

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
И ПЕРЕПОДГОТОВКИ КАДРОВ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
КАФЕДРА ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

О. А. Лопатин, В. В. Горбачёв

АДГЕЗИВНЫЕ СИСТЕМЫ В СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2025

УДК 616.314-76-026.569(075.9)
ББК 56.61я78
Л77

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве
учебно-методического пособия 30.04.2024 г., протокол № 16

Рецензенты: д-р мед. наук, проф. каф. общей и ортопедической стоматологии с курсом ФПК и ПК, декан стоматологического факультета Витебского государственного ордена Дружбы народов медицинского университета И. Ю. Карпук; каф. терапевтической стоматологии с курсом ФПК и ПК Витебского государственного ордена Дружбы народов медицинского университета

Лопатин, О. А.

Л77 Адгезивные системы в стоматологической практике : учебно-методическое пособие / О. А. Лопатин, В. В. Горбачёв. – Минск : БГМУ, 2025. – 27 с.

ISBN 978-985-21-1740-1.

Представлены обзор последних достижений в области адгезивных реставрационных материалов, выбор показаний для их клинического применения.

Предназначено для слушателей, осваивающих содержание образовательных программ: переподготовки по специальности «Стоматология терапевтическая», повышения квалификации врачей стоматологического профиля, а также клинических ординаторов и врачей-интернов.

УДК 616.314-76-026.569(075.9)
ББК 56.61я78

ISBN 978-985-21-1740-1

© Лопатин О. А., Горбачёв В. В., 2025
© УО «Белорусский государственный
медицинский университет», 2025

ВВЕДЕНИЕ

Создание прочной адгезии к дентину с помощью растворов мономеров было и остается сложной задачей со времен начала работы нескольких исследовательских групп в 1950-х гг. с фосфатным мономером диметакрилата глицерофосфорной кислоты (GPDM). Этот мономер, запатентованный Оскаром Хаггером в 1951 г., был включен в состав пломбировочного материала Sevitron Cavity Seal (Amalgamated Dental Trade Distribution, Ltd., Великобритания).

Стоматологические адгезивы претерпели значительные трансформации в их химическом составе и количестве компонентов за последние 40 лет для решения сложной задачи по созданию прочного соединения с дентином. Адгезия к эмали, напротив, остается неизменно простой и надежной с момента внедрения кислотного травления в 1955 г. Майклом Буонокором. Травление эмали с помощью фосфорной кислоты изменило реставрационную стоматологию на долгие годы (рис. 1). Доктор Буонокор прекрасно понимал, что всего лишь заложил основу для адгезивной и профилактической стоматологии. Он писал: «Мы предвидим, что образование прочных связей, подобных тем, которые мы продемонстрировали к поверхности эмали, открывает возможность успешной герметизации фиссур в целях профилактики кариеса. Кроме того, хорошее соединение с эмалью на границах полости будет защищать от вторичного кариеса».

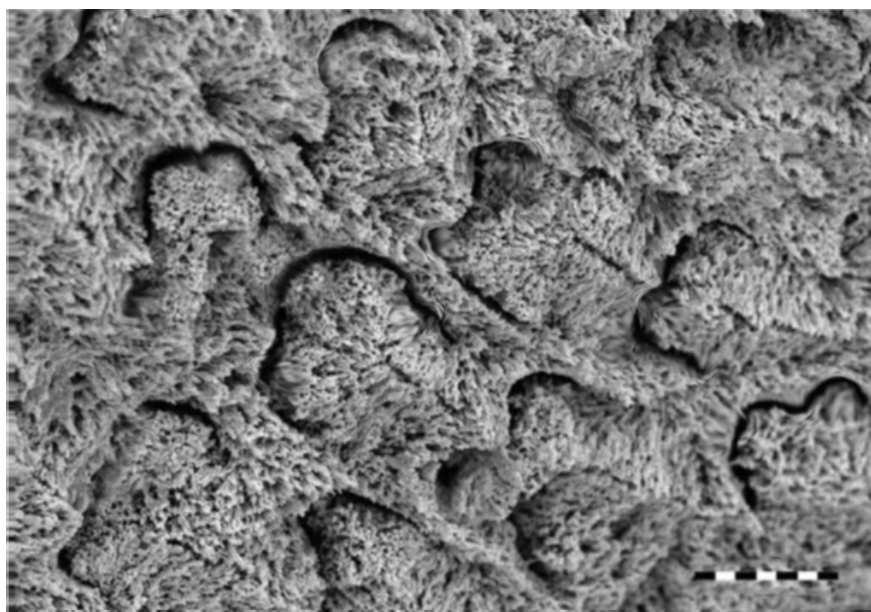


Рис. 1. Микрофотография скоса человеческой эмали, протравленной с помощью 35%-ного геля фосфорной кислоты в течение 15 с. Величина деления линейки 4 мкм; увеличение $\times 5000$

Проникновение мономеров адгезива в микропоры эмали в результате растворения гидроксиапатита фосфорной кислотой до сих пор является решающим для механического сцепления адгезивов с протравленной эмалью (рис. 2). Исследователи теоретически предполагали сходное микромеханическое сцепление между адгезивом и дентином для влажной поверхности. Это предположение было основано на обильных полимерных метках, образованных стоматологическими адгезивами в дентинных канальцах после травления дентина фосфорной кислотой.

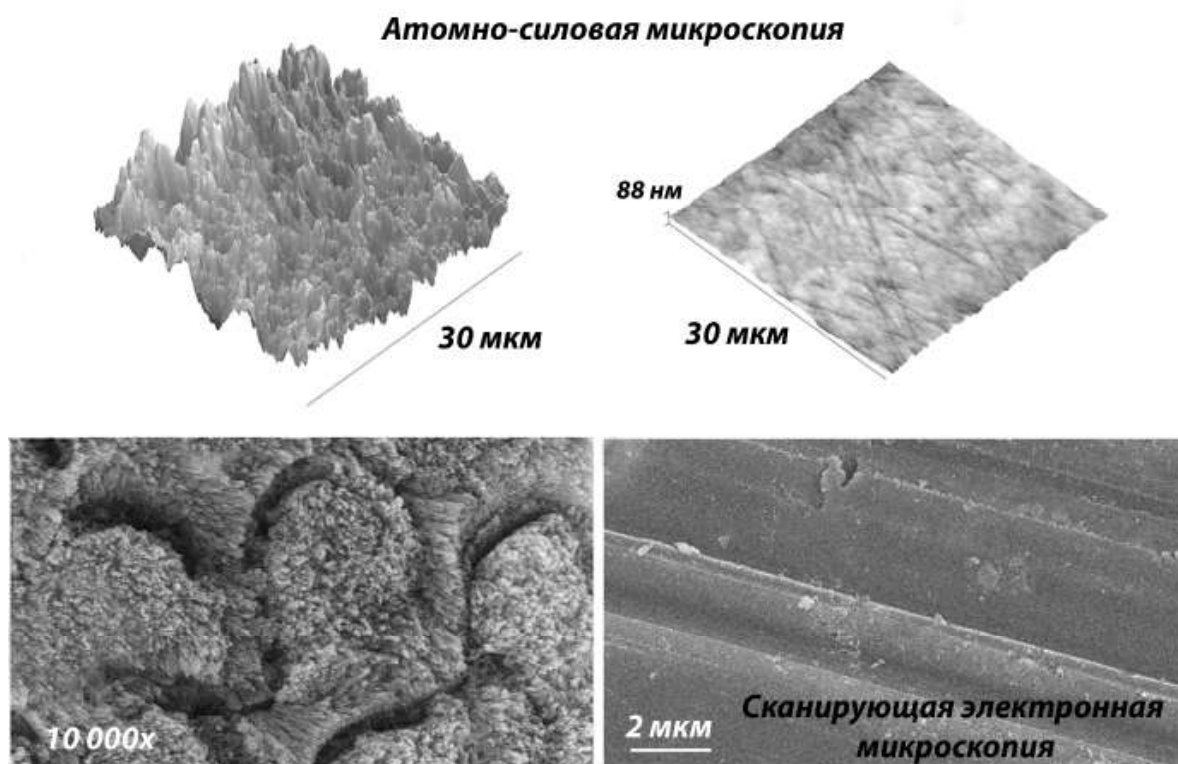


Рис. 2. Атомно-силовая микроскопия и сканирующая электронная микроскопия протравленной фосфорной кислотой и отшлифованной эмали зуба

В последующем было показано, что адгезивы обеспечивают в клинических условиях надежное и прочное сцепление с дентином без необходимости травления дентина фосфорной кислотой. Следовательно, микромеханический механизм для дентинной адгезии постепенно утратил свою актуальность в течение последних 10 лет, в то время как химическое/ионное связывание адгезива с дентином приобретает все большую актуальность.

Через несколько лет после того, как Майкл Буонокор описал технику кислотного травления эмали, команда доктора Боуэна представила в начале 1960-х гг. бисфенол А-глицидил метакрилат (Бис-ГМА). Эта работа привела к созданию первого коммерческого композитного материала Addent (3М, США), который была выпущен в 1964 г. Этот химически отверждае-

мый макронаполненный композиционный материал пользовался умеренным успехом в течение нескольких лет до тех пор, пока не был выпущен в 1968 г. *Adaptic* (Johnson & Johnson Dental Products, США), который представлял из себя пломбировочный материал в виде пасты, что снизило популярность *Addent*. Последний в итоге был усовершенствован и переименован в *Concise* (3M). С развитием технологии производства неорганических наполнителей и внедрением светового инициирования полимеризации появились новые композитные материалы с улучшенными физическими параметрами и клиническими свойствами, постепенно заменившие рудиментарные макронаполненные композитные материалы.

За последние несколько десятилетий было разработано множество новых стоматологических адгезивов и композиционных материалов. Самые последние инновации — это универсальные адгезивы и универсальные композитные пломбировочные материалы, которые были созданы для рационального клинического применения при изготовлении прямых и непрямых реставраций.

СТОМАТОЛОГИЧЕСКИЕ АДГЕЗИВЫ

В настоящее время стоматологические адгезивы классифицируются по поколениям или по способу взаимодействия со смазанным слоем. Первая классификация обычно используется представителями фирм-производителей и продавцами стоматологических материалов. Поколения адгезивов упорядочены в хронологическом порядке в соответствии с их появлением на стоматологическом рынке. Эта классификация вводит в заблуждение ложным представлением о том, что последнее поколение (с наибольшим номером) включает в себя новейшую технологию и, следовательно, самые лучшие стоматологические адгезивы. К сожалению, это редко соответствует реальным результатам исследований и клинических испытаний.

Смазанный слой

Адгезивы, которые удаляют смазанный слой с поверхности дентина и пробки в дентинных канальцах, прикрепленные к смазанному слою (рис. 3), известны как адгезивы для протравливания и смывания (синонимы: адгезивы для тотального травления, *E&R, etch-and-rinse*) (рис. 4). Их действие основано на травлении эмали и дентина фосфорной кислотой.

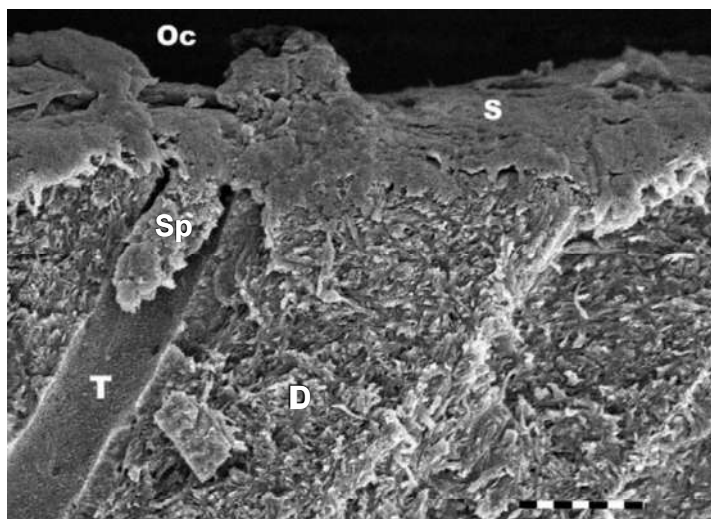


Рис. 3. Микрофотография смазанного слоя, созданного при препарировании алмазным бором в высокоскоростном режиме с водяным охлаждением (Oc — окклюзионная поверхность; D — нормальный дентин; T — дентинные каналы; S — смазанный слой; Sp — пробка в дентинном канальце). Величина деления линейки 2 мкм; увеличение $\times 10\,000$

E&R адгезивы 	3 шага A → P → Br
	2 шага A → (P/Br)
Самопротравливающие адгезивы 	2 шага AcP → Br
	1 шаг (AcP/Br)

Рис. 4. Адгезивные системы (A — фосфорная кислота; AcP — кислый протравливающий праймер; Br — гидрофобный бонд; P — праймер)

Помимо удаления смазанного слоя, кислота также декальцинирует поверхностный дентин на глубину 1–5 мкм, удаляет твердый гидроксиапатит и оставляет после себя мягкое сплетение коллагеновых волокон, пропитанное водой, оставшейся после промывания полости зуба (рис. 5).

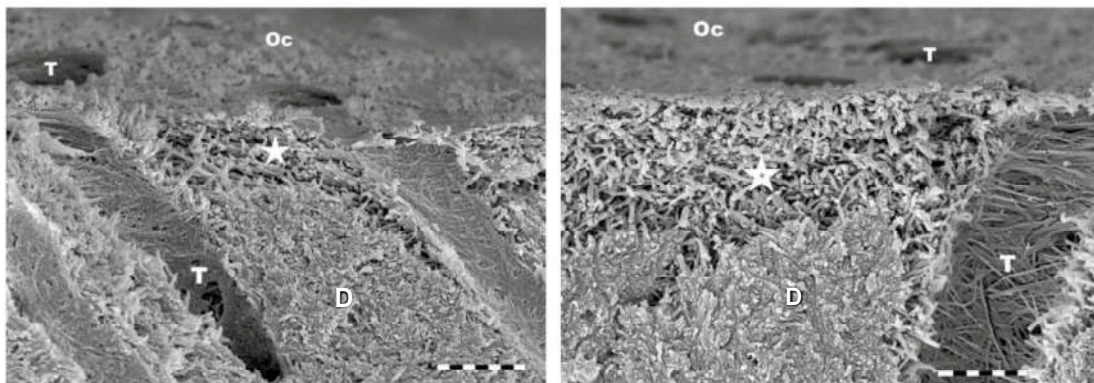


Рис. 5. Микрофотография дентина, протравленного гелем фосфорной кислоты в течение 15 с (Oc — поверхность дентина; D — нормальный дентин; Т — дентинные каналы; звездочка обозначает сеть коллагеновых волокон в протравленном дентине). Величина деления линейки 2 мкм; исходное увеличение $\times 10\,000$

Существует два типа E&R адгезивов: двухэтапные и трехэтапные (рис. 4). Двухэтапные E&R адгезивы включают в себя протравливающее средство и гидрофильный раствор, который одновременно служит в качестве праймера и связующего полимера (бонд). Трехэтапные E&R адгезивы имеют отдельную протравку, праймер и гидрофобный бонд. OptiBond FL (Kerr Corp., США), трехэтапный E&R адгезив, некоторые считают эталоном среди всех других адгезивов E&R. Он показал отличную клиническую ретенцию в течение 13 лет при лечении некариозных поражений шейки зуба.

Адгезивы, в которых не используется отдельный этап протравливания, известны как самопротравливающие (SE) адгезивы (рис. 4). Низкое pH обусловлено наличием в составе кислых мономеров, которые представлены на рис. 6.

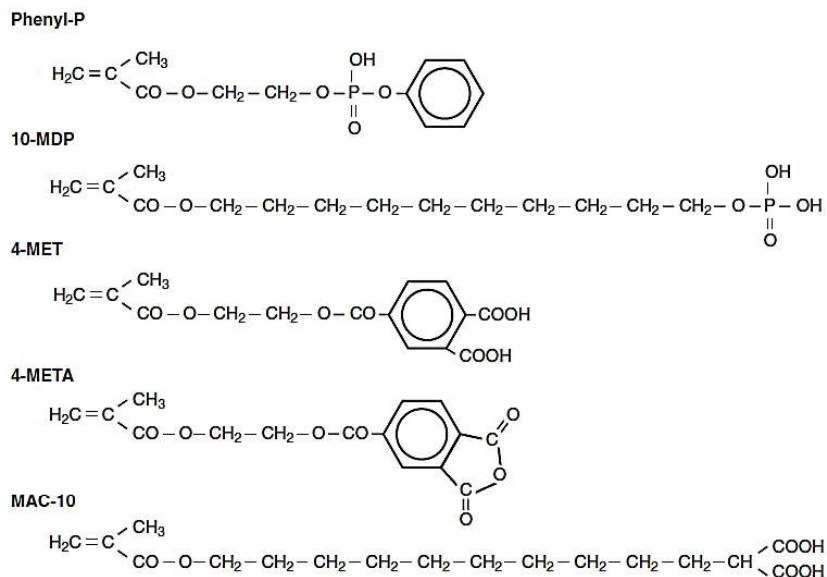


Рис. 6. Кислые мономеры

Несмываемый кислотный праймер не удаляет смазанный слой. Вместо этого он интегрирует остатки смазанного слоя в адгезивный интерфейс (гибридный слой), одновременно слегка деминерализуя поверхностный слой гидроксиапатита в дентине (рис. 7, *а*) и эмали (рис. 7, *б*). Глубина деминерализации зависит от кислотности праймера: ультрамягкий ($\text{pH} \geq 2,5$), мягкий ($\text{pH} \approx 2$), среднекислый (pH между 1 и 2) и высококислый ($\text{pH} < 1$).

Существует два типа самопротравливающих адгезивов: одноэтапные и двухэтапные. Последние имеют отдельную емкость с гидрофобным бондом. Первым самопротравливающим адгезивом был Clearfil SE Bond (Kuraray Noritake Dental, Inc, Япония), впервые использован в конце 1990-х гг. в Японии под названием Mega Bond, является мягким ($\text{pH} \approx 2$) двухэтапным адгезивом. Он поверхностно деминерализует дентин на глубину < 1 мкм (рис. 7, *а*), оставляя после себя кристаллы гидроксиапатита и остатки смазанного слоя в образовавшемся субмикронном гибридном слое. Clearfil SE показал отличные 13-летние клинические результаты при лечении некариозных поражений шейки зуба. При селективном травлении эмали выживаемость реставраций составила 93 %. Когда адгезив наносился на эмаль и дентин в самопротравливающем режиме, сохранность составляла 86 %. При селективном травлении ортофосфорная кислота наносится только на эмаль. Дентин деминерализуется самопротравливающим адгезивом.

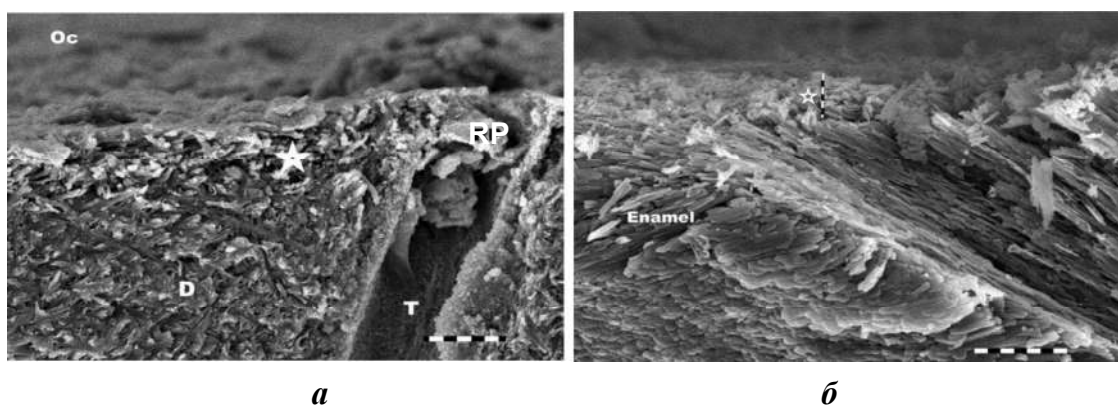


Рис. 7. Микрофотография:

а — человеческого дентина, обработанного праймером Clearfil SE Primer (Kuraray Noritake Dental, Inc.) в течение 20 с (Oc — окклюзионная поверхность; D — нормальный дентин; Т — дентинные каналы; RP — пропитанная полимером пробка в дентинном канальце (А)). Праймер был частично удален ацетоном. Звездочка обозначает область частичной деминерализации дентина под воздействием кислого праймера Clearfil SE Primer. Коллагеновые волокна все еще окружены остаточными кристаллами гидроксиапатита и остатками смазанного слоя. Величина деления линейки 1 мкм; исходное увеличение $\times 15\,000$; *б* — эмали человека, обработанной праймером Clearfil SE Primer в течение 20 с. Звездочка с вертикальной линией обозначает глубину травления эмали под воздействием кислого праймера Clearfil SE Primer. Величина деления линейки 1 мкм; оригинальное увеличение $\times 20\,000$

На сегодня подавляющее большинство научных публикаций рекомендует использование селективного травления эмали для двухэтапных самопротравливающих адгезивов. Селективное травление повышает силу адгезии к эмали и улучшает краевое прилегание.

СРАВНЕНИЕ УПРОЩЕННЫХ АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ И МНОГОЭТАПНЫХ АДГЕЗИВОВ

К упрощенным адгезивам относятся одноэтапные самопротравливающие и двухэтапные E&R адгезивы. При их использовании исключена клиническая процедура отдельного нанесения гидрофобного бонда (см. рис. 4). Основываясь на имеющихся клинических данных и результатах рандомизированных контролируемых исследований, классические стоматологические адгезивы, требующие выполнения отдельного этапа внесения гидрофобного бонда, то есть трехэтапные адгезивы E&R и двухэтапные самопротравливающие адгезивы, являются более стабильными и обеспечивают большую долговечность реставраций, чем их упрощенные аналоги. Несмотря на худшие клинические характеристики, упрощенные адгезивы стали очень популярны, так как стоматологи предпочитают выбирать материалы, которые проще в использовании. Однако клинические и лабораторные исследования показали, что существует компромисс между упрощением протокола применения стоматологических адгезивов и надежным результатом лечения.

Кислотность упрощенных адгезивов также определяет их клиническое поведение. Применение мягких/ультрамягких одношаговых адгезивов приводит к значительно более низкому годовому проценту неудач (3,6 %) по сравнению с высококислыми одноэтапными самопротравливающими адгезивами (5,4 %). Кроме того, адгезивы с более низким pH (более кислые) несовместимы с композитными пломбировочными материалами, имеющими механизм химического отверждения, и с материалами двойного отверждения. Механизм отверждения самоотверждающихся композитных материалов основан на традиционной окислительно-восстановительной реакции пероксида бензоила (катализаторная паста) с ароматическими третичными аминами (базовая паста). Ингибированный кислородом слой в упрощенных адгезивах кислый. Эта кислотность инактивирует щелочные ароматические амины, которые являются инициаторами химически отверждаемых композитных материалов, делая их несовместимыми с упрощенными адгезивами. Прочность такого соединения намного ниже, и на границе раздела адгезива и композита образуются водяные пузыри. Ингибированный кислородом слой у упрощенных адгезивов также гипертоничен, что приводит к осмотическому переносу жидкости через полупроницаемый слой адгезива и вызывает деградацию интерфейса.

Упрощенные адгезивы имеют и ряд других недостатков, включая плохие клинические результаты при лечении некариозных поражений шейки зуба и при реставрации жевательных зубов. Эти клинические недостатки могут быть вызваны тем, что упрощенные адгезивы представляют из себя полупроницаемые мембраны на поверхности эмали и дентина.

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ АДГЕЗИВЫ

Универсальные адгезивы — это одноэтапные самопротравливающие адгезивы, которые некоторые производители рекомендуют использовать как двухэтапные E&R адгезивы, когда фосфорная кислота применяется для протравливания эмали и дентина. Клиницисты также могут использовать эти адгезивы при селективном травлении эмали, когда фосфорной кислотой протравливается только эмаль. Основное различие между универсальными адгезивами и традиционными одношаговыми самопротравливающими системами заключается в наличии функциональных фосфатных химических групп и/или карбоксилатных мономеров в составе универсальных адгезивов (табл.). Некоторые из этих функциональных мономеров способны образовывать химическую связь с гидроксипатитом кальция. Еще одной особенностью универсальных адгезивов является то, что их применение рекомендуется для множества различных клинических процедур: прямые реставрации, непрямые реставрации, создание культи зуба, как праймер для диоксида циркония и десенсиайзер дентина.

Различие между универсальными адгезивами и традиционными одношаговыми самопротравливающими системами

Торговая марка	pH	Метакрилаты	10-МДП	Другие функциональные мономеры	CHX	Силан	Инициатор	Растворитель	Количество бутылок
Peak universal (Ultradent Products)	1,2	HEMA	X	X	✓	X	NA	Этанол	1
G2-BOND universal (GC Corporation)	Праймер: 1,5. Адгезив: NA	Праймер: диметакрилаты. Адгезив: Бис-ГМА, UDMA	✓	4-MET, GDMA	X	X	Праймер: NA	Вода, ацетон	2 (праймер + адгезив)
							Адгезив: ТРО		

Торговая марка	pH	Метакрилаты	10-МДП	Другие функциональные мономеры	СНХ	Силан	Инициатор	Растворитель	Количество бутылочек
i BOND universal (Kulzer)	1,6–1,8	DUDMA	✓	4-META	X	X	NA	Вода, ацетон	1
G-PREMIО bond (GC)	1,8	X	✓	4-MET, MДTP	X	X	NA	Вода, ацетон	1
One Coat 7 universal (Coltène)	2,0–2,8	DUDMA, HEMA	✓	X	X	X	TPO	Вода, этанол	1
Optibond eXTRa universal (Kerr)	Праймер: 2,2	Праймер: HEMA	X	Праймер: GPDMA	X	X	NA	Праймер: ацетон, этанол	2 (праймер + адгезив)
	Адгезив: NA	Адгезив: HEMA		Адгезив: GPDMA, GDMA				Адгезив: этанол	
Tokuyama universal bond (Tokuyama)	2,2	Bond A: Бис-ГМА, TEGDMA, HEMA	X	Фосфат-мономер, MTU-6	X	✓	NA	Вода, ацетон, изопропанол	2 (Bond A + Bond B)
Clearfil universal bond quick (Kuraray I)	2,3	Бис-ГМА, HEMA	✓	X	X	✓	NA	Вода, этанол	1
Futurabond U (VOCO)	2,3	Жидкость 1: Бис-ГМА, HEMA, UDMA. Жидкость 2: HEMA	X	GPDMA, GDMA	✓	X	NA	Вода, этанол	2
All-bond universal (Bisco)	2,5–3,5	Бис-ГМА, HEMA	✓	X	X	X	NA	Этанол	1
Prime&Bond active (DENTSPLY DeTrey)	2,5	Бисакриламид 1, Бисакриламид 2	✓	PENTA	X	X	NA	Вода, изопропанол	1
Adhese universal/ Tetric N-bond universal (Ivoclar Vivadent)	2,5	HEMA, Бис-ГМА, DMAEMA	✓	X	X	X	CQ	Этанол	1

Торговая марка	pH	Метакрилаты	10-МДП	Другие функциональные мономеры	CHX	Силан	Инициатор	Растворитель	Количество бутылочек
CLEARFIL TRI-S BOND (Kuraray)	2,7	Бис-ГМА, HEMA	✓	X	X	X	CQ	Вода, этанол	1
Scotchbond universal/ single bond universal I (3M)	2,7	Бис-ГМА, HEMA, DMAEMA	✓	X	X	✓	CQ	Вода, этанол	1
Scotchbond universal plus (3M)	2,7	HEMA, DEGDMA	✓	X	X	✓	CQ	Этанол	1

Примечание. 4-МЕТ — 4-метакрилоксиэтил тримеллитовая кислота; 4-META — 4-метакрилоксиэтил тримеллитовый ангидрид; 10-МДП — 10-метакрилоилоксиэтил дигидрогенфосфат; Бис-ГМА — бисфенол А-глицидилметакрилат; CHX — хлоргексидин; CQ — камфорхинон; DEGDMA — диэтиленгликоль диметакрилат; DMAEMA — 2-(диметиламино)этилметакрилат; DUDMA — диуретан диметакрилат; GDMA — глицерол-диметакрилат; GPDMA — глицеролфосфат диметакрилат; HEMA — 2-гидроксиэтилметакрилат; MDTP — 10-метакрилоилоксиэтил дигидроген тиофосфат; MTU-6 — 6-метакрилоилоксигексил 2-тиоурацил 5-карбоксилат; NA — нет данных; PENTA — пента-акрилат фосфат; TPO — дифенил (2,4,6-триметилбензоил) фосфиноксид; UDMA — уретан диметакрилат; TEGDMA — триэтиленгликоль диметакрилат

Роль химического бондинга

Химическое связывание со структурами зуба — понятие не новое. Цинкполикарбоксилатный цемент был разработан в 1966 г. Это был первый самоадгезивный материал в стоматологии. В 1969 г. разработан другой стоматологический материал с самоадгезивными свойствами — стеклоиономерный цемент. Оба материала имели в своем составе полиакриловую кислоту в качестве жидкого компонента.

Совсем недавно концепция «адгезии — декальцификации» пролила свет на механизм химической связи с дентином. Когда органические кислоты, такие как полиакриловая кислота в составе стеклоиономерного цемента, наносятся на гидроксиапатит, они образуют устойчивые ионные связи с кальцием, что объясняет превосходные характеристики реставраций из стеклоиономеров в пришеечной области. Полиакриловая кислота остается связанной с гидроксиапатитом кальция на поверхности полости, что приво-

дит к незначительной деминерализации. Более сильные кислоты, такие как фосфорная кислота, вызывают значительную декальцинацию гидроксиапатита при минимальном или полном отсутствии химического прикрепления. Скорость растворения соответствующих солей кальция в кислоте определяет силу химической адгезии, величина которой обратно противоположна декальцинации для каждой определенной кислоты. Например, фосфатный мономер фенил-Р, который был использован в составе самопротравливающих адгезивов, приводит к сильной декальцинации гидроксиапатита. Мономер 10-МДП (МДП, 10-метакрилоилоксидецил дигидрогенфосфат), химическая формула которого показана на рис. 6, наоборот, соединяется с кальцием, не вызывая сильной деминерализации эмали и дентина. Но он все же вызывает очень незначительную деминерализацию гидроксиапатита, что приводит к высвобождению кальция и последующему образованию стабильных самособирающихся солей МДП-Са в форме нанослоя, обеспечивая одновременно химическую и микромеханическую адгезию.

Молекула МДП, изображенная на рис. 8, имеет метакрилатный полимеризуемый конец, длинную гидрофобную 10-углеродную цепь и короткий гидрофильный фосфатный компонент, который способен ионизироваться и взаимодействовать с гидроксиапатитом.

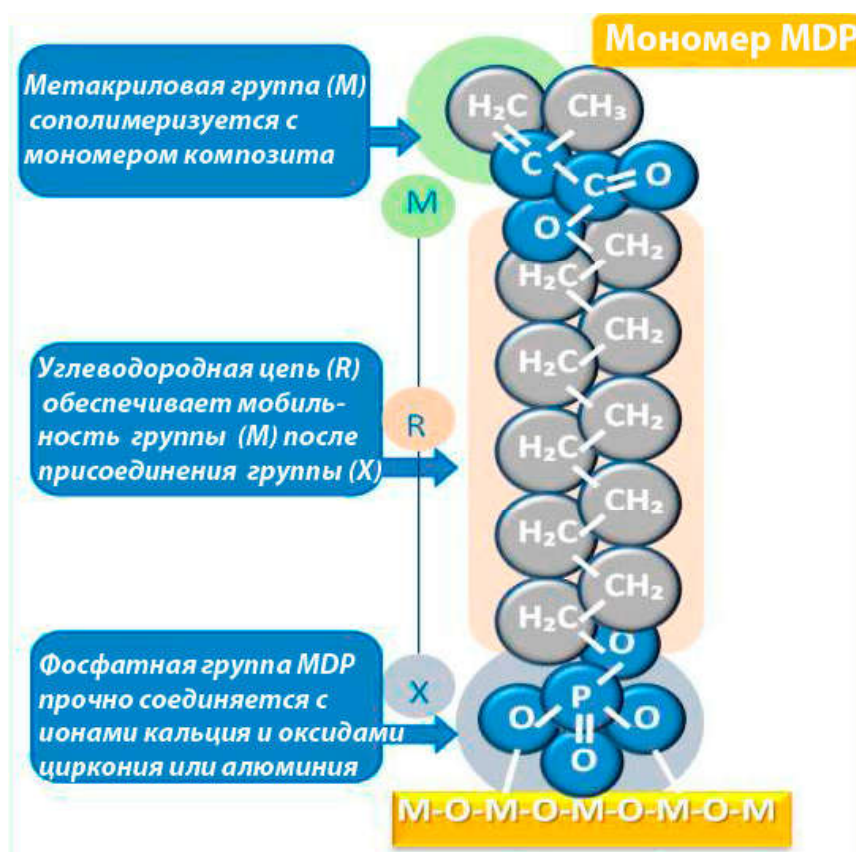


Рис. 8. Химическая структура молекулы мономера 10-МДП

Длинная гидрофобная 10-углеродная цепь (спейсер) также вносит свой вклад в способность к связыванию. Наиболее длинные спейсерные цепи в мономерах, таких как МДП, являются более гидрофобными, что может усилить химическое взаимодействие с кальцием и уменьшить их деградацию. Описанное строение молекулы 10-МДП схематически изображено на рис. 9.

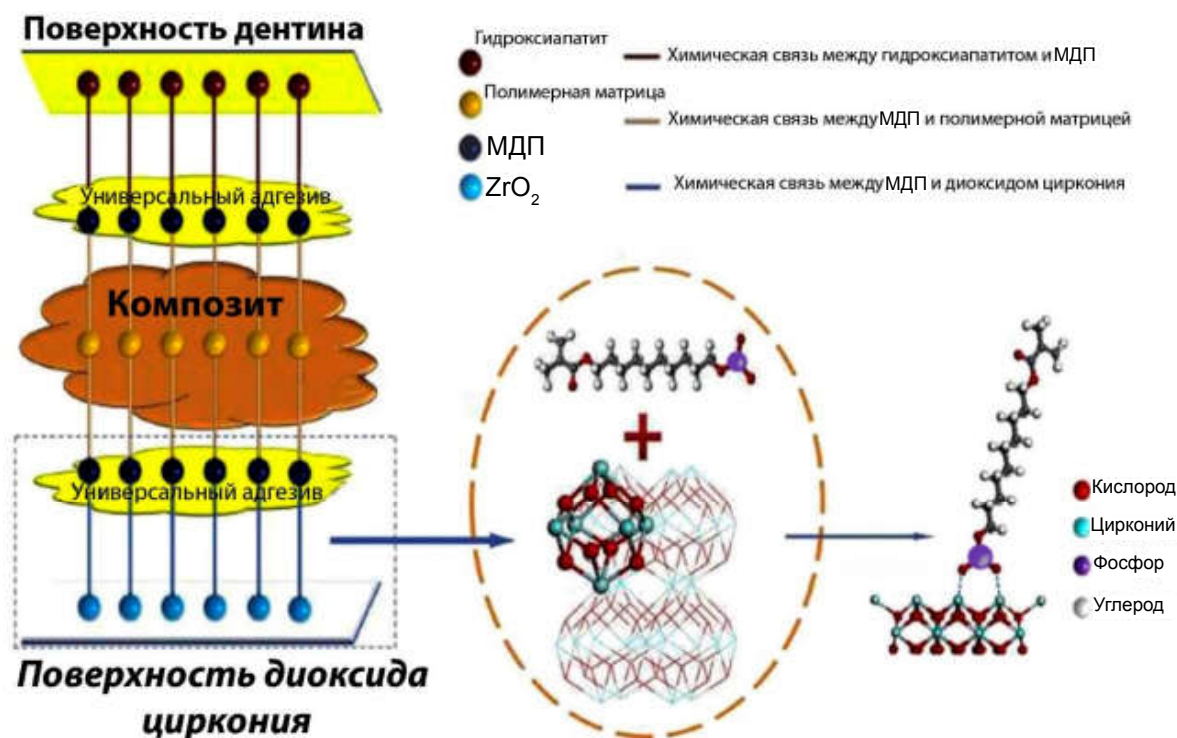


Рис. 9. Химический бондинг внутри сэндвичеподобной структуры, состоящей из двух интерфейсов: один между композиционным материалом и универсальным адгезивом на поверхности дентина, а другой между композиционным материалом и универсальным адгезивом на поверхности диоксида циркония

Долгосрочный клинический успех двухэтапного самопротравливающего адгезива Clearfil SE Bond может быть обусловлен включением МДП в его состав, что обеспечивает потенциал для химического связывания с кальцием эмали и дентина. В 13-летнем клиническом исследовании было отмечено, что реставрации без предыдущего протравливания эмали сохранялись, несмотря на нарушение краевого прилегания. Такие реставрации, вероятно, сохранялись исключительно в результате химической связи между кальцием на поверхности некариозных поражений шейки зуба и МДП. Данная химическая связь дополнительно усиливается минимальной способностью МДП к травлению, что приводит к микромеханической ретенции.

В начале 1980-х гг. молекула МДП впервые была включена в состав адгезива Clearfil New Bond (Kuraray). Когда в 2011 г. срок действия патента на МДП истек, другие производители начали добавлять этот фосфатный

мономер в свои новые однобутылочные стоматологические адгезивы. Так было положено начало новому семейству стоматологических адгезивов, известных как multimode, или универсальные адгезивы.

Универсальный адгезив Scotchbond Universal Adhesive (SBU, 3M Oral Care, США), который содержит МДП, был первым коммерческим универсальным адгезивом. По этой причине SBU является универсальным адгезивом, который изучался чаще всего *in vitro* и клинически. Исследования *in vitro* показали, что дентинные интерфейсы, сформированные универсальными адгезивами, достаточно стабильны после искусственного старения в лаборатории, при условии что дентин не протравливался фосфорной кислотой. Исследования *in vivo* демонстрируют выраженную зависимость клинического поведения универсальных адгезивов от протравливания эмали фосфорной кислотой, которое уменьшает силу адгезии и ускоряет срок деградации адгезионного соединения. Исходя из полученных результатов был сделан вывод, что селективное травление эмали (см. рис. 7, а) может обеспечить микромеханическую ретенцию и качественное краевое прилегание к протравленной эмали в дополнение к потенциальной химической связи между функциональным мономером МДП и гидроксиапатитом кальция в дентине.

Влажность дентина при использовании универсальных адгезивов

Поскольку дентин по своей природе влажный, практически невозможно добиться абсолютной сухости дентина во время клинических процедур. По этой причине стоматологические адгезивы, в том числе универсальные, содержат гидрофильные мономеры для повышения смачиваемости дентина в дополнение к гидрофобным группам, которые необходимы для сополимеризации с реставрационным материалом.

Влажный дентин считается идеальным субстратом для E&R адгезивов, так как предотвращается разрушение коллагеновых фибрилл дентина, которые остаются в виде нежного губчатого сплетения после смыывания протравки. Абсолютная сухость дентина также приводит к низкой прочности адгезивного соединения и неполному насыщению гибридного слоя адгезивом. Несмотря на неудовлетворительные результаты адгезии к сухому дентину *in vitro*, клинические исследования не продемонстрировали необходимость оставлять дентин влажным перед нанесением E&R адгезивов. Этот кажущийся парадокс может быть результатом того, что тесты *in vitro* проводятся на удаленных зубах, в которых дентин отличается от дентина витальных зубов. На самом деле, клинические показатели ретенции адгезивов E&R, нанесенных на влажный дентин, не уступают таковым у тех же адгезивов, нанесенных на сухой дентин (см. рис. 7, б). Аналогичным образом при оценке 5-летней клинической эффективности SBU в режиме E&R при применении

на сухом дентине не выявлено худшей ретенции, чем при применении адгезива на влажном дентине. Успешное клиническое поведение SBU на сухом дентине может быть результатом соответствующих инструкций производителя, которые рекомендуют втирать адгезив в течение 20 с. Клинические исследования и эксперименты *in vitro* свидетельствуют о том, что энергичное нанесение адгезива может привести к более полному проникновению адгезивного раствора в коллагеновую сеть протравленного дентина (рис. 10).

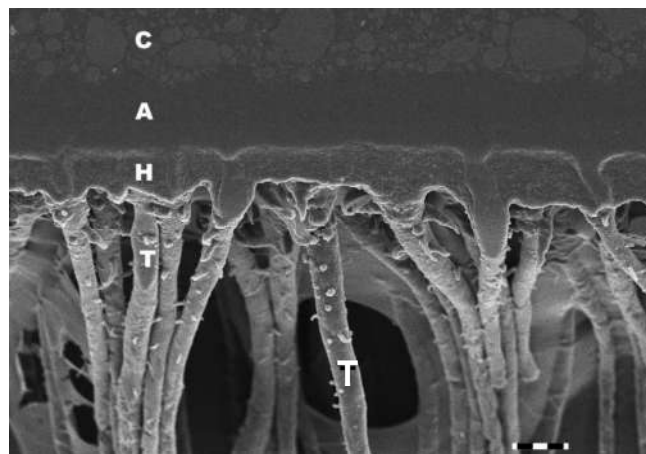


Рис. 10. Микрофотография интерфейса между SBU и дентином (С — Filtek Supreme Ultra Flowable Restorative; А — SBU Plus; Н — гибридный слой; Т — адгезив, заполнивший дентинный канал). Универсальный адгезив активно наносился на сухой дентин как адгезив E&R. Интерфейс был подвергнут воздействию 6NНCl в течение 30 с и 1%-ного NaOCl в течение 10 мин. Гибридный слой остался неповрежденным после этого испытания. Размер деления линейки 6 мкм; оригинальное увеличение $\times 2500$

Активное нанесение универсальных адгезивов также рекомендуется проводить на эмали, особенно когда универсальные адгезивы наносятся в самопротравливающем режиме.

Однако несмотря на то, что клинические исследования показывают достаточную высокую прочность сцепления универсальных адгезивов с сухим дентином, высушивать дентин не рекомендуется. При пересушивании дентина происходит разрушение липидной цитоплазматической оболочки отростков одонтобластов. Это приводит к раздражению и/или повреждению терминальных веточек чувствительных А-дельта нервных волокон тройничного нерва, что провоцирует послепломбировочные боли.

ВРЕМЯ ИСПАРЕНИЯ РАСТВОРИТЕЛЯ

До сих пор ведется дискуссия относительно продолжительности времени испарения растворителя для универсальных адгезивов. Для растворения гидрофильных мономеров универсальные адгезивы могут содержать

до 20 % воды в своем составе. Эта вода необходима для ионизации фосфатных мономеров, вследствие чего происходит легкая деминерализация эмали и дентина под действием фосфатной группы, когда адгезив используется в самопротравливающем режиме.

Многие производители рекомендуют время испарения растворителя всего 5 с, что недостаточно для удаления воды из слоя адгезива на эмали и дентине. Универсальные адгезивы требуют больше времени для испарения растворителя, чтобы обеспечить удаление остаточной воды из интерфейса. Испарение воды помогает предотвращению гидролитической деградации гибридного слоя и сохранению физических свойств мономеров адгезива при полимеризации. Продление времени испарения растворителя мягким потоком воздуха до 15 с для испарения избытка воды приводит к более высокой прочности соединения с дентином и уменьшает наноподтекания. Эта рекомендация может быть применима и к другим видам адгезивов. Действительно, в недавнем систематическом обзоре, основанном на исследованиях *in vitro*, сообщили, что время высыхания растворителя в адгезиве 5–10 с может быть недостаточным для достижения прочного соединения с дентином. Вместо этого время испарения растворителя должно быть увеличено до 15–30 с. Эта информация должна быть подтверждена клиническими исследованиями.

НЕОБХОДИМОСТЬ В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ГИДРОФОБНОМ ПОКРЫТИИ ДЕНТИНА ПЕРЕД НАНЕСЕНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНЫХ АДГЕЗИВОВ

Применение дополнительного гидрофобного связующего слоя является чрезвычайно важным для улучшения клинических характеристик одноэтапных самопротравливающих адгезивов. Для универсальных адгезивов данные, полученные *in vitro*, также свидетельствуют о том, что дополнительный гидрофобный связующий слой важен для стабильной адгезии.

Тем не менее, существующие клинические данные не подтверждают результаты, полученные *in vitro*. Для разъяснения этого очевидного парадокса необходимы дополнительные клинические исследования.

ТРАВЛЕНИЕ ЭМАЛИ С ПОМОЩЬЮ ГЕЛЕЙ С НИЗКОЙ ВЯЗКОСТЬЮ

Некоторые гели фосфорной кислоты, рекомендуемые для использования с универсальными адгезивами, имеют меньшую вязкость, чем их классические аналоги. Производители добавляют поливиниловый спирт или силиконгликоль для изменения реологических свойств геля фосфорной кислоты, облегчая его дозирование и распределение по поверхности зуба. Несмотря

на то, что их легче дозировать из шприца, применение протравок с низкой вязкостью труднее контролировать при использовании техники селективного травления эмали.

Гели низкой вязкости менее агрессивны по отношению к дентину, чем их предшественники, что не влияет на прочность связи с дентином и на клиническое поведение адгезивов. Однако влияние этих гелей на сцепление с эмалью до конца не выяснено. Ультра-морфологический анализ с помощью полевой эмиссионной сканирующей электронной микроскопии показывает, что протравочные гели низкой вязкости не способны протравить неповрежденную эмаль на ту же глубину, которая достигается с помощью более вязких гелей аналогичной концентрации (рис. 11).

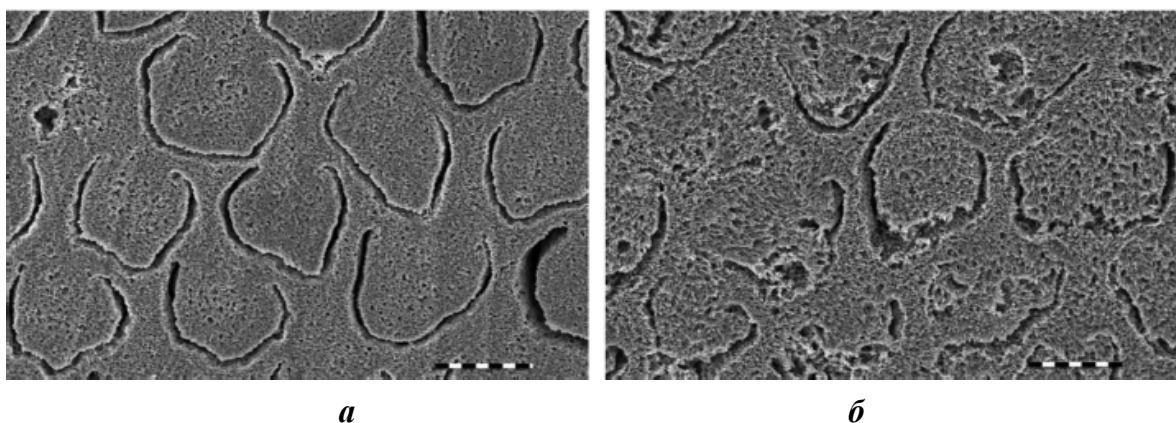


Рис. 11. Микрофотография протравленной не скошенной человеческой эмали верхнечелюстного центрального резца (размер деления линейки 4 мкм; увеличение $\times 5000$): *а* — половина буккальной поверхности была протравлена с помощью 35%-ного геля фосфорной кислоты низкой вязкости (Ultra-Etch, Ultradent); *б* — другая половина протравлена 35%-ным гелем фосфорной кислоты высокой вязкости (Scotchbond Etchant, 3M), обратите внимание на более выраженный рисунок травления и более глубокую деминерализацию с помощью геля высокой вязкости

Одна деталь, которую часто упускают из виду, — это использование агрессивных гелей фосфорной кислоты с универсальными адгезивами, несмотря на то, что это не рекомендуется производителем определенных универсальных адгезивов. Например, протравка, входящая в комплект SBU и SBU Plus, декальцинирует межтубулярный дентин на глубину 1,6 мкм, в то время как более агрессивный коммерческий гель может деминерализовывать дентин на глубину 4–5 мкм. Эта деталь особенно важна, поскольку глубина травления дентина может влиять на наноподтекания и долговечность бондинга. По этой причине универсальные адгезивы всегда должны использоваться с протравкой, рекомендованной производителем.

СОЕДИНЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ АДГЕЗИВОВ И ЦИРКОНИЯ

Керамика на основе диоксида циркония широко используется для изготовления ортопедических конструкций. Использование МДП-содержащих праймеров на поверхности диоксида циркония и использование фосфатных мономеров в качестве надежных химических агентов для улучшения связи с цирконием было подтверждено клиническими и лабораторными исследованиями. Вероятным механизмом, лежащим в основе этого процесса, является способность фосфатных мономеров образовывать химические связи с поверхностью керамики на основе циркония (см. рис. 9), в результате чего образуются полимеризуемые концевые химические группы, например MPS (триметоксисилилпропилметакрилат), которые способствуют когезионному соединению со смолой цемента.

СПОРНЫЕ ВОПРОСЫ В АДГЕЗИВНОЙ СТОМАТОЛОГИИ

НЕОБХОДИМОСТЬ В ИНГИБИТОРАХ МАТРИКСНЫХ МЕТАЛЛОПРОТЕИНАЗ для улучшения адгезии

Матриксные металлопротеиназы (ММП) — это протеолитические ферменты, которые могут вызывать деградацию белков внеклеточного матрикса в различных тканях человека. Первое сообщение об активности ММП было сделано Gross в 1962 г. о коллагенолитической дезинтеграции коллагеновых волокон во время метаморфоза у головастиков. ММП секретируются как проферменты (зимогены), которые активируются протеиназами, химическими агентами и кислой средой. Эти проферменты также обнаружены в одонтобластах и в человеческом дентине. После активации ММП могут активировать ферментативную деградацию коллагенового матрикса дентина с последующим разрушением связи адгезива с дентином. Эти ферменты также способны вызывать деградацию коллагена дентина *in vitro* в гибридном слое, который не полностью пропитан адгезивом, что потенциально снижает долговечность адгезивных реставраций.

Использование ингибиторов ММП во время адгезивных реставрационных процедур, включая хлоргексидин и проантоцианидины, было рекомендовано для предотвращения деградации дентинных связей и улучшения долговечности реставраций. Эта тема получила широкое распространение в стоматологической практике в течение последних 15 лет. Большинство публикаций подтверждают преимущества включения ингибиторов ММП в адгезивные процедуры, проводимые *in vitro*. Все клинические исследования не получили доказательства в пользу использования ингибиторов ММП в адгезивных процедурах, проводимых *in vivo*. Мета-анализ также показал, что недостаточно доказательств для рекомендации или отрицания пользы ингибиторов ММП, применяемых перед использованием адгезивов.

ПОСЛЕОПЕРАЦИОННАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ, СВЯЗАННАЯ С АДГЕЗИВНЫМИ РЕСТАВРАЦИЯМИ

Существует значительное количество отзывов и нерцензированных публикаций, подтверждающих мнение о том, что самопротравливающие адгезивы реже приводят к возникновению послепломбировочной чувствительности при изготовлении композитных реставраций на жевательных зубах по сравнению с адгезивами E&R. Однако результаты современных клинических исследований ясно показывают, что стратегия адгезии не влияет на развитие послеоперационной чувствительности после установки композитных реставраций на жевательных зубах. Систематический обзор и мета-анализ также демонстрируют, что послеоперационная чувствительность не зависит от стратегии адгезии.

Было показано, что десенситайзеры на основе глутаральдегида эффективны в снижении гиперчувствительности обнаженного дентина, подверженного воздействию среды полости рта. Однако производители и продавцы также рекомендуют использовать их под прямыми и непрямыми реставрациями для предотвращения послеоперационной чувствительности. К сожалению, эта рекомендация не подкреплена клиническими данными. Насколько известно, только два независимых рецензируемых клинических исследования изучали этот вопрос. Они не выявили никакой связи между использованием десенситайзеров на основе глутаральдегида и снижением послеоперационной чувствительности под адгезивными реставрациями.

ТЕХНИКА НЕМЕДЛЕННОГО ПОКРЫТИЯ ДЕНТИНА

Техника немедленного покрытия дентина, или IDS (immediate dentin sealing), предполагает использование дентинного адгезива для защиты или герметизации открытых дентинных канальцев после препарирования зуба под непрямую реставрацию и перед фиксацией временной реставрации. Эта техника была очень популярна среди клиницистов и привела к благоприятным результатам *in vitro*. Однако нет убедительных клинических данных, которые бы рекомендовали использование техники IDS. Авторы систематического обзора, опубликованного в 2015 г., не смогли найти ни одного клинического исследования с использованием IDS. В двух рандомизированных клинических исследованиях, опубликованных после 2015 г., при выполнении не прямых реставраций жевательных зубов не выявили никакой разницы в развитии чувствительности после фиксации в течение 3 лет, когда они сравнивали технику IDS с классической техникой фиксации. Однако результаты клинического исследования с керамическими винирами, установленными на фронтальных зубах, через 11 лет показали увеличение показателя успешности с 81,8 % до 96,4 % при использовании техники IDS, когда площадь обнаженного дентина была более 50 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многие новые стоматологические адгезивы и клинические методики подкрепляются заявлениями о новизне в дополнение к значительно улучшенным физическим и клиническим свойствам без достаточно обоснованных доказательств. Одновременно с этим исследования в области стоматологических адгезивов направлены на то, чтобы сделать клиническую процедуру более удобной для пользователя путем сокращения количества клинических этапов. Хотя клиницисты несомненно предпочитают менее сложные и более универсальные стоматологические адгезивы и композитные материалы, необходимо найти компромисс между чрезмерным упрощением процедуры применения стоматологического адгезива и потенциальными клиническими результатами.

Рекомендации по применению стоматологических адгезивов:

1. Травление эмали фосфорной кислотой по-прежнему является самым надежным методом получения прочных и герметичных реставраций.

2. Анализ имеющихся независимых рандомизированных исследований *in vitro* и клинических данных демонстрирует, что упрощенные адгезивы имеют низкую эффективность по сравнению с адгезивами, которые включают дополнительный гидрофобный бонд, то есть двухэтапные самопротравливающие и трехэтапные E&R адгезивы более надежны по сравнению с одноступенчатыми.

3. Универсальные адгезивы рекомендуются производителями как E&R и самопротравливающие адгезивы в дополнение к селективному травлению эмали. Клинические данные ясно показывают, что E&R и селективное протравливание эмали являются двумя рекомендуемыми стратегиями адгезии, которые приводят к превосходному клиническому результату. Кондиционирование эмали самопротравливающими адгезивами не обеспечивает надежную адгезию.

4. Универсальные адгезивы имеют потенциал для химического связывания с гидроксиапатитом при условии, что дентин не протравлен.

5. При использовании универсальных адгезивов не рекомендуется оставлять дентин переувлажненным. Энергичное нанесение аппликатором в течение 15–20 с и длительное время испарения растворителя могут оптимизировать поведение этих адгезивов.

6. Нет четких клинических доказательств в пользу популярных адгезивных методов, включая использование десенсиtaiзеров на основе глутаральдегида и ингибиторов ММП под адгезивными реставрациями и использование адгезива для временной герметизации дентина, подготовленного для непрямой реставрации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Brudevold, F.* A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces / F. Brudevold, M. Buonocore, W. Wileman // *Journal of Dental Research*. – 1956. – № 35. – P. 846–851.
2. *Buonocore, M. G.* A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces / M. G. Buonocore // *Journal of Dental Research*. – 1955. – № 34. – P. 849–853.
3. *Nakabayashi, N.* The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates / N. Nakabayashi, K. Kojima, E. Masuhara // *Journal of Biomedical Materials Research*. – 1982. – № 16. – P. 265–273.
4. *State of the art of self-etch adhesives* / B. Van Meerbeek, K. Yoshihara, Y. Yoshida [et al.] // *Dental Materials*. – 2011. – № 27. – P. 17–28.
5. *Clinical effectiveness of contemporary adhesives for the restoration of noncarious cervical lesions. A systematic review* / M. Peumans, J. De Munck, A. Mine, B. Van Meerbeek // *Dental Materials*. – 2014. – № 30. – P. 1089–1103.
6. *Thirteen-year randomized controlled clinical trial of a two-step self-etch adhesive in non-carious cervical lesions* / M. Peumans, J. De Munck, K. Van Landuyt, B. Van Meerbeek // *Dental Materials*. – 2015. – № 31. – P. 308–314.
7. *Bowen, R. L.* Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations / R. L. Bowen // *The Journal of the American Dental Association*. – 1963. – № 66. – P. 57–64.
8. *A 13-year clinical evaluation of two three-step etch-and-rinse adhesives in noncarious class-V lesions* / M. Peumans, J. De Munck, K. L. Van Landuyt [et al.] // *Clinical Oral Investigations*. – 2012. – № 16. – P. 129–137.
9. *Improving clinical retention of onestep self-etching adhesive systems with an additional hydrophobic adhesive layer* / A. Reis, T. M. Leite, K. Matte [et al.] // *The Journal of the American Dental Association*. – 2009. – № 140. – P. 877–885.
10. *Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerization. I. in vivo evidence* / F. R. Tay, R. Frankenberger, I. Krejci [et al.] // *Journal of Dentistry*. – 2004. – № 32. – P. 611–621.
11. *Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and self-cured or dualcured composites. Part II. Single-bottle, total-etch adhesive* / F. R. Tay, B. I. Suh, D. H. Pashley [et al.] // *Journal of Adhesive Dentistry*. – 2003. – № 5. – P. 91–105.
12. *Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part I. bond strength and morphologic evidence* / F. R. Tay, D. H. Pashley, B. Suh [et al.] // *American Journal of Dentistry*. – 2004. – № 17. – P. 271–278.
13. *Perdigão, J.* Universal adhesives / J. Perdigão, E. J. Swift // *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. – 2015. – № 27. – P. 331–334.

14. *Adhesion* to and decalcification of hydroxyapatite by carboxylic acids / Y. Yoshida, B. Van Meerbeek, Y. Nakayama [et al.] // Journal of Dental Research. – 2001. – № 80. – P. 1565–1569.
15. *British* patent GB1139430A. Improvements relating to surgical cements : filing date 30.12.1966 / D. C. Smith. – URL: <https://patents.google.com/patent/GB1139430A/en?q=GB+1139430> (date of access: 08.01.2024).
16. *Wilson, A. D.* The glass-ionomer cement, a new translucent dental filling material / A. D. Wilson, B. E. Kent // Journal of Applied Chemistry and Biotechnology. – 1971. – № 21. – P. 313.
17. *Bonding* of contemporary glass ionomer cements to dentin / H. K. Yip, F. R. Tay, H. C. Ngo [et al.] // Dental Materials. – 2001. – № 17. – P. 456–470.
18. *Etching* efficacy of selfetching functional monomers / K. Yoshihara, S. Hayakawa, N. Nagaoka [et al.] // Journal of Dental Research. – 2018. – № 97. – P. 1010–1016.
19. *Impact* of hydrophilicity and length of spacer chains on the bonding of functional monomers / V. P. Feitosa, S. Sauro, F. A. Ogliari [et al.] // Dental Materials. – 2014. – № 30. – P. e317–e323.
20. *Functional* monomer impurity affects adhesive performance / K. Yoshihara, N. Nagaoka, T. Okihara [et al.] // Dental Materials. – 2015. – № 31. – P. 1493–1501.
21. *Universal* dental adhesives: current status, laboratory testing, and clinical performance / S. Nagarkar, N. Theis-Mahon, J. Perdigão // Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials. – 2019. – № 107. – P. 2121–2131.
22. *Buonocore* memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: status and future challenges / B. Van Meerbeek, J. De Munck, Y. Yoshida [et al.] // Operative Dentistry. – 2003. – № 28. – P. 215–235.
23. *Micromorphological* spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free, acetone-based, single-bottle primer/adhesives / F. R. Tay, A. J. Gwinnett, S. H. Y. Wei // Dental Materials. – 1996. – № 12. – P. 236–244.
24. *Perdigão, J.* Dentin bonding as a function of dentin structure / J. Perdigão // Dental Clinics of North America. – 2002. – № 46. – P. 277–301.
25. *Application* of etch-and-rinse adhesives on dry and rewet dentin under rubbing action: a 24-month clinical evaluation / C. Zander-Grande, S. Q. Ferreira, T. R. da Costa [et al.] // The Journal of the American Dental Association. – 2011. – № 142. – P. 828–835.
26. *Does* active application of universal adhesives to enamel in self-etch mode improve their performance? A. D. Loguercio, M. A. Muñoz, I. Luque-Martinez [et al.] // Journal of Dentistry. – 2015. – № 43. – P. 1060–1070.
27. *Effects* of solvent evaporation time on immediate adhesive properties of universal adhesives to dentin / I. V. Luque-Martinez, J. Perdigão, M. A. Muñoz [et al.] // Dental Materials. – 2014. – № 30. – P. 1126–1135.

28. *Effect* of adhesive air-drying time on bond strength to dentin: a systematic review and meta-analysis // M. M. Awad, A. Alrahlah, J. P. Matinlinna, H. H. Hamama // International Journal of Adhesion and Adhesives. – 2019. – № 90. – P. 154–162.
29. *Universal* adhesives benefit from an extra hydrophobic adhesive layer when light cured beforehand / R. B. Ermis, M. Ugurlu, M. H. Ahmed, B. Van Meerbeek // Journal of Adhesive Dentistry. – 2019. – № 21. – P. 179–188.
30. *Effect* of a hydrophobic bonding resin on the 36-month performance of a universal adhesive-a randomized clinical trial / J. Perdigão, L. Ceballos, I. Giráldez [et al.] // Clinical Oral Investigations. – 2020. – № 24. – P. 765–776.
31. *Perdigão, J.* Dentin etching depth of current phosphoric acid gels / J. Perdigão // Journal of Dental Research. – 2016. – № 95 (Spec. Iss. A). – Abstract. – P. 1338.
32. *Adhesive* dentistry : Current concepts and clinical considerations / J. Perdigão, E. Araujo, R. Q. Ramos [et al.] // Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. – 2021. – № 33. – P. 51–68.
33. *Phosphoric* acid containing chlorhexidine compromises bonding of universal adhesive / L. S. Da Rosa, A. C. Follak, T. L. Lenzi [et al.] // Journal of Adhesive Dentistry. – 2018. – № 20. – P. 243–247.
34. *Durability* of resin bonding to zirconia using products containing 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate / L. Yang, B. Chen, H. Xie [et al.] // Journal of Adhesive Dentistry. – 2018. – № 20. – P. 279–287.
35. *Chlorhexidine* increases the longevity of in vivo resin–dentin bonds / H. A. Ricci, M. E. Sanabe, C. A. de Souza Costa [et al.] // European Journal of Oral Sciences. – 2010. – № 118. – P. 411–416.
36. *Göstemeyer, G.* Inhibition of hybrid layer degradation by cavity pretreatment: meta- and trial sequential analysis / G. Göstemeyer, F. Schwendicke // Journal of Dentistry. – 2016. – № 49. – P. 14–21.
37. *Perdigão, J.* Critical appraisal: post-op sensitivity with direct composite restorations / J. Perdigão, E. J. Swift Jr. // Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. – 2013. – № 25. – P. 284–288.
38. *Influence* of adhesive type and placement technique on postoperative sensitivity in posterior composite restorations / T. Costa, M. Rezende, A. Sakamoto [et al.] // Operative Dentistry. – 2017. – № 42. – P. 143–154.
39. *Does* the adhesive strategy influence the post-operative sensitivity in adult patients with posterior resin composite restorations? A systematic review and meta-analysis / A. Reis, A. Dourado Loguercio, M. Schroeder [et al.] // Dental Materials. – 2015. – № 31. – P. 1052–1067.
40. *Randomized* controlled clinical trial on the efficacy of dentin desensitizing agents / D. Mehta, V. S. Gowda, A. Santosh [et al.] // Acta Odontologica Scandinavica. – 2014. – № 72. – P. 936–941.

41. *A randomized* double-blind placebo-controlled study of the efficacy of Clinpro XT varnish and Gluma dentin desensitizer on dentin hypersensitivity / Y. J. Ding, H. Yao, G. H. Wang, H. Song // American Journal of Dentistry. – 2014. – № 27. – P. 79–83.
42. *Prevention* of postoperative tooth sensitivity: a preliminary clinical trial / M. A. Sobral, N. Garone-Netto, M. A. Luz, A. P. Santos // Journal of Oral Rehabilitation. – 2005. – № 32. – P. 661–668.
43. *Clinical* evaluation of postoperative sensitivity using self-etching adhesives containing glutaraldehyde / A. B. Chermont, K. K. Carneiro, M. F. Lobato [et al.] // Brazilian Oral Research. – 2010. – № 24. – P. 349–354.
44. *Van den Breemer, C. R.* Cementation of glass-ceramic posterior restorations: a systematic review / C. R. Van den Breemer, M. M. Gresnigt, M. S. Cune // BioMed Research International. – 2015. – № 2015. – P. 148954.
45. *Randomized* clinical trial on the survival of lithium disilicate posterior partial restorations bonded using immediate or delayed dentin sealing after 3 years of function / C. R. G. Van den Breemer, M. S. Cune, M. Özcan [et al.] // Journal of Dentistry. – 2019. – № 85. – P. 1–10.
46. *Performance* of ceramic laminate veneers with immediate dentine sealