во всех испытаниях использовались полимерные цементы, вязкость которых различалась в одной работе [12]. В большинстве случаев образцы после обработки подвергались искусственному старению [12, 14, 18–20, 23, 24, 26, 27, 31].

В ходе анализа отобранной литературы было выявлено, что в большинстве современных исследований в механических тестах самопротравливающие силановые праймеры показывают силу адгезии, сопоставимую с прочностью связи, создаваемой плавиковой кислотой с силаном [11, 12, 18–20, 23, 26–28, 31, 33] или даже превосходящую ее [14].

Так, за последние пять лет несколько раз проводились испытания [11, 12, 18, 19, 26, 28, 31, 33], в которых сравнивалась сила адгезии, а также шероховатость поверхности в группах с различными методами обработки керамики на основе дисиликата лития: без обработки; с применением плавиковой кислоты; силана; плавиковой кислоты с силаном; а также Monobond Etch & Prime. Как правило, группа с самопротравливающим праймером показывала незначительно более низкую силу связи по сравнению с той, где использовалась плавиковая кислота с силаном, но значительно более высокую, чем в остальных группах. При этом при оценке параметра шероховатости в этих исследованиях [11, 12, 18, 19, 26, 28, 31, 33] было выявлено, что образцы с обработкой плавиковой кислотой имели более пористую и неровную поверхность, в то время как группы с одноэтапным праймером — менее выраженный рисунок травления. Однако, как видно из механических тестов, несколько меньшая шероховатость, создаваемая новым препаратом, не приводила к значимому снижению силы адгезии, и разница в значениях прочности связи была статистически незначительной.

Качественные данные исследований, включенных в обзор

Table. Quality data from studies included in the review

Авторы	Тип керамики	Метод обработки поверхности	Вывод
Yu P. и др. [11]	ЛД	1) без обработки, 2) HF, 3) HF + C, 4) МЕР	МЕР ≈ HF + C
Dapieve K. S. и др. [12]	ЛД	1) HF + C, 2) МЕР	МЕР (В) < HF + C (Н), МЕР (Н)
Pai R. и др. [14]	ЦЛС	1) без обработки, 2) HF, 3) HF + C, 4) МЕР	МЕР > HF + C
Yim K. Y. и др. [18]	ЦЛС	1) HF + C, 2) HF + универсальный праймер, 3) МЕР, 4) пескоструйная обработка	МЕР ≈ HF + C
Vila-Nova T. E. L. и др. [19]	ЛС, ПИК, ЦЛС, ПШ	1) HF + C, 2) МЕР	МЕР ≈ HF + C
Dapieve K. S. и др. [20]	ЛД	1) HF + C, 2) МЕР (20 с + 40 с), 3) МЕР (20 с + 2 мин), 4) МЕР (20 с + 5 мин)	МЕР ≈ HF + C МЕР (20 с + 2 мин), МЕР (20 с + 5 мин) > HF + C
Tribst J. P. и др. [22]	ЛД, ЛК, ЛС, ЦЛС, ГК	1) МЕР (20 с + 40 с), 2) МЕР (60 с)	МЕР (20 с + 40 с) > МЕР (60 с)
Bessa M. S. и др. [23]	ЛД	1) HF + C, 2) HF + C (ВО Al ₂ O ₃), 3) HF + C (чистящая паста), 4) МЕР, 5) МЕР (ВО Al ₂ O ₃), 6) МЕР (чистящая паста)	МЕР ≈ HF + C
Martins J. D. и др. [24]	ЛД, ЦЛС	1) HF + C, 2) МЕР	МЕР < HF + C
Pereira G. F. и др. [27]	ЛД	1) HF + S, 2) HF + S (ВО Al ₂ O ₃), 3) МЕР, 4) МЕР (ВО Al ₂ O ₃)	МЕР ≈ HF + C
Pulido C. и др. [28]	ЛД, ЦЛС	1) HF + C, 2) МЕР (20 с + 40 с), 3) МЕР (40 с + 40 с), 4) МЕР (60 с + 40 с)	МЕР (60 с + 40 с) ≈ HF + C
Klippel G. G. P. и др. [29]	ЛД	1) без обработки, 2) HF + C, 3) МЕР	МЕР ≈ HF + C
Alsolami A. и др. [30]	ЛД	1) без обработки, 2) HF + C, 3) МЕР (20 с + 40 с), 4) МЕР (2 мин + 40 с)	МЕР (2 мин + 40 с) ≈ HF + C
Wille, S. и др. [31]	ЛД	1) МЕР, 2) силан, 3) HF + C	HF + C > МЕР
Turunç Oğuzman R. и др. [32]	ЛД, ЛК, ПИК, ПНК	1) пескоструйная обработка + силан, 2) HF + C, 3) МЕР	ЛД: МЕР ≈ HF + C
Vichi A. и др. [34]	ЛД, ЦЛС	1) HF, 2) HF + C, 3) МЕР	МЕР ≈ HF + C

Список сокращений к таблице: ЛД — литийдисиликатная керамика, ЛС — литийсиликатная керамика, ЦЛС — литий-силикатная керамика, армированная диоксидом циркония, ПИК — полимерно-инфильтрированная керамика, ПШ — полевошпатная керамика, ЛК — лейцитная керамика, ГК — гибридная керамика, ПНК — полимерная нанокерамика, HF — обработка плавиковой кислотой, HF + C — обработка плавиковой кислотой с силаном, МЕР — Monobond Etch & Prime (самопротравливающий силановый праймер), ВО Al₂O₃ — воздушно-абразивная обработка Al₂O₃, ≈ — эффективность методов приблизительно равна, > или < — метод более или менее эффективен, соответственно.

List of abbreviations for the table: LD — lithium disilicate ceramic, ZLS — lithium silicate ceramic reinforced with zirconia dioxide, LS — lithium silicate ceramic, PIC — polymer-infiltrated ceramic, FC — feldspar ceramic, LE — leucite based ceramic, HC — hybrid ceramic, RNC — resin nanoceramic, HF — hydrofluoric acid treatment, HF + S — hydrofluoric acid treatment with silane, МЕР — Monobond Etch & Prime (self-etching silane primer), AA Al₂O₃ — air-abrasive treatment with Al₂O₃, ≈ — the effectiveness of methods is approximately equal, > or < — method is more or less effective, respectively.

Большая шероховатость поверхности, получаемая после обработки плавиковой кислотой, приводит к меньшему углу смачивания, чем при использовании самопротравливающего праймера [15, 35]. И хотя меньший угол смачивания обычно сочетается с более высокой силой адгезии [25, 36], незначительные дефекты, создаваемые Monobond Etch & Prime на поверхности керамики, могут способствовать лучшему проникновению в них цемента. И напротив, несмотря на меньший угол смачивания, более глубокие неров-

ности, вызванные плавиковой кислотой, могут быть заполнены не полностью, оставляя зазоры, которые облегчают распространение отслоения. Также эти дефекты могут способствовать сорбции воды, что приводит к нарушению стабильности прочности сцепления в образцах, обработанных плавиковой кислотой [15, 16]. Таким образом, именно характер поверхностных дефектов, вызванных Monobond Etch & Prime, а не их глубина, по-видимому, играет решающую роль в правильном заполнении фиксирующим цементом, что при-

водит к высокой прочности сцепления при использовании самопротравливающих праймеров.

На силу связи, создаваемой новыми одноэтапными препаратами, могут влиять такие факторы, как длительность хранения образцов, а также характеристики фиксирующих цементов. На это обратила внимание группа исследователей из Бразилии, которая в 2023 году оценивала силу связи в зависимости не только от протоколов обработки поверхности, но и от вязкости фиксирующего цемента, а также режима хранения керамики [12]. Литийдисиликатные образцы делились на восемь групп с учетом трех факторов: обработка керамической поверхности (плавиковая кислота с силаном и самопротравливающий силановый праймер), вязкость цемента (высокая и низкая) и режим хранения (обычный или старение). В данном случае учитывалась вязкость фиксирующего агента, так как от нее зависит их способность заполнять дефекты, возникающие в результате определенной обработки (травления) поверхности материала [13], следовательно, этот параметр также влияет на силу связи. Искусственное старение проводилось с целью имитировать длительное использование керамических реставраций в полости рта. Затем каждая группа подвергалась испытанию на сдвиг и оценке топографии поверхности. В итоге при обычном режиме хранения худшие результаты были отмечены в группе с обработкой самопротравливающим праймером в сочетании с высоковязким цементом по сравнению с другими группами. А после старения группа с обработкой плавиковой кислотой и силаном показала наименьшую силу адгезии. На микрофотографиях образцы, обработанные Monobond Etch & Prime, как и в других исследованиях [11, 18, 19, 26, 28, 31, 33], имели наиболее гладкую поверхность. Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы: 1) наименьшая прочность связи наблюдается при сочетании самопротравливающих силановых праймеров с высоковязкими фиксирующими агентами; 2) старение оказывает наибольшее негативное влияние на керамику, обработанную по стандартному протоколу. Таким образом, учитывая меньшую шероховатость, создаваемую на поверхности материала самопротравливающим праймером, их использование с низковязкими фиксирующими цементными будет более эффективно ввиду более выраженного проникновения последних в образуемые слабо выраженные дефекты. На основании испытаний со старением [12, 18] можно предположить высокую устойчивость реставраций, обработанных самопротравливающим силановым праймером, к ослаблению прочности их фиксации с течением времени.

