

DOI: 10.37988/1811-153X_2022_2_6

[Н.И. Крихели,](#)

д.м.н., профессор, зав. кафедрой
клинической стоматологии, проректор
по научной деятельности

[М.Н. Бычкова,](#)

к.м.н., доцент кафедры клинической
стоматологии

[Е.В. Саврасова,](#)

аспирант кафедры клинической
стоматологии

МГМСУ им. А.И. Евдокимова,

127473, Москва, Россия

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Крихели Н.И., Бычкова М.Н., Саврасова Е.В. Адгезивные системы: от техники тотального протравливания к универсальным адгезивам (обзор). — *Клиническая стоматология*. — 2022; 25 (2): 6—11. DOI: 10.37988/1811-153X_2022_2_6

[N.I. Krikheli,](#)

PhD in Medical Sciences, full professor
of the Clinical dentistry Department, vice-
rector

[M.N. Bychkova,](#)

PhD in Medical Sciences, associate professor
of the Clinical dentistry Department

[E.V. Savrasova,](#)

postgraduate at the Clinical dentistry
Department

Moscow State University of Medicine
and Dentistry, 127473, Moscow, Russia

FOR CITATION:

Krikheli N.I., Bychkova M.N., Savrasova E.V. Adhesive systems: From total-etch technique to universal adhesives (a review). *Clinical Dentistry (Russia)*. 2022; 25 (2): 6—11 (In Russ.). DOI: 10.37988/1811-153X_2022_2_6

Адгезивные системы: от техники тотального протравливания к универсальным адгезивам (обзор)

Реферат. В обзорной статье дается описание истории развития адгезивных систем, приводятся актуальные классификации, химический состав и свойства данных материалов. Современные адгезивные системы различают по поколениям, технике протравливания и количеству клинических шагов. Последним поколением стоматологических адгезивов являются универсальные адгезивные системы, применение которых возможно в техниках тотального, селективного и самопротравливания. Ряд исследователей выражают сомнение в долговечности гибридного слоя и прочности сцепления данных адгезивных систем. В отечественной литературе недостаточно отражены способы улучшения и оптимизации работы с универсальными адгезивными системами. **Результаты.** По результатам анализа данных литературы (PubMed, eLibrary и ScienceDirect) все современные адгезивные системы вне зависимости от классификации имеют свои преимущества и недостатки. Адгезивные системы тотального протравливания обеспечивают высокую прочность сцепления и имеют наибольшую долговечность. Однако данные системы зависимы от степени влажности дентина, нарушение техники нанесения вызывает постоперативную чувствительность, они подвержены гидролитической деградации. Концепция самопротравливающих адгезивных систем позволяет проводить одновременное протравливание и проникновение адгезива на глубину деминерализации дентина за счет кислых мономеров. При этом низкая кислотность мономеров в составе самопротравливающего адгезива не позволяет обеспечить достаточную деминерализацию поверхности эмали. Универсальные адгезивные системы имеют уникальный состав, многофункциональность техник протравливания, низкую чувствительность при работе с ними. Они могут быть использованы при проведении как прямых, так и непрямых реставраций. **Заключение.** Обзор литературы показал, что применение универсальных адгезивных систем представляет большой практический интерес и требует дальнейшего изучения.

Ключевые слова: адгезия, химический состав адгезивных систем, универсальные адгезивные системы, техника протравливания

Adhesive systems: From total-etch technique to universal adhesives (a review)

Abstract. This review describes the history of the development of adhesive systems, provides current classifications, chemical composition and properties of these materials. Modern adhesive systems are distinguished by generations, etching technique and number of clinical steps. The latest generation of dental adhesives are universal adhesive systems, the use of which is possible in the techniques of total, selective and self-etching. A number of researchers express doubts about the durability of the hybrid layer and the adhesion strength of these adhesive systems. The Russian literature does not sufficiently reflect the ways to improve and optimize work with universal adhesive systems. **Results.** According to the analysis of literature data (PubMed, eLibrary and ScienceDirect), all modern adhesive systems, regardless of classification, have their advantages and disadvantages. Adhesive systems of total etching provide high adhesion strength and have the greatest durability. However, these systems depend on the degree of dentin moisture, violation of the application technique causes the appearance of postoperative sensitivity, they are subject to hydrolytic degradation. The concept of self-etching adhesive systems allows simultaneous etching and penetration of the adhesive to the depth of dentin demineralization due to acidic monomers. At the same time, the low acidity of monomers in the composition of the self-etching adhesive does not allow for sufficient demineralization of the enamel surface. Universal adhesive systems have a unique composition, versatility of etching techniques, low sensitivity when working with them. They can be used for both direct and indirect restorations. **Conclusion.** A review of the literature has shown that the use of universal adhesive systems is of great practical interest and requires further study.

Key words: adhesion, chemical composition of adhesive systems, universal adhesive systems, etching technique

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ

История стоматологических адгезивных систем началась в 1949 г., когда доктор Хаггер, швейцарский химик, запатентовал первый стоматологический адгезивный материал, который имел сцепление только с дентином, без связывания с эмалью зуба [1]. Следующим шагом в развитии адгезии стало новаторское исследование М. Вуопосе в 1955 г., который применил ортофосфорную кислоту на поверхности эмали, обеспечив ее сцепление с полимеризуемыми смолами. К концу 1960-х годов Вуопосе предположил, что также возможна связь с дентином. В последующем это было подтверждено в исследованиях Т. Фусаюма, который предложил одномоментное протравливание эмали и дентина 37%-ной ортофосфорной кислотой, позднее названное тотальным протравливанием (total-etch или etch-and-rinse техника). Накabayashe в 1985 г. предположил, что сцепление с твердыми тканями зуба имеет не только химическую, но и микромеханическую основу. Он первым ввел понятие «гибридный слой», а также описал характеристики, качество и клинические функции гибридного слоя, который является основным механизмом связывания твердых тканей зуба и адгезивной системы [2].

Однако первые три поколения адгезивных систем имели низкие показатели силы сцепления с твердыми тканями зуба, они уже не используются в стоматологической практике [3].

В начале 1990-х годов разработка и внедрение трехшаговых адгезивных систем тотального протравливания, относящихся к 4-му поколению, стали революционными в адгезивной стоматологии. При работе с трехшаговыми системами сначала проводят протравливание дентина и эмали ортофосфорной кислотой, смывают ее водой, а затем последовательно наносят гидрофильный праймер и равномерный слой гидрофобного бонда для завершения гибридации. После создания трехшаговых адгезивных систем все разработки стоматологического рынка были направлены на упрощение процедур нанесения, чтобы снизить чувствительность техники и сократить время выполнения манипуляций. В связи с этим в конце 1990-х годов были разработаны двухшаговые адгезивные системы тотального протравливания, которые относились к 5-му поколению, и примерно в это же время появились двухшаговые самопротравливающие адгезивные системы 6-го поколения. С 1999 по 2005 г. в клиническую практику были внедрены адгезивные системы 7-го поколения, все ингредиенты которых были соединены в одном флаконе [4, 5]. Однако включение, размещение всего химического состава, необходимого для жизнеспособности адгезивной системы, в одной бутылке и сохранение ее стабильности в течение разумного периода времени представляло серьезную проблему и требовало специальных условий хранения.

Учитывая различия в профессиональном суждении о выборе техники протравливания и количества шагов при нанесении адгезивной системы, рядом

производителей были разработаны адгезивные системы, применение которых стало возможно в технике тотального (2 шага), селективного (2 шага/протравливание только эмали) и самопротравливания (1 шаг). Эти новые материалы получили название «универсальные», «многоцелевые», «многорежимные» или «многофакторные» адгезивные системы [6, 7].

КЛАССИФИКАЦИЯ АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ

Выполнение эстетической реставрации твердых тканей зуба невозможно без использования адгезивной системы. Для систематизации адгезивных систем предложены различные классификации.

Одной из первых была предложена классификация по поколениям, т.е. в соответствии с тем, когда и в каком порядке адгезивная система была разработана стоматологической промышленностью [8]. Однако на сегодняшний день классификация по поколениям устарела [9], ее применяют в маркетинговых целях для продвижения современных материалов (6-е, 7-е или 8-е поколение).

Адгезивные системы также принято классифицировать по количеству клинических шагов (этапов) на трех-, двух- и одношаговые. Трехшаговые системы наиболее сложны для использования в клинической практике, при этом они обеспечивают высокую прочность сцепления [8, 10] и имеют наибольшую долговечность. Для этих систем каждый компонент (протравка, праймер, бонд) имеет свою упаковку или флакон. Двухшаговые системы представлены двумя видами. Первый вид, когда есть этап протравливания и затем этап нанесения праймера и бонда, содержащихся в одном флаконе, либо второй вид, когда один флакон содержит самопротравливающий праймер, а во втором находится бонд. Одношаговые системы, содержащие в одном флаконе протравку, праймер и бонд, самые простые в использовании. Как правило, адгезионная прочность одношаговых систем приемлема, несмотря на простоту применения [11, 12]. Самопротравливающие адгезивные системы также могут быть двухшаговыми (самопротравливающие праймеры), которые, как правило, не содержат растворителей, и одношаговыми (самопротравливающие адгезивы), в которых самопротравливающий праймер объединен с бондом. Для увеличения адгезионной прочности эти системы рекомендованы в применении с предварительным протравливанием эмали [13–15].

