

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА КОНСЕРВАТИВНОЙ СТОМАТОЛОГИИ

Л. А. КАЗЕКО, Е. Ю. ПСТЫГА, Ю. Д. БЕНЕШ

МЕТОДЫ АДГЕЗИВНОЙ ПОДГОТОВКИ ЗУБОВ К РЕСТАВРАЦИИ

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2025

УДК 616.314-089.23-76(075.8)

ББК 56.6я73

К14

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве учебно-методического пособия 26.06.2024 г., протокол № 18

Рецензенты: канд. мед. наук, доц., зав. каф. эндодонтии Белорусского государственного медицинского университета В. А. Андреева; каф. терапевтической стоматологии с курсом ФПК и ПК Витебского государственного ордена Дружбы народов медицинского университета

Казеко, Л. А.

К14 Методы адгезивной подготовки зубов к реставрации : учебно-методическое пособие / Л. А. Казеко, Е. Ю. Пстыга, Ю. Д. Бенеш. – Минск : БГМУ, 2025. – 56 с.

ISBN 978-985-21-1831-6.

Изложенные основные принципы классификации адгезивных систем, их состав и свойства, техники работы с различными поколениями адгезивных систем помогут студентам четко ориентироваться в выборе адгезивной системы в конкретном клиническом случае.

Предназначено для студентов 3–4-го курса стоматологического факультета, медицинского факультета иностранных учащихся, обучающихся по специальности 1-79 01 07 «Стоматология» по учебной дисциплине «Консервативная стоматология» модуля «Терапевтическая стоматология», клинических ординаторов, магистрантов.

УДК 616.314-089.23-76(075.8)

ББК 56.6я73

ISBN 978-985-21-1831-6

© Казеко Л. А., Пстыга Е. Ю., Бенеш Ю. Д., 2025

© УО «Белорусский государственный
медицинский университет», 2025

МОТИВАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМЫ

Общее время занятия: 135 мин.

Лечение кариеса зубов остается актуальным вопросом, что подтверждается широким спектром материалов и методик, используемых в повседневной практике для восстановления формы и функции зуба. Наиболее часто с этой целью в последние годы применяется адгезивная техника и адгезивные системы, ассортимент которых весьма обширен и постоянно обновляется, что создает определенные сложности в выборе той или иной методики. На занятии подробно разбираются классификации, особенности состава, преимущества и недостатки современных адгезивных систем, а также особенности работы с ними в разных клинических ситуациях. Практическая часть занятий является основой для подготовки студента к работе с любым типом адгезивной системы в клинике терапевтической стоматологии.

Цель занятия: изучить методики работы с современными адгезивными системами в клинике терапевтической стоматологии.

Задачи занятия:

1. Изучить терминологию в области адгезивной стоматологии.
2. Освоить принципы классификации современных адгезивных систем.
3. Изучить преимущества и недостатки современных адгезивных систем.
4. Изучить последовательность и технику применения разных типов адгезивных систем в различных клинических ситуациях.
5. Изучить влияние компонентов адгезивных систем на пульпо-дентинный комплекс.
6. Научиться применять разные типы адгезивных систем при реставрации зуба.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы студентам необходимо повторить:

- морфологию и физиологию твердых тканей зуба;
- методику протравливания твердых тканей зуба;
- классификацию пломбировочных материалов для реставрации зуба.

Контрольные вопросы из смежных дисциплин:

1. Анатомия зубов, пульпы и периодонта.
2. Гистологическое строение эмали, дентина.
3. Инструментарий, применяемый для препарирования и пломбирования кариозной полости.
4. Состав и свойства современных пломбировочных материалов.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Терминология в адгезивной стоматологии.
2. Принципы классификации и требования к современным адгезивным системам.

3. Показания и противопоказания к использованию адгезивных систем.
4. Механизмы связи адгезивных систем с тканями зуба. Характеристика гибридного слоя.
5. Методика работы с адгезивными системами разных типов.
6. Преимущества и недостатки адгезивных систем.
7. Ошибки и осложнения, возникающие при работе с адгезивными системами, способы их профилактики.

Задания для самостоятельной работы. Для подготовки к занятию студенту необходимо повторить учебный материал из смежных дисциплин, затем ознакомиться с данным учебным материалом. Для более эффективного усвоения материала студенту рекомендуется вести записи вопросов и замечаний, которые впоследствии можно прояснить 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.

На занятии осуществляется прием тематических пациентов. Студенты проводят обследование стоматологического пациента, дифференциальную диагностику, составляют план лечения, выполняют лечение под руководством преподавателя. Все данные обследования и лечения должны быть отражены в стоматологической амбулаторной карте и проверены преподавателем.

ВВЕДЕНИЕ

Благодаря достижениям в области стоматологического материаловедения адгезивные системы были выделены в отдельный класс материалов, используемых для реставрации твердых тканей зубов. Ни один композиционный материал не применяется без адгезивной системы. Адгезивная техника получила широкое применение в стоматологической практике, так как она способствует максимальному сохранению тканей зуба, позволяет добиваться надежного и долговечного сцепления стоматологических материалов с эмалью и дентином, изолировать пульпу зуба от действия всех типов раздражителей. Ассортимент адгезивных систем на сегодня очень широкий и постоянно пополняется. Материалы значительно различаются по своим характеристикам и технике работы, что требует от врача знаний и постоянного повышения квалификации в области адгезивной стоматологии.

В клинической практике стоматологи часто стоят перед выбором оптимального материала и методики применения адгезивных систем. Соблюдение инструкции производителя и основных принципов адгезивной подготовки

в большинстве случаев гарантирует долговременный успех адгезивной реставрации зубов, позволяет избежать осложнений.

В учебно-методическом пособии представлены современные подходы в использовании адгезивных систем, нюансы работы с адгезивными системами разных типов. Предлагаются практические рекомендации по выбору адгезивной системы в различных клинических ситуациях.

ТЕРМИНОЛОГИЯ В АДГЕЗИВНОЙ СТОМАТОЛОГИИ

Для четкого представления о назначении отдельных компонентов адгезивных систем, целях и последовательности их применения, адекватной оценки результатов адгезивной подготовки необходимо владеть терминологией в области адгезивной стоматологии.

Адгезивная техника — процесс модификации поверхности твердых тканей зуба в зоне дефекта с целью обеспечения прочной связи стоматологических материалов с эмалью, дентином и цементом. Три основных этапа адгезивной подготовки: протравливание, прайминг и бондинг.

Адгезивная система — материал, включающий основные компоненты (протравку, праймер, бонд) в различных комбинациях и обеспечивающий микромеханическую и химическую связь стоматологических материалов с твердыми тканями зуба.

Смазанный слой — структура, образующаяся на поверхности дентина вследствие его инструментальной обработки (аморфный слой толщиной примерно 5 мкм) и состоящая из неорганических частиц, денатурированных коллагеновых волокон, разрушенных остатков одонтобластов.

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

Адгезивная система с тотальным протравливанием — разновидность адгезивных систем, при работе с которыми твердые ткани зуба предварительно протравливаются 20–40%-ным гелем ортофосфорной кислоты, которая затем смывается водой.

Самопротравливающая адгезивная система — разновидность адгезивных систем, исключая из процесса адгезивной подготовки этап смывания протравливающего компонента с поверхности реставрируемого дефекта.

Техника селективного протравливания — техника, при которой происходит избирательное протравливание только поверхности эмали для обеспечения лучшей адгезии композиционного материала. Такая техника может использоваться только с самопротравливающими адгезивными системами.

Динамическое протравливание — втирание протравливающего геля в поверхность эмали с помощью жесткой кисточки-аппликатора.

Влажный бондинг (wet bonding) — техника работы с адгезивными системами, предусматривающими тотальное протравливание твердых тканей зуба. Перед нанесением компонентов адгезивной системы эмаль должна быть матовой (не белой!), а дентин должен быть слегка увлажненным, искриться.

Сухой бондинг (dry bonding) — техника работы с самопротравливающими адгезивными системами, а также с системами тотального протравливания при условии применения увлажняющих агентов (rewetting agents). Перед нанесением компонентов адгезивной системы эмаль и дентин могут быть матовыми, без признаков остаточной влаги.

Протравка — раствор или гель, содержащий концентрированную неорганическую кислоту, предназначенный для полного удаления смазанного слоя и создания микрорельефа на поверхности эмали, дентина, цемента, что способствует проникновению компонентов адгезивной системы в твердые ткани зуба и формированию полноценного гибридного слоя.

Кондиционер — раствор, содержащий органическую или слабую неорганическую кислоту и предназначенный для удаления смазанного слоя с поверхности дентина, цемента.

Праймер — компонент адгезивной системы, предназначенный для пропитывания структур протравленного дентина (сети коллагеновых волокон, дентинных трубочек) с образованием гибридного слоя, изолирующего пульпу от всех видов раздражителей вследствие блокирования тока дентинной жидкости. Праймер — это сложный химический комплекс, основными компонентами которого являются гидрофильные мономеры и растворитель. Благодаря праймеру возможно сцепление гидрофобного композиционного материала с влажным дентином.

Бонд — компонент адгезивной системы, предназначенный для пропитывания структур протравленной эмали и формирования гибридного слоя в ней. Основными компонентами бонда являются гидрофобные мономеры и растворитель. Бонд обеспечивает связь гидрофобного композиционного материала с эмалью, между слоями материала.

Гидрофильный мономер — это низкомолекулярные метакрилаты (4-META; HEMA; BPDM; PENTA; GPDM; PMDM; PMGDM), представляющие собой полярные органические молекулы с низкой pH и выраженными гидрофильными свойствами. Эти свойства в комбинации с растворителем позволяют гидрофильным мономерам проникать в глубь структур протравленного дентина живого зуба, способствуют образованию ионных связей с гидроксипапитатами.

Гидрофобный мономер — это 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.

Растворитель — химическое вещество (ацетон, спирт, вода или их комбинация), способствующее сохранению жидкой консистенции праймера и бонда, проникновению компонентов адгезивной системы в ткани зуба. Растворитель, особенно ацетон и спирт, являются летучими веществами, что обуславливает необходимость плотно закрывать бутылочку с материалом сразу после использования. При испарении растворителя компоненты адгезивной системы переходят из жидкой фазы в фазу вязкого полутеля.

Наполнитель — частицы неорганического вещества (диоксид кремния, акросил) разного размера (мкм или нм), содержащиеся в определенном количестве в праймере и бонде. Наполнитель повышает прочность и стабильность гибридного слоя.

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 кампфорохинон, люстерин, фенилпропандион, в химиоактивируемых материалах — третичные амины, перекись бензоила.

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 пломбировочного материала, и составляет в среднем 1–2 года при хранении в условиях комнатной температуры.

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, применяется при работе с материалами химического и двойного отверждения, амальгамой.

Увлажнитель дентина (rewetting agent) — жидкость, представляющая собой водный раствор гидрофильного мономера, чаще всего НЕМА, с веществами, стабилизирующими коллагеновые волокна (глутаральдегид, производные салициловой кислоты). Применяется увлажнитель дентина только при использовании техники тотального протравливания для увлажнения пересушенного дентина и предупреждения развития постоперативной чувствительности. Согласно исследованиям ряда авторов, для повторного увлажнения пересушенного дентина с помощью увлажнителя требуется достаточно длительное время: при высушивании дентина сильной воздушной струей в течение 5 с время регидратации составляет 30–40 с.

Фторвыделяющий компонент — органическая молекула с интегрированными ионами фтора (цетиламингидрофторид, PEM-F, F-PRG). При контакте с дентинной жидкостью может происходить гидролиз с выделением ионов свободного фтора, которые встраиваются в кристаллическую структуру гидроксиапатитов (рис. 1). Многие адгезивные системы содержат фтор, что по информации фирм-производителей повышает кариесрезистентность тканей зуба. Однако после полимеризации материала выделение ионов фтора происходит в очень низких концентрациях, не оказывающих существенного профилактического эффекта.

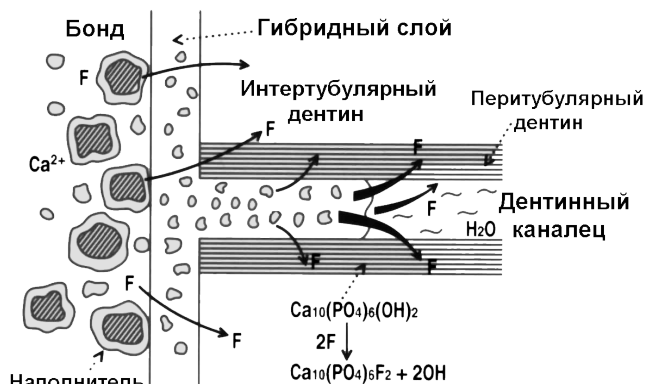


Рис. 1. Схема выделения фтора из адгезивной системы

Унидоза — форма выпуска адгезивной системы одноразового использования, значительно снижающая риск передачи инфекции. Содержит, как правило, 0,1–0,2 мл материала.

Микроподтекание — нарушение адгезии (микроретенции и/или химической связи) между пломбировочным материалом и тканями зуба в области стенок дефекта. Клинически эта проблема проявляется нарушением краевого прилегания и краевым окрашиванием, на что пациенты жалуются редко. Устраняется микроподтекание либо коррекцией, либо частичной или полной заменой реставрации.