В настоящее время разработано множество модификаций обычной литийдисиликатной керамики, в частности, литийсиликатная керамика, армированная диоксидом циркония [17]. Она призвана сочетать в себе высокие эстетические свойства классического материала на основе дисиликата лития с превосходными механическими свойствами керамики из диоксида циркония [16]. Такая керамика имеет однородную стекловидную матрицу, а также кристаллическую часть, содержащую

соли лития и тетрагональные наполнители из диоксида циркония, которые были добавлены для повышения ее прочности [17]. За счет своей стекловидной матрицы этот материал является чувствительным к травлению и силанизации и может обрабатываться аналогично керамике на основе дисиликата лития. Однако эффективность использования самопротравливающих праймеров с литийсиликатной керамикой, армированной диоксидом циркония, вызывает вопросы исследователей. Так, в 2024 году проводили испытания этих препаратов на данном материале [14]. Образцы были распределены на пять групп в зависимости от типа обработки поверхности: без обработки; с плавиковой кислотой и силаном; с обработкой исключительно плавиковой кислотой; с использованием самопротравливающего керамического праймера; с экспериментальной лабораторной герметизацией обработанной поверхности. Результаты испытаний на сдвиг были следующими: группа со стандартным протоколом показала более высокую среднюю силу адгезии, чем все группы, за исключением группы с одноэтапным препаратом. Самопротравливающий силановый праймер показал значительно более выраженную прочность связи, чем традиционная обработка, что может быть связано с высокой вязкостью используемой фтористоводородной кислоты. Литийсиликатная керамика, армированная диоксидом циркония, в отличие от классической литийдисиликатной, имеет более выраженную мелкозернистую структуру, и вязкие травители, которым необходимо связаться со стекловидной матрицей, не могут проникнуть глубоко между мельчайшими кристаллами [16]. Таким образом, самопротравливающий силановый праймер, в силу своей меньшей вязкости, является достойной альтернативой традиционному протоколу обработки поверхности литийсиликатной керамики, армированной диоксидом циркония. К похожему выводу пришли и исследователи из Китая в 2023 году [18].

В статье 2022 года [19] сравнивались два метода обработки (плавиковая кислота с силаном и Monobond Etch & Prime) и влияние последующего применения обычного адгезива на прочность сцепления композитного цемента с несколькими типами стеклокерамики. По итогам исследования посчитали применение адгезива нецелесообразным как для использования самопротравливающего праймера, так и для стандартного протокола, так как группы с этим этапом показали такие же результаты, как и группы без него. Таким образом, обработка поверхности керамических реставраций может быть успешно выполнена с использованием препарата Monobond Etch & Prime без применения адгезива.