Также была предложена классификация, основанная на технике протравливания. В современных адгезивных системах используют два механизма протравливания: тотальное протравливание и самопротравливание, которое можно применять в технике селективного/избирательного протравливания (протравливание только эмали) [16, 17]. В повседневной клинической практике предпочтение чаще отдают работе с адгезивными системами с наименьшим количеством шагов, так как

сокращение манипуляций снижает риск возникновения ятрогенных ошибок на каждом этапе (рис. 1).

АДГЕЗИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ К ТВЕРДЫМ ТКАНЯМ ЗУБА

Адгезия — это молекулярное соединение двух плотно контактирующих разнородных веществ за счет создания между ними механических, химических и диффузионных связей. Адгезивные системы обеспечивают механохимическое прикрепление реставрационного материала к твердым тканям зуба [18]. При использовании адгезивных систем тотального протравливания ортофосфорную кислоту наносят на поверхность эмали, при этом гидроксиапатит частично растворяется, создавая макро- и микропористость. Мономеры адгезивной системы проникают в поры эмали посредством капиллярного притяжения, полимеризация осуществляет ретенцию материала. На стадии кислотного травления в дентине растворяются «смазанный слой» и поверхностный гидроксиапатит, сеть коллагеновых волокон становится открытой. Из дентинных канальцев выделяется дентинная жидкость, которая предотвращает разрушение коллагеновых волокон, делая поверхность дентина влажной. Однако при длительном высушивании дентина коллагеновые волокна, деминерализованные ортофосфорной кислотой, могут разрушаться, что снижает прочность сцепления. Поэтому для предотвращения разрушения коллагеновых волокон деминерализованный дентин должен оставаться увлажненным [19]. Однако методы контроля влажности поверхности дентина и сохранения исходной структуры коллагеновых волокон очень субъективны и зависят

от профессионального опыта работы с данными адгезивами [20]. Из-за градиента концентрации мономеров смолы адгезивных систем тотального протравливания в процессе их проникновения в толстый слой деминерализованной коллагеновой матрицы в гибридном слое создаются зоны отсутствия смолы, которые впоследствии заполняются водой или дентинной жидкостью. Эти условия могут вызывать появление постоперативной чувствительности, ускорять вымывание смолы или создавать богатую водой нишу для активации и функционирования эндогенных коллагенолитических ферментов, присутствующих в коллагеновой матрице. Основываясь на исследованиях реминерализационного процесса, эти богатые водой и редкие смолой области в гибридных слоях соответствуют местам последующей гидролитической деградации, что подрывает долговечность связи смолы и дентина [21–23]. Кроме того, даже в условиях приемлемой влажности, в соответствии с инструкциями изготовителя, смола не полностью проникает в деминерализованный дентин [24]. Поэтому для преодоления гидролитической деградации поверхности раздела дентин—смола была разработана концепция самопротравливающих адгезивных систем. Она заключается в одновременном протравливании и проникновении мономеров на глубину деминерализации дентина в одинаковой степени, интегрируя «смазанный слой» в структуру гибридного слоя. Эта техника позволила снизить риск постоперативной чувствительности, которая обычно возникала при применении систем тотального протравливания [25]. Недостатком данных систем является низкая кислотность мономеров в составе самопротравливающего адгезива, которая не может обеспечить достаточную деминерализацию поверхности эмали.

Самопротравливающие адгезивные системы не требуют контроля влажности дентина, к тому же они менее чувствительны к технике применения, так как в своем составе содержат воду для ионизации кислых мономеров смолы. Высокая концентрация ионных мономеров в этих адгезивах вызывает осмотическое впитывание жидкости, выделяемой из нижележащих дентинных трубочек и их разветвлений. Если остаточная вода не полностью удаляется из растворителя, внутри адгезивного слоя образуются мельчайшие водные каналы, имеющие фрактальную геометрию, — «водяные деревья». Вода ухудшает механические свойства полимера и снижает прочность сцепления. Хотя