Наноподтекание — нарушение адгезии (микроретенции и/или химической связи) между пломбировочным материалом и тканями зуба в области дна дефекта. Клинически эта проблема проявляется, как правило, через 6 месяцев и более жалобами пациента на дискомфорт, несильную боль при употреблении сладкого, холодного и при жевании, реставрация при этом может соответствовать всем критериям качества. Устраняется наноподтекание частичной или полной заменой реставрации.

ТРЕБОВАНИЯ К АДГЕЗИВНЫМ СИСТЕМАМ

С момента разработки новой адгезивной системы и до начала ее использования в клинической практике проходит достаточно длительный период, в течение которого всесторонне изучают физические, химические, биологические свойства нового материала на предмет соответствия принятым стандартам. Исследования на доклиническом уровне включают оценку цитотоксичности, тератогенности, аллергизирующего и других эффектов в экспериментах на культурах клеток, животных, тесты на силу сцепления и др. После успешного прохождения этого этапа оцениваются результаты клинической апробации нового материала в разных экспертных организациях. Только после этого новая адгезивная система поступает в продажу на стоматологический рынок. Следует учитывать тот факт, что совершенной адгезивной системы на все случаи жизни на сегодня не существует. Ниже приведен перечень научно обоснованных требований к классу материалов «Адгезивные системы», которыми важно руководствоваться для получения хорошего клинического результата. Согласно ему 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. Обеспечивать достаточную адгезию к влажной поверхности дентина.
6. Быть биосовместимыми, не вызывать раздражения и гибели пульпы в ближайшей и отдаленной перспективе.
7. Быть нерастворимыми при контакте с ротовой и дентинной жидкостями.
8. Обеспечивать удобство и легкость в использовании.
9. Иметь длительный срок хранения.
10. Не оказывать сенсibiliзирующее действие на пациента и врача.

ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ

Большой ассортимент адгезивных систем, представленных на стоматологическом рынке, значительно усложняет процедуру выбора материала для стоматолога, как и недостаточная систематизация информации об адгезивных

системах. Основные принципы классификации современных адгезивных систем:

- 1) по поколениям:
 - I поколение;
 - II поколение;
 - III поколение;
 - IV поколение;
 - V поколение;
 - VI поколение;
 - VII поколение;
- 2) по количеству наполнителя:
 - ненаполненные;
 - наполненные;
 - нанонаполненные;
- 3) по типу растворителя:
 - ацетонсодержащие;
 - спиртосодержащие;
 - на водной основе;
 - комбинированные;
- 4) по назначению:
 - эмалево-дентинные адгезивные системы (для адгезии всех светоотверждаемых материалов);
 - универсальные адгезивные системы (для адгезии свето- и химииотверждаемых, а также материалов двойного отверждения);
 - многофункциональные адгезивные системы (для адгезии композиционных пломбирочных материалов, керамики, амальгамы, сплавов);
- 5) по способу полимеризации:
 - светоотверждаемые;
 - самоотверждаемые;
 - двойного отверждения;
- 6) по механизму действия:
 - самопротравливающие системы;
 - системы с тотальным протравливанием тканей зуба.

Большое разнообразие адгезивных систем и принципов их классификации в ряде случаев является серьезным препятствием при выборе методики адгезивной подготовки. Поэтому в 2003 и 2004 гг. были предложены клинические классификации Van Meerbeek и Kanca соответственно. В их основе лежит методика применения адгезивной системы, количество этапов работы с ней или количество компонентов адгезивной системы.

Классификация Van Meerbeek:

1. Адгезивные системы с тотальным протравливанием тканей зуба:
 - 1.1. Трехшаговые: протравливание – прайминг – бондинг.
 - 1.2. Двухшаговые: протравливание – прайминг + бондинг.

2. Самопротравливающие адгезивные системы:
 - 2.1. Двухшаговые: протравливание + прайминг – бондинг.
 - 2.2. Одношаговые: протравливание + прайминг + бондинг.

Классификация Капса:

1. Адгезивные системы с тотальным протравливанием тканей зуба:
 - 1.1. Трехкомпонентные.
 - 1.2. Двухкомпонентные.
2. Самопротравливающие адгезивные системы:
 - 2.1. Самопротравливающие праймеры.
 - 2.2. Самопротравливающие адгезивы.

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–VI классов по Блеку.
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, композитных, 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. Аллергия на любой из компонентов адгезивной системы.
2. Невозможность изоляции рабочего поля от слюны, десневой жидкости.
3. Прямое покрытие пульпы зуба.
4. Плохая гигиена полости рта у пациента.

ТЕХНИКИ ПРОТРАВЛИВАНИЯ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБА

После препарирования дентина на его поверхности образуется так называемый смазанный слой (аморфный слой толщиной примерно 5 мкм), состоящий из неорганических частиц, денатурированных коллагеновых волокон, разрушенных остатков одонтобластов. Этот слой затрудняет диффузию адгезивных систем в поверхностные слои дентина. Для качественной адгезии композиционного материала необходимо удалять либо модифицировать смазанный слой.

Существует 3 техники протравливания твердых тканей зуба:

1. *Техника тотального протравливания* 37%-ной ортофосфорной кислотой, при которой сначала протравочный гель наносится на эмаль (10–15 с), затем на дентин (10–15 с), после чего смывается струей воды до полного удаления кислоты (минимум столько же секунд, сколько протравливали твердые ткани). При такой технике смазанный слой удаляется полностью (рис. 2).

2. *Техника самопротравливания* исключает этап нанесения протравочного геля за счет модификации смазанного слоя протравливающим агентом в составе адгезивной системы.

3. *Техника селективного протравливания* предусматривает нанесение протравливающего геля только на эмаль для создания микрорельефа на ее поверхности, что способствует повышению качества адгезии в технике работы с самопротравливающими системами (рис. 3).

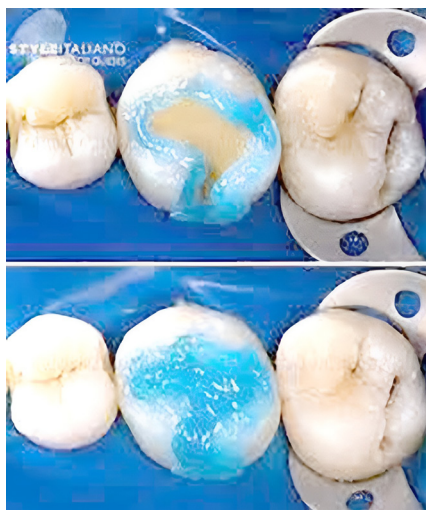


Рис. 2. Техника тотального протравливания твердых тканей зуба



Рис. 3. Техника селективного протравливания твердых тканей зуба

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИБРИДНОГО СЛОЯ

Гибридный слой — искусственная структура, образующаяся после протравливания (деминерализации) и последующей инфильтрации твердых тканей зуба компонентами адгезивной системы с последующей полимеризацией. Процесс образования гибридного слоя называется гибридизацией.

Гибридный слой состоит из трех слоев (рис. 4):

1. Верхний слой состоит из рыхло расположенных коллагеновых волокон и межфибриллярных пространств, заполненных смолой.
2. Средний слой состоит из межфибриллярных пространств, в которых кристаллы гидроксиапатита заменены мономером смолы в результате процесса гибридизации.
3. Нижний слой состоит из практически неповрежденного дентина с частично деминерализованной зоной дентина.

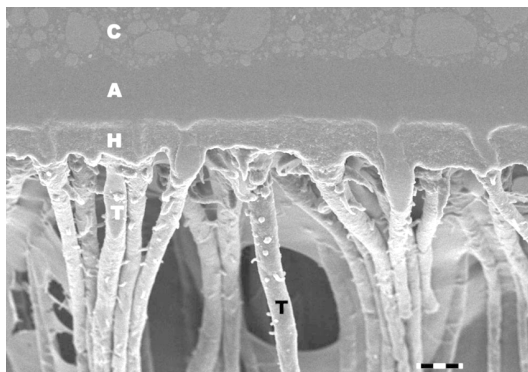


Рис. 4. Микрофотография гибридного слоя:

С — композиционный материал; *А* — адгезивная система; *Н* — гибридный слой;
Т — пробка из смолы, заполняющая дентинную трубочку

ОБРАЗОВАНИЕ ГИБРИДНОГО СЛОЯ НА УРОВНЕ ЭМАЛИ

Основу для развития адгезивной стоматологии заложил Майкл Буонокоре в 1955 г.: он установил, что обработка эмали 85%-й ортофосфорной кислотой в течение 30 с улучшает сцепление с пломбировочным материалом. С этого момента стала разрабатываться концепция предварительной обработки зуба, то есть адгезивной подготовки с целью получения прочной связи с тканями зуба.

Эмаль является самой минерализованной тканью в организме человека, что важно учитывать при адгезивной подготовке. Химический состав эмали, по данным D. H. Pashly, B. Ciucchi, отражен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав эмали

Состав	Содержание, %	
	по весу	по объему
Неорганические вещества	95	86
Органические вещества	1	2
Вода	4	12

Первым этапом подготовки эмали является обработка поверхностного слоя эмали кислотой в течение определенного времени. В результате растворения неорганических веществ на поверхности эмали образуется микро рельеф в виде пор, канавок, бороздок глубиной до 25 мкм (рис. 5). Площадь контакта с поверхностью эмали за счет этого значительно увеличивается.

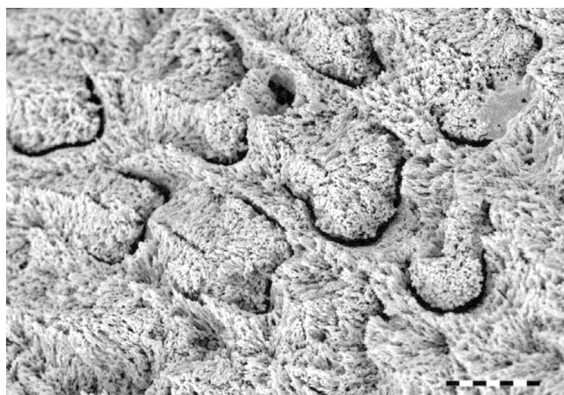


Рис. 5. Вид поверхностного слоя эмали после протравливания 35%-ной ортофосфорной кислотой в течение 15 с (Jorge Perdigo, 2020)

Концентрация протравливающего геля с ортофосфорной кислотой, используемого в технике тотального протравливания, колеблется от 20 до 40 %. Чаще всего используют 37%-й гель ортофосфорной кислоты, рН которого составляет 0,5–0,8 единиц. Использование протравки с концентрацией более 40 % приводит к полному растворению поверхностного слоя эмали без образования микрорельефа, а протравки с концентрацией менее 20 % — к недостаточному растворению поверхностного слоя эмали. В обоих случаях площадь контакта и сила сцепления адгезивной системы с эмалью будут значительно меньше, что может сказаться на долговечности реставрации. Долгое время стандартом считалась обработка эмали кислотой в течение 40–60 с, однако на сегодня доказано, что для получения необходимого микрорельефа эмали достаточное время протравливания 15–30 с. Исключением являются пациенты с флюорозом зубов и после применения фторпрепаратов. Консистенция (гель, раствор) и цвет протравки определяют удобство в работе, контроль зоны протравливания и качество удаления протравливающего агента. Предпочтительнее применять протравку в виде геля с красителем. После смывания протравливающего агента эмаль высушивают. Следует избегать пересушивания эмали, проявляющегося явным побелением, так как это значительно повышает хрупкость поверхностных структур протравленной эмали. При нанесении бонда аппликатором на такую поверхность микрорельеф эмали частично или полностью разрушается, что может значительно снизить силу сцепления. Эмаль после протравливания должна быть матовой без излишков влаги.

Гидрофобные мономеры, входящие в состав бонда, легко заполняют пространства микрорельефа эмали. После полимеризации бонда в поверхностном слое эмали образуется **гибридный слой**, прочно связанный с эмалью благодаря микроретенции (рис. 6, 7).