Согласно инструкции, самопротравливающий силановый праймер рекомендуется наносить микробрашем на поверхность керамики и втирать в течение 20 секунд (активное нанесение), а затем оставить на 40 секунд (пассивное нанесение), тщательно смыть водой и высушить воздухом [21]. Однако можно допустить, что увеличение указанного времени травления будет способствовать повышению силы связи. Такое предположение сделали исследователи, которые в 2021 году оценивали

влияние различного времени пассивного нанесения самопротравливающего силанового праймера (40 с, 2 мин, 5 мин или 10 мин) на прочность сцепления керамики на основе дисиликата лития при обычном (24 часа) и долговременном (в течение 180 дней + 12 000 термических циклов) режиме хранения [20]. Через 24 часа сила адгезии в группах с различной длительностью обработки статистически не различалась. После длительного старения только группы с 40 секундами и 5 минутами нанесения сохранили стабильную прочность связи, которая была даже больше, чем в группе с применением плавиковой кислоты и силана. Таким образом, самопротравливающий керамический праймер, как и в исследованиях [12, 18] показал свой потенциал к обеспечению высокой прочности сцепления в долгосрочной перспективе, при этом наиболее эффективным временем его применения являются 40 секунд пассивного нанесения, заявленные производителем, а также 5 минут. Однако, по нашему мнению, увеличение этого интервала до 5 минут нецелесообразно, так это будет нивелировать одно из основных преимуществ самопротравливающих праймеров — быстроту работы врача-стоматолога.

В 2026 году исследовалось влияние длительности активного нанесения препарата на прочность связи и шероховатость поверхности [27]. Было выявлено, что увеличение этого времени до 60 секунд приводит к более высоким значениям измеряемых параметров, сопоставимым с показателями для плавиковой кислоты и силана. Схожие результаты наблюдались и в работе 2024 года [29], где увеличение времени активного нанесения до 2 минут незначительно увеличило прочность связи при обычном режиме хранения, однако после процедуры термоциклирования эти образцы, наряду с плавиковой кислотой и силаном, показали наилучший результат.

Также исследователей интересовала необходимость этапа активного нанесения препарата [22]. Для этого сравнивалась сила адгезии при активном нанесении самопротравливающего праймера в течение 20 секунд с помощью микробраша с последующим оставлением на 40 секунд и при использовании только 60-секундной экспозиции в качестве более простого процесса. Результаты четко указывали на то, что активное нанесение препарата необходимо, так как способствует значительно более высокой силе адгезии.

Чтобы увеличить прочность связи, создаваемой самопротравливающими силановыми праймерами, возможно проведение воздушно-абразивной обработки частицами Al_2O_3 , а также применение чистящей пасты после загрязнения поверхности керамики в процессе примерки реставрации. Это доказало исследование 2025 года, в котором одноэтапный препарат показал большую прочность связи после указанных процедур по сравнению с применением плавиковой кислоты и силана после них же [23].

В ходе работы было найдено два исследования за указанный промежуток времени, в которых сила связи, создаваемая новыми одноэтапными препаратами, была меньше, чем при стандартном адгезивном протоколе

[24, 30]. Такие противоречия возникают из-за недостатка стандартизации испытаний, вследствие чего на полученные данные оказывают влияние такие факторы, как проведение искусственного старения, использование ультразвуковой очистки поверхности после обработки, присутствие спирта при очистке, химический состав силановых праймеров и фиксирующих цементов, концентрация используемой плавиковой кислоты и продолжительность ее нанесения, использование различных механических тестов на прочность связи [31, 32].

Несмотря на большое количество испытаний самопротравливающих силановых праймеров при обработке керамики на основе дисиликата лития *in vitro*, нами не было найдено исследований этих препаратов *in vivo*, что затрудняет полноценную оценку их эффективности в реальных условиях. Лабораторные испытания не могут в полной мере имитировать клинические условия, так как окклюзионная нагрузка, оказываемая на ортопедическую конструкцию в полости рта, разнообразнее, чем в проведенных исследованиях, а также *in vitro* не учитываются такие факторы, как слюна, pH ротовой жидкости и изменения температуры [32].

Выводы. Таким образом, анализ современных исследований свидетельствует о том, что самопротравливающие силановые праймеры представляют собой перспективную и эффективную альтернативу классическому протоколу обработки поверхности керамики с использованием плавиковой кислоты и силана. Их преимущества заключаются в уникальном сочетании простоты применения, сокращения времени и трудоемкости работы врача-стоматолога, уменьшения риска токсического влияния плавиковой кислоты со способностью обеспечить адгезию, сопоставимую или даже превосходящую традиционные методы, как при работе с классической литийдисиликатной, так и с более современной литийсиликатной керамикой, армированной диоксидом циркония.

В ходе работы были выявлены определенные условия, делающие использование новых препаратов наиболее эффективным. Так, на стабильность адгезии, создаваемой ими, влияют такие факторы, как вязкость фиксирующего цемента, режим хранения, предварительная очистка поверхности, а также методика нанесения. В частности, самопротравливающие препараты проявляют наилучшие показатели при сочетании с низковязкими цементами, а также демонстрируют высокую устойчивость к снижению прочности сцепления после искусственного старения, что говорит о возможности их успешного применения в долгосрочной перспективе. Достижению максимальной адгезии способствует активное нанесение препарата в течение 20 секунд, что соответствует указаниям производителя, а также увеличение этого времени до 60 секунд или 2 минут при оптимальной длительности последующей экспозиции 40 секунд.

Хотя встречаются статьи, где стандартный адгезивный протокол показывает свое преимущество, подавляющее большинство исследований подтверждает перспективность одноэтапных праймеров.

Для полноценной оценки эффективности использования данных препаратов в дальнейшем необходимо проводить исследования, которые будут направлены на их изучение в реальных клинических условиях.

Литература/References

1. Guaita-Sáez R., Montiel-Company J. M., Agustín-Panadero R., Fons-Badal C., Serra-Pastor B., Solá-Ruiz M. F. Analysis of Different Lithium Disilicate Ceramics According to Their Composition and Processing Technique-A Systematic Review and Meta-Analysis. *Materials* (Basel). 2025;18(12):2709. <https://doi.org/10.3390/ma18122709>
2. Phark J. H., Duarte S., Jr. Microstructural considerations for novel lithium disilicate glass ceramics: A review. *Journal of Esthetic Restorative Dentistry*. 2022;34(1):92–103. <https://doi.org/10.1111/jerd.12864>
3. Chiapinotto G. F., da Rosa L. S., Scotti N., Kleverlaan C. J., Valandro L. F., Pereira G. K.R. Does adhesive luting promote improved fatigue performance of lithium disilicate simplified crowns? *Journal of Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2022;134:105373. <https://doi.org/10.1016/j.jmbmm.2022.105373>
4. Pilecco R. O., da Rosa L. S., Pereira G. K.R., Tribst J. P.M., May L. G., Valandro L. F. The loss of resin cement adhesion to ceramic influences the fatigue behavior of bonded lithium disilicate restorations. *Journal of Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2023;148:106169. <https://doi.org/10.1016/j.jmbmm.2023.106169>
5. Simasetha S., Klaisiri A., Sriamporn T., Sappayatosok K., Thamrongananskul N. Surface Treatment Effect on Shear Bond Strength between Lithium Disilicate Glass-Ceramic and Resin Cement. *European Journal of Dentistry*. 2022;16(2):373–380. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1735908>
6. Yao C., Ahmed M. H., De Grave L., Yoshihara K., Mercelis B., Okazaki Y. et al. Optimizing glass-ceramic bonding (incorporating new silane technology in an experimental universal adhesive formulation). *Dental Materials*. 2021;37(5):894–904. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.02.021>
7. Martins N. F., Nogueira I. A.D., Silvestre F. A., de Meneses N. E., Dos Santos R. T.N., Peixoto R. F. Effectiveness of self-etching ceramic primer on the bond strength of dental glass ceramics: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies on feldspathic and leucite-reinforced ceramics. *Journal of Prosthodontics*. 2025. Online Version of Record before inclusion in an issue. <https://doi.org/10.1111/jopr.70056>
8. Li F., Zhou J., Shi K., He Q., Diao W., Peng H. et al. Ferroptosis and necroptosis may be involved in the formation and progression of hydrofluoric acid burn wounds: Results from an RNA-Seq analysis. *Burns*. 2025;51(5):107513. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2025.107513>
9. Dennerlein K., Kiesewetter F., Kilo S., Jäger T., Göen T., Korinth G. et al. Dermal absorption and skin damage following hydrofluoric acid exposure in an ex vivo human skin model. *Toxicology Letters*. 2016;248:25–33. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2016.02.015>
10. Sgrott N. E., Lins R. B.A., Silva I. D., Lepesqueur L. S.S., Olivieri K. A.N., Brandt W. C. Evaluation of self-etching primer on bond strength in feldspathic ceramic. *Research, Society and Development*. 2021;10(5): e33110514572. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14572>
11. Yu P., Wang X. Y. Effects of Surface Treatment Procedures on Bond Strength of Lithium Disilicate Glass Ceramic. *Chinese Journal of Dental Research*. 2021;24(2):119–124. <https://doi.org/10.3290/j.cjdr.b1530491>
12. Dapieve K. S., Pilecco R. O., Temp R. W., Villetti M. A., Pereira G. K.R., Valandro L. F. Adhesion to lithium disilicate glass-ceramics after aging: Resin viscosity and ceramic surface treatment effects. *Journal of Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2023;142:105819. <https://doi.org/10.1016/j.jmbmm.2023.105819>
13. Dapieve K. S., Pereira G. K.R., Venturini A. B., Daudt N., Valcaneia A., Bottino M. C. et al. Do resin cement viscosity and ceramic surface etching influence the fatigue performance of bonded lithium disilicate glass-ceramic crowns? *Dental Materials*. 2022;38(3): e59-e67. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.12.015>
14. Pai R., Shetty K. H.S., Nair P. M.S., Farook F. M.B., Aphiya A., Kukkila J. The effect of surface conditioning techniques on the shear bond strength of zirconia-reinforced lithium silicate ceramic following adhesive cementation — An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*. 2024;27(8):828–832. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_282_24
15. Da Silva Rodrigues C., Grangeiro M., Da Silva De Assi R., Santos M., Bottino M., De Melo R. Self-Etching Primer Or Hydrofluoric Acid: Effects On The Bond Strength Stability of a Leucite-Based Glass-Ceramic. *The Journal of Adhesive Dentistry*. 2025;27:115–122. https://doi.org/10.3290/j.jad.c_2092
16. Nakhaei M., Mohammadipour H. S., Eslami S. F., Soroush Z. Microshear bond strength of resin cement to a zirconia-reinforced lithium silicate glass ceramic using different surface treatments. *Dental Research Journal (Isfahan)*. 2023;20:59. <https://doi.org/10.4103/1735-3327.377579>
17. Zarone F., Ruggiero G., Leone R., Breschi L., Leuci S., Sorrentino R. Zirconia-reinforced lithium silicate (ZLS) mechanical and biological properties: A literature review. *Journal of Dentistry*. 2021;109:103661. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103661>
18. Yim K. Y., Beh Y. H., Goo C. L. Effects of Surface Treatment and Thermocycling on the Shear Bond Strength of Zirconia-Reinforced Lithium Silicate Ceramic. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2023;25:125–132. <https://doi.org/10.3290/j.jad.b4145161>
19. Vila-Nova T. E.L., Moura D. M.D., Araújo G. M., Pinto R. A.S., Leite F. P.P., Melo R. M. et al. Effect of Adhesive Resin Application on the Durability of Adhesion to CAD/CAM Glass-Ceramics after either Hydrofluoric Acid Etching or Self-etch Primer Application. *The Journal of Adhesive Dentistry*. 2022;24:279–289. <https://doi.org/10.3290/j.jad.b3240691>
20. Dapieve K. S., Aragonz G. C., Prochnow C., Burgo T. A.L., Rippe M. P., Pereira G. K.R. et al. Different Etching Times of a One-step Ceramic Primer: Effect on the Resin Bond Strength Durability to a CAD/CAM Lithium-Disilicate Glass-Ceramic. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2021;23(2):133–143. <https://doi.org/10.3290/j.jad.b1079573>
21. Maqbool B., Rêgo H., Santos G., Ari N., Santos M. Effect of different surface treatment protocols on the bond strength between lithium disilicate and resin cements. *Odontology*. 2024;112(1):74–82. <https://doi.org/10.1007/s10266-023-00809-w>
22. Tribst J. P., Diamantino P. J., de Freitas M. R., Tanaka I. V., Silva-Concilio L. R., de Melo R. M. et al. Effect of active application of self-etching ceramic primer on the long-term bond strength of different dental CAD/CAM materials. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. 2021;13(11): e1089-e1095. <https://doi.org/10.4317/jced.58723>
23. Bessa M. S., Marinho L. C.N., Miranda L. M., Carvalho I. H.G., Campos B. O., Borges B. C.D. et al. Repair bond strength of resin composite to CAD/CAM glass-ceramic: Influence of cleaning methods, surface treatments, and aging. *Journal of Dentistry*. 2025;154:105568. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105568>
24. Martins J. D., Moura D., Lima C. M., de Carvalho R., Leite F., Souza R. Surface Treatment and Cementation of Lithium Silicate Ceramics Containing ZrO₂. *Operative Dentistry*. 2022;47(2):202–213. <https://doi.org/10.2341/20-156-L>
25. Sevilla P., Gseibat M., Peláez J., Suárez M., López-Suárez C. Effect of surface treatments with low-pressure plasma on the adhesion of zirconia. *Materials*. 2023;16(17):6055. <https://doi.org/10.3390/ma16176055>
26. Pereira G. F., Torres M. I.A., de Meneses N. E., Moreira A. C.L., Peixoto R. F. Effect of Airborne-Particle Abrasion and Thermal Cycling on Enamel Bond Strength and Roughness of Lithium Disilicate Treated With a Self-Etching Ceramic Primer. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2026. Online Version of Record before inclusion in an issue. <https://doi.org/10.1111/jerd.70132>
27. Pulido C., Prieto-Torres O., Carvajal-Garzón C., Dávila-Sánchez A., Gonzalez-Vaca C., Arrais C. A.G. Prolonged application methods of self-etching primer: Effect of aging on micro-shear bond strength to lithium disilicate and zirconia-reinforced lithium silicate ceramics. *Journal of Prosthodontics*. 2026;35(4):585–594. <https://doi.org/10.1111/jopr.70085>
28. Klippel G. G.P., de Melo-Silva C. L., de Melo-Silva T. C.F., Elias C. N., de Biasi R. S., Santos C. Shear bond strength of lithium disilicate to resin cement after treatment with hydrofluoric acid and a self-etching ceramic primer. *Materials Research*. 2021;24(4): e20210079. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2021-0079>
29. Alsolami A., Alzahrani K. M. Impact of Self-Etching Ceramic Primer Application Timing on Bond Durability with Lithium Disilicate and Advanced Ceramics. *Coatings* (Basel). 2024;14(11):1461. <https://doi.org/10.3390/coatings14111461>
30. Wille S., Lehmann F., Kern M. Durability of resin bonding to lithium disilicate using different self-etching and conventional ceramic primers after long-term aging. *Dental Materials*. 2022;38(2):444–450. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.12.027>
31. Turunç Oğuzman R., Şişmanoğlu S. Adhesive Performance of Resin Cement to Glass-Ceramic and Polymer-Based Ceramic CAD/CAM Materials after Applying Self-Etching Ceramic Primer or Different Surface Treatments. *Materials* (Basel). 2023;17(1):2. <https://doi.org/10.3390/ma17010002>
32. Calheiros-Lobo M. J., Carbas R., da Silva L. F.M., Pinho T. Impact of in vitro findings on clinical protocols for the adhesion of CAD-CAM blocks: A systematic integrative review and meta-analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2024;131(6):1051–1070. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.08.024>
33. Vichi A., Fabian Fonzar R., Carrabba M., Louca C., Scotti N., Mazzitelli C. et al. Comparison between Hydrofluoric Acid and Single-Component Primer as Conditioners on Resin Cement Adhesion to Lithium Silicate and Lithium Disilicate Glass Ceramics. *Materials* (Basel). 2021;14(22):6776. <https://doi.org/10.3390/ma14226776>
34. Bento V. A.A., de Souza Rolim P. A., de Matos J. R.V., de Araújo Lemos C. A., Pellizzer E. P., Guiotti A. M. Does the surface conditioning of glass and hybrid ceramics with self-etching silane present a bond strength similar to that of conventional bonding? Systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Journal of Prosthodontics*. 2026;35(1):23–36. <https://doi.org/10.1111/jopr.13940>
35. Al-Johani H., Haider J., Silikas N., Satterthwaite J. Effect of surface treatments on optical, topographical and mechanical properties of CAD/CAM reinforced lithium silicate glass ceramics. *Dental Materials*. 2023;39(9):779–789. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2023.07.004>
36. Katyal D., Subramanian A. K., Venugopal A., Marya A. Assessment of Wettability and Contact Angle of Bonding Agent with Enamel Surface Etched by Five Commercially Available Etchants: An In Vitro Study. *International Journal of Dentistry*. 2021;2021:9457553. <https://doi.org/10.1155/2021/9457553>