

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ЭНДОДОНТИИ

Л. Г. Борисенко, А. С. Редер

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ
АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ РАЗЛИЧНЫХ ПОКОЛЕНИЙ.
МЕТОДЫ АДГЕЗИВНОЙ ПОДГОТОВКИ ЗУБОВ**

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2023

УДК 616.314-089.23-76(075.8)

ББК 56.6я73

Б82

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве учебно-методического пособия 29.06.2022 г., протокол № 6

Рецензенты: д-р мед. наук, проф., зав. каф. терапевтической стоматологии Белорусской медицинской академии последипломного образования Н. В. Новак; каф. общей стоматологии Белорусской медицинской академии последипломного образования

Борисенко, Л. Г.

Б82 Сравнительный анализ и эффективность адгезивных систем различных поколений. Методы адгезивной подготовки зубов : учебно-методическое пособие / Л. Г. Борисенко, А. С. Редер. – Минск : БГМУ, 2023. – 43 с.

ISBN 978-985-21-1268-0.

Представлены адгезивные системы разных поколений, их сравнительная характеристика, эффективность использования в реставрационной технике.

Предназначено для студентов 2–5-го курсов стоматологического факультета, медицинского факультета иностранных учащихся, обучающихся на русском языке, клинических ординаторов, магистрантов.

УДК 616.314-089.23-76(075.8)

ББК 56.6я73

ISBN 978-985-21-1268-0

© Борисенко Л. Г., Редер А. С., 2023

© УО «Белорусский государственный медицинский университет», 2023

МОТИВАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМЫ

Общее время занятий: 70–100 мин.

Адгезивная стоматология является сегодня неотъемлемой частью стоматологической практики в целом. Общеизвестно, что стоматологические адгезивы при правильном применении обладают способностью укреплять ослабленный дентин или эмаль, снижать вероятность изменения цвета по краям реставрации, уменьшать краевую проницаемость и потенциально снижать постоперационную чувствительность.

Ассортимент адгезивных систем в настоящее время очень широкий и постоянно пополняется. Материалы значительно различаются по своим характеристикам и технике работы, что требует от врача определенных знаний и постоянного повышения квалификации в области адгезивной стоматологии. В клинической практике стоматологи часто стоят перед выбором оптимального материала и методики применения адгезивных систем.

Цель занятия: обобщить знания о возможности и эффективности применения адгезивных систем разных поколений в зависимости от клинической ситуации.

Задачи занятия. Студент должен :

- 1) изучить схему клинического обследования пациента с заболеваниями твердых тканей зубов;
- 2) ознакомиться с механизмом адгезии к твердым тканям зуба;
- 3) знать классификацию и поколения адгезивных систем;
- 4) изучить правила использования, преимущества и недостатки различных поколений адгезивных систем;
- 5) знать критерии выбора адгезивной системы в зависимости от клинической ситуации;
- 6) научиться работать с адгезивными системами различных поколений.

Требования к исходному уровню знаний. Для успешного усвоения темы студенты должны повторить материал из следующих дисциплин:

- гистологии, цитологии, эмбриологии: гистологическое строение тканей зуба;
- терапевтической стоматологии: основные и дополнительные методы диагностики кариеса зубов и его осложнений;
- биоорганической химии: органические соединения, применяемые в стоматологии.

Контрольные вопросы из смежных дисциплин:

1. Методы оценки стоматологического здоровья пациента.
2. Анатомия зубов, пульпы и периодонта.
3. Гистологическое строение эмали, дентина.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Понятие «адгезивная система», требования, предъявляемые к адгезивным системам.
2. Механизм адгезии к твердым тканям зуба.
3. Классификация и поколения адгезивных систем.
4. Правила использования, преимущества и недостатки различных поколений адгезивных систем.
5. Критерии выбора адгезивной системы в зависимости от клинической ситуации.

Задания для самостоятельной работы. Для подготовки к занятию студенту необходимо повторить учебный материал из смежных дисциплин, затем ознакомиться с учебным материалом данного учебно-методического пособия. Для более эффективного усвоения материала студенту рекомендуется вести записи вопросов и замечаний, которые впоследствии можно выяснить в ходе самостоятельной работы с литературой или на консультации с преподавателем.

Для самоконтроля усвоения темы рекомендуется использовать тестовые задания, представленные после учебного материала. Завершают работу над темой контрольные вопросы, ответив на которые студент может успешно подготовиться к занятию.

ВВЕДЕНИЕ

В переводе с англ. adhesive — клей, клеящее вещество. Основная функция адгезивных систем в стоматологии — улучшение сцепления между зубными тканями и композиционными материалами за счет формирования молекулярных связей. Все неровности, которые присутствуют на поверхности зуба, заполняются адгезивом, и таким образом увеличивается контактная площадь. Адгезивы применяются для работы с композиционными материалами, компомерами и отдельными стеклоиономерными цементами. В ортопедии они используются при реставрациях изделий из композитов и керамики, для фиксации брекет-систем, виниров, а также украшений. В детской стоматологии адгезивные системы находят применение при запечатывании фиссур, для фиксации ортодонтических конструкций.

В клинической практике стоматологи часто стоят перед выбором оптимального материала и методики применения адгезивов.

Соблюдение инструкции производителя и основных принципов адгезивной подготовки в большинстве случаев гарантирует долговременный успех адгезивной реставрации зубов, позволяет избежать осложнений.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Адгезив — вещество, которое сцепляет или связывает поверхности двух материалов.

Адгезия — сцепление между приведенными в близкий контакт поверхностями различных по природе материалов.

Активатор — дополнительный компонент для некоторых адгезивных систем с тотальным протравливанием, обеспечивающий самоотверждение адгезивной системы. Активатор предназначен только для определенной системы. Он смешивается с праймером и бондом и применяется при работе с материалами химического и двойного отверждения, амальгамой.

Бонд (адгезив) — сложный химический комплекс, включающий гидрофобные высокомолекулярные метакрилаты, наполнитель, растворитель, инициатор, стабилизатор. Он обеспечивает связь гидрофобного композиционного материала с протравленной поверхностью эмали.

Гибридный слой — искусственная структура, формирующаяся после протравливания (деминерализации) и последующей инфильтрации твердых тканей зуба компонентами адгезивной системы, которые полностью полимеризуются.

Гидрофильный мономер — низкомолекулярные метакрилаты (4-МЕТА, НЕМА, ВРDМ, РЕНТА, GРDМ, РMДМ, РMГDМ), представляющие собой полярные органические молекулы с низкой рН и выраженными гидрофильными свойствами. Эти свойства в комбинации с растворителем позволяют гидрофильным мономерам проникать вглубь структур протравленного дентина живого зуба, способствуют образованию ионных связей с гидроксиапатитами.

Гидрофобный мономер — высокомолекулярные метакрилаты высокой вязкости (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, PEG-DMA и др.). При полимеризации эти молекулы сшиваются и образуют органическую матрицу. Гидрофобные мономеры различаются степенью усадки, толщиной пленки материала, стабильностью, поэтому в адгезивных системах содержится, как правило, комбинация этих метакрилатов.

Инициатор — химическое вещество, способное при определенном воздействии запускать реакцию с образованием свободных радикалов, способствующих взаимосвязыванию низко- и высокомолекулярных метакрилатов в единую органическую матрицу. В светоактивируемых материалах применяется камфорохинон, фенилпропандион, в химиоактивируемых материалах — третичные амины, перекись бензоила.

Кондиционер — раствор, содержащий слабую органическую или неорганическую кислоту, предназначенный для полного или частичного удаления смазанного слоя с поверхности дентина, цемента (полиакриловая

кислота, 4–10%-ная малеиновая, 30–50%-ная лимонная, 10–15%-ная ортофосфорная кислоты).

Праймер — сложный химический комплекс, включающий гидрофильные мономеры, растворитель, наполнитель, инициатор, стабилизатор. Он предназначен для пропитывания структур дентина (сети коллагеновых волокон, дентинных трубочек) с образованием гибридного слоя. Благодаря праймеру возможно сцепление гидрофобных стоматологических материалов с влажным дентином.

Протравливающее средство — раствор, гель или полугель, содержащий концентрированную неорганическую кислоту (как правило, 37%-ную ортофосфорную кислоту), предназначенный для полного удаления смазанного слоя дентина и создания микрорельефа на поверхности эмали, дентина, цемента.

Растворитель — химическое вещество (ацетон, спирт, вода, их комбинация), способствующее сохранению жидкой консистенции материала и проникновению компонентов адгезивной системы в ткани зуба.

Стабилизатор — химическое вещество, препятствующее самопроизвольному взаимодействию мономеров в компонентах адгезивной системы и их преждевременной полимеризации. Стабилизатор определяет срок годности материала. Как правило, срок годности адгезивной системы меньше, чем у пломбирочного материала, и составляет в среднем 1–2 года при хранении в условиях комнатной температуры.

ИСТОРИЯ АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ

Впервые адгезивная технология в стоматологии появилась благодаря **Вуоносоге в 1955 г.**, который установил, что обработка эмали 85%-ной ортофосфорной кислотой в течение 30 с улучшает сцепление с пломбирочным материалом. Возникшая в середине прошлого века техника предварительного протравливания эмали кислотой легла в основу современных адгезивных методик реставрации зубов. С этого момента начали разрабатывать концепцию предварительной обработки зуба, то есть адгезивной подготовки с целью получения прочной связи с тканями зуба. Через 10 лет Bowen разработал смолу на основе NPG-GMA, которая обладала способностью глубоко проникать в микропоры протравленной эмали. Она стала первой предшественницей современных адгезивных систем.

В середине 70-х гг. прошлого века появилось **I поколение адгезивов**. Им свойственны достаточно высокие показатели адгезии к эмали, но адгезия к дентину была низкой — не больше 3 МПа. Наиболее характерным для данного поколения было использование в их составе диметакрилата глицерофосфорной кислоты, бифункциональная молекула которого взаимодействует с

кристаллами гидроксиапатита. В таком случае метакрилатные группы могут связывать акриловые смолы композиционного материала. Проблема краевой разгерметизации стояла крайне остро — сложности возникали уже через несколько месяцев после проведенного лечения. При использовании адгезивов I поколения часто наблюдалась значительная постоперационная чувствительность. Представителями I поколения являются *Cosmic Bond*, *Cervident*.

В конце 70-х гг. прошлого века появилось **II поколение адгезивов**. Здесь впервые была сделана попытка задействовать смазанный слой для получения более высоких показателей адгезии к дентину. В результате сила адгезии к дентину возросла до 4–8 МПа, что значительно больше, чем у систем I поколения. Однако при применении данной группы адгезивов часто наблюдались микроподтекания, проблема постоперационной чувствительности также не была решена. Большинство из них имели в своем составе смесь эфиров ортофосфорной кислоты со смолами (Bis-GMA или HEMA) без различных наполнителей. Представители II поколения: *Scotchbond*, *Bond Lite*.

В начале 1980-х гг. появилось и активно использовалось до начала 1990-х гг. **III поколение адгезивов**. При работе с системами этого поколения впервые использовалась обработка дентина как часть адгезивной техники. В состав адгезивной системы входили двухкомпонентный праймер (Primer A, Primer B) и бонд (Bond). Предварительно эмаль протравливали 37%-ной ортофосфорной кислотой, дентин обрабатывали праймером, содержащим органическую кислоту (ЭДТА, малеиновую кислоту), гидрофильный мономер (4-META или HEMA) и растворитель (спирт или ацетон), которые повышали микропроницаемость дентина. Связь с поверхностным слоем дентина осуществлялась за счет его модификации органической кислотой, которая позволяла гидрофильному мономеру пропитывать дентин. Несмотря на модификацию смазанного слоя, адгезия к дентину оставалась все еще достаточно низкой (8–15 МПа). Завершающий этап адгезивной подготовки включал нанесение бонда, содержащего гидрофобные мономеры, чаще всего использовались Bis-GMA, UDMA, TEGDMA. Наиболее часто применяемыми адгезивами III поколения были *Gluma*, *XR Bond*, *Superbond*.

Появление **адгезивов IV поколения** в начале 1990-х гг. преобразило стоматологию. Показатель адгезии к дентину достиг современных значений — 17–25 МПа. В технике работы с IV поколением впервые начали использовать гибридный слой между дентином и композиционным материалом. Эффективность адгезивов IV поколения связана с техникой тотального протравливания и концепцией влажного дентинного бондинга, которая уменьшала постоперационную чувствительность и увеличивала силу адгезии. Техника их использования включает в себя три этапа: протравливание 37%-ой ортофосфорной кислотой, прайминг и бондинг. Представители этой группы: *OptiBond FL*, *All-Bond 2*, *Syntac*, *Solobond Plus*, *Gluma Solid Bond*.