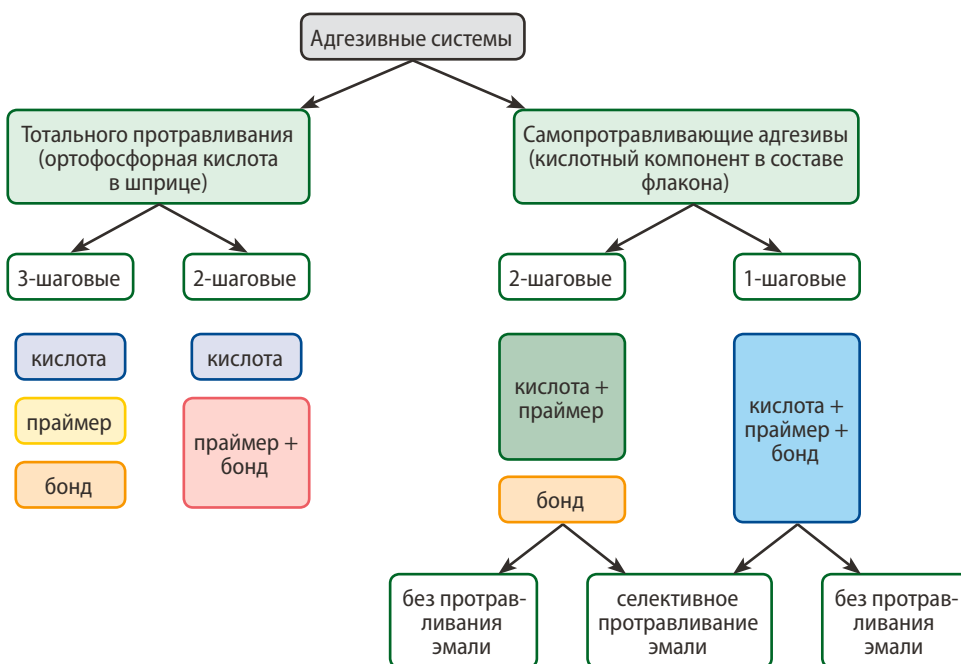


Рис. 1. Классификации адгезивных систем
[Fig. 1. Classifications of adhesive systems]

самопротравливающие адгезивы предназначены для инфильтрации там, где происходит деминерализация, богатые водой участки внутри гибридного слоя не устраняются, что приводит к микроподтеканию. В совокупности микроподтекание и «водные деревья» образуют повышенную проницаемость границ раздела полимер—дентин [26]. Увеличение проницаемости адгезивов более выражено для упрощенных одношаговых самопротравливающих систем по сравнению с двухшаговыми [27]. Стоит отметить, что однокомпонентные самопротравливающие адгезивные системы имеют более низкую адгезионную прочность к твердым тканям зуба [28, 29].

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ АДГЕЗИВНЫЕ СИСТЕМЫ

Универсальные адгезивные системы выпускают начиная с 2011—2012-х годов. На сегодняшний день опубликованы достоверные результаты клинических и лабораторных исследований за последние 5 лет. Несмотря на достаточно большое количество сравнительных статистических исследований универсальных систем и адгезивных систем тотального и селективного протравливания, интерес ученых и практикующих врачей к универсальным системам растет с каждым годом (табл. 1).

В Российской Федерации универсальные адгезивные системы стали изучать относительно недавно, так как их начали регистрировать в государственном реестре медицинских изделий и организаций только с 2016 г. (табл. 2).

Универсальные адгезивные системы — это многофункциональные системы, которые применяют при проведении прямых и непрямых реставраций зубов. Данные адгезивы способны к сцеплению с разными материалами, включая композиты, цементы, керамику и диоксид циркония [30, 31]. Они обеспечивают высокую силу адгезии вне зависимости от влажности дентина [32], позволяют использовать любую технику протравливания в зависимости от клинического случая [33—35] и предотвращают появление постоперативной чувствительности [36, 37]. Прочность адгезии этих систем обычно ниже, чем у систем тотального протравливания, но приемлема для клинического применения. При применении универсальных адгезивных систем исследователи могут столкнуться с теми же проблемами, которые присущи самопротравливающим адгезивным системам. Если открытый коллаген не полностью герметизирован полимеризованными адгезионными мономерами, то деминерализованные коллагеновые волокна будут уязвимы по отношению к гидролитической дегградации, т.е. внутри гибридного слоя будут образовываться пустоты или деминерализованные водные каналы. Несмотря на противоречивые взгляды и скептическое отношение к новому классу дентальных адгезивов в лабораторных исследованиях было показано, что техника протравливания незначительно влияет на адгезионную прочность [38]. Однако применение универсальных

адгезивных систем выявило ряд проблем. Во-первых, толщина адгезивного слоя менее 10 мкм позволяет кислороду ингибировать полимеризацию на значительную глубину. Неоптимальная полимеризация может дестабилизировать адгезионную поверхность и привести к сорбции воды из нижележащего дентина за счет возникающего осмоса. Во-вторых, молекула НЕМА также может создавать адгезивную поверхность, которая склонна к гидролитическому разложению. В-третьих, для обеспечения стабильности силана, включенного в состав некоторых универсальных систем для химического связывания со стеклокерамикой, необходимо уменьшать кислотность водного раствора ($pH > 2,5$), что также снижает силу сцепления с эмалью. В-четвертых, сложные эфиры мономера 10-MDP, связывающие гидрофобный спейсер с метакрилатными и фосфатными функциональными группами на обоих концах молекулы, чувствительны к гидролитическому разложению. Кроме того, функция 10-MDP при использовании универсальных адгезивов в технике тотального протравливания не совсем ясна, что требует дальнейших углубленных исследований [39]. Большинство универсальных адгезивов содержат именно 10-MDP функциональный мономер, однако эффективность между разными системами может различаться, так как производители

Таблица 1. Универсальные адгезивные системы, выпускаемые за рубежом

[Table 1. Universal adhesive systems produced abroad]

Наименование	Производитель	Год выпуска
Scotchbond Universal Adhesive/Single Bond Universal	3M	2011
Peak Universal Bond	Ultradent	2012
All-Bond Universal	Bisco Dental	2012
Peak Universal Bond	Ultradent	2012
Futurabond U	VOCO	2015
G-Premio BOND	GC America	2015
iBOND Universal	Kulzer	2015
Tokuyama Universal Bond	Tokuyama Dental America	2016
One Coat 7 Universal	Coltene	2018
ZIPBOND	SDI (North America)	2019
Iperbond MAX	Itena Clinical	2020

Таблица 2. Универсальные адгезивные системы, зарегистрированные в РФ

[Table 2. Universal adhesive systems registered in the Russian Federation]

Наименование	Производитель	Дата регистрации
Prime & Bond One Elect	Dentsply Sirona	16.09.2016
OptiBond Universal	Kerr	26.12.2019
Single Bond Universal	3M	19.07.2017
All-Bond Universal	Bisco	02.11.2017
Tetric N-Bond Universal	Ivoclar Vivadent	04.08.2017
Adhese Universal	Ivoclar Vivadent	04.08.2017

не указывают данные о концентрации и чистоте качества этой молекулы в своем составе [40, 41].

Несмотря на скептические суждения о долгосрочности реставраций зубов с применением универсальных адгезивных систем анализ клинических исследований показывает, что их применение не уступает другим классам адгезивных систем. При сравнении с адгезивными системами тотального протравливания универсальные адгезивные системы в технике тотального и селективного протравливания показали сопоставимые результаты по модифицированным критериям USPHS [42]. В ряде исследований установлено, что универсальные системы более устойчивы и долговечны в сравнении с самопротравливающими адгезивными системами [43, 44]. Стоит отметить, что техники тотального и селективного протравливания имеют наиболее успешные долгосрочные эстетические реставрации, чем техника самопротравливания [45–47]. При работе с универсальными адгезивными системами следует отдавать предпочтение селективной технике протравливания, которая увеличивает адгезионную прочность за счет микромеханической ретенции эмали, снижает зависимость отслеживания влажности дентина, предотвращая риск появления постоперативной чувствительности,

возникающей при использовании техники тотального протравливания [48, 49].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день на стоматологическом рынке представлены разные адгезивные системы, которые классифицируют по поколениям, технике протравливания и количеству клинических шагов. Однако особое внимание привлекают новые, универсальные адгезивные системы. Уникальный состав, многофункциональность техник протравливания, низкая чувствительность при работе делают их особенно привлекательными и востребованными для врачей-стоматологов. Применение универсальных адгезивных систем представляет большой практический интерес и требует дальнейшего изучения.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Поступила: 06.04.2022 **Принята в печать:** 26.05.2022