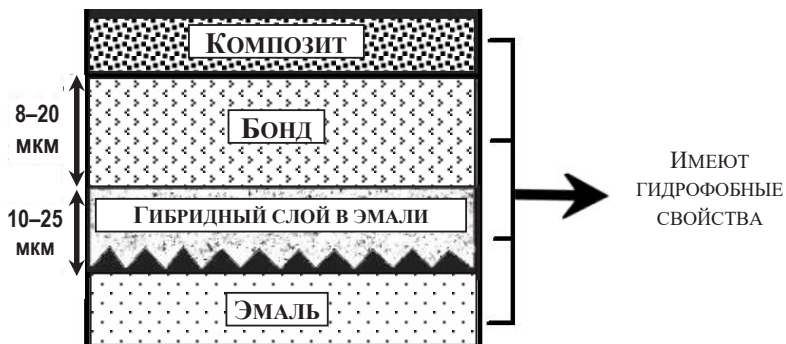


Рис. 6. Схема образования гибридного слоя в эмали

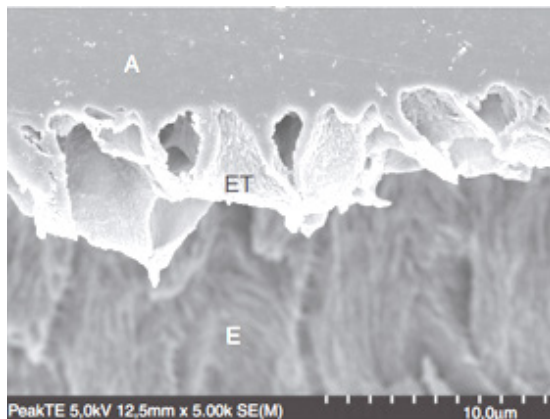


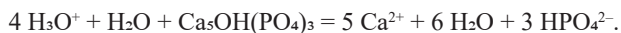
Рис. 7. Гибридный слой в эмали:

A — адгезивная система; *ET* — эмалевые призмы; *E* — эмаль

При использовании самопротравливающих адгезивных систем деминерализация эмали проходит по иному механизму, так как отсутствует этап смывания протравки и высушивания эмали. Для этих целей используют водные растворы кислотных мономеров, которые сами обладают определенной кислотностью или содержат присоединенные молекулы фосфорного эфира, например, PYRO-EMA. В водной среде происходит диссоциация мономеров с образованием кислоты и радикалов метакрилатов с ненасыщенными связями:



Протравливающий агент может быть отдельным компонентом самопротравливающей системы (NRC, Tygrian), в комбинации с праймером (AdheSE, Crearfil SE Bond) или в комбинации с праймером и бондом (i-Bond, Xeno IV, G-bond). Самым важным для этих адгезивных систем является значение pH их протравливающих компонентов, способных обеспечить поверхностную деминерализацию эмали, подобную технике тотального протравливания. Рядом исследований показано, что для получения необходимого эффекта значение pH должно быть менее 1,5 единиц. По данным разных производителей, продолжительность экспозиции самопротравливающих адгезивных систем составляет от 15 до 30 с, этап смывания отсутствует. Реакция нейтрализации происходит за счет связывания молекул кислотного компонента с ионами кальция, высвободившимися из кристаллов гидроксиапатита:



Для облегчения визуального контроля нанесения материала некоторые производители включают в состав адгезивной системы краситель, который обесцвечивается после полимеризации материала. Данные литературы свидетельствуют о том, что для достижения необходимого уровня деминерализации эмали перед нанесением самопротравливающей системы эмаль необходимо отпрепарировать, убрать беспризменный слой. Основная причина — недостаточная кислотность мономеров ($\text{pH} > 1,5$). Исследования *in vitro* показали, что при использовании самых последних версий самопротравливающих систем даже при значении $\text{pH} < 1$ для получения необходимого микро рельефа эмали требуется, как правило, несколько аппликаций материала. Сцепление на уровне эмали остается актуальным вопросом для самопротравливающих систем еще и по причине недостаточной изученности отдаленных клинических результатов их применения.

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, при этом отсутствует возможность ее тщательного высушивания, 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, по данным D. H. Pashly, B. Ciucchi, значительно меньше неорганических веществ, чем в эмали (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав дентина

Состав	Содержание, %	
	по весу	по объему
Неорганические вещества	70	45
Органические вещества	20	30
Вода	10	25

3. Дентин и пульпа тесно связаны и образуют пульпо-дентинный комплекс.

4. 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 (рис. 8).

5. 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.

6. 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 (рис. 9, 10, 11).

7. При медленном течении кариеса и большинстве некариозных поражений образуется склерозированный (прозрачный) дентин, в котором больше минеральных веществ, а дентинные каналцы сужены или вовсе закрыты. Такой дентин менее проницаем для смол, что значительно снижает силу сцепления. Перед адгезивной подготовкой рекомендуется удалять поверхностный слой склерозированного дентина (плотного пигментированного) для улучшения проникновения смолы вглубь. Исключением является наличие склерозированного дентина близко к полости зуба при лечении глубокого кариеса.

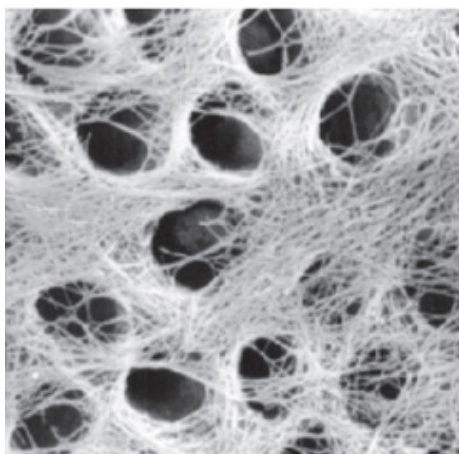


Рис. 8. Сеть коллагеновых волокон
(J. J. Manappallil, 2010)

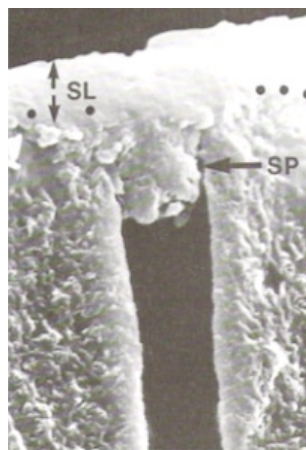


Рис. 9. Смазанный слой (SL) и пробка из смазанного слоя в дентинной трубочке (SP)

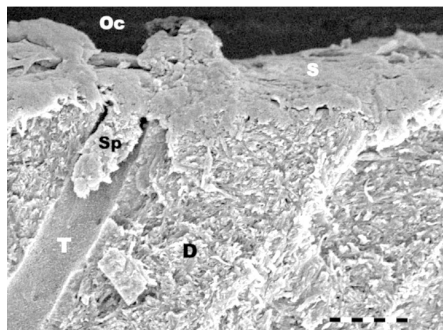
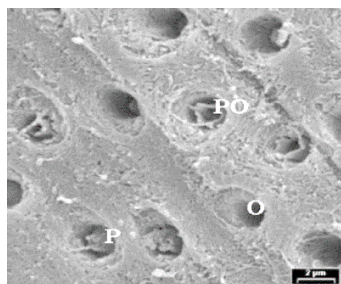
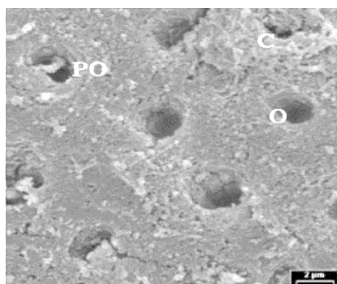


Рис. 10. Смазанный слой на поверхности дентина:

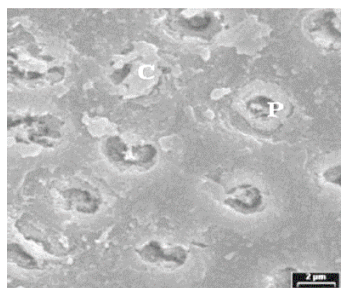
Oc — окклюзионная поверхность; *S* — смазанный слой; *Sp* — дентинная пробка;
T — дентинная трубочка (Jorge Perdigao, 2020)



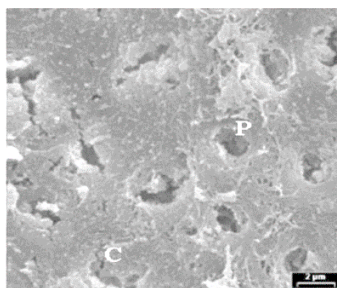
a



б



в



г

Рис. 11. Поверхность дентина после препарирования борами различной степени абразивности:

a — смазанный слой зернистостью 600; *б* — смазанный слой зернистостью 320;
в — после препарирования твердосплавным бором; *г* — после препарирования грубым алмазным бором; *O* — открытые дентинные каналцы; *PO* — частично открытые дентинные каналцы; *C* — закупоренные дентинные каналцы; *P* — спавшиеся дентинные каналцы (S. S. A. Oliveira, 2003)

Сложность работы на уровне дентина обуславливает наличие нескольких методик обработки дентина:

- техника тотального протравливания;
- обработка дентина кондиционером (полиакриловая, малеиновая, лимонная, 10–15%-ная фосфорная кислоты). Эмаль обрабатывается традиционным путем;
- техника самопротравливания дентина.

Добиться адгезии к дентину изначально предполагалось через смазанный слой, имеющий когезивную связь с дентином, но большое количество исследований свидетельствуют, что сила сцепления в таких случаях не превышает 5 МПа, что часто приводит к разгерметизации. 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 кислотой и пропитывания дентина смолой, 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 изменений пульпы в ближайшей и отдаленной перспективе. 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 постоперативной 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, деминерализации поверхностного слоя дентина. Самопротравливание дентина отличается от других методик отсутствием раскрытия дентинных трубочек и этапа смыывания протравливающего агента, что значительно снижает риск возникновения постоперативной чувствительности. Для адекватной обработки дентина достаточным

является воздействие протравливающего агента с pH 0,5–1,5 в течение 10–20 с (рис. 12–14). Нейтрализация кислоты проходит по тому же принципу, 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. 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 постоперативной чувствительности.

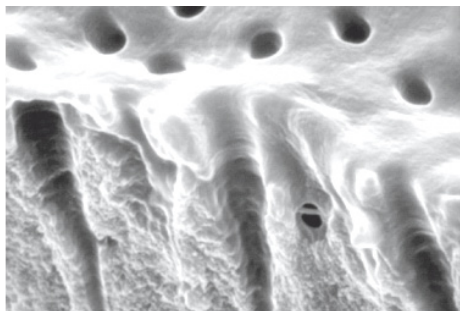


Рис. 12. Деминерализованные дентинные каналцы, продольный срез (K. Van Landuyt, 2005)

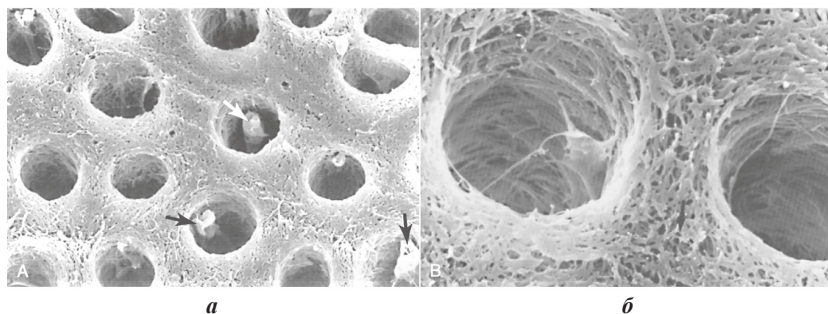


Рис. 13. Поверхность дентина после протравливания:

a — открытые дентинные каналцы на подготовленной протравленной и высушенной поверхности дентина; *б* — крупным планом показана высокопористая поверхность (пустые пространства между коллагеновыми волокнами) (George A. Freedman, 2012)

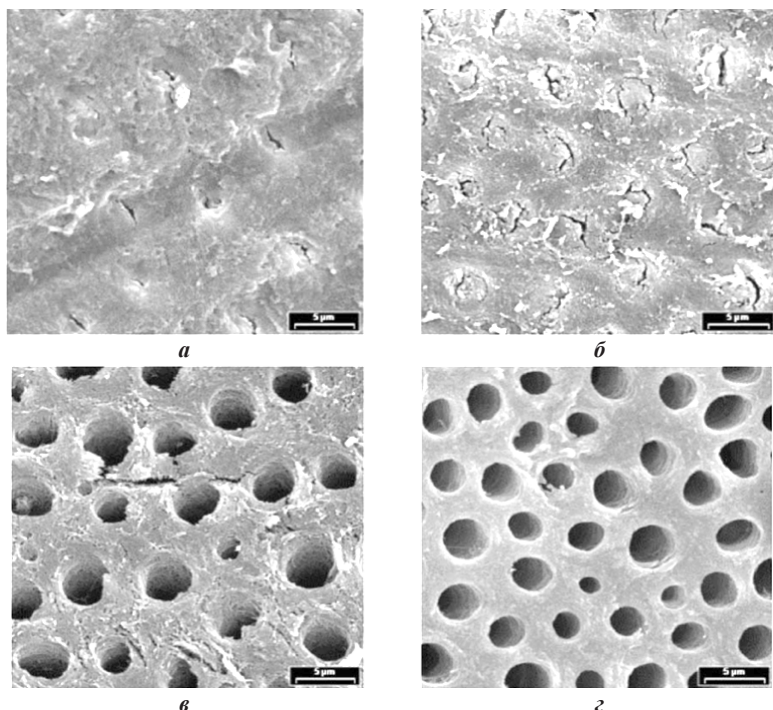


Рис. 14. Поверхность дентина:

а — после его протравливания; *б* — во время протравливания 0,13%-й ортофосфорной кислотой; *в* — во время протравливания 20%-ной ортофосфорной кислотой; *г* — во время протравливания 35%-ной ортофосфорной кислотой (S. S. A. Oliveira, 2003)

После протравливания, смывания кислоты и просушивания кариозной полости на дентин наносятся отдельно праймер или смесь праймер-бонд, гидрофильные момеры 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.