В середине 90-х гг. XX в. появилось **V поколение адгезивных систем**. Эта группа материалов представлена так называемыми однобутылочными адгезивными системами (one-bottle systems), у которых праймер и бонд находятся в одном растворе. Классическая техника их использования включает минимум два этапа: тотальное протравливание твердых тканей зуба (15–30 с) и аппликацию смеси «праймер – бонд» (20–30 с) с последующей полимеризацией. Представители этой группы: *ExciTE*, *Gluma Comfort Bond (+Desensitizer)*, *One-Step Plus*, *OptiBond Solo Plus*, *PQ1*, *XP Bond*, *Single Bond*, *Adper Single Bond 2*, *Tenur Quick*, *Easy Bond*, *Fuji BOND LC*, *One Coat Bond*, *Solobond M*, *Admira Bond*.

Адгезивные системы VI поколения представляют собой одно-/двух-компонентные одношаговые самопротравливающие системы (self-etching all-in-one adhesives). На стоматологическом рынке они появились в конце 1990-х гг. Разработчики VI поколения адгезивов с помощью самопротравливающих систем пытались снизить количество нарушений адгезивных протоколов, а также уменьшить время работы с адгезивами. Сила сцепления с эмалью для большинства представителей этой группы — около 20 МПа, с дентином — 20–25 МПа, благодаря чему возникает надежное сцепление с композиционным материалом. Адгезивные системы VI поколения обеспечивают более простую и быструю методику работы и почти полное отсутствие постоперационной чувствительности. Представителями данного поколения являются *Futurabond*, *Etch & Prime 3.0*, *Adper Promt L-Pop*.

VII поколение адгезивных систем — одношаговые системы. В результате создания надежных стабилизаторов в одном флаконе соединены кондиционер, праймер и бонд. Этот адгезив объединяет кондиционирование, дезинфекцию дентинных трубочек, обработку праймером и бондом. Все компоненты системы не требуют смешивания. Риск развития постоперационной чувствительности при использовании адгезивов VII поколения очень низкий благодаря отсутствию возможности перетравливания или пересушивания дентина. Представителями данной группы являются *G-Bond*, *G-aenial Bond*, *Clearfil Tri-S Bond*, *Adper Easy Bond*, *OptiBond All-in-One*.

Несколько лет назад на рынке стоматологических адгезивов появился новый класс материалов — **универсальные адгезивные системы**. Они предоставляют врачу-стоматологу возможность выбора техники кислотной обработки эмали и дентина. Это стало возможным благодаря наличию в их составе кислотных компонентов, обеспечивающих, за счет определенного уровня pH, мягкое самопротравливающее действие на ткани зуба. Представители: *Single Bond Universal*, *Futurabond U*, *Prime & Bond Elect*, *All-Bond Universal*, *G-Premio-BOND*.

Этапы разработки адгезивных систем представлены в табл. 1

История адгезивных систем

Год	Этап
1955	Применение 85%-ной ортофосфорной кислоты для обработки эмали (Buonocore)
1965	Разработка смолы на основе NPG-GMA (Bowen)
Середина 1970-х	I поколение адгезивов с диметакрилатом глицерофосфорной кислоты (3 МПа)
1978	II поколение адгезивов: смесь эфиров ортофосфорной кислоты со смолами (Bis-GMA или HEMA) (4–8 МПа)
1980	III поколение адгезивов: обработка эмали 37%-ной ортофосфорной кислотой, дентина — праймером (8–15 МПа)
1992	IV поколение адгезивов: тотальное протравливание + праймер + бонд (17–25 МПа)
1995	V поколение адгезивов: тотальное протравливание + смесь «праймер – бонд» (20–24 МПа)
Конец 1990-х	VI поколение адгезивов: самопротравливающий праймер + бонд (18–23 МПа)
2003	VII поколение адгезивов: одношаговые самопротравливающие системы (18–25 МПа)
2015	Универсальные адгезивы: применяются во всех техниках протравливания, все компоненты в одном флаконе (30 МПа)

СОСТАВ И СВОЙСТВА АДГЕЗИВНОЙ СИСТЕМЫ

Свойства идеальной адгезивной системы:

- биосовместимость;
- химическая устойчивость;
- равная эффективность образования связей с эмалью и дентином;
- механическая устойчивость к жевательным нагрузкам;
- механические свойства, близкие к зубной ткани;
- простая методика клинического применения.

Состав классической адгезивной системы. Адгезивная система стандартно включает в себя набор жидкостей, в которые входят в различных вариантах протравливающий компонент, растворитель, гидрофильный праймер и гидрофобный бонд (рис. 1).

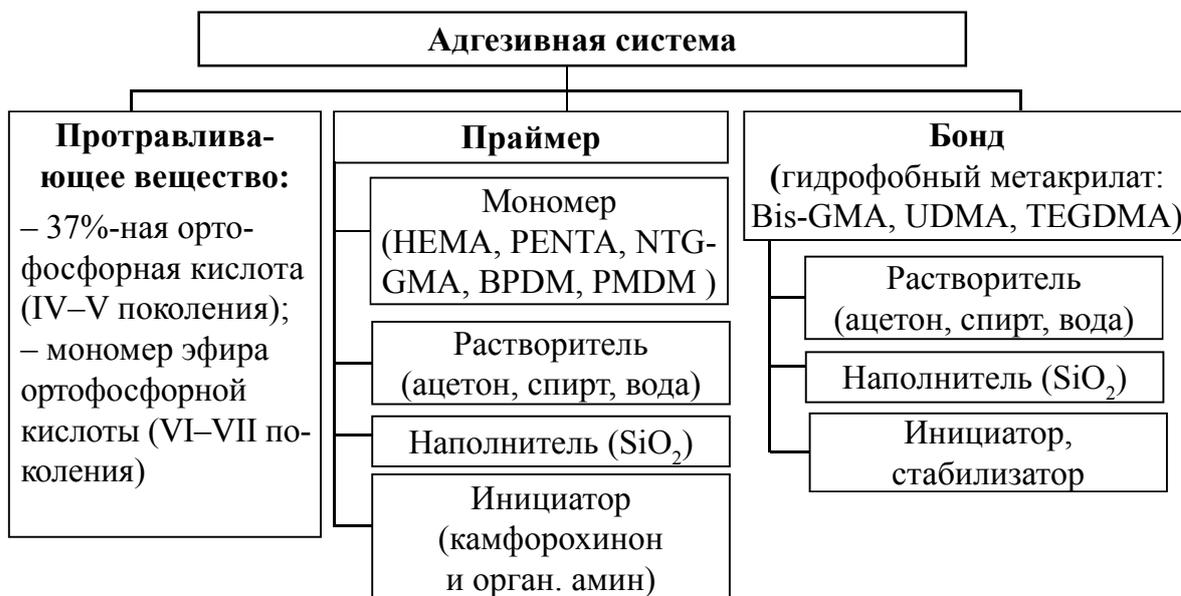


Рис. 1. Состав адгезивных систем

Протравливающее вещество — у адгезивов с тотальным травлением — ортофосфорная кислота в виде раствора/полугеля, у самопротравливающих адгезивных систем — водные растворы кислых мономеров.

Праймер — сложное гидрофильное химическое соединение на ацетоновой или водной спиртовой основе, обеспечивающее равномерное распределение адгезива (проникая в пространства между волокнами дентина, пропитывает их и образует гибридную зону, которая полностью исключает подтекание дентинной жидкости).

Собственно бонд (адгезив) — клейкое вещество, взаимодействующее с поверхностью склеиваемых разнородных твердых или жидких материалов (гидрофобная смола, в настоящее время — метакрилаты).

Помимо этого, во все адгезивные системы включены дополнительные компоненты, такие как стабилизаторы, инициаторы, и иногда неорганический наполнитель.

Мономеры являются структурным компонентом праймера и бонда. Мономеры — это органические молекулы, подобные молекулам композиционных материалов. После полимеризации они образуют специальную матрицу, обеспечивающую структурное единство слоя адгезива и его прочностные свойства. Выделяют два основных вида мономеров: функциональные — всегда содержат функциональную группу и одну группу для полимеризации и поперечно-связывающие мономеры — содержат две или более группы для полимеризации. Функциональные мономеры содержат кислотную группу и выполняют протравливающую функцию, являются гидрофильными и используются для праймирования гидрофильной поверхности дентина. Поперечно-связывающие мономеры чаще всего гидрофобны и при их поли-

меризации образуется сеть полимеров, что улучшает прочностные характеристики адгезива.

С целью упрощения использования в адгезивных системах (V и VII поколения) функциональные и поперечно-связывающие мономеры содержатся в одном флаконе, в более ранних поколениях (III и IV поколения) гидрофильные мономеры входят в состав праймера, а гидрофобные мономеры — в состав адгезива.

Инициаторы — это молекулы, запускающие реакции полимеризации в адгезивной системе. Эти молекулы обладают атомными связями с небольшой энергией диссоциации, формируют свободные радикалы и активируют реакцию свободнорадикального окисления. Радикалы могут образовываться в разнообразных тепловых, фотохимических и окислительных реакциях. В композиционных материалах и адгезивных системах наиболее часто используются фотоинициаторы и химические инициаторы. Инициаторы добавляют к адгезивной системе в очень малых количествах — 0,1–1 % от веса, при этом они несколько ухудшают биосовместимость адгезивов из-за цитотоксичности, связанной со способностью образовывать свободные радикалы.

Стабилизаторы помещают в состав адгезивов для предотвращения спонтанной активации инициаторов, особенно при повышенной температуре хранения. Они ингибируют небольшие количества спонтанно образующихся свободных радикалов, но не могут предотвратить полимеризацию во время активации инициатора светом. При этом большие количества стабилизатора могут привести к снижению скорости полимеризации адгезива, поэтому для достижения приемлемого срока годности материала и его хорошей конверсии при полимеризации важно соблюдение баланса между концентрациями инициатора и стабилизатора.

Растворители используют в адгезивных системах для улучшения смачивания поверхности зуба, диффузии мономеров в микропористую структуру эмали и дентина. Все разработанные на данный момент адгезивные системы выпускаются в виде жидкости, в которой определенную долю составляет растворитель. Исключением является только система One Coat Bond (Coltene), которая выпускается в виде геля, не содержащего растворителя. Задача растворителя — обеспечить хорошее проникновение молекул мономера в сеть деминерализованных коллагеновых волокон дентина. При пересушивании дентина растворитель должен быть способен расправлять коллапсированные коллагеновые волокна.

Характеристики растворителя в основном определяются его полярностью. Выделяют три вида растворителей: полярные протонные, полярные апротонные и неполярные. Полярные протонные растворители, такие как вода и этанол, содержат гидроксильную группу. Полярные апротонные имеют большой дипольный момент и, как правило, содержат кетонную группу,

например, ацетон. Неполярные растворители имеют низкую диэлектрическую проницаемость и дипольный момент. В адгезивных системах вода, этанол и ацетон являются самыми распространенными растворителями.

Неорганический наполнитель не всегда включают в состав адгезивных систем, в отличие от композиционных материалов. Традиционно считается, что наполнитель улучшает прочностные характеристики адгезивного слоя, однако при условии относительно низкой наполненности адгезивов и толщины их слоя этот вопрос требует дополнительного изучения.

ТРЕБОВАНИЯ К АДГЕЗИВНЫМ СИСТЕМАМ

Адгезивные системы должны:

- 1) быть универсальными и совместимыми с большинством стоматологических материалов;
- 2) обеспечивать немедленный, устойчивый к нагрузке, долговечный эффект связывания с тканями зуба;
- 3) компенсировать напряжение, возникающее в результате полимеризационной усадки композиционного материала;
- 4) иметь силу сцепления с дентином, подобную или равную адгезии к эмали;
- 5) обеспечить достаточную адгезию к влажной поверхности дентина;
- 6) быть биосовместимыми, не вызывать раздражения и гибели пульпы в ближайшие и отдаленные сроки;
- 7) быть нерастворимыми при контакте с ротовой и дентинной жидкостями;
- 8) обеспечить удобство и легкость в использовании;
- 9) иметь длительный срок хранения;
- 10) не обладать сенсibiliзирующим действием на пациента и врача.