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

Received: 06.04.2022 **Accepted:** 26.05.2022

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

- Sofan E., Sofan A., Palaia G., Tenore G., Romeo U., Migliaiu G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. — *Ann Stomatol (Roma)*. — 2017; 8 (1): 1–17. [PMID: 28736601](#)
- Nikaido T. In Memoriam: Nobuo Nakabayashi (1936–2021), “Discoverer” of the hybrid layer. — *J Adhes Dent*. — 2022; 24 (1): 1. [PMID: 35227040](#)
- Kazak M., Dönmez N. Development of dentin bonding systems from past to present. — *Bezmialem Science*. — 2019; 7 (4): 322–30. [DOI: 10.14235/bas.galenos.2019.3102](#)
- Song M., Shin Y., Park J.W., Roh B.D. A study on the compatibility between one-bottle dentin adhesives and composite resins using micro-shear bond strength. — *Restor Dent Endod*. — 2015; 40 (1): 30–6. [PMID: 25671210](#)
- Alex G. Considerations for the successful placement of laboratory-processed, indirect composite restorations. — *Compend Contin Educ Dent*. — 2003; 24 (8 Suppl): 43–7; quiz 62. [PMID: 14692220](#)
- Perdigão J., Loguercio A.D. Universal or multi-mode adhesives: Why and how? — *J Adhes Dent*. — 2014; 16 (2): 193–4. [PMID: 24757706](#)
- Trevor Burke F.J., Lawson A., Green D.J.B., Mackenzie L. What's new in dentine bonding?: Universal adhesives. — *Dent Update*. — 2017; 44 (4): 328–30, 332, 335–8, 340. [PMID: 29172359](#)
- Asmussen E., Peutzfeldt A. Influence of selected components on crosslink density in polymer structures. — *Eur J Oral Sci*. — 2001; 109 (4): 282–5. [PMID: 11531075](#)
- Удод А.А., Сагунова К.И. Адгезивные системы в реставрационной стоматологии: эволюция и перспективы. — *Вестник проблем биологии и медицины*. — 2014; 2 (111): 53–58. [[Udod A.A., Sagunova K.I. Adhesive system in restorative dentistry: Evolution and prospects. — *Bulletin of Problems Biology and Medicine*. — 2014; 2 \(111\): 53–58 \(In Russ.\). \[eLibrary ID: 23543553\]\(#\)](#)]
- Alex G. Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? — *Compend Contin Educ Dent*. — 2015; 36 (1): 15–26; quiz 28, 40. [PMID: 25822403](#)
- Ermis R.B., Van Landuyt K.L., Cardoso M.V., De Munck J., Van Meerbeek B., Peumans M. Clinical effectiveness of a one-step self-etch adhesive in non-carious cervical lesions at 2 years. — *Clin Oral Investig*. — 2012; 16 (3): 889–97. [PMID: 21603966](#)
- van Dijken J.W., Pallesen U. Eight-year randomized clinical evaluation of Class II nanohybrid resin composite restorations bonded with a one-step self-etch or a two-step etch-and-rinse adhesive. — *Clin Oral Investig*. — 2015; 19 (6): 1371–9. [PMID: 25359327](#)
- Fathpour K., Bazazzade A., Mirmohammadi H. A Comparative study of cervical composite restorations microleakage using dental universal bonding and two-step self-etch adhesive. — *J Contemp Dent Pract*. — 2021; 22 (9): 1035–1040. [PMID: 35000949](#)
- Batra C., Nagpal R., Tyagi S.P., Singh U.P., Manuja N. In vitro bonding effectiveness of three different one-step self-etch adhesives with additional enamel etching. — *J Investig Clin Dent*. — 2014; 5 (3): 226–36. [PMID: 23596010](#)
- Szesz A., Parreiras S., Reis A., Loguercio A. Selective enamel etching in cervical lesions for self-etch adhesives: A systematic review and meta-analysis. — *J Dent*. — 2016; 53: 1–11. [PMID: 27381814](#)
- Sezinando A. Looking for the ideal adhesive — A review. — *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*. — 2014; 55 (4): 194–206. [DOI: 10.1016/j.rpemd.2014.07.004](#)
- Perdigão J. Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion — not there yet. — *Jpn Dent Sci Rev*. — 2020; 56 (1): 190–207. [PMID: 34188727](#)
- Крихели Н.И., Пустовойт Е.В., Бычкова М.Н. и др. Эстетическая стоматология. — М.: Практическая медицина, 2018. — 320 с. [[Krixeli N.I., Pustovojt E.V., Bychkova M.N. et al. Aesthetic Dentistry. — Moscow: Practical medicine, 2018. — 320 p. \(In Russ.\).](#)]

19. Betancourt D.E., Baldion P.A., Castellanos J.E. Resin-dentin bonding interface: Mechanisms of degradation and strategies for stabilization of the hybrid layer. — *Int J Biomater.* — 2019; 2019: 5268342. [PMID: 30853990](#)
20. Matos A.B., Trevelin L.T., Silva B.T.F.D., Francisconi-Dos-Rios L.F., Siriani L.K., Cardoso M.V. Bonding efficiency and durability: current possibilities. — *Braz Oral Res.* — 2017; 31 (suppl 1): e57. [PMID: 28902237](#)
21. Tjäderhane L., Nascimento F.D., Breschi L., Mazzoni A., Tersariol I.L., Geraldeli S., Tezvergil-Mutluay A., Carrilho M., Carvalho R.M., Tay F.R., Pashley D.H. Strategies to prevent hydrolytic degradation of the hybrid layer—A review. — *Dent Mater.* — 2013; 29 (10): 999–1011. [PMID: 23953737](#)
22. Pashley D.H., Tay F.R., Breschi L., Tjäderhane L., Carvalho R.M., Carrilho M., Tezvergil-Mutluay A. State of the art etch-and-rinse adhesives. — *Dent Mater.* — 2011; 27 (1): 1–16. [PMID: 21112620](#)
23. Tjäderhane L. Dentin bonding: can we make it last? — *Oper Dent.* — 2015; 40 (1): 4–18. [PMID: 25615637](#)
24. Liu Y., Tjäderhane L., Breschi L., Mazzoni A., Li N., Mao J., Pashley D.H., Tay F.R. Limitations in bonding to dentin and experimental strategies to prevent bond degradation. — *J Dent Res.* — 2011; 90 (8): 953–68. [PMID: 21220360](#)
25. Bakry A.S., Abbassy M.A. Application Modes Affect Two Universal Adhesive Systems' Nanoleakage Expression and Shear Bond Strength. — *Biomed Res Int.* — 2021; 2021: 7375779. [PMID: 34631886](#)
26. Van Landuyt K.L., De Munck J., Mine A., Cardoso M.V., Peumans M., Van Meerbeek B. Filler debonding & subhybrid-layer failures in self-etch adhesives. — *J Dent Res.* — 2010; 89 (10): 1045–50. [PMID: 20631093](#)
27. Faria-e-silva A.L., Soares P.V., Baroni D.B., Menezes M.S., Santos-Filho P.C., Soares C.J., Aguiar F.H., Martins L.R. Does bonding to dentin reduce microleakage of composite restorations? — *Acta Odontol Latinoam.* — 2012; 25 (1): 14–9. [PMID: 22928376](#)
28. Marchesi G., Frassetto A., Visintini E., Diolosà M., Turco G., Salgarallo S., Di Lenarda R., Cadenaro M., Breschi L. Influence of ageing on self-etch adhesives: one-step vs. two-step systems. — *Eur J Oral Sci.* — 2013; 121 (1): 43–9. [PMID: 23331423](#)
29. Vanajasan P.P., Dhakshinamoorthy M., Rao C.S. Factors affecting the bond strength of self-etch adhesives: A meta-analysis of literature. — *J Conserv Dent.* — 2011; 14 (1): 62–7. [PMID: 21691509](#)
30. Dimitriadi M., Panagiotopoulou A., Pelecanou M., Yannakopoulou K., Eliades G. Stability and reactivity of γ -MPTMS silane in some commercial primer and adhesive formulations. — *Dent Mater.* — 2018; 34 (8): 1089–1101. [PMID: 29784461](#)
31. Perdigão J., Araujo E., Ramos R.Q., Gomes G., Pizzolotto L. Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. — *J Esthet Restor Dent.* — 2021; 33 (1): 51–68. [PMID: 33264490](#)
32. Tsujimoto A., Shimatani Y., Nojiri K., Barkmeier W.W., Markham M.D., Takamizawa T., Latta M.A., Miyazaki M. Influence of surface wetness on bonding effectiveness of universal adhesives in etch-and-rinse mode. — *Eur J Oral Sci.* — 2019; 127 (2): 162–169. [PMID: 30536451](#)
33. Wagner A., Wendler M., Petschelt A., Belli R., Lohbauer U. Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. — *J Dent.* — 2014; 42 (7): 800–7. [PMID: 24814138](#)
34. Maciel Pires P., Dávila-Sánchez A., Faus-Matoses V., Nuñez Martí J.M., Lo Muzio L., Sauro S. Bonding performance and ultramorphology of the resin-dentine interface of contemporary universal adhesives. — *Clin Oral Investig.* — 2022; online ahead of print. [PMID: 35149904](#)
35. Yamauchi K., Tsujimoto A., Jurado C.A., Shimatani Y., Nagura Y., Takamizawa T., Barkmeier W.W., Latta M.A., Miyazaki M. Etch-and-rinse vs self-etch mode for dentin bonding effectiveness of universal adhesives. — *J Oral Sci.* — 2019; 61 (4): 549–553. [PMID: 31631096](#)
36. Josic U., Maravic T., Mazzitelli C., Radovic I., Jacimovic J., Del Bianco F., Florenzano F., Breschi L., Mazzoni A. Is clinical behavior of composite restorations placed in non-cariious cervical lesions influenced by the application mode of universal adhesives? A systematic review and meta-analysis. — *Dent Mater.* — 2021; 37 (11): e503-e521. [PMID: 34481667](#)
37. Крихели Н.И., Бычкова М.Н., Саврасова Е.В. Использование универсальной адгезивной системы при проведении прямой композитной реставрации. — *Российская стоматология.* — 2021; 14 (1): 50–51
[Kriheli N.I., Bychkova M.N., Savrasova E.V. Using universal adhesive systems in direct composite restorations. — *Russian Stomatology.* — 2021; 14 (1): 50–51 (In Russ.)]. [DOI: 10.17116/rosstomat20211401131](#)
38. Vermelho P.M., Reis A.F., Ambrosano G.M.B., Giannini M. Adhesion of multimode adhesives to enamel and dentin after one year of water storage. — *Clin Oral Investig.* — 2017; 21 (5): 1707–1715. [PMID: 27714528](#)
39. Turp V., Sen D., Tuncelli B., Ozcan M. Adhesion of 10-MDP containing resin cements to dentin with and without the etch-and-rinse technique. — *J Adv Prosthodont.* — 2013; 5 (3): 226–33. [PMID: 24049562](#)
40. Van Meerbeek B., Yoshihara K., Van Landuyt K., Yoshida Y., Peumans M. From Buonocore's pioneering acid-etch technique to self-adhering restoratives. A status perspective of rapidly advancing dental adhesive technology. — *J Adhes Dent.* — 2020; 22 (1): 7–34. [PMID: 32030373](#)
41. Carrilho E., Cardoso M., Marques Ferreira M., Marto C.M., Paula A., Coelho A.S. 10-MDP based dental adhesives: Adhesive interface characterization and adhesive stability—A systematic review. — *Materials (Basel).* — 2019; 12 (5): E790. [PMID: 30866488](#)
42. Oz F.D., Ergin E., Canatan S. Twenty-four-month clinical performance of different universal adhesives in etch-and-rinse, selective etching and self-etch application modes in NCCL — a randomized controlled clinical trial. — *J Appl Oral Sci.* — 2019; 27: e20180358. [PMID: 30994773](#)
43. van Dijken J.W., Pallesen U. Three-year randomized clinical study of a one-step universal adhesive and a two-step self-etch adhesive in Class II composite restorations. — *J Adhes Dent.* — 2017; 19 (4): 287–294. [PMID: 28849796](#)
44. Manarte-Monteiro P., Domingues J., Teixeira L., Gavinha S., Manso M.C. Multi-mode adhesives performance and success/retention rates in NCCLs restorations: randomised clinical trial one-year report. — *Biomater Investig Dent.* — 2019; 6 (1): 43–53. [PMID: 31998871](#)
45. de Paris Matos T., Perdigão J., de Paula E., Coppla F., Hass V., Schaffer R.F., Reis A., Loguercio A.D. Five-year clinical evaluation of a universal adhesive: A randomized double-blind trial. — *Dent Mater.* — 2020; 36 (11): 1474–1485. [PMID: 32933775](#)
46. Loguercio A.D., de Paula E.A., Hass V., Luque-Martinez I., Reis A., Perdigão J. A new universal simplified adhesive: 36-Month randomized double-blind clinical trial. — *J Dent.* — 2015; 43 (9): 1083–1092. [PMID: 26159382](#)
47. Atalay C., Ozgunaltay G., Yazici A.R. Thirty-six-month clinical evaluation of different adhesive strategies of a universal adhesive. — *Clin Oral Investig.* — 2020; 24 (4): 1569–1578. [PMID: 31468262](#)
48. Yousaf A., Aman N., Manzoor M.A., Shah J.A., Dilrasheed Postoperative sensitivity of self etch versus total etch adhesive. — *J Coll Physicians Surg Pak.* — 2014; 24 (6): 383–6. [PMID: 24953909](#)
49. Manchorova-Veleva N.A., Vladimirov S.B., Keskinova D.A. Clinical impact of dental adhesives on postoperative sensitivity in Class I and Class II resin—Composite restorations. — *Folia Med (Plovdiv).* — 2015; 57 (3–4): 243–9. [PMID: 27180352](#)