После полимеризации образуется гибридный слой, надежно связанный с подлежащим дентином благодаря микромеханической и химической связи компонентов адгезивной системы со структурами дентина (рис. 15). 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, степень проникновения зависит от глубины и локализации кариозной полости, состояния дентина, методики его обработки и других параметров. При рассмотрении под микроскопом с увеличением в 100 раз и более гибридный слой выглядит как тонкая полоска на поверхности дентина с отростками (tags) в дентинных трубочках (рис. 16).



Рис. 15. Схема гибридного слоя в дентине

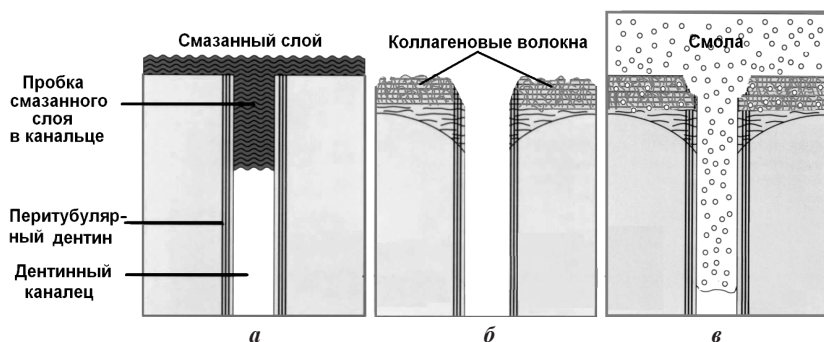


Рис. 16. Общая схема адгезивной подготовки дентина:

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

При незначительной и средней глубине кариозной полости основная сила сцепления обеспечивается структурами интертубулярного дентина, а в глубоких кариозных полостях сцепление с дентином обеспечивается 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. 17).



Рис. 17. Вид гибридного слоя на электронограмме, стрелками указаны анастомозы между отростками смолы в дентинных канальцах (E. Swift, J. Perdigao, 1995)

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 выполнение функций изолирующей прокладки (рис. 18).

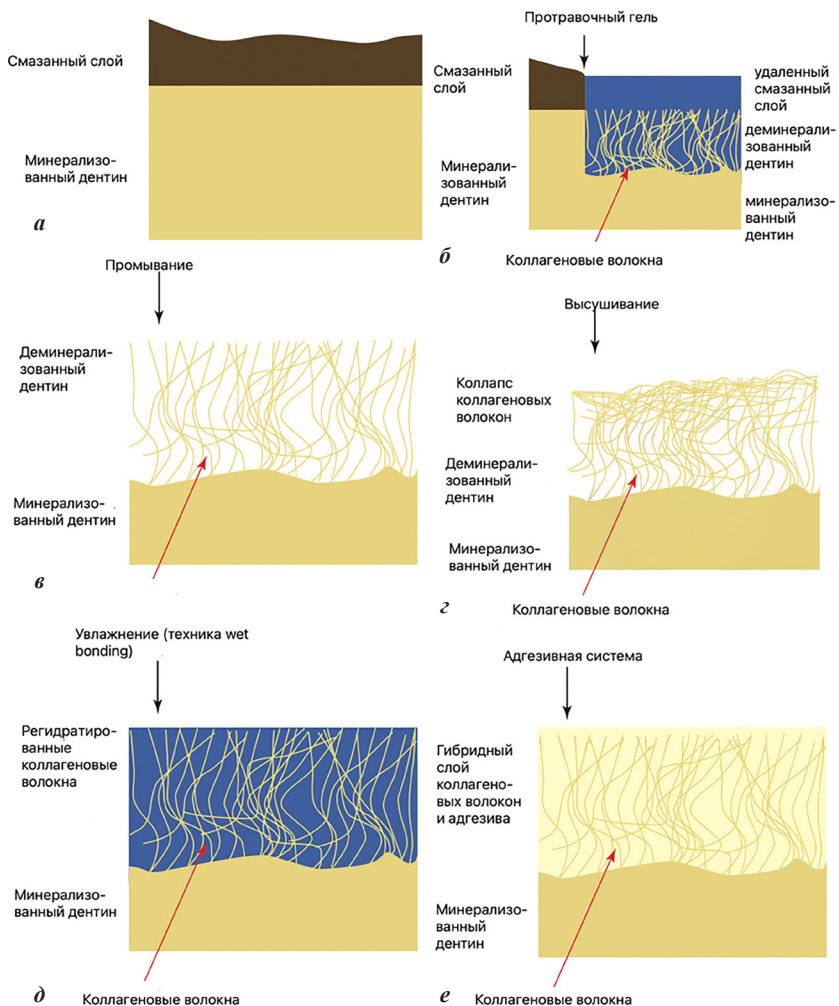


Рис. 18. Изменения на поверхности дентина в процессе гибридации:
 а — структура дентина после препарирования; б — удаление смазанного слоя протравочным гелем; в — сеть деминерализованных коллагеновых волокон после просушивания; г — коллапс коллагеновых волокон в случае пересушивания; д — регидратация коллагеновых волокон (техника влажного бондинга); е — пропитывание коллагеновых волокон смолой (George A. Freedman, 2012)

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ

Развитие адгезивной стоматологии в течение двадцати лет после открытия Буонокоре происходило очень медленно и без особых успехов. Связано это было с проблемами сцепления адгезивных систем с дентином.

I поколение адгезивных систем появилось в середине 70-х гг. XX в. На уровне эмали адгезия обеспечивалась микромеханической фиксацией бонда. На уровне дентина механизм связи был основан на ионном взаимодействии со смазанным слоем. Эти материалы содержали бифункциональные молекулы, которые одним концом связывались с ионами кальция в смазанном слое, а другим — с мономером в составе композиционного материала. Представителем этого поколения является Cosmic Bond. Сила сцепления с дентином составляла 1–3 МПа, что явно недостаточно: об этом свидетельствовали отрицательные клинические результаты.

II поколение адгезивных систем появилось в конце 70-х гг. XX в. и характеризовалось незначительным увеличением силы сцепления с дентином до 4–8 МПа. Представители этого поколения: Bondlite, Dual-Cure Scotchbond, Creation Bonding Agent. Большинство из них представляло собой смесь эфиров фосфорной кислоты со смолами (Bis-GMA или HEMA) без наполнителя. Механизм связи с дентином по-прежнему основывался на ионном взаимодействии со смазанным слоем. Клинические результаты показали, что большинство реставраций становились несостоятельными в течение первых двух лет. Исследования *in vitro* показали, что связь смазанного слоя с дентином недостаточная и нестабильная, и это вызывает разгерметизацию между пломбой и зубом. Несмотря на некоторые улучшения клинических результатов, требовалось дальнейшее совершенствование этих материалов.

III поколение адгезивных систем появилось в середине 80-х гг. XX в. Главное их отличие от предыдущих поколений — обработка дентина для модификации смазанного слоя. Как правило, это были трехбутылочные системы, включавшие двухкомпонентный праймер (Primer A, Primer B) и бонд. Эмаль протравливалась отдельно 37%-ной фосфорной кислотой, а обработка дентина осуществлялась праймером, содержащим органическую кислоту (ЭДТА, малеиновую кислоту), гидрофильный мономер (4-META или HEMA) и растворитель (спирт или ацетон), что позволяло повысить проникаемость дентина. Модификация смазанного слоя органической кислотой позволяла гидрофильному мономеру пропитывать его, обеспечивая связь с поверхностным слоем дентина. Несмотря на модификацию смазанного слоя, адгезия к дентину оставалась достаточно низкой (10–15 МПа). Завершающий этап адгезивной подготовки включал нанесение бонда, содержащего гидрофобные мономеры (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA). Представители этого поколения — A.R.T. Bond, All-bond, Denthesive, Gluma, Scotchbond 2, Superbond,

Tenure, Metabond, Amalgambond, Syntac Classic, XR Bond и др. Отдаленные клинические результаты применения этих адгезивных систем были лучше, но работа с ними требовала много времени в силу сложной техники использования.

На сегодня адгезивные системы I–III поколений практически не используются в стоматологической практике. Это обусловлено низкими показателями силы сцепления с тканями зуба, в первую очередь с дентином, а также нестабильностью этого соединения. Современные исследования показали, что для компенсации полимеризационной усадки композиционных материалов, составляющей 1,6–5 %, минимальная сила сцепления с твердыми тканями зуба должна составлять 18–20 МПа.

МЕТОДИКА РАБОТЫ С СОВРЕМЕННЫМИ АДГЕЗИВНЫМИ СИСТЕМАМИ

Как описано выше, современная стратегия обработки дентина с предварительным удалением смазанного слоя была разработана в начале 90-х гг. XX в. Тогда же появились первые адгезивные системы, применяемые с техникой тотального протравливания тканей зуба.

IV поколение

IV поколение адгезивных систем считается на сегодня золотым стандартом в адгезивной стоматологии благодаря надежности и универсальности. Доля этих материалов на стоматологическом рынке небольшая (15–20 %), однако они имеют стабильный спрос (табл. 3, рис. 19).

Таблица 3

Представители адгезивных систем IV поколения

Название адгезивной системы	Производитель	Способ полимеризации
All-Bond 2	Bisco Schaumburg, IL, USA	Двойного отверждения
All-Bond 3	Bisco Schaumburg, IL, USA	Двойного отверждения
Clearfil Liner Bond	Kuraray (Kurashiki, Japan)	Двойного отверждения
Scotchbond Multi-Purpose	(3M ESPE, St. Paul, Minn. USA)	Фотоотверждаемый
Adper Scotchbond Multi Purpose Plus	(3M ESPE, St. Paul, Minn. USA)	Двойного отверждения
Optibond FL	(Kerr, Orange, CA, USA)	Фотоотверждаемый
Syntac Classic	(Ultradent Prod Inc, Utah, USA)	Фотоотверждаемый

Название адгезивной системы	Производитель	Способ полимеризации
Denthesive	(Ivoclar-Vivadent, Schann, Liechtenstein)	Фотоотверждаемый
Gluma Solid Bond	(Heraeus Kulzer, Wehrheim Germany)	Фотоотверждаемый
Amalgabond	Parkell, Farmingdale, NY	Фотоотверждаемый
ProBond	(Shofu Inc. Kyoto, Japan)	Двойного отверждения
Solobond Plus	VOCO, Cuxhaven, Germany	Фотоотверждаемый
Luxabond total etch	DMG America	Двойного отверждения
Permaquik	Kerr (Ultradent)	Фотоотверждаемый



Рис. 19. Представители IV поколения адгезивных систем

Обязательным условием для получения хорошего сцепления с дентином является сохранение его поверхности слегка влажной: так называемый влажный бондинг (wet bonding), предупреждающий коллапс коллагеновых волокон. Клинически степень увлажнения дентина определить весьма затруднительно, особенно в больших кариозных полостях, что может сказываться на силе адгезии. Ориентирами должны быть время и сила высушивания дентина, а также его цвет. Оптимально высушивание дентина проводят в течение 2–3 с слабой струей воздуха, после чего эмаль становится матовой, а дентин без избытков влаги искрится. В случае, если в стоматологическом пистолете сложно регулировать интенсивность подачи воздуха, рекомендуется просушивать рабочее поле отраженной от зеркала струей воздуха. Другой вариант — высушивать эмаль и дентин специальными спонжиками, аппликаторами, стерильными ватными шариками.

Как правило, системы IV поколения представлены двумя бутылочками: праймером и бондом. Техника их использования включает минимум три этапа: протравливание, прайминг, бондинг. После удаления смазанного слоя на непересушенный дентин наносят праймер и втирают его в поверхность дентина легкими массирующими движениями в среднем 20–30 с. После обработки вся поверхность дентина должна блестеть, для чего требуется

от 1 до 5 аппликаций. Сокращение времени контакта праймера с тканями зуба приводит к снижению силы сцепления. Попадание праймера на эмаль не сказывается на адгезии. Бонд наносится однократно, раздувается слабой струей воздуха и полимеризуется (рис. 20). В результате этих манипуляций в тканях зуба образуется гибридный слой, обеспечивающий прочную связь гидрофобного композита с эмалью и дентином.

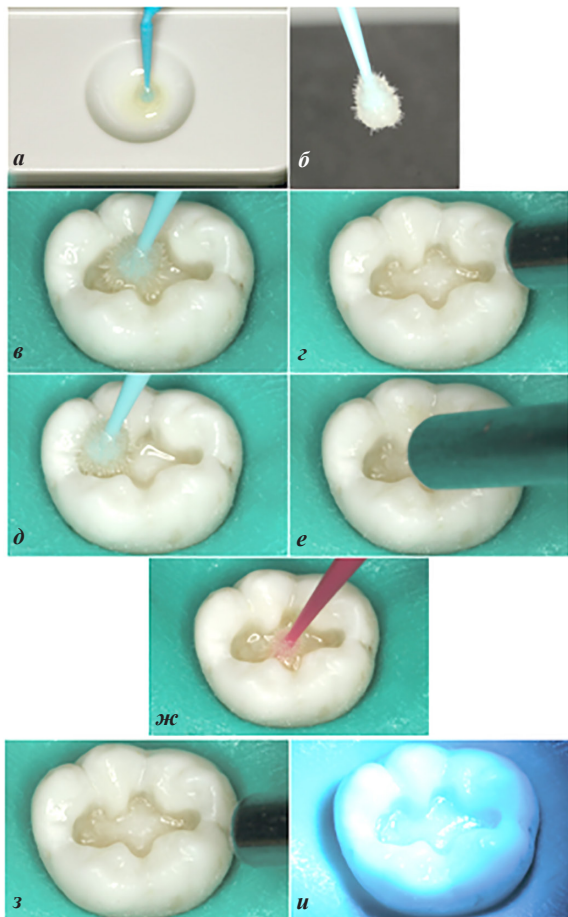


Рис. 20. Этапы работы с адгезивной системой IV поколения:
а, б, д — нанесение праймера на поверхность дентина 20–30 с (1–5 раз); *г, е* — распределение воздухом; *ж* — нанесение бонда однократно; *з* — распределение воздухом; *и* — полимеризация 20–40 с (в соответствии с инструкцией производителя)

Адгезия к дентину часто превосходит таковую к эмали, что предупреждает отрыв реставрации от дентина. Большинство систем IV поколения являются многофункциональными, то есть предназначены для работы с большим спектром стоматологических материалов. Для этих целей, согласно инструкциям производителей, применяются дополнительные компоненты этих систем: активаторы, катализаторы, керамический праймер, праймер для металла. Одной из модификаций систем IV поколения является адгезивная система на базе органически модифицированной керамики (ормокера) — Definite Multibond. Одной из последних новинок на рынке стало появление адгезивных систем этого поколения в унидозах, например, OptiBond FL.

Преимущества: высокая сила адгезии к эмали и особенно к дентину (в среднем более 20 МПа), хорошие отдаленные клинические результаты, многофункциональность.

Недостатки: сложность в работе, высокая чувствительность к нарушению этапов работы, риск передачи инфекции, достаточно высокая цена.

V ПОКОЛЕНИЕ

V поколение адгезивных систем появилось в середине 90-х гг. XX в. Они были созданы благодаря двум факторам: желанию стоматологов упростить процесс адгезивной подготовки и уменьшить риск передачи инфекции. Совершенствование этих материалов проводилось в направлении сокращения количества компонентов адгезивной системы, этапов и общего времени адгезивной подготовки. Эта группа материалов представлена так называемыми однобутылочными адгезивными системами (one-bottle systems), у которых праймер и бонд находятся в одном растворе (табл. 4, рис. 21). 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.

Таблица 4

Представители адгезивных систем V поколения

Название адгезивной системы	Производитель	Способ полимеризации
Admira Bond	Voco, (Cuxhaven, Germany)	Фотоотверждаемый
Solobond M	Voco, (Cuxhaven, Germany)	Фотоотверждаемый
Polibond	Voco, (Cuxhaven, Germany)	Двойного отверждения
Excite	Ivoclar Vivadent (Schaan, Lichtenstein)	Фотоотверждаемый
Excite DSC	Ivoclar Vivadent (Schaan, Lichtenstein)	Двойного отверждения
Excite F	Ivoclar Vivadent (Schaan, Lichtenstein)	Фотоотверждаемый
Gluma Comfort Bond	Heraeus Kulzer, Hanau, Germany	Фотоотверждаемый
Gluma One Bond	Heraeus Kulzer, Hanau, Germany	Фотоотверждаемый

Название адгезивной системы	Производитель	Способ полимеризации
One-Coat Bond	Coltène Whaledent (Altstätten, Switzerland)	Фотоотверждаемый
Optibond Solo Plus	Kerr (Orange, Calif. USA)	Двойного отверждения
Prime&Bond NT	Dentsply-Detrey (Konstanz, Germany)	Фотоотверждаемый
XP Bond	Dentsply-Detrey (Konstanz, Germany)	Самоотверждаемый
Syntac Single-Component	Ivoclar Vivadent (Schaan, Liechtenstein)	Фотоотверждаемый
One-Step Plus	Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA	Фотоотверждаемый
Adper Single Bond Plus, (Adper Single Bond 2)	3M ESPE, St. Paul, MN, USA	Фотоотверждаемый
Scotchbond 1 (Single Bond)	3M ESPE, St. Paul, MN, USA	Фотоотверждаемый
Clearfil Liner Bond 2	Kuraray (Osaka, Japan)	Фотоотверждаемый
Clearfil SE	Kuraray (Osaka, Japan)	Двойного отверждения
All bond plus	Bisco Schaumburg, IL, USA	Фотоотверждаемый



Рис. 21. Представители V поколения адгезивных систем

Первые версии однобутылочных систем (Gluma One Bond, Prime&Bond 2.1) требовали 2–3 аппликации для достижения нужного результата, что не давало выигрыша во времени. Более поздние версии однобутылочных систем были усовершенствованы, поэтому они требуют только одной аппликации материала (Prime&Bond NT, Exite, Solobond M, PQ1). Как и все системы, работающие с техникой тотального протравливания, системы V поколения являются очень чувствительными к пересушиванию дентина. Для решения этой проблемы были предложены увлажнители дентина, увлажняющие и фиксирующие сеть коллагеновых волокон, благодаря водному раствору НЕМА и стабилизаторам (Aqua-Prep, Gluma Desensitizer, Creafil SA Primer, Tubulicid Red). Дальнейшее улучшение этих систем касалось уменьшения толщины пленки бонда (менее 15 мкм) после полимеризации. Это позволило использовать их для фиксации ортопедических конструкций посредством композитных цемента, например, OptiBond Solo Plus. Появились системы с нанонаполнителем (Prime&Bond NT, Exite, Adper Single Bond 2),

что, по заявлениям производителей, повысило устойчивость гибридного слоя к нагрузкам. Все представители этого класса адгезивных систем могут применяться со всеми видами светоотверждаемых пломбировочных материалов, но далеко не все могут использоваться с химиоотверждаемыми пломбировочными материалами. Проблема связи с химиокомпозитами — в значении pH адгезивных систем V поколения, которое колеблется между 2,5 и 5,5 единицами и нейтрализует щелочные третичные амины, запуская реакцию полимеризации химиоотверждаемых материалов (рис. 22). Оригинальное решение проблемы испарения растворителя из бутылочки предложила фирма Coltene, разработавшая адгезивную систему One Coat Bond, не содержащую растворителя. Для минимизации риска передачи инфекции многие однобутылочные системы (Exite, Gluma Comfort Bond+Desensitizer, OptiBond Solo Plus, Prime&Bond NT, Solobond M) выпускаются сейчас в унидозах.

С появлением на рынке ормокоеров была разработана однобутылочная адгезивная система, в основе которой лежит технология органически модифицированной керамики (Admira Bond). Для ряда однобутылочных систем (OptiBond Solo Plus, One Step, Clearfil New Bond, Clearfil Photo Bond, Prime&Bond NT, XPbond) разработаны активаторы химического отверждения, что расширяет показания к их использованию. Последним новшеством среди систем V поколения является замена стандартных растворителей на многоатомные спирты, например, тетрабутанол в системе XPbond. По заявлению производителя, свойства материала сохраняются в течение 8–9 минут после извлечения адгезивной системы из бутылочки.

Преимущества: высокие показатели силы сцепления с эмалью и дентином, хорошие отдаленные клинические результаты, удобство в работе, меньшее время и количество этапов работы, совместимость со всеми светоотверждаемыми материалами.

Недостатки: адгезия к эмали превышает силу сцепления с дентином, иногда значительно, что приводит к отрыву реставрации от дентина, высокий риск возникновения постоперативной чувствительности, несовместимость большинства материалов с химиоотверждаемыми материалами.

Особенности работы с адгезивными системами с тотальным протравливанием тканей зуба:

1. Общее время протравливания эмали и дентина составляет, как правило, не более 30 с.
2. Не пересушивать эмаль и дентин. Можно просушить полость специальными спонжиками.
3. Время воздействия праймера на дентин — минимум 20 с.
4. Полная полимеризация 10–30 с (чем сложнее и больше дефект, тем больше время засвечивания).
5. При контаминации на этапе протравливания — повторное нанесение кислоты на 10–15 с, при контаминации до полимеризации адгезивной системы — удаление материала ватным шариком, смоченным спиртом,

и повторение всех этапов адгезивной подготовки, при контаминации после полимеризации адгезивной системы — протравливание поверхности 5 с, смывание кислоты, нанесение слоя бонда, полимеризация.

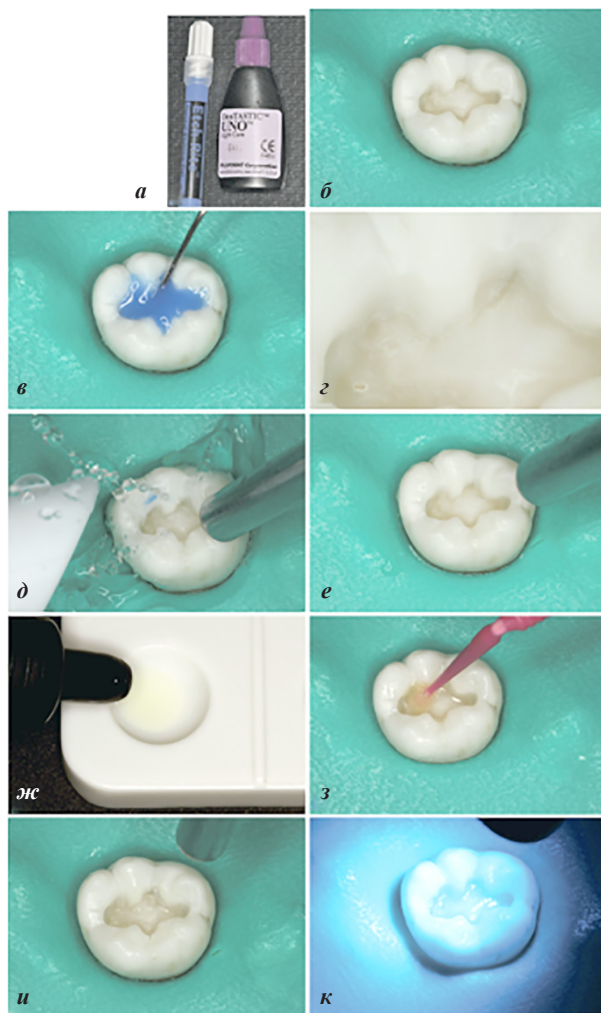


Рис. 22. Этапы работы с адгезивной системой V поколения:

а, б, в, г, д, е — техника тотального протравливания (10 с на эмаль, 10 с на дентин);
ж, з — нанесение бонда на поверхность дентина 20–30 с; и — распределение воздухом;
к — полимеризация 20 с (в соответствии с инструкцией производителя)

САМОПРОТРАВЛИВАЮЩИЕ АДГЕЗИВНЫЕ СИСТЕМЫ

VI и VII поколения адгезивных систем представлены самопротравливающими системами, первые версии которых появились в начале 90-х гг. XX в. Развитие стратегии самопротравливания тканей зуба было обусловлено очень высокой чувствительностью к нарушениям адгезивной подготовки при использовании адгезивных систем IV и V поколений и, как следствие, частым появлением постоперативной чувствительности. По данным разных авторов, до 70 % стоматологов сталкивается с этой проблемой. Актуальным остался вопрос упрощения процесса и сокращения затрат времени на проведение адгезивной подготовки.

При работе с самопротравливающими адгезивными системами необходимо учитывать ряд требований для достижения хорошего клинического результата:

1. Требуется дополнительная обработка тканей (препарирование беспризменного слоя эмали, склерозированного дентина или протравливание эмали 5–10 с).
2. Обязательное покрытие гидрофобным материалом (текучим композитом) сразу после обработки дентина в связи с высокой гидрофильностью этих материалов.
3. Для многошаговых систем раздельное нанесение компонентов разными аппликаторами во избежание нейтрализации.
4. Необходимость нескольких аппликаций материала при больших реставрациях.
5. Хранение материала в холодильнике.

VI поколение

VI поколение включает две большие группы материалов: двухшаговые и одношаговые системы. В литературе эти группы часто называют самопротравливающими праймерами и самопротравливающими адгезивами соответственно (табл. 5, рис. 23).

Таблица 5

Представители адгезивных систем VI поколения

Название адгезивной системы	Производитель	Способ полимеризации
ART Bond	Coltene (Alstatten, Switzerland)	Фотоотверждаемый
Clearfil SE	Kuraray (Tokyo, Japan)	Фотоотверждаемый
Clearfil Protect Bond	Kuraray (Osaka, Japan)	Фотоотверждаемый
Denthesive 2	Heraeus Kulzer (Wehrheim, Germany)	Фотоотверждаемый
Tyrian SPE	Bisco (Schaumburg, IL, USA)	Фотоотверждаемый

Название адгезивной системы	Производитель	Способ полимеризации
Adhe SE	Ivoclar Vivadent (Schaan, Liechtenstein)	Двойного отверждения
Adper Scotchbond SE self-etch	3M ESPE (St. Paul, MN, USA)	Фотоотверждаемый
FL bond II	Shofu Dental	Фотоотверждаемый
Clearfill Liner bond 2V	Kuraray (Tokyo, Japan)	Двойного отверждения
Contax	DMG America	Двойного отверждения
Clearfil S3 Bond	Kuraray (Osaka, Japan)	Фотоотверждаемый
Hybrid Bond	Vivadent (Schann, Liechtenstein)	Фотоотверждаемый
All Bond SE	Bisco (Inc., Schaumburg, IL, USA)	Фотоотверждаемый
iBond Gluma inside	Heraeus Kulzer (Hanau, Germany)	Фотоотверждаемый
One up Bond F+	Tokuyama Corp. (Tokyo, Japan)	Фотоотверждаемый
Xeno III	Dentsply, (Sankin)	Фотоотверждаемый
Prompt Adper Prompt L-Pop	3M ESPE (St. Paul, Minn. USA)	Фотоотверждаемый
L-Pop	3M ESPE (St. Paul, Minn. USA)	Фотоотверждаемый



Рис. 23. Представители VI поколения адгезивных систем

Самопротравливающие праймеры на сегодняшний день представлены:

1) системами «праймер с протравкой + бонд»: Clearfil Liner Bond, Clearfil Liner Bond 2V, Clearfil SE Bond, AdheSE, FL-Bond, Contax, Nano-Bond;

2) системами «самопротравливающий агент + праймер с бондом»: NRC с Prime&Bond NT, OptiBond Solo Plus Self-Etch Adhesive System, One Step (Plus) с Tyrian SPE.

Первая подгруппа адгезивных систем появилась раньше, поэтому для многих материалов есть отдаленные клинические результаты их применения. По данным литературы, самопротравливающие праймеры считаются серебряным стандартом в адгезивной стоматологии. Есть отличия в технике работы с материалами данной группы.

Комплектация первого типа систем включает 2–3 бутылочки. Все самопротравливающие праймеры содержат воду, поэтому состояние дентина

(сухой или влажный), имеет меньшее значение. Может применяться как техника влажного бондинга, так и методика сухого бондинга. Ранние версии этих систем отличались недостаточной кислотностью ($\text{pH} > 1,5$ единиц), коротким сроком хранения. Основные усовершенствования самопротравливающих праймеров с момента их появления касались увеличения их кислотности ($\text{pH} < 1,5$ единиц) для адекватного протравливания эмали и повышения стабильности компонентов, что увеличило срок службы и нивелировало потребность хранения в холодильнике. Сила сцепления с дентином для большинства представителей — более 20 МПа, с эмалью — около 20 МПа, причем сцепление с препарированной эмалью выше, чем с интактной. Схема работы с ними включает минимум два этапа: одномоментное протравливание + прайминг — нанесение бонда. Важным моментом является отсутствие предварительного смешивания компонентов, использование разных аппликаторов для каждого компонента. В случае систем, состоящих из трех бутылочек, самопротравливающий праймер состоит из компонентов А и В, которые смешиваются перед нанесением, например, FL-Bond. Раздельное нанесение компонентов объясняется большой разницей в pH праймера с протравкой ($< 1,5$ единиц) и бонда ($> 4,0$ единиц), что при преждевременном смешивании приведет к недостаточному протравливанию эмали и дентина. Сначала на зуб наносят праймер с протравкой на 15–30 с в зависимости от производителя, затем просушивают слабой струей воздуха для удаления избытка влаги, после этого наносят бонд, равномерно распределяют и полимеризуют в течение 10–20 с.

Комплектация второго типа систем включает 2 бутылочки. Этот тип является модификацией адгезивных систем V поколения. Первый компонент — самопротравливающий агент (NRC—non rinse conditioner, Tyrian SPE—self-priming etchant), который предварительно наносят на эмаль и дентин на 20–30 с и не смывают. Второй компонент «праймер – бонд» описан при разборе однобутылочных систем V поколения. Например, Tyrian SPE сначала необходимо активировать, смешав 2 компонента: первый содержит 20–30%-ный раствор этанола, второй — 2-акриламид-2-метилпропанэсуфоновую кислоту и бис-2-этакрилокси-этилфосфат в этаноле. Для удобства работы с ним в состав протравки включен краситель, который обесцвечивается после протравливания тканей зуба. Реакция нейтрализации проходит за счет гидроксиапатитов. После этапа протравливания наносят смесь «праймер-бонд», распределяют, просушивают для удаления растворителя и полимеризуют (рис. 24).

Большинство самопротравливающих систем этого типа содержат наполнитель (2–17 %). Сила сцепления с эмалью и дентином, как правило, такая же, как у систем 1-го типа.

Отсутствие этапа смывания кислоты и раскрытия дентинных трубочек значительно снижает риск развития постоперативной чувствительности, что подтверждается результатами клинических исследований.

Кроме того, это позволяет экономить рабочее время 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, One Step (Plus) с Tyrian SPE) имеют двойной механизм отверждения благодаря наличию активатора, что делает их пригодными для работы с материалами химического или двойного отверждения.

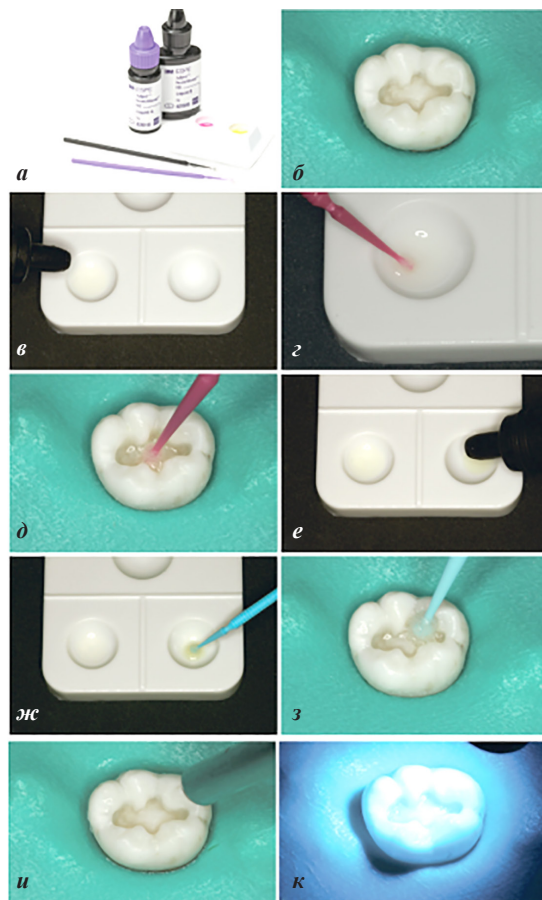


Рис. 24. Этапы работы с адгезивной системой VI поколения:

а, б, в, г, д — нанесение на отпрепарированную поверхность 1-го компонента адгезивной системы одним аппликатором; *е, ж, з* — нанесение 2-го компонента адгезивной системы одним аппликатором; *и* — распределение воздухом; *к* — полимеризация 20 с (в соответствии с инструкцией производителя)

Преимущества: более простая и быстрая методика работы, почти полное отсутствие постоперативной чувствительности, более высокие показатели сцепления с дентином в сравнении с однобутылочными системами, multifunctionality подобная системам IV поколения.

Недостатки: низкая эффективность протравливания интактной эмали и склерозированного дентина, хранение, как правило, в холодильнике, высокая цена.

VII поколение

Адгезивные системы VII поколения по многим характеристикам похожи на самопротравливающие адгезивы VI поколения. Отличие заключается только в отсутствии этапа смешивания компонентов, так как эти системы представлены одним готовым раствором, содержащим протравку, праймер и бонд. Ассортимент материалов этой группы значительно расширился в течение последних 1–2 лет (табл. 6, рис. 25).

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). Многие системы доступны как в бутылочках, так и в унисазах. Большинство несмешиваемых самопротравливающих адгезивов можно применять только со светотверждаемыми материалами. Благодаря модификациям мономеров повысилась стабильность материалов этой группы и отпала необходимость постоянно хранить адгезив в холодильнике.

Таблица 6

Представители адгезивных систем VII поколения

Название адгезивной системы	Производитель	Способ полимеризации
One Coat 7.0	Coltène/Whaledent (AG, Altstätten, Switzerland)	Фотоотверждаемый
Xeno IV	Dentsply Caulk (Milford, DE, USA)	Фотоотверждаемый
AdheSE One F (no mix)	Ivoclar Vivadent, (Schaan, Principality of Liechtenstein)	Фотоотверждаемый
G-BOND	GC America (Alsip, IL, USA)	Фотоотверждаемый
OptiBond All-In-One	Kerr (Orange, CA, USA)	Фотоотверждаемый
Clearfil S3 Bond Plus	Kuraray (Tokyo, Japan)	Фотоотверждаемый
Adper Easy one	3M ESPE (St. Paul, Minn. USA)	Фотоотверждаемый
Bond force (no mix)	Tokuyama Dental	Фотоотверждаемый
Clearfill DC bond	Kuraray (Tokyo, Japan)	Двойного отверждения
Xeno IV DC	Dentsply Caulk (Milford, DE, USA)	Двойного отверждения
Futura bond DC	Voco (Germany)	Двойного отверждения



Рис. 25. Представители VII поколения адгезивных систем

Стандартная схема работы с ними предусматривает предварительное встряхивание раствора, затем нанесение его на эмаль и дентин несколькими слоями, начиная с эмали, экспозиция — 20–30 с, раздувание воздухом и полимеризация — 5–20 с (рис. 26). Минимальное время проведения адгезивной подготовки при использовании этих систем составляет 35 с.

Риск развития постоперативной чувствительности при работе с системами VII поколения очень низкий благодаря отсутствию возможности пересушивания и перетравливания дентина. В целом эти системы еще недостаточно изучены как *in vitro*, так *in vivo*, а результаты оценок разных экспертных организаций достаточно противоречивы.

Преимущества: очень простая и быстрая методика работы, почти полное отсутствие постоперативной чувствительности, низкий риск передачи инфекции.

Недостатки: отсутствие отдаленных клинических результатов их использования, эффективность протравливания твердых тканей зуба и стабильность гибридного слоя под вопросом, недостаточная универсальность в применении.

На сегодня стоит задача достичь компромисса между временем, трудоемкостью адгезивной подготовки и получением оптимального эффекта сцепления с твердыми тканями зуба. С одной стороны, адгезивные системы IV и V поколений с тотальным протравливанием и широким спектром показаний дают хорошие отдаленные клинические результаты, но являются высокочувствительными к нарушениям техники использования материалов и имеют высокий риск развития постоперативной чувствительности. С другой стороны, самопротравливающие системы VI и VII поколений

имеют низкий риск развития постоперативной чувствительности, они более быстрые, простые и менее чувствительные к нарушениям техники работы, но с проблемами протравливания эмали, стабильности гибридного слоя. Самопротравливающие системы на сегодня составляют реальную конкуренцию системам с тотальными протравливанием, о чем свидетельствует рост их популярности и распространенности использования. Постоянное совершенствование адгезивных систем и появление новых разработок будет способствовать дальнейшему развитию адгезивной стоматологии.

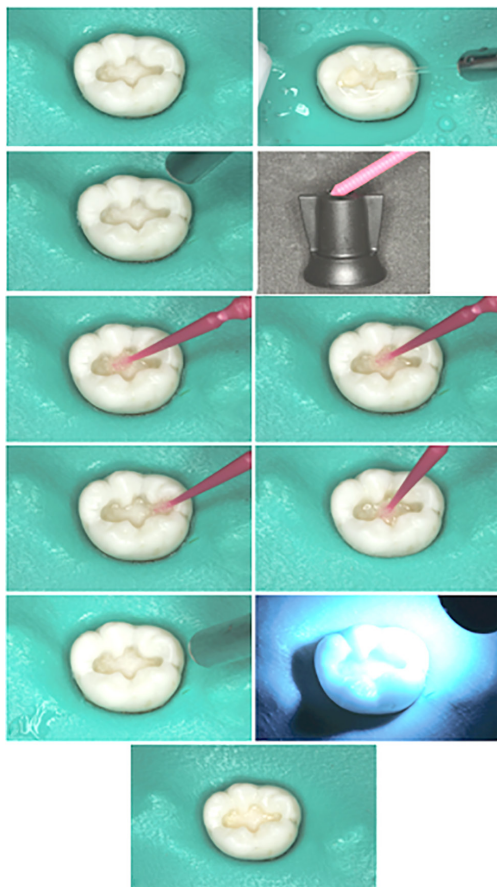


Рис. 26. Схема работы с несмешиваемыми самопротравливающими адгезивными системами VII поколения: встряхнуть бутылочку, нанести смесь на эмаль и дентин (1–3 аппликации) на 20–30 с, просушить 3–5 с, фотополимеризация 5–20 с

VIII поколение. В 2010 году компания VOCO America представила VOCO Futurabond DC в качестве адгезива VIII поколения, который содержит нанонаполнитель с размером частиц около 12 нм, что увеличивает проникновение мономеров смолы и толщину гибридного слоя. Нанонаполнитель обеспечивает высокую силу сцепления, долговечность и более длительный срок хранения. Было замечено, что наполненные связующие вещества обеспечивают более высокую прочность связи *in vitro*. Эти новые агенты из поколений самопротравливающих систем имеют кислые гидрофильные мономеры и могут легко использоваться как на протравленной, так и на непротравленной эмали. Тип нанонаполнителей и метод введения этих частиц влияют на способность мономеров смолы проникать в пространства коллагеновых волокон.

Однако, в современной научной литературе адгезивные системы VIII поколения не описываются. Вопрос о выделении самостоятельного нового поколения адгезивных систем остается неизученным. Причина в том, что существенной разницы между системами VII и VIII поколений в количестве этапов использования не отмечается (табл. 7).

Таблица 7

Сравнительная оценка поколений адгезивных систем

Показатели	Поколение адгезивной системы						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Подготовка поверхности	Протравливание эмали	Протравливание эмали	Кондиционирование дентина	Тотальное протравливание	Тотальное протравливание	Самопротравливание	Самопротравливание
Сила адгезии (МПа)	1–3	2–8	8–15	20–25	20–25	17–22	23–30
Постоперативная чувствительность	–	–	незначительная	10 %	1–5 %	–	–
Количество компонентов	2	2	2–3	3	2	2	1
Количество шагов	2	2	3	3	2	2	1

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ АДГЕЗИВНЫЕ СИСТЕМЫ (UNIVERSAL)

Универсальные адгезивные системы выделяют как отдельный вид, так как они широко применяются во всех отраслях стоматологии (рис. 27, табл. 8). Особенность их заключается в том, что они способны обеспечивать связь с любой поверхностью (дентин, эмаль, композиционный материал, металл, керамика). По этой причине они находят широкое применение в терапевтической, ортопедической стоматологии, а также в ортодонтии и детской терапевтической стоматологии.

Универсальные адгезивные системы представляют собой смесь гидрофильных мономеров, которые образуют связь с тканями зуба. Особенностью универсальных адгезивных систем является наличие в их составе адгезивных функциональных мономеров (10-MDP, GPDM, PENTA P), обеспечивающих за счет определенного уровня pH самопротравливающее действие на ткани зуба. Их можно использовать в технике тотального протравливания и самопротравливания, а также в технике селективного протравливания.



a



б

Рис. 27. Представители универсальных адгезивных систем

Таблица 8

Представители универсальных адгезивных систем

Название адгезивной системы	Производитель	Способ полимеризации
All-Bond Universal	Bisco (Inc., Schaumburg, IL, USA)	Двойного отверждения
Prime&Bond Elect	Dentsply Caulk (Milford, DE, USA)	Фотоотверждаемый
Xeno Select	Dentsply Caulk (Milford, DE, USA)	Фотоотверждаемый
AdheSE Universal	Ivoclar Vivadent (Schaan, Principality of Liechtenstein)	Фотоотверждаемый
G-aenial Bond	GC America (Alsip, IL, USA)	Фотоотверждаемый
Clearfil Universal Bond	Kuraray (Tokyo, Japan)	Фотоотверждаемый
Scotchbond Universal Adhesive	M ESPE (St. Paul, MN, USA)	Фотоотверждаемый
Futurabond U	Voco (Cuxhaven, Germany)	Фотоотверждаемый

АДГЕЗИВНЫЕ СИСТЕМЫ ХИМИЧЕСКОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ

Применяют в сочетании с композиционным материалом химического отверждения при восстановлении дефектов твердых тканей зубов. Форма выпуска: основной и каталитический бонд (рис. 28). Адгезивная система химического отверждения не имеет в своем составе праймера, поэтому не может быть использована на поверхности дентина. Ее применение без предварительного наложения изолирующей прокладки является грубой ошибкой и приводит к проникновению мономеров через дентинные каналцы и, как следствие, токсическому некрозу пульпы.



Рис. 28. Бонд химического отверждения

Способ применения:

1. Протравить эмаль 37%-ной ортофосфорной кислотой.
 2. Смешать равное количество основного и каталитического бонда.
 3. Нанести на изолирующую прокладку и протравленную эмаль.
 4. Равномерно распределить тонким слоем с помощью струи воздуха.
- Время полимеризации: 1–3 мин после смешивания.

АДГЕЗИВНЫЕ СИСТЕМЫ ДВОЙНОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ

Адгезивные системы двойного отверждения предназначены для создания адгезивного соединения между тканями зуба и восстановительными материалами в технике самопротравливания, тотального травления или селективного травления для использования с композитами двойного отверждения, а также композитами светового и химического отверждения. За счет возможности двойного отверждения материал может использоваться в корневом канале при фиксации внутриканальных штифтов. Он обеспечивает полимеризацию участков, недоступных для проникновения светового потока.

ТЕХНИКА РАБОТЫ С УНИДОЗАМИ

Использование адгезивных систем в форме унидоз снижает риск контаминации микроорганизмами и передачи инфекции от пациента к пациенту. Такая форма выпуска является наиболее гигиеничной в использовании (рис. 29). Для того, чтобы активировать унидозу, необходимо вскрыть блистер, продавить аппликатор вглубь пластмассового колпачка и перемешать несколько раз, после чего она будет готова к использованию (рис. 30).



Рис. 29. Примеры формы выпуска адгезивной системы в унидозах

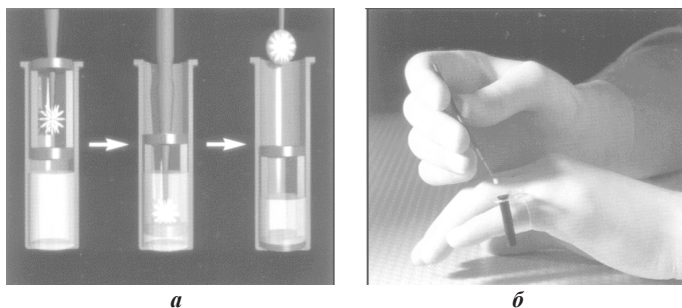


Рис. 30. Схема работы с унидозами адгезивных систем:
a — активация унидозы; *б* — использование унидозы

ВЛИЯНИЕ ТИПА НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ

Одним из важных моментов, определяющих свойства адгезивных систем, является степень их наполненности. Существует три вида адгезивных систем по типу наполнителя:

1. Ненаполненные, без наполнителя. Например, Gluma Comfort Bond (+Desensitizer), One Step, Single Bond, Solobond M, i-Bond Gluma Inside, Brush&Bond, FuturaBond, Etch&Prime 3.0, Adper Prompt L-Pop, Touch&Bond, Tenure Uni-Bond.

2. Наполненные. Например, FL-Bond, OptiBond FL, OptiBond Solo Plus, One Step Plus, PQ1. Они содержат частицы наполнителя размером 0,4–7 мкм до 45 % по объему материала. Толщина пленки, покрывающей поверхность дентина, составляет 10–25 мкм (рис. 31).

3. Нанонаполненные. В качестве примера можно назвать Prime&Bond NT, Adper Single Bond 2, Exite, One Coat Bond, Xeno III, FuturaBond NF,

One-Up Bond F, AdheSE, Clearfil Liner Bond 2V, Clearfil SE Bond, i-Bond SelfEtch. Они содержат частицы наполнителя размером 5–20 нм до 15 % по объему, которые, благодаря своему размеру, способны проникать в сеть коллагеновых волокон и в дентинные трубочки, обеспечивая не только микро-ретенцию, но и наноретенцию материала к структурам тканей зуба. Толщина пленки, образующейся после применения этих систем, составляет 5–10 мкм (рис. 32).

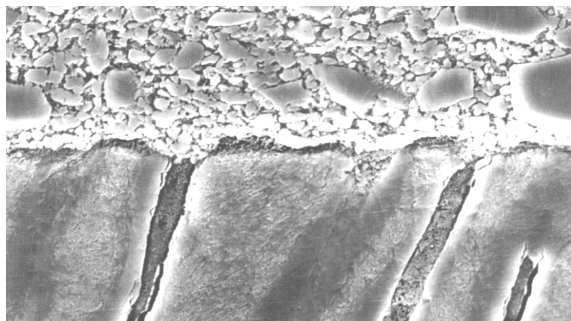


Рис. 31. Наполненный адгезив под микроскопом (Медицинский стоматологический университет, Токио, 1997)

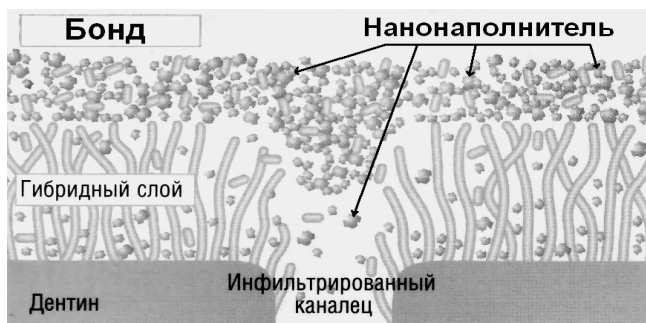


Рис. 32. Адгезивная система с нанонаполнителем

Наличие в составе адгезивной системы наполнителя повышает стабильность и долговечность гибридного слоя, способствует компенсации нагрузок на границе зуб — пломбировочный материал и препятствует появлению микрощелей, что подтверждается результатами лабораторных и клинических тестов. На сегодня нет единой точки зрения о том, какая система, наполненная или нанонаполненная, лучше. Существенных различий между этими типами адгезивных систем не выявлено.

Следует учитывать, что адгезивные системы с разными типами наполнителя, образующие пленку бонда толщиной более 15 мкм, не могут быть использованы для фиксации непрямых реставраций, то есть виниров, вкладок, накладок.

ВЛИЯНИЕ ТИПА РАСТВОРИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ

Все существующие на стоматологическом рынке адгезивные системы выпускаются в виде жидкости, в которой определенную долю составляет растворитель. Исключением является только система One Coat Bond в виде геля, не содержащего растворителя. Функции растворителя заключаются в растворении и сохранении рабочих свойств органических мономеров, смачивании поверхности тканей зуба, повышении проницаемости дентина для гидрофильных мономеров. Адгезивные системы различаются по типу растворителя (табл. 9). Растворители характеризуют по следующим критериям: испаряемость, время пропитывания дентина, увлажнение дентина.

Таблица 9

Разделение адгезивных систем по типу растворителя

Растворитель	Преимущества	Недостатки	Представители
Ацетон	Самая высокая способность к испарению влаги, очень хорошая способность к проникновению в структуры зуба	Низкая способность к увлажнению (особенно пересушенного дентина)	Prime&Bond NT, One Step (Plus), All-Bond 2, Tenure Quik F, Solobond M
Спирт	Средняя способность к испарению влаги и проникновению в структуры зуба	Средняя способность к увлажнению (особенно пересушенного дентина)	OptiBond Solo (Plus), PQ1, Exite, Gluma Comfort Bond, Single Bond
Вода	Самая высокая способность к увлажнению	Низкая испаряемость, сложность ее удаления	Adper Promt L-Pop, Etch&Prime3.0, Syntac Single Component
Ацетон + вода	i-Bond, Tenure Quik, FuturaBond (NF), Tenure Uni-Bond		
Спирт + вода	Xeno III, Etch&Prime 3.0		

Ацетон обладает самой высокой испаряемостью, поэтому системы на основе ацетона наименее чувствительны к количеству остаточной влаги, которая может препятствовать проникновению праймера в дентин и нарушать полимеризацию. Отличная способность к проникновению в структуры

зуба объясняется тем, что контакт ацетона с водой приводит к ее активному испарению благодаря снижению поверхностного натяжения (эффект азеотрофизма). Время пропитывания тканей зуба у этих систем наименьшее среди всех. Недостатком ацетонсодержащих систем является недостаточное увлажнение пересушенного дентина и, таким образом, высокий риск возникновения постоперативной чувствительности.

Спирт обладает средней испаряемостью, поэтому спиртосодержащим системам требуется больше времени, чтобы пропитать дентин. Способность к увлажнению у спирта средняя, как и риск появления чувствительности.

Вода обладает самой высокой способностью к увлажнению. Скорость пропитывания дентина у системы на водной основе хорошая, но ниже, чем у спиртосодержащих систем. Все самопротравливающие системы содержат воду, которая обеспечивает гидролиз фосфорных эфиров метакрилатов, запуская реакцию деминерализации тканей зуба. Недостатком воды в качестве растворителя является низкая испаряемость и сложность ее удаления, что может повлиять на качество и силу сцепления. Для компенсации недостатков разных типов растворителей предложены системы, сочетающие разные типы растворителей (ацетон + вода, спирт + вода). Последние разработки предлагают в качестве растворителя другие вещества, которые менее летучи и повышают удобство в работе, например, тетрабутанол.

Нет единого мнения о том, система с каким растворителем лучше, однако на рынке более широко представлены спиртосодержащие системы и системы с комбинацией растворителей.

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ

Показания к использованию разных адгезивных систем могут значительно различаться, поэтому при выборе материала необходимо определить круг задач (табл. 10). Наиболее полно представлены эмалево-дентинные адгезивные системы, позволяющие надежно фиксировать к зубу все светоотверждаемые материалы: композиты, ормокеры, компомеры. Возможны различные комбинации материалов и адгезивных систем разных производителей. Расширить показания к их использованию позволяют активаторы химического отверждения, например, для адгезивных систем OptiBond Solo Plus, Contax One Step, Clearfil New Bond, Clearfil Photo Bond. Проблемой является несовместимость активаторов и продуктов разных фирм-производителей.

Универсальные адгезивные системы обладают способностью химического или двойного отверждения и предназначены для адгезии к зубу свето-, химиотверждаемых и материалов двойного отверждения. Отличаются от

эмалево-дентинных систем наличием патентованных мономеров, например, у One Step мономер BPDМ.

Многофункциональные адгезивные системы представлены материалами, обеспечивающими адгезию к тканям зуба широкого спектра стоматологических материалов: композитов, керамики, амальгамы, благородных и неблагородных сплавов.

Таблица 10

Адгезивные системы по назначению

Тип	Возможности применения	Представители
Эмалево-дентинные	Совместимость со свето-отверждаемыми материалами: композитами, ормокерами, компомерами, гибридными стеклонономерами	OptiBond Solo (Plus), Gluma Comfort Bond, PQ1, Promt L-Pop, i-Bond, Xeno III, Touch&Bond, Etch&Prime 3.0, FuturaBond (NF), Single Bond, Exite, One Coat Bond
Универсальные	Совместимость со свето-отверждаемыми и химио-отверждаемыми материалами, в ряде случаев с материалами двойного отверждения	One Step (Plus), Clearfil Liner Bond 2V, Clearfil Photo Bond
Многофункциональные	Возможность адгезии всех пломбировочных материалов, керамики, сплавов	ScotchBond Multipurpose Plus, OptiBond FL, All-Bond 2, AmalgamBond Plus, Brush&Bond

Чем больше возможностей, тем сложнее в использовании и дороже адгезивная система, поэтому перед выбором необходимо определиться со спектром манипуляций, которые будут проводиться. Многофункциональные системы являются оптимальным выбором для стоматолога общей практики, универсальные — для специалиста терапевтического профиля.

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

Адгезивные системы имеют разную степень сложности проведения адгезивной подготовки. Сравнивать 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 проблемы в клинической практике.

Ошибки в большинстве своем связаны с нарушениями в технике работы и могут быть допущены на любом из 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, 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, например, нарушений 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 осложнения в виде постоперативной 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 постоперативная чувствительность, развивающаяся в ближайшие сроки после лечения патологии твердых тканей зубов и сопровождающаяся симптомами раздражения пульпы:

- 1) появление жалоб сразу после лечения (прямая связь с лечением кариеса);
- 2) основной симптом — острая кратковременная боль различной интенсивности от химических, термических, механических раздражителей;
- 3) сохранение жалоб на протяжении длительного времени;
- 4) ЭОД в пределах нормы.

Прогноз для постоперативной чувствительности благоприятный при своевременном устранении раздражителя. При длительном течении (более 3-х недель) высок риск необратимого повреждения или некроза пульпы. Лучший способ профилактики — предупреждение постоперативной 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 ошибок и осложнений являются строгое соблюдение техники на всех этапах и постоянное динамическое наблюдение за состоянием реставраций.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Выбор адгезивной системы стоматологом должен базироваться на научно обоснованных данных об эффективности материала с учетом рекомендаций фирмы-производителя, а также задач, для решения которых адгезивная система будет применяться.

2. Современная адгезивная система способна полностью изолировать пульпу от всех видов раздражителей, выполняя функцию изолирующей прокладки.

3. При работе с современными адгезивными системами подготовка кариозной полости предусматривает полное удаление смазанного слоя с поверхности эмали, дентина, цемента.

4. Применение адгезивных систем с тотальным протравливанием основано на концепции влажного бондинга (wet bonding), поэтому пересушивание дентина приводит к значительному снижению адгезии и постоперативной чувствительности.

5. Возможны различные сочетания материалов разных фирм-производителей без ущерба для силы и долговечности сцепления.

6. Независимо от типа адгезивной системы, на всех этапах работы недопустима контаминация поверхности зуба кровью, десневой жидкостью, слюной или маслом.

Таким образом, грамотный выбор и правильная техника работы с современными адгезивными системами позволят успешно решать большое количество задач и обеспечат долговременный успех реставрации зубов.

САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

1. Укажите основной компонент праймера:

- а) наполнитель;
- б) органическая кислота;
- в) гидрофильный мономер;
- г) растворитель;
- д) стабилизатор;
- е) все перечисленное.

2. Виды растворителей в адгезивных системах:

- а) спирт;
- б) ацетон;
- в) вода;
- г) все перечисленное.

3. К гидрофобным мономерам относятся:

- а) Bis-GMA; в) TEGDMA;
- б) UDMA; г) все перечисленное.

4. К гидрофильным мономерам относятся:

- а) PENTA; в) НЕМА;
- б) 4-META; г) все перечисленное.

5. Увлажнитель дентина применяется:

- а) с системами, предусматривающими тотальное протравливание тканей зуба;
- б) с самопротравливающими системами;
- в) все перечисленное.

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

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

7. После обработки эмали, дентина, цемента и полимеризации компонентов адгезивной системы в тканях зуба образуется:

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

8. В состав смазанного слоя входят:

- а) компоненты ротовой жидкости;
- б) микроорганизмы;
- в) кристаллы гидроксиапатита;
- г) коллагеновые волокна;
- д) все перечисленное.

9. Количество поколений адгезивных систем:

- а) пять;
- б) четыре;
- в) восемь;
- г) семь;
- д) шесть.

10. Укажите принципы классификации современных адгезивных систем:

- а) по количеству наполнителя;
- б) по типу растворителя;
- в) по способу полимеризации;
- г) по назначению;
- д) все перечисленное.

11. Абсолютным противопоказанием для использования адгезивных систем является:

- а) плохая гигиена полости рта у пациента;
- б) аллергия на компоненты адгезивной системы у стоматолога или пациента;
- в) воспаление десны;
- г) все перечисленное.

12. При правильном протравливании эмали:

- а) полностью растворяется беспризмennyй слой эмали;
- б) создается микрорельеф в виде бороздок, пор, канавок;
- в) остается смазанный слой на поверхности эмали;
- г) все перечисленное.

13. Укажите оптимальную концентрацию протравки для деминерализации эмали:

- а) 20–40 %;
- б) 10–20 %;
- в) 40–60 %.

14. После смывания протравки эмаль необходимо:

- а) высушить до явного побеления;
- б) просушить и оставить небольшое количество видимой влаги;
- в) высушить до появления матовости эмали и отсутствия видимой влаги.

15. Сложности в достижении адгезии к дентину связаны:

- а) с гидрофильностью дентина;
- б) разным строением и проницаемостью в разных участках;
- в) высоким содержанием органических веществ;
- г) все перечисленное.

16. Просвет дентинных трубочек занимает максимальную площадь:

- а) в области эмалево-дентинной границы;
- б) вблизи пульпы;
- в) в средних слоях дентина.

17. Укажите особенности современных адгезивных систем:

- а) упрощение методики работы и сокращение общего времени адгезивной подготовки;
- б) широкие функциональные возможности;
- в) хорошие ближайшие и отдаленные клинические результаты;
- г) все перечисленное.

18. Представителями IV поколения являются:

- а) Promt L-Pop, Aqua-Prep, Gluma Desensitizer, Creafil SA Primer;
- б) Prime&Bond NT, Exite, Gluma Comfort Bond, Solobond M, Admira Bond;
- в) ScotchBond Multipurpose Plus, AmalgamBond Plus, OptiBond FL, Definite Multibond.

19. Чем отличается адгезивная система V поколения от системы IV поколения?

- а) другой механизм адгезии к твердым тканям зуба;
- б) меньшее количество этапов адгезивной подготовки;
- в) отсутствует протравливание как отдельный этап;
- г) все перечисленное.

Ответы: 1 — в; 2 — г; 3 — г; 4 — в; 5 — а; 6 — в; 7 — а; 8 — д; 9 — г; 10 — д; 11 — б; 12 — б; 13 — а; 14 — в; 15 — г; 16 — б; 17 — г; 18 — в; 19 — б.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисенко, Л. Г.* Сравнительный анализ и эффективность адгезивных систем различных поколений. Методы адгезивной подготовки зубов : учеб.-метод. пособие / Л. Г. Борисенко, А. С. Редер. – Минск : БГМУ, 2023. – 43 с.
2. *Луцкая, И. К.* Эстетическая стоматология / И. К. Луцкая. – Минск : Белорусская наука, 2000. – 246 с.
3. *Мангани, Ф.* Руководство по адгезивной стоматологии. Ключевые аспекты успешной реставрации зубов / Ф. Мангани, А. Путињяно, А. Черутти. – М. : Квинтэссенция, 2012. – 417 с.
4. *Дифференцированный* подход к выбору адгезивной системы при пломбировании витальных и девитальных зубов / А. В. Митронин, А. М. Фулова, Ю. А. Митронин, Д. А. Останина // Эндодонтия today: электрон. журн. – 2023. – Т. 21, № 2. – С. 110–114.
5. *Николаев, А. И.* Практическая терапевтическая стоматология / А. И. Николаев, Л. М. Цепов. – СПб. : Санкт-Петербургский институт стоматологии, 2001. – 390 с.
6. *Адгезивные системы в практике врача-стоматолога* / О. Ю. Титова, Т. В. Меленберг, Л. Н. Линник [и др.] // Проблемы стоматологии. – 2020. – Т. 16, № 1. – С. 178–181.
7. *Терапевтическая стоматология* : учеб. пособие. В 2 ч. для студентов 5-го курса стоматолог. фак. / А. Г. Третьякович, Л. Г. Борисенко, А. И. Делендик [и др.] ; Белорус. гос. мед. ун-т, 2-я каф. терапевт. стоматологии ; под ред. А. Г. Третьяковича, Л. Г. Борисенко. – 3-е изд. – Минск : БГМУ, 2007. – 296 с.
8. *Dentine bond strength and antimicrobial activity evaluation of adhesive systems* / C. B. André, B. P. F. A. Gomes, T. M. Duque [et al.] // Journal of Dentistry. – 2015. – Т. 43, № 4. – P. 466–475.
9. *Buonocore memorial lecture: adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges* / B. Van Meerbeek, J. De Munck, Ya. Yoshida [et al.] // J. Oper. Dent. – 2003. – Vol. 28. – P. 215–235.
10. *Freedman, G. A.* Contemporary esthetic dentistry / G. A. Freedman. – Elsevier Health Sciences, 2011. – 832 p.
11. *The influence of the dentin smear layer on adhesion: a self-etching primer vs. a total-etch system* / S. S. A. Oliveira, M. K. Pugach, J. F. Hilton [et al.] // Dental materials. – 2003. – Vol. 19, № 8. – P. 758–767.
12. *Pashley, D. H.* Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II. Etching effects on unground enamel / D. H. Pashley, F. R. Tay // Dent. Mat. – 2001. – Vol. 17. – P. 430–444.
13. *Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations* / J. Perdigão, E. Araujo, R. Q. Ramos [et al.] // Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. – 2021. – Vol. 33, № 1. – P. 51–68.
14. *Perdigao, J.* Total-etch versus self-etch adhesive. Effect on postoperative sensitivity / J. Perdigao, S. Geraldini, J. Hodges // JADA. – 2003. – Vol. 134. – P. 1621–1629.
15. *Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type* / E. Sofan, A. Sofan, G. Palaia [et al.] // Annali di stomatologia. – 2017. – Vol. 8, № 1. – P. 1.
16. *Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives* / K. L. Van Landuyt, J. Snauwaert, J. De Munck [et al.] // Biomaterials. – 2007. – Vol. 28, № 26. – P. 3757–3785.
17. *From Buonocore's pioneering acid-etch technique to self-adhering restoratives. A status perspective of rapidly advancing dental adhesive technology* / B. Van Meerbeek, K. Yoshihara, K. L. Van Landuyt [et al.] // Journal of Adhesive Dentistry. – 2020. – Vol. 22, № 1. – P. 7–34.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Мотивационная характеристика темы	3
Введение	4
Терминология в адгезивной стоматологии	5
Требования к адгезивным системам.....	9
Принципы классификации адгезивных систем.....	9
Показания и противопоказания к использованию адгезивных систем при реставрации зубов.....	11
Техники протравливания твердых тканей зуба	12
Определение гибридного слоя	13
Образование гибридного слоя на уровне эмали.....	14
Образование гибридного слоя на уровне дентина.....	17
История развития адгезивных систем.....	26
Методика работы с современными адгезивными системами	27
IV поколение.....	27
V поколение	30
Самопротравливающие адгезивные системы.....	34
VI поколение	34
VII поколение.....	38
Универсальные адгезивные системы (universal)	41
Адгезивные системы химического отверждения	43
Адгезивные системы двойного отверждения	43
Техника работы с унидозами.....	43
Влияние типа наполнителя на свойства адгезивных систем	44
Влияние типа растворителя на свойства адгезивных систем	46
Функциональность адгезивных систем	47
Ошибки и осложнения при работе с адгезивными системами, способы их профилактики	48
Выводы и рекомендации	50
Самоконтроль усвоения темы.....	50
Список использованной литературы.....	54

Учебное издание

Казеко Людмила Анатольевна
Пстыга Екатерина Юрьевна
Бенеш Юлия Дмитриевна

МЕТОДЫ АДГЕЗИВНОЙ ПОДГОТОВКИ ЗУБОВ К РЕСТАВРАЦИИ

Учебно-методическое пособие

Ответственная за выпуск Л. А. Казеко
Редактор О. П. Головницкая
Компьютерная вёрстка М. Г. Миранович

Подписано в печать 14.04.25. Формат 60×84/16. Бумага писчая «PROJECTA Special».
Ризография. Гарнитура «Times».
Усл. печ. л. 3,25. Уч.-изд. л. 2,78. Тираж 39 экз. Заказ 262.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 24.11.2023.
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.