ПОКАЗАНИЯ И ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ ПРИ РЕСТАВРАЦИИ ЗУБОВ

Современные адгезивные системы имеют широкий спектр показаний, позволяющих работать с большинством стоматологических материалов. Адгезивные системы могут обеспечить адгезию к тканям зуба всех светоотверждаемых пломбировочных материалов (композитов, компомеров, ормомеров), материалов химического и двойного отверждения (химиокомпозитов, цементов для фиксации ортопедических конструкций двойного отверждения), амальгамы, керамики, благородных и неблагородных сплавов.

Клинические показания к использованию адгезивных систем:

1. Прямые реставрации кариозных полостей I–V классов по Блэку.
2. Реставрация некариозных поражений зубов.
3. Методы минимально инвазивного лечения кариеса зубов.
4. Коррекция цвета, формы и положения зубов.
5. Лечение чувствительности дентина.
6. Защита пульпы после препарирования зубов под ортопедические конструкции.
7. Адгезивная техника работы с амальгамой.
8. Подготовка зуба перед фиксацией не прямых реставраций (металлических, керамических, композиционных, комбинированных коронок, мостовидных протезов, вкладок, накладок, всех видов внутриканальных штифтов).
9. Фиксация на зубах ортодонтических аппаратов (брекетов).
10. Прямое восстановление в полости рта старых пломб из композита, амальгамы, починка керамических, металлокерамических, металлоакриловых, пластмассовых коронок.

Клинические противопоказания к использованию адгезивных систем:

1. Аллергическая реакция на любой из компонентов адгезивной системы.
2. Невозможность изоляции рабочего поля от слюны и десневой жидкости.
3. Плохая гигиена полости рта у пациента.

КЛАССИФИКАЦИЯ АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ

Современные адгезивные системы в зависимости от времени создания условно делят на поколения. В настоящее время в клинической практике применяются стоматологические адгезивные системы IV, V, VI и VII поколений.

Принципы классификации современных адгезивных систем:

1. По поколениям:
 - I поколение;
 - II поколение;
 - III поколение;
 - IV поколение;
 - V поколение;
 - VI поколение;
 - VII поколение;
 - универсальные
2. По количеству наполнителя:
 - ненаполненные;
 - наполненные;
 - нанопополненные.

3. По типу растворителя:
 - ацетонсодержащие;
 - спиртосодержащие;
 - на водной основе;
 - комбинированные.
4. По подходу к обработке смазанного слоя:
 - сохранение и включение смазанного слоя;
 - трансформация смазанного слоя;
 - растворение смазанного слоя и поверхностная декальцинация дентина.
5. По назначению:
 - эмалево-дентинные адгезивные системы (для адгезии всех светоотверждаемых материалов);
 - универсальные адгезивные системы (для адгезии свето-, химиоотверждаемых и материалов двойного отверждения);
 - многофункциональные адгезивные системы (для адгезии композиционных пломбировочных материалов, керамики, амальгамы, сплавов).
6. По способу полимеризации:
 - светоотверждаемые;
 - самоотверждающиеся;
 - двойного отверждения.
7. По механизму действия:
 - самопротравливающие системы;
 - системы с тотальным протравливанием тканей зуба.

МЕХАНИЗМ СЦЕПЛЕНИЯ АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ С ЭМАЛЬЮ ЗУБА

Используемые механизмы адгезии к тканям зуба можно разделить на две группы: микромеханические и химические. Микромеханическая адгезия достигается в основном за счет сцепления высвобожденных из цельной структуры зуба элементов (эмалевые призмы, коллагеновые волокна) с полимерным твердеющим веществом. Химическая адгезия образуется за счет непосредственной связи структурных частиц тканей зуба и адгезива. Субстратами для адгезии служат эмаль и дентин. Их свойства отличаются, что обуславливает различные подходы к фиксации.

Эмаль зуба состоит в основном из неорганического вещества (биологический апатит, около 95 % по весу), органического компонента (коллагеновые волокна, 1–1,5 %) и воды (4 %). Благодаря такому составу эмаль можно высушить, что обеспечивает хорошую адгезию гидрофобного органического компонента композита. Для увеличения эффективности сцепления эмали и

композита техника пломбирования (реставрации) предусматривает предварительное кислотное протравливание эмали жидкостью или гелем на основе кислоты. В результате кислотного протравливания с поверхности эмали удаляется органический слой, денатурируются белки и, самое главное, формируется микропористость эмали за счет растворения участков эмалевых призм и веществ межпризменного пространства на глубину около 40 мкм.

Дентин зуба состоит из неорганических веществ (биологический апатит, 70–72 %), органического компонента (коллаген и другие белки, углеводы) и воды (10 %). В отличие от эмали дентин пронизан большим количеством дентинных канальцев, заполненных дентинной жидкостью, веществом пульпы, клеточными отростками. Поверхность дентина всегда влажная, так как жидкость постоянно поступает по дентинным канальцам. Поэтому *дентинная адгезия* представляет собой более сложную проблему, современное решение которой учитывает ряд специфических факторов.

Поскольку поверхность дентина всегда влажная, дентинные адгезивные системы должны содержать гидрофильные компоненты, способные смачивать поверхность дентина и проникать в дентинные канальцы.

Композиционные материалы не имеют химической адгезии с тканями зуба, поэтому независимо от вида используемого композита необходимо предварительное проведение кислотного протравливания поверхности эмали. Оно представляет собой нанесение на отпрепарированную поверхность эмали 35–37%-ного раствора ортофосфорной кислоты. Некоторые фирмы-производители имеют в своем ассортименте более слабые растворы ортофосфорной кислоты (например, 20%-ный), однако чаще всего используется классический 37%-ный раствор, имеющий рН 0,8 единиц. При увеличении процентной концентрации кислоты в составе геля происходит полное растворение поверхностного слоя эмали с разрушением микрорельефа, в то же время уменьшение концентрации приводит к недостаточному растворению поверхности эмали.

На данный момент ортофосфорная кислота выпускается производителями в виде окрашенного геля. Он более удобен в работе, чем жидкий раствор, и исключают попадание кислоты на слизистую оболочку полости рта.

ОСОБЕННОСТИ ПРОТРАВЛИВАНИЯ ЭМАЛИ

В результате процесса кислотного протравливания с эмали удаляется поверхностный слой на глубину 5–10 мкм, в ней образуются поры глубиной до 50 мкм. При этом увеличивается поверхность сцепления, повышается активность реагирования структуры эмали и улучшается ее смачиваемость.

Адгезивное сцепление композита с предварительно протравленной эмалью на 75 % больше по сравнению с непротравленной.

Под воздействием ортофосфорной кислоты происходит разрушение участков эмалевых призм, избирательное удаление межпризменного вещества из структуры эмали, вследствие чего появляется микрорельеф. Эмаль становится микрошероховатой, что в разы увеличивает поверхность сцепления с композиционными материалами. Установлено, что действие ортофосфорной кислоты на твердые ткани зубов, в особенности на эмаль, будет разное у лиц с различной степенью их минерализации.

Оптимальным временем протравливания на данный момент считается 15–30 с, его достаточно для создания удерживающей микрорельефной поверхности.

После протравливания и высушивания эмаль становится матовой, меловидно-белой, утрачивает свой блеск. Попадание ротовой жидкости на протравленную поверхность недопустимо. Если это произошло, то необходимо повторить процесс протравливания заново. После нанесения бонда гидрофобные мономеры легко заполняют пространства микрорельефа эмали. После полимеризации бонда в поверхностном слое эмали образуется гибридный слой, прочно с нею связанный благодаря микроретенции.

При использовании самопротравливающих адгезивных систем VI и VII поколений деминерализация эмали осуществляется по другому механизму, так как отсутствует этап смывания геля ортофосфорной кислоты и дальнейшего высушивания эмали. Самопротравливающие адгезивные системы могут быть подразделены на мягкие, умеренные или агрессивные в зависимости от показателя кислотности. Для протравливания используют водные растворы кислых мономеров, которые сами обладают определенным значением pH или содержат присоединенные молекулы фосфорного эфира. В водной среде происходит диссоциация мономеров с образованием соответствующей кислоты и радикалов метакрилатов с ненасыщенными связями.

Виды протравливания эмали

На данный момент существуют три классические техники протравливания тканей зуба (рис. 2): *тотального протравливания, самопротравливания и избирательного (селективного) протравливания.*

Техника тотального протравливания представляет собой одновременное нанесение 37%-ного раствора ортофосфорной кислоты в виде геля на эмаль и дентин в течение 15 с. Отсчет времени ведут после окончания наложения кислоты на эмаль. Основное требование к протравливанию: эмаль протравливают не менее 15 с, дентин — не более 15 с. Данная техника позволяет экономить время адгезивной подготовки, но при этом обеспечивает

достаточно надежное сцепление. Минусом является возможность возникновения постоперационной чувствительности, особенно при несоблюдении времени протравливания.

В **технике самопротравливания** используется адгезивная система VI или VII поколения, а также универсальные адгезивы, содержащие самопротравливающий агент, который наносится как на эмаль, так и на дентин в течение времени, которое индивидуально указано в инструкции для каждого производителя. Самопротравливающая техника значительно экономит время работы, но при этом не всегда обеспечивает достаточную адгезию композиционного материала к эмали.



Рис. 2. Виды протравливания

Избирательное (селективное) протравливание — третий вариант, занимающий промежуточную позицию между техникой тотального протравливания и самопротравливающей техникой. Данная техника получила широкое распространение в последнее время и представляет собой нанесение 37%-ного геля ортофосфорной кислоты на эмаль в течение 15 с и дальнейшее внесение самопротравливающего адгезива. Она обеспечивает максимальную адгезию как к дентину, так и к эмали, но при этом снижает возможность постоперационной чувствительности, которая свойственна для техники тотального протравливания. Выбор техники протравливания всегда должен определяться клинической ситуацией.

Способ нанесения протравочного геля на эмаль также может быть различным. В случае динамического протравливания ортофосфорную кислоту наносят на эмаль втирающими движениями с помощью микробрашей или кисточки-аппликатора. Простого нанесения кислоты на эмаль (статичного или пассивного травления эмали) для качественного протравливания может быть недостаточно. В случае пассивного протравливания гель наносят

на эмаль без активации и оставляют на 15 с, после чего смывают водной струей. На рис. 3 представлена ячеистая структура тканей зуба после проведения этапа протравливания.

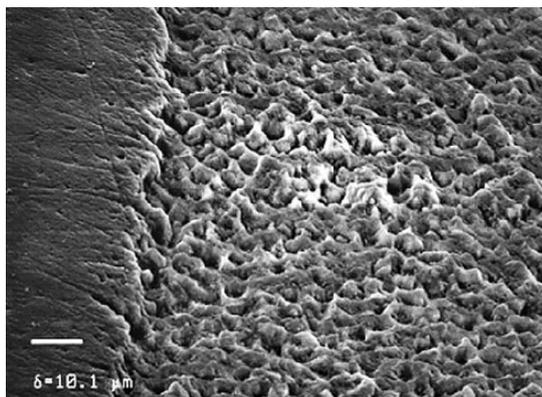


Рис. 3. Поверхность эмали после протравливания, по данным сканирующей электронной микроскопии (по R. L. Erickson)

На данный момент принято разделять адгезивные системы по наличию отдельного шага протравливания с последующим удалением фосфорной кислоты и по количеству ступеней в адгезивном протоколе. На основании первого признака выделяют системы тотального протравливания, избирательного протравливания и самопротравливания (специфично только для самопротравливающих адгезивов). По второму признаку адгезивы могут быть трехшаговые, двухшаговые и одношаговые. К трехшаговым относятся адгезивы IV поколения (отдельно протравочный гель, праймер, бонд) и VI поколения (при избирательном протравливании). Двухшаговые адгезивы — V поколение (протравочный гель, адгезив), VI поколение (в технике самопротравливания). Одношаговые адгезивы — VII поколение и универсальные адгезивные системы в технике самопротравливания.

ОБРАЗОВАНИЕ ГИБРИДНОГО СЛОЯ НА УРОВНЕ ДЕНТИНА

Получение прочной связи адгезивной системы с дентином является более сложной задачей, что обусловлено особенностями морфологии, физиологии и состава дентина:

1. Поверхность дентина всегда влажная, и возможность ее тщательного высушивания отсутствует, так как дентинная жидкость в канальцах находится под небольшим, но постоянным давлением в 20–40 мм рт. ст.
2. Дентин содержит до 20 % воды по объему, а многие смолы являются гидрофобными. В дентине значительно меньше неорганических веществ, чем в эмали.

3. Дентин сильно отличается по своему строению на разных уровнях. Количество дентинных трубочек и их диаметр значительно увеличиваются от эмалево-дентинной границы к пульпе. В околопульпарном дентине между дентинными трубочками существует сложная сеть анастомозов.

4. Проницаемость дентина зависит не только от глубины, но и от локализации. Дентин более проницаем в проекции рогов пульпы, чем в средней части окклюзионной поверхности, а также более проницаем на апроксимальных поверхностях, чем на окклюзионной. В целом, дентин коронковой части зуба более проницаем по сравнению с дентином корня зуба.

5. Поверхность дентина после препарирования всегда покрыта смазанным слоем, который представляет собой пленку толщиной 2–10 мкм и препятствует проникновению компонентов адгезивной системы в структуры дентина.

6. При медленном течении кариеса и большинстве некариозных поражений образуется склерозированный (прозрачный) дентин, в котором больше минеральных веществ, а дентинные каналы сужены или вовсе закрыты. Такой дентин менее проницаем для смол, что значительно снижает силу сцепления. Перед адгезивной подготовкой рекомендуется удалять поверхностный слой склерозированного дентина для улучшения проникновения смолы вглубь.

7. При нанесении адгезива на поверхность дентина гидрофильные мономеры, входящие в состав адгезива, проникают в дентинные каналы, пространства, занятые ранее гидроксиапатитом, инкапсулируют коллагеновые волокна. После полимеризации образуется гибридный слой — тонкий слой нового материала, состоящий из полимерной смолы и коллагеновых волокон дентина. Гибридный слой обеспечивает надежную фиксацию композита к дентину.

Другой важной функцией гибридного слоя является то, что он герметизирует поверхность дентина. Гибридный слой является эффективным защитным барьером против инвазии микроорганизмов и химических веществ в дентинные каналы и полость зуба. Кроме того, он перекрывает движение одонтобластической жидкости в дентинных каналах и предупреждает постоперационную чувствительность. В литературе имеются сообщения об успешном использовании дентинных адгезивов для лечения гиперестезии твердых тканей зубов.

Одним из принципов дентинной адгезии является ответ на вопрос: «Какова основная цель применения дентинного адгезива: прочная фиксация пломбы или герметизация границы пломбы с тканями зуба?». Исследования, проведенные рядом научных учреждений, показали, что фиксация пломбы обеспечивается в основном макромеханической ретенцией, а также адгезией

материала к поверхности эмали. Дентинная адгезия в этом процессе играет лишь второстепенную роль. Многими исследователями значение дентинной адгезии для фиксации пломбы вообще ставится под сомнение. А вот обеспечение герметичности на границе пломбы с дентином, предупреждение микро- и наноподтеканий, защита дентина и пульпы от микробной инвазии считаются важнейшими условиями, обеспечивающими эффект пломбирования и качество пломбы. Поэтому сейчас приоритетным направлением совершенствования дентинных адгезивных систем является обеспечение герметичности на границе пломбы с тканями зуба, а не «гонка за силой адгезии».

Еще одним требованием к адгезивным системам, которым руководствуются их разработчики, является то, что гибридный слой должен обладать достаточной механической прочностью. Дентинные адгезивы предыдущих поколений, изготовленные на основе низкомолекулярных гидрофильных мономеров, обеспечивая хорошую инфильтрацию дентина, образуют гибридный слой, недостаточно устойчивый к механическим воздействиям. Установлено, что довольно часто в процессе пломбирования при контакте с инструментами или при конденсации «жестких» композитов происходит повреждение гибридного слоя, приводящее к нарушению герметичности запечатывания поверхности дентина, дебондингу и появлению постоперационной чувствительности.

В настоящее время в состав дентинных адгезивов вводится наноапполнитель. С одной стороны, это позволяет увеличить прочность гибридного слоя, с другой — ультрамелкий размер частиц наполнителя не уменьшает проникающую способность дентинных адгезивов.

Добиться адгезии к дентину изначально предполагалось через смазанный слой, имеющий когезивную связь с дентином, но большое количество исследований свидетельствовало, что сила сцепления в таких случаях не превышала 5 МПа и часто происходила разгерметизация. Позднее предлагалось модифицировать смазанный слой путем его частичного растворения, но сила связи увеличилась незначительно — до 8–10 МПа. Тактика обработки дентина кардинальным образом изменилась в середине 80-х гг. XX в. Вначале Nakabayashi с коллегами описал изменения морфологии дентина после протравливания его кислотой и пропитывания смолой и ввел термин «гибридный слой», а затем Fusayama предложил одномоментное протравливание кислотой эмали и дентина, позднее названное тотальным протравливанием. Многие стоматологи с опасением относились к идее кислотного протравливания дентина, так как считали, что это вызовет раздражение и гибель пульпы. Научно было доказано, что полное удаление смазанного слоя путем протравливания значительно увеличивает силу сцепления материалов с дентином (в среднем более чем на 20 МПа), не вызывая необратимых из-

менений пульпы в ближайшие и отдаленные сроки. Долгое время рекомендовалось высушивать дентин после протравливания, как и эмаль. Однако такой подход приводил к ухудшению проникновения смолы в структуры дентина, снижению силы сцепления и частому возникновению постоперационной чувствительности. В начале 90-х гг. XX в. John Kanca предложил технику влажного бондинга, которая впоследствии получила признание и широкое распространение.

Таким образом, современная концепция адгезивной подготовки дентина сформировалась только в начале 90-х гг. XX в. Согласно ее принципам, адгезия к влажному предварительно деминерализованному дентину основана на микроретенции компонентов адгезивной системы к структурам дентина. Эффект любой из методик предварительной обработки дентина сводится к удалению пленки смазанного слоя и деминерализации поверхностного слоя дентина. Самопротравливание дентина отличается от других методик отсутствием раскрытия дентинных трубочек и этапа смывания протравливающего агента, что значительно снижает риск возникновения постоперационной чувствительности. Для адекватной обработки дентина достаточным является воздействие протравливающего агента с pH 0,5–1,5 в течение 10–20 с. Нейтрализация кислоты проходит по тому же механизму, что и в эмали. После деминерализации поверхностный слой дентина теряет минеральные вещества в среднем на глубину 0,5–5 мкм, при этом обнажается основной структурный элемент дентина — коллагеновые волокна. Трехмерная система коллагеновых волокон удерживается в исходном состоянии дентинной жидкостью, присутствующей между волокнами, и образует микрорельеф дентина. Эта система волокон имеет большую площадь контакта благодаря свободным пространствам в виде туннелей между волокнами и прочно связана с подлежащим интактным дентином (рис. 4). Высушивание дентина в течение длительного времени (более 5 с) или применение сильной струи воздуха вызывают дегидратацию (десикацию) дентина и коллапс системы коллагеновых волокон, что сильно снижает силу адгезии и способствует появлению постоперационной чувствительности. После протравливания, смывания кислоты и просушивания кариозной полости на дентин наносятся отдельно праймер или смесь «праймер – бонд», гидрофильные мономеры которых при помощи растворителя проникают в микропространства сети коллагеновых волокон и в просвет дентинных канальцев. Процесс пропитывания поверхностного слоя дентина называется праймингом и занимает в среднем 15–30 с. При самопротравливании процессы деминерализации и прайминга протекают одновременно в течение 20–30 с.

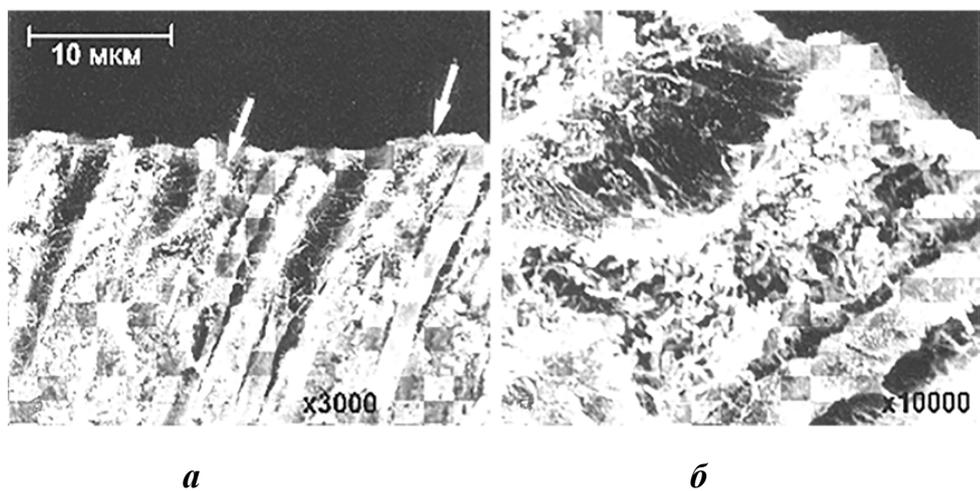


Рис. 4. Результат протравливания дентина зуба:

а — сеть коллагеновых волокон, обнаженная после протравливания дентина (стрелками указана глубина деминерализации дентина); *б* — вид сверху (L. Breschi, P. Gobbi, 2002)

После полимеризации образуется гибридный слой, надежно связанный с подлежащим дентином благодаря микромеханической и химической связи компонентов адгезивной системы со структурами дентина (рис. 5). Он блокирует циркуляцию дентинной жидкости по всему периметру кариозной полости, защищая пульпу от любых химических, термических и механических воздействий. Толщина и морфология гибридного слоя достаточно вариабельны и зависят как от особенностей самого дентина, так и от техники его обработки. После самопротравливания толщина гибридного слоя составляет в среднем 0,5–2 мкм, а после тотального протравливания — в среднем 2–5 мкм. Проникновение компонентов адгезивной системы в дентинные трубочки может составлять от 1 до 100 мкм, что зависит от глубины и локализации кариозной полости, состояния дентина, методики его обработки и др. При рассмотрении под микроскопом с увеличением в 100 раз и более гибридный слой выглядит как тонкая полоска на поверхности дентина с отростками в дентинных трубочках.



Рис. 5. Вид гибридного слоя на электронограмме, стрелками указаны анастомозы между отростками смолы в дентинных канальцах (E. Swift, J. Perdigao, 1995)

При незначительной и средней глубине кариозной полости основная сила сцепления обеспечивается структурами интертубулярного дентина, а в глубоких кариозных полостях — отростками (тяжами) смолы в дентинных трубочках, связанных друг с другом большим количеством анастомозов. Площадь дентинных трубочек в околопульпарном дентине составляет 22–35 % всей поверхности дентина (рис. 6).

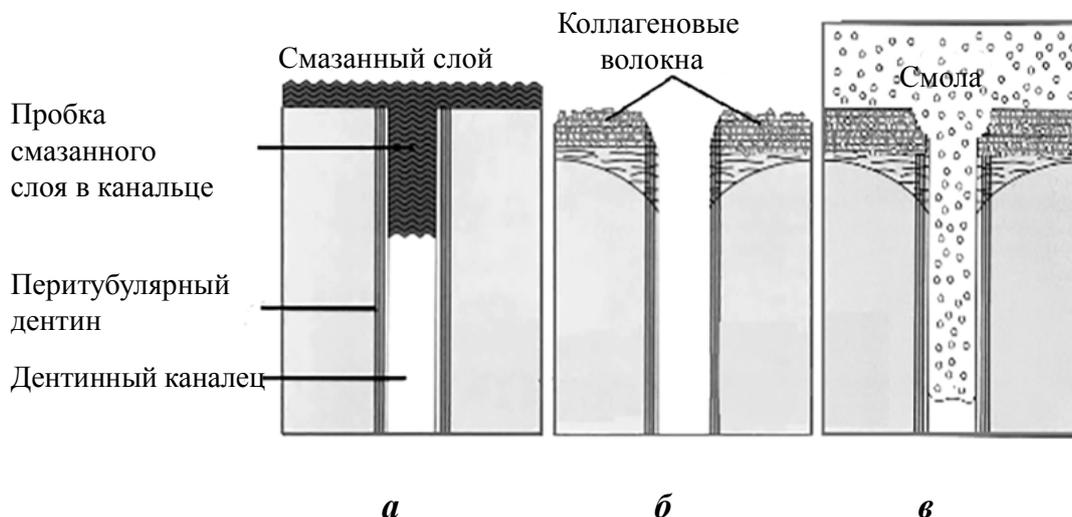


Рис. 6. Общая схема адгезивной подготовки дентина:

а — дентин после препарирования; *б* — дентин после тотального протравливания; *в* — дентин после пропитывания праймером

Таким образом, конечным результатом обработки зуба компонентами адгезивной системы является формирование гибридного слоя в эмали и дентине — посредника, который обеспечивает условия надежной и долговременной фиксации разных классов стоматологических материалов к твердым тканям зуба. Важным результатом адгезивной подготовки является полная изоляция пульпы от внешних воздействий, то есть, по сути, выполнение функций изолирующей прокладки.

МЕТОДИКА РАБОТЫ С СОВРЕМЕННЫМИ АДГЕЗИВНЫМИ СИСТЕМАМИ

АДГЕЗИВНЫЕ СИСТЕМЫ IV ПОКОЛЕНИЯ

Адгезивные системы IV поколения, разработанные более тридцати лет назад, считаются золотым стандартом в современной стоматологии. Основными признаками данных адгезивных систем являются следующие их свойства:

1. Они многоцелевые, обеспечивают соединение композиционного материала с эмалью, дентином, металлом, компомером.

2. Обеспечивают микроретенцию за счет образования гибридного слоя. При этом достигается значительная прочность соединения композита с дентином, сравнимая с прочностью эмалево-дентинного соединения.

3. Благодаря им достигается новое качество (за счет более глубокого проникновения праймера в дентин) герметизации дентинных канальцев.

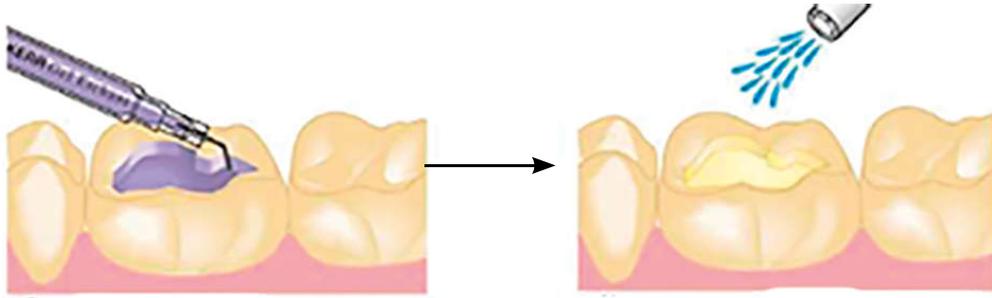
Характерной особенностью адгезивных систем IV поколения является то, что они, как правило, состоят из трех компонентов: протравки, праймера и адгезива. Праймер наносится на протравленный дентин и глубоко проникает в дентинные канальцы, а затем на эту обработанную поверхность наносится собственно адгезив. Таким образом, полимеризованный праймер, глубоко проникая в дентинные канальцы, герметизирует их и обеспечивает более прочное сцепление адгезива с дентином. На поверхности дентина полимеризованный адгезив образует единый конгломерат композита и коллагеновых волокон дентина. Образуется слой дентина, пропитанный праймером, на поверхности которого есть слой монолитно соединенного с ним композита адгезива и волокон основного вещества дентина. Пропитанный праймером дентин и слой адгезива на его поверхности образуют вместе гибридную зону.

Адгезивные системы IV поколения предусматривают трехшаговую (трехэтапную) технику применения (рис. 7).

Протравливание кариозной полости (1-й этап). На эмаль и дентин наносится протравочный гель (ортофосфорная кислота) или протравочная жидкость (малеиновая кислота). Рекомендуемая экспозиция протравочного состава: на эмаль — 15–30 с, на дентин — не более 15 с. После протравливания полость промывается водой и слегка просушивается воздухом. В результате проведения этого этапа эмаль становится микрошероховатой, смазанный слой на поверхности дентина растворяется и полностью удаляется, поверхностный дентин деминерализуется, раскрываются дентинные канальцы, обнажаются коллагеновые волокна.

Нанесение праймера (2-й этап). Праймер наносится на протравленный дентин и выдерживается 15–30 с для проникновения вглубь. Некоторые фирмы-производители для улучшения диффузии праймера рекомендуют втирать его в поверхность дентина аппликатором легкими скребущими движениями. Затем необходимо тщательно высушить дентин слабой струей воздуха, его поверхность при этом должна приобрести гляцевый вид. Праймер проникает в раскрытые дентинные канальцы, пропитывает деминерализованный поверхностный слой дентина и связывается с ним.

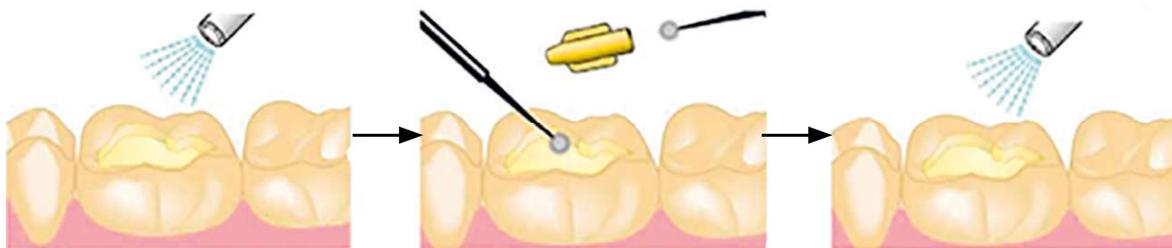
Нанесение адгезива (3-й этап). Адгезив наносится на протравленные и обработанные праймером поверхности эмали и дентина. Чтобы уменьшить толщину слоя, используют кисточку или воздушную струю. Полимеризация производится светом активирующей лампы. Затем полость пломбируется композитом по общепринятой методике.



1. Протравите эмаль и дентин при помощи протравливающего геля Kerr Gel Etchant (37,5%-ная ортофосфорная кислота) в течение 15 с

2. Хорошо промойте водой в течение 15 с до полного удаления протравливающего геля

а

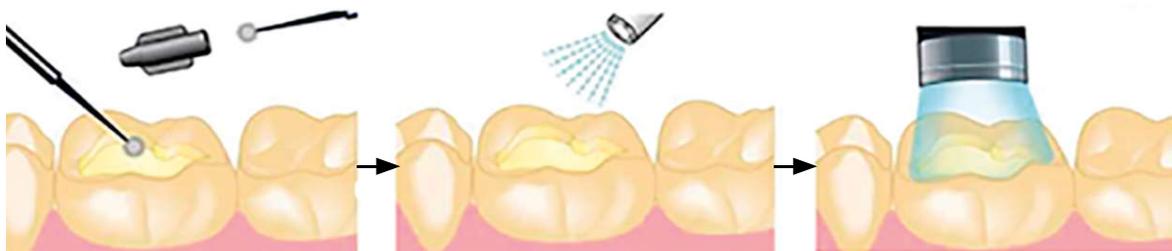


3. Подсушите воздушной струей в течение 3 с. Не пересушивайте

4. Нанесите праймер легкими втирающими движениями 15 с

5. Слегка подсушите воздушной струей в течение 5 с

б



6. При помощи аппликатора нанесите адгезив (бутылочка или унидоза с черной крышечкой) легкими втирающими движениями в течение 15 с

7. Раздувайте адгезив в течение 3 с с помощью воздушной струи

8. Полимеризуйте в течение 20 с. Поверхность готова к нанесению композита

в

Рис. 7. Этапы работы с адгезивной системой IV поколения:
а — протравливание; *б* — нанесение праймера; *в* — нанесение адгезива

Преимущества адгезивных систем IV поколения:

1. Наиболее изучены отдаленные результаты.
2. Максимальная эффективность компонентов.

Недостатки:

1. Необходимость точного соблюдения техники работы.
2. Вероятность постпломбировочной боли.
3. Длительное время работы.

Адгезивные системы V поколения

По составу адгезивы V поколения представляют собой смесь низкомолекулярных гидрофильных смол и эластомеров, растворенных в спирте, ацетоне или воде. Стандартная техника их применения включает два этапа: тотальное протравливание твердых тканей зуба в течении 15 с и аппликацию смеси «праймер – бонд» в течении 25 с с последующей фотополимеризацией. В результате проведения данных манипуляций на поверхности эмали появляется микрорельеф, смазанный слой дентина после препарирования растворяется и удаляется, поверхностные слои дентина деминерализуются, обнажаются коллагеновые волокна, раскрываются дентинные канальцы.

Первые версии однобутылочных систем V поколения (Gluma One Bond, Prime & Bond 2.1) требовали нескольких аппликаций (2–3 раза) для достижения нужной адгезии, что не сокращало время работы с ними по сравнению с адгезивами IV поколения. Более поздние версии однобутылочных систем были усовершенствованы и требуют только одной аппликации материала (Excite, Solobond M, PQ1).

Работа с адгезивными системами V поколения требует соблюдения определенных правил для предотвращения развития постоперационных осложнений (рис. 8). Адгезив необходимо наносить с помощью стоматологического браша, соответствующего размеру препарированной полости. При этом не рекомендуется втирать его с чрезмерным усилием в поверхность дентина, поскольку это может стать причиной повреждения коллагеновых волокон в дентинных канальцах. Также после нанесения адгезива необходимо выдержать рекомендованный производителем промежуток времени (около 10–15 с) для удаления излишков растворителя, чтобы адгезив проник на ту же глубину, что и ранее нанесенный протравочный гель. Для того чтобы равномерно распределить адгезив по стенкам отпрепарированной полости и избежать наличия участков, не покрытых адгезивом, рекомендуется двухкратное нанесение адгезива, особенно при достаточно больших полостях I и II классов, а также полостях сложной конфигурации. При этом первая порция адгезива не высыхает воздухом и не полимеризуется. Вторая порция адгезива наносится сразу же после нанесения первой порции.

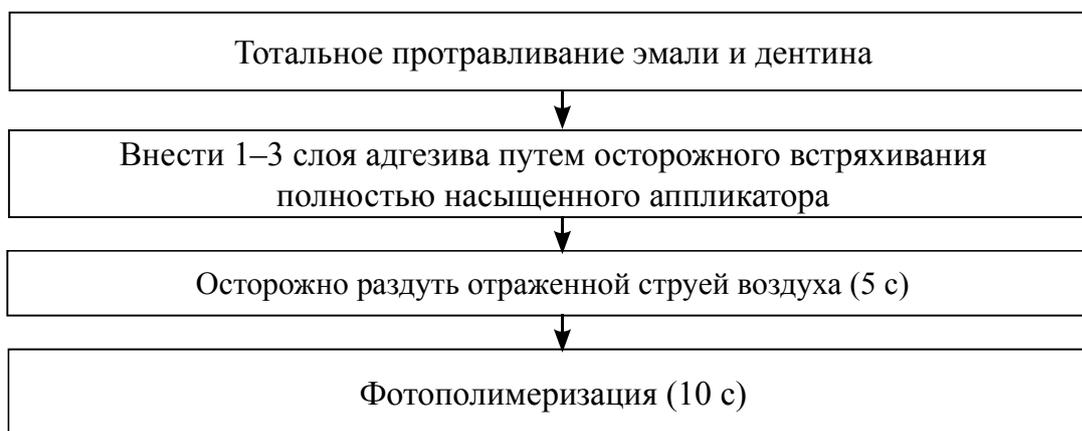


Рис. 8. Схема работы с адгезивами V поколения

Как и все системы, работающие с техникой тотального протравливания, адгезивы V поколения очень чувствительны к пересушиванию дентина, высок риск появления чувствительности после вмешательства. Одним из основных условий качественной адгезии и отсутствия постоперационной чувствительности является видимая степень влажности дентина после удаления протравочного геля. Сила адгезии резко уменьшается при пересушивании дентина. При этом отмечается коллапс коллагеновых волокон, что ухудшает проникновение праймера между ними для образования прочной связи. Однако слишком влажный дентин также не обеспечивает достаточной адгезии. Основным критерием степени влажности является внешний вид дентина — он слегка влажный, искрящийся. В связи с этим некоторые производители рекомендуют проводить этап подсушивания дентина не воздушной струей, а с помощью пороносовых губок (например, PeleTim), которые впитывают определенное количество влаги, но при этом оставляют поверхность дентина достаточно увлажненной для создания полноценного гибридного слоя.

Также для решения проблемы постоперационной чувствительности были предложены увлажнители дентина, фиксирующие сеть коллагеновых волокон благодаря водному раствору НЕМА (2-гидроксиэтил метакрилат) и стабилизаторам (Gluma Desensitizer, Aqua-Prep, Clearfil SA Primer). НЕМА представляет собой полярную органическую молекулу с низкой рН и выраженными гидрофильными свойствами. Эти свойства в комбинации с растворителем позволяют НЕМА проникать вглубь структур протравленного дентина. В увлажнителях дентина НЕМА находится вместе с веществами, стабилизирующими коллагеновые волокна (глутаральдегид, производные салициловой кислоты). Благодаря НЕМА дентинная жидкость может затекать, не прорывая, а пропитывая гибридный слой. Явление проникновения дентинной жидкости через гибридный слой без его деформации в виде прорыва получило название «водяное дерево». Время формирования «водяного дерева» варьирует для различных видов адгезивов, но чаще всего не превы-

шает 2 мин. Ни один композитный материал из-за гидрофобных свойств не в состоянии образовать химическую связь с гибридным слоем при наличии вышедшей на поверхность дентинной жидкости. Следовательно, формирование «водяного дерева» — еще одна причина возможного возникновения постоперационной чувствительности (рис. 9). Единственным достоверно эффективным способом профилактики возникновения «водяного дерева» является быстрое покрытие гидрофобным композитом дентинной части гибридного слоя после полимеризации, до того, как дентинная жидкость его пропитает.

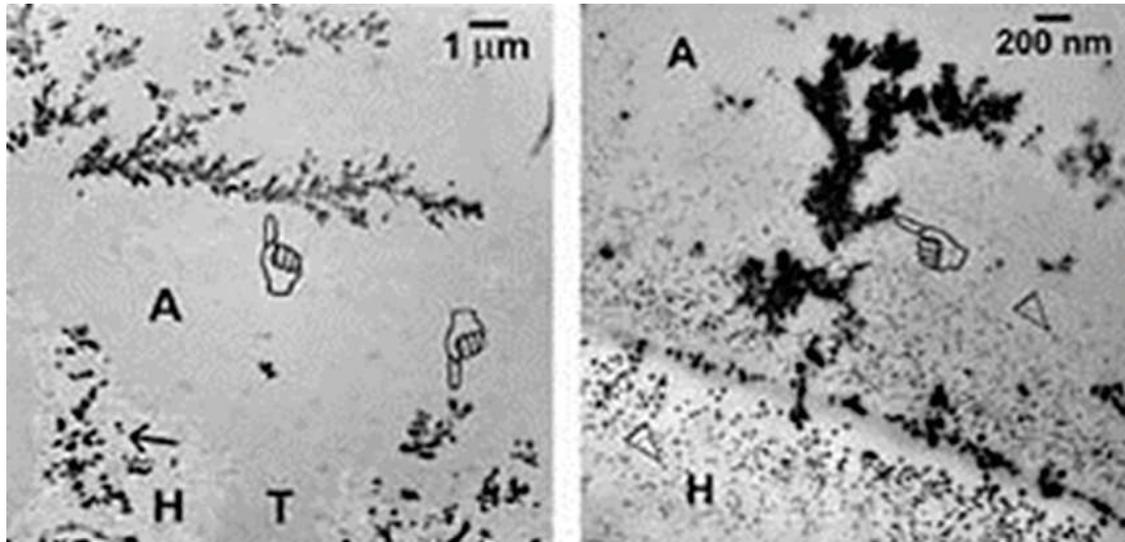


Рис. 9. «Водяные деревья» в адгезивных слоях двух одношаговых самопротравливающих адгезивов после полимеризации. Микроскопическое исследование после помещения образцов в раствор нитрата серебра

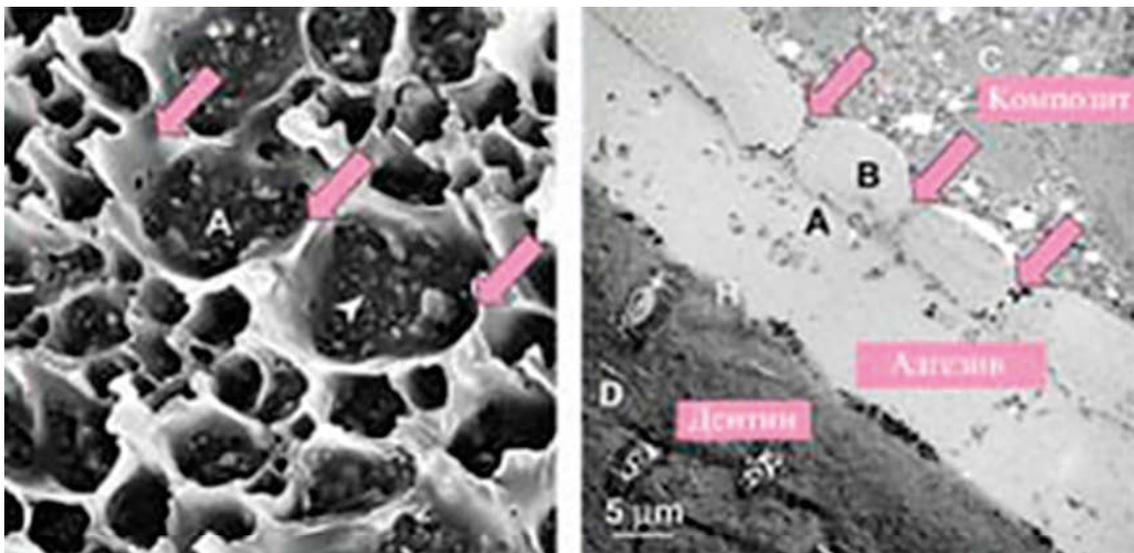


Рис. 10. Водяные пузыри, сформировавшиеся вдоль поверхности соприкосновения композита с поверхностью адгезива

Растворенные соединения и молекулы кальция, а также фосфат-ионы присутствуют в адгезивных системах как результат протравливания высоко-минерализованной эмали. Эти ионы осмотически притягивают воду, которая проникает снаружи через слой гидрофильного адгезива, создавая водяные пузыри. Водяные пузыри наблюдаются сразу после контакта поверхностей адгезив – дентин с водным или аммиачным раствором нитрата серебра (рис. 10). В результате их образования снижается сила адгезии.

При работе с глубокими полостями, где риск развития постоперационной чувствительности особенно высок, некоторые производители советуют использовать изолирующие подкладочные материалы из стеклоиономерного цемента, например Vitrebond 3M ESPE.

В последнее время в состав адгезивных систем вводятся особо мелкие частицы наполнителя, так называемые нанопополнители, которые могут проникнуть в эмалевый микрорельеф, образующийся после протравливания, и дентинные каналцы (One Step (Bisco), Optibond Solo (Kerr), Single Bond 2 (3M)). Данные нанопополнители представляют собой вещество с поперечно-связанной структурой, упрочняют адгезивный слой и усиливают микромеханическую ретенцию адгезива. Средний размер частиц нанопополнителя 0,001–0,008 нм, что позволяет им легко проникать в пористые поверхности. Наличие наполнителя повышает твердость адгезива и приближает его по составу к композиту. Данные параметры улучшают прочность прикрепления нанопополненной адгезивной системы и обеспечивают улучшенное краевое прилегание композита к твердым тканям зубов.

Преимущества адгезивных систем V поколения:

1. Более простая техника работы по сравнению с адгезивами IV поколения.
2. Универсальность.

Недостатки:

1. Адгезия к эмали превышает силу сцепления с дентином, иногда значительно, что приводит к отрыву реставрации от дентина.
2. Частое возникновение постоперационной чувствительности.
3. Невозможность использования большинства материалов этой группы с химиотверждаемыми материалами.

Адгезивные системы VI поколения

В состав адгезивных систем VI поколения включены самопротравливающие праймеры и самопротравливающие адгезивы.

Показанием к применению адгезивов VI поколения являются прямые реставрации с применением компомеров, ормокеров, светоотверждаемых композиционных материалов.

Самопротравливающие праймеры в настоящее время представлены большой группой материалов, которые можно разделить на два типа:

1. Системы «праймер с протравкой + бонд»: Clearfil Liner Bond, Clearfil Liner Bond 2V, Clearfil SE Bond, AdhtSE, EL-Bond, Contax, Nano-Bond.

2. Системы «самопротравливающий агент + праймер с бондом»: OptiBond Solo Plus Self-Etch Adhesive System, Adper Prompt L-Pop.

Принципиальной разницы в эффективности между двумя типами самопротравливающих праймеров нет, однако есть отличия в технике работы с ними.

Компоненты систем первого типа распределены по 2–3 флаконам. Практически все самопротравливающие праймеры на водной основе, реже — с добавлением этанола, поэтому состояние дентина (сухой или влажный) имеет меньшее значение.

Схема работы с ними включает как минимум **два этапа**: одномоментное протравливание и прайминг + нанесение бонда. Сначала на зуб наносят праймер с протравкой на 15–30 с (в зависимости от производителя), затем просушивают его слабой струей воздуха, после этого наносят, равномерно распределяют и полимеризуют в течение 10–20 с бонд.

Компоненты систем второго типа распределены по 2 флаконам. Этот тип является дальнейшим усовершенствованием адгезивных систем V поколения.

Системы второго типа доступны также в унидозах.

Первый компонент адгезивной системы — *самопротравливающий агент* (NRC — nonrinse conditioner, Tyrian SPE — self-priming etchant), который предварительно наносится на эмаль и дентин на 10–20 с и потом не смывается. Для удобства работы с ним в состав протравки включен краситель, который обесцвечивается после протравливания тканей зуба. Реакция нейтрализации происходит за счет гидроксиапатитов.

После этапа протравливания наносится смесь «*праймер – бонд*». Она распределяется, просушивается для удаления растворителя и полимеризуется. Сила сцепления с эмалью и дентином, как правило, такая же, как у систем первого типа или незначительно выше.

Отсутствие этапа смывания кислоты и раскрытия дентинных трубочек снижает развитие постоперационной чувствительности, что подтверждается результатами клинических исследований. Кроме того, имеет место экономия рабочего времени за счет сокращения количества и продолжительности этапов работы. Многие самопротравливающие праймеры (Clearfil Liner Bond 2V, Contax, Nano-Bond, OptiBond Solo Plus Self-Etch Adhesive System) имеют двойной механизм отверждения благодаря наличию активатора, что делает их пригодными для работы с материалами химического или двойного отверждения.

На рис. 11 продемонстрирована схема работы с адгезивами VI поколения в унидозах.



Рис. 11. Схема работы с адгезивами VI поколения в унидозах

На рис. 12 представлен алгоритм работы с двухшаговыми адгезивами VI поколения.

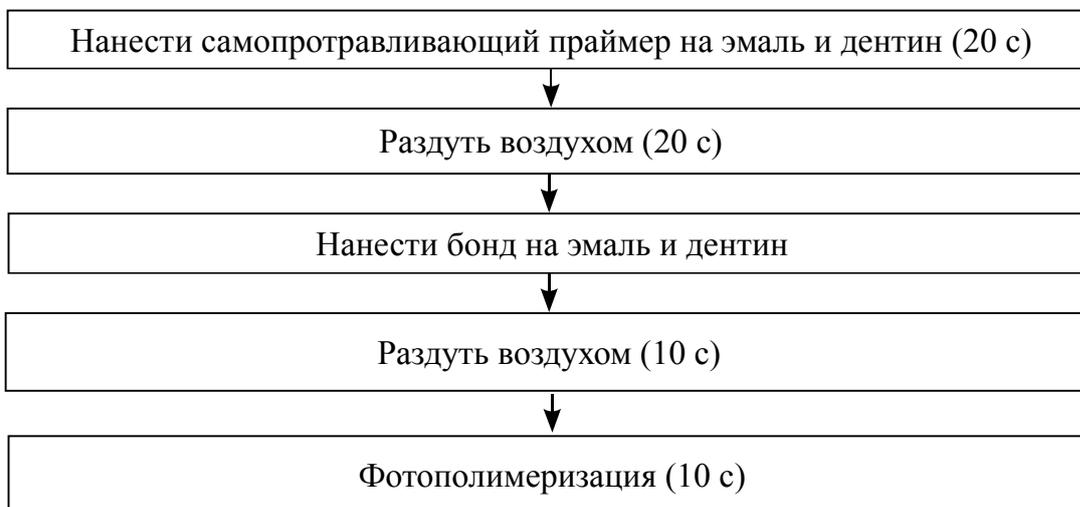


Рис. 12. Схема работы с двухшаговыми адгезивами VI поколения

Преимущества адгезивных систем VI поколения:

- более простая и быстрая методика работы;
- почти полное отсутствие постоперационной чувствительности;

- более высокие показатели сцепления с дентином в сравнении с од-нобутылочными системами;
- многофункциональность, подобная системам IV поколения.

Недостатки:

- эффективность кислотной обработки поверхности интактной эмали и склерозированного дентина ниже, чем при использовании адгезивных систем с тотальным протравливанием;
- более короткий срок хранения, как правило, в холодильнике.

АДГЕЗИВНЫЕ СИСТЕМЫ VII ПОКОЛЕНИЯ

Адгезивные системы VII поколения представляют собой одноэтапные препараты, сочетающие свойства кондиционера, протравливающего агента, десенситайзера, праймера и адгезива. Ассортимент материалов этой группы значительно расширился в течение последних лет. Представители — iBond Gluma Inside (self-etch), Xeno IV, Clearfil Tri-S Bond. Все самопротравливающие адгезивы VII поколения содержат воду и высокую концентрацию кислотных гидрофильных мономеров (до 40 %), нанонаполнитель (5–15 %), несколько типов фотоинициаторов, что позволяет полимеризовать их любым источником света (галогеновыми, светодиодными, плазменными лампами и лазерами). Адгезивные системы VII поколения доступны как во флаконах, так и в унидозах.

В самопротравливающих адгезивах для протравливания эмали имеются кислые мономеры, которые удаляют смазанный слой. В момент работы кислых мономеров одновременно идет праймирование поверхности дентина и инфильтрация смолами. В зависимости от pH этих мономеров толщина гибридного слоя будет различной: чем меньше pH, тем толще в итоге гибридный слой и сила связи.

Кислые мономеры будут эффективно работать при наличии определенной концентрации воды в составе адгезива, и соответственно для ее удаления требуется достаточное количество растворителя. Остатки воды, так же как и растворителя, крайне негативно влияют на полимеризацию смолы, поэтому прочность гибридного слоя и срок службы реставраций сокращаются.

В отличие от методов тотального протравливания и тотальной адгезии самопротравливающая адгезия не открывает полностью дентинные каналы. Благодаря высокогидрофильным свойствам молекул смазанный слой растворяется, и появляется возможность проникновения адгезива в дентинные каналы и перитубулярный дентин, где он формирует прочные структурные связи. С эмалью адгезивные системы VII поколения образуют структуру с упрочненной поверхностью, способствующей улучшению сцепления адгезива с эмалью.

Для повышения силы адгезии, как и в случае с применением систем V поколения, рекомендуется создание скоса эмали, что позволяет увеличить площадь соприкосновения композиционного материала с эмалью зуба. Сила этого соединения увеличивается при его формировании по поперечному сечению эмалевых призм, так как в этом случае при протравливании растворяется межпризменное вещество, образуя более широкие и глубокие поры.

Также в состав многих адгезивов VII поколения (iBond Gluma Inside, Clearfil Tri-S bond) в качестве гидрофобного компонента и матрицы входит BIS-GMA. Bis-GMA и его производные включены в состав практически всех современных стоматологических композитов и адгезивов. Их синтезируют двумя способами: взаимодействием избытка метакриловой кислоты с диглицидиловыми эфирами бисфенолов либо модифицированными способами Bowen. Bis-GMA имеет ряд положительных свойств: адгезию к тканям зуба, высокую механическую прочность, химическую стойкость, незначительный коэффициент термического расширения.

Схема работы с адгезивами VII поколения представлена на рис. 13.

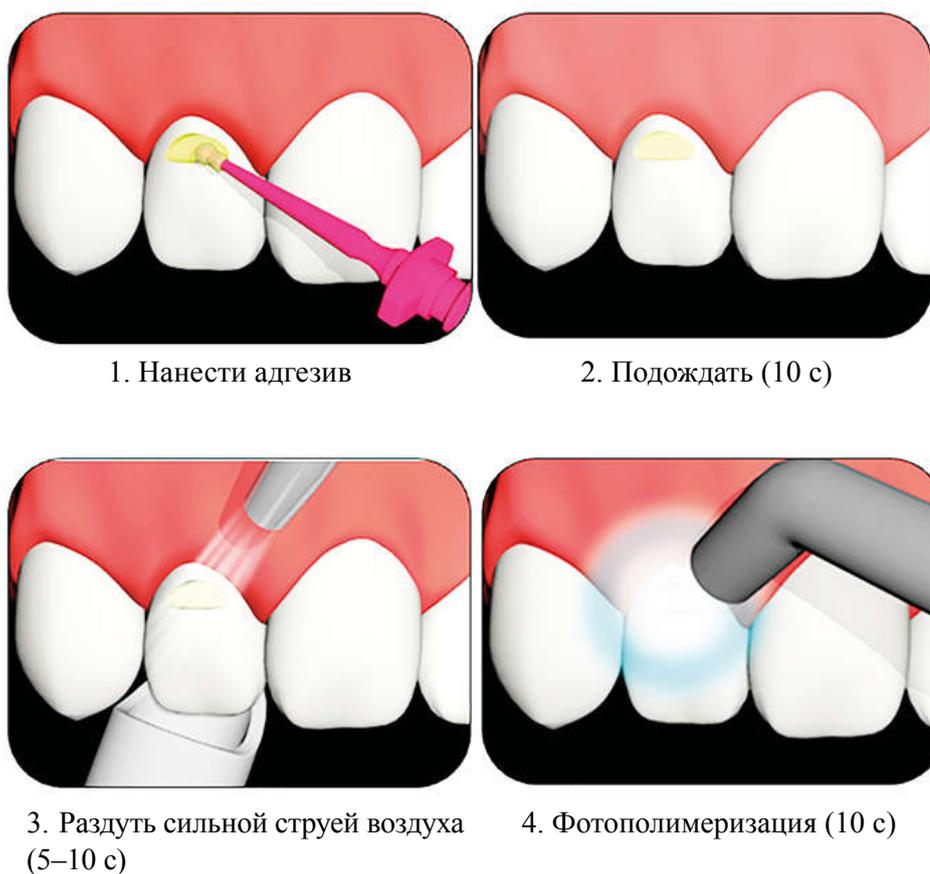


Рис. 13. Схема работы с адгезивами VII поколения

Преимущества адгезивных систем VII поколения:

1. Все компоненты в одном флаконе.
2. Простое использование.
3. Отсутствие постоперационной чувствительности.
4. Высокие показатели адгезии к эмали и дентину, которые не ухудшаются со временем.

Недостатки: не всегда высокая эффективность протравливания эмали (решение — селективное протравливание эмали).

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ АДГЕЗИВНЫЕ СИСТЕМЫ

Универсальные адгезивные системы предоставляют врачу-стоматологу возможность выбора техники кислотной обработки эмали и дентина. Это стало возможным благодаря наличию в их составе кислотных компонентов, обеспечивающих за счет определенного уровня pH мягкое самопротравливающее действие на ткани зуба. Наибольшую популярность получил MDP-мономер — 10-метакрилоилоксидецил-дигидроген-фосфат, разработанный компанией Kuraray. Этот компонент при взаимодействии с кальцием способен образовывать нерастворимые соли, обеспечивая стабильную химическую адгезию к тканям зуба. Химические связи образуются между радикалами фосфатной группы 10-MDP и ионами кальция и формируют «нанослои» на поверхности кристалла гидроксиапатита.

Выбор техники протравливания определяется клинической ситуацией. Так, техника самопротравливания может применяться при работе с полостями преимущественно в пределах дентина, реставрациях композитами временных зубов, а также адгезивной фиксации коронок. Техника тотального протравливания оправдана в полостях с большим объемом эмали — при реставрациях фронтальных зубов, фиксации виниров и адгезивных конструкций. Техника селективного протравливания считается оптимальной для большинства реставраций в пределах эмали и дентина, поскольку позволяет получить надежную микромеханическую адгезию к эмали, химическую адгезию к дентину и минимизировать риск постоперационной чувствительности.

Некоторые адгезивные системы содержат дополнительные компоненты, повышающие их толерантность к степени увлажненности дентина. Так, в составе Single Bond Universal присутствует сополимер Vitrebond copolymer — модифицированная метакрилатами полиалкеновая кислота, которая обеспечивает полноценную адгезию как к сухому, так и к влажному дентину в технике тотального протравливания. Следовательно, эффективность адгезии в меньшей степени зависит от возможных ошибок врача при высушивании деминерализованного дентина. Кроме того, образуются дополнительные химические связи между радикалом сополимера и ионами Ca^{2+}

гидроксиапатита. Универсальные адгезивные системы совместимы со всеми фотополимерными композитами для прямых реставраций зубов. Однако следует принимать во внимание, что для работы с композитами химического и двойного отверждения ряд универсальных адгезивов требует смешивания со специальным активатором. Это объясняется тем, что инициаторы «темной» полимеризации в этих материалах содержат амины и не совместимы с большинством кислых адгезивных систем ($\text{pH} < 3$).

Также все универсальные адгезивные системы совместимы с фотополимерными композитами для фиксации непрямых реставраций, например виниров. В то же время существует ряд ограничений по использованию универсальных адгезивов в сочетании с композитными цементами двойного отверждения. Так, некоторые из них (Prime & Bond Elect, Futurabond U) применяются только в сочетании с активатором. Другие можно использовать без активатора, но лишь с определенным композитом для фиксации, например Single Bond Universal + RelyX Ultimate или Clearfil Universal Bond + Panavia SA Cement. Третьи (All Bond Universal, Adhese Universal) не нуждаются в активаторе и специальном композитном цементе, но требуют полноценной полимеризации светом, что далеко не всегда возможно при фиксации непрямых реставраций.

Большое преимущество универсальных адгезивных систем — способность обеспечивать адгезию не только композитов, но и других стоматологических материалов, которые применяются для непрямых реставраций зубов. Адгезию к керамике обеспечивают адгезивные системы, которые содержат в составе силан. Он требуется для образования реактивных метакрилатных групп на протравленной керамической поверхности. Более того, формула адгезивной системы должна обеспечивать стабильность силана, которая существенно зависит от уровня pH, определенного содержания этанола, воды, а также наполнителя.

Адгезию к *металлам* и *цирконию* имеют, как правило, системы, содержащие в составе MDP, поскольку этот компонент способен образовывать ковалентные связи и с этими субстратами. Возможность образовывать химические связи со стоматологическими материалами позволяет использовать некоторые универсальные адгезивные системы вместо соответствующих праймеров (для металлов, циркония и керамики).

Таким образом, универсальные адгезивные системы — новый, активно развивающийся класс стоматологических адгезивов, которые имеют широкий спектр клинических показаний и упрощают работу врача-стоматолога. В то же время, ввиду существенных различий в составе и, соответственно, свойствах этих материалов, перед использованием универсальной адгезивной системы следует детально изучить ее характеристики и особенности применения в различных ситуациях для получения наилучшего клинического результата.

Преимущества универсальных адгезивных систем:

1. Универсальность.
2. Возможность применения во всех техниках протравливания.
3. Большая сила адгезии.

Недостатки: нет отдаленных результатов.

В табл. 2 представлены современные адгезивные системы, использующиеся в настоящее время врачами-стоматологами.

Таблица 2

Состав и современные представители адгезивных систем

Поколение	Коммерческие представители	Формы выпуска
IV	Kerr: <i>OptiBond FL</i> ; Ivoclar: <i>Syntac</i> ; VOCO: <i>Solobond Plus</i>	Трехкомпонентная система: 1) протравка (шприц); 2) праймер (флакон); 3) бонд (флакон)
V	3M: <i>Adper Single Bond 2</i> ; Kerr: <i>OptiBond Solo Plus</i> ; Tehno Dent: <i>Реставрин</i>	Двухкомпонентная система: 1) протравка (шприц); 2) праймер + бонд (1 флакон)
VI	3M: <i>Adper Prompt L-Pop</i> ; Kuraray: <i>CLEARFIL SE BOND</i> ; Dentsply: <i>Xeno III</i>	1. Самопротравливающий праймер: (двухкомпонентная система): 1) протравка + праймер (1-й флакон); 2) бонд (2-й флакон), унидоза-блистер. 2. Самопротравливающий адгезив: двух- и трехкомпонентные системы, требующие смешивания перед использованием, в унидозах-блистерах
VII	GC: <i>G-Bond, G-aenial Bond</i> ; Tokuyama: <i>Bond Force II</i> ; Coltène: <i>One Coat 7.0</i>	Однокомпонентная система: протравливающий агент + праймер + бонд (1 флакон)
Универсальные	GC: <i>G-Premio BOND</i> ; VOCO: <i>Futurabond DC</i> ; Dentsply: <i>Prime & Bond active</i>	Однокомпонентная система: протравливающий агент + праймер + бонд (1 флакон)

ОШИБКИ И ОСЛОЖНЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ С АДГЕЗИВНЫМИ СИСТЕМАМИ, СПОСОБЫ ИХ ПРОФИЛАКТИКИ

Адгезивные системы имеют разную степень сложности проведения методики адгезивной подготовки. Сравнить их с другими стоматологическими материалами достаточно сложно, так как серьезно различаются параметры и подходы в применении. Но независимо от типа все адгезивные системы высокочувствительны к нарушениям технологии работы, что часто создает в клинике условия для возникновения различных проблем.

Ошибки в большинстве своем связаны с нарушениями техники работы и могут быть допущены на любом из ее этапов. Чаще всего имеют место неадекватная изоляция рабочего поля, недостаточное или чрезмерное протравливание, пересушивание тканей зуба, недостаточное время аппликации материала, неправильное использование компонентов адгезивной системы, неполная полимеризация. В результате допущенных ошибок снижается прочность адгезии и, соответственно, долговечность пломбы, а также создаются условия для развития осложнений в ближайшие и отдаленные сроки. Перечисленные ошибки, как правило, обратимы и достаточно легко устранимы еще на этапе лечения.

Непосредственные осложнения при использовании адгезивных систем могут возникать вследствие ряда причин. Обычно это нарушения техники работы (контаминация рабочего поля, контакт с эвгенолсодержащими материалами), реже проблемы связаны либо со свойствами самого материала (некачественный, просроченный материал), либо с особенностями пациента (аллергия на компоненты материала). Проявляются непосредственные осложнения в виде постоперационной чувствительности, выпадения пломбы, редко развивается пульпит или местная аллергическая реакция на десне, слизистой оболочке и очень редко — общая аллергическая реакция (крапивница и др.).

Основной проблемой при работе с адгезивными системами является постоперационная чувствительность, развивающаяся в ближайшие сроки после лечения патологии твердых тканей зубов и сопровождающаяся симптомами раздражения пульпы (рис. 14).

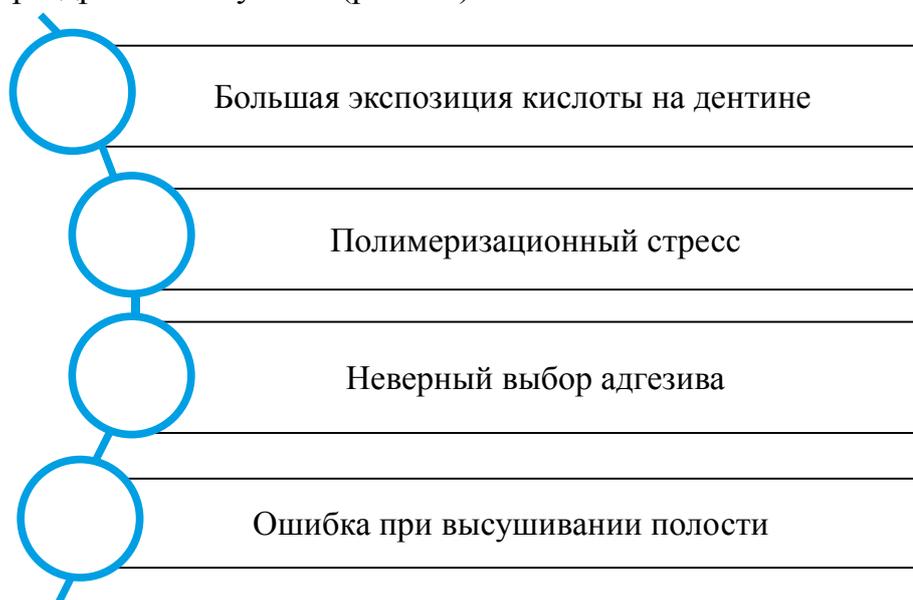


Рис. 14. Причины возникновения постпломбировочной боли

Особенности:

1) прямая связь с лечением кариеса, появление жалоб сразу после лечения;

- 2) основной симптом — острая кратковременная боль различной выраженности от химических, термических, механических раздражителей;
- 3) сохранение жалоб на протяжении длительного времени;
- 4) ЭОД в пределах нормы.

Прогноз для постоперационной чувствительности благоприятный при своевременном устранении раздражителя. При длительном течении (более 3 недель) высокий риск необратимого повреждения или некроза пульпы. Лучший способ профилактики — предупреждение постоперационной чувствительности путем соблюдения основных принципов адгезивной подготовки и инструкции производителя. Самым эффективным способом лечения является частичная или полная замена реставрации. Традиционные схемы с применением фторидов, нитрата калия и др., как правило, неэффективны.

Отдаленные осложнения проявляются нарушением краевого прилегания, развитием вторичного кариеса, выпадением пломбы, гибелью пульпы.

Эффективными методами профилактики возникновения ошибок и осложнений являются строгое соблюдение техники на всех этапах и постоянное динамическое наблюдение за состоянием реставраций.

САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

1. Какое вещество может быть кондиционером:

- а) слабая органическая или неорганическая кислота;
- б) 37%-ная ортофосфорная кислота;
- в) 10%-ная соляная кислота?

2. Какие процессы происходят после обработки дентина праймером:

- а) блокирование тока дентинной жидкости;
- б) сцепление гидрофобного композита с влажным дентином;
- в) образование гибридного слоя?

3. Какие виды растворителей применяются в адгезивных системах:

- а) этиловый спирт; в) вода; д) изопропиловый спирт?
- б) ацетон; г) сольвент;

4. После препарирования на поверхности эмали, дентина, цемента образуется:

- а) дисперсный слой; в) смазанный слой.
- б) гибридный слой;

5. Укажите оптимальную концентрацию протравки для деминерализации эмали:

- а) 20–40 %; б) 10–20 %; в) 40–60 %.

6. Какие соединения относятся к гидрофобным мономерам:

- а) Bis-GMA; в) TEGDMA; д) PENTA?
б) UDMA; г) HEMA;

7. Какие соединения относятся к гидрофильным мономерам:

- а) PENTA; в) HEMA;
б) 4-META; г) UDMA?

8. К адгезивным системам V поколения относятся:

- а) системы «праймер – бонд» в разных флаконах;
б) системы «протравка – праймер – бонд» в одном флаконе;
в) системы «праймер – бонд» в одном флаконе.

9. Какие методики применяются для протравливания дентина:

- а) техника тотального протравливания;
б) обработка дентина кондиционером;
в) обработка дентина самопротравливающим праймером;
г) техника селективного протравливания дентина?

10. Искусственная структура, формирующаяся после протравливания (деминерализации) и последующей инфильтрации твердых тканей зуба компонентами адгезивной системы, которые полностью полимеризуются — это _____.

11. Сложный химический комплекс, включающий гидрофильные мономеры, растворитель, наполнитель, инициатор, стабилизатор, предназначенный для пропитывания структур дентина (сети коллагеновых волокон, дентинных трубочек) с образованием гибридного слоя — это _____.

12. В каких поколениях адгезивных систем используется техника тотального протравливания дентина?

- а) IV; в) VI; д) универсальные адгезивные системы?
б) V; г) VII;

Ответы: 1 — а; 2 — а, б, в; 3 — а, б, в; 4 — в; 5 — а; 6 — а, б, в; 7 — а, б, в; 8 — в; 9 — а, б, в; 10 — гибридный слой; 11 — праймер; 12 — б, в, г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полянская, Л. Н. Универсальные адгезивные системы / Л. Н. Полянская // Стоматологический журнал. 2016. № 1. С. 63–66.
2. Храменко, С. Н. Современные адгезивные системы : учеб.-метод. пособие / С. Н. Храменко, Л. А. Казеко, А. А. Горегляд. 2-е изд., перераб. и доп. Минск : БГМУ, 2008. 47 с.
3. Akbarian, S. Evaluation of the influence of three different temperatures on microleakage of two self-etch and one total-etch adhesives / S. Akbarian, F. Sharafeddin, G. Akbarian // Dental Materials Journal. 2015. Vol. 16, N 3. P. 178–182.
4. Comparison of shear bond strength of universal adhesives on etched and nonetched enamel / R. Beltrami [et al.] // Dental Materials Journal. 2016. Vol. 14, N 1. P. e78–83.
5. Two-year clinical performance of Clearfil SE and Clearfil S3 in restoration of unabraded non-cariou class V lesions / M. G. Brackett [et al.] // Operation Dent Journal. 2010. Vol. 35, N 3. P. 273–331.
6. Effect of different monomer-based composites and acid etching pre-treatment of enamel on the microleakage using self-etch adhesives systems / A. Catelan [et al.] // Official Publication of The Academy Of Dental Materials. 2014. Vol. 72, N 8. P. 651–655.
7. Adhesive sealing of dentin surfaces in vitro / A. Chiba [et al.] // Clinical Oral Journal. 2015. Vol. 28, N 6. P. 321–332.
8. Shear bond strength of different types of adhesive systems to dentin and enamel of deciduous teeth in vitro / A. Kensche [et al.] // Journal Of Clinical And Diagnostic Research. 2016. Vol. 20, N 4. P. 831–840.
9. Effect of phosphoric acid etching of enamel margins on the microleakage of a simplified all-in-one and a self-etch adhesive system / K. Khosravi [et al.] // Official Publication Of The Academy Of Dental Materials. 2009. Vol. 34, N 5. P. 531–536.
10. Adhesive systems for restoring primary teeth: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies / T. L. Lenzi [et al.] // International Dent. Journal. 2016. Vol. 26, N 5. P. 364–375.
11. A new universal simplified adhesive: 36-month randomized double-blind clinical trial / A. D. Loguercio [et al.] // Journal Dent. Materials. 2015. Vol. 43, N 9.
12. Effect of Storage Time on Bond Strength and Nanoleakage Expression of Universal Adhesives Bonded to Dentin and Etched Enamel / P. Makishi [et al.] // Operation Dent Journal. 2016. Vol. 41, N 3. P. 305–317.
13. Mcleod, M. E. Effect of configuration factor on shear bond strengths of self-etch adhesive systems to ground enamel and dentin / M. E. Mcleod, R. B. Price, C. M. Felix // Operation Dent Journal. 2010. Vol. 35, N 1. P. 84–93.
14. Shear bond strength and debonding characteristics of metal and ceramic brackets bonded with conventional acid-etch and self-etch primer systems: An in-vivo study / B. Mirzakouchaki [et al.] // Journal of General Dentistry. 2016. Vol. 8, N 1. P. e38–43.

15. *Shear Bond Strengths of Methacrylate- and Silorane-based Composite Resins to Feldspathic Porcelain using Different Adhesive Systems* / N. Mohammadi [et al.] // *Journal of General Dentistry*. 2015. Vol. 9, N 3. P. 181–190.
16. *Evaluation of bond strength of self-etching adhesives having different pH on primary and permanent teeth dentin* / B. Ozmen [et al.] // *Biomaterial Journal*. 2015. Vol. 13, N 3. P. e274–279.
17. *Selective enamel etching in cervical lesions for self-etch adhesives: A systematic review and meta-analysis* / A. Szesz [et al.] // *Journal of General Dentistry*. 2016. Vol. 53. P. 1–11.
18. *Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type* / E. Sofan [et al.] // *Stomatology Journal (Roma)*. 2017. Vol. 8, N 1. P. 1–17.
19. *Influence of Pre-etching Times on Fatigue Strength of Self-etch Adhesives to Enamel* / T. Takamizawa [et al.] // *Adhesive Dent. Journal*. 2016. Vol. 18, N 6. P. 501–511.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Мотивационная характеристика темы	3
Введение	4
Термины и определения	5
История адгезивных систем.....	6
Состав и свойства адгезивной системы	9
Требования к адгезивным системам.....	12
Показания и противопоказания к использованию адгезивных систем при реставрации зубов.....	12
Классификация адгезивных систем	13
Механизм сцепления адгезивных систем с эмалью зуба	14
Особенности протравливания эмали.....	15
Виды протравливания эмали.....	16
Образование гибридного слоя на уровне дентина.....	18
Методика работы с современными адгезивными системами	23
Адгезивные системы IV поколения.....	23
Адгезивные системы V поколения	26
Адгезивные системы VI поколения.....	29
Адгезивные системы VII поколения	32
Универсальные адгезивные системы	34
Ошибки и осложнения при работе с адгезивными системами, способы их профилактики	36
Самоконтроль усвоения темы.....	38
Список использованной литературы.....	40

Учебное издание

Борисенко Людмила Григорьевна
Редер Алина Сергеевна

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ
АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ РАЗЛИЧНЫХ ПОКОЛЕНИЙ.
МЕТОДЫ АДГЕЗИВНОЙ ПОДГОТОВКИ ЗУБОВ**

Учебно-методическое пособие

Ответственная за выпуск В. А. Андреева
Редактор Ю. В. Киселёва
Компьютерная вёрстка А. В. Янушкевич

Подписано в печать 11.04.23. Формат 60×84/16. Бумага писчая «IQ Ultra».
Ризография. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,17. Тираж 60 экз. Заказ 179.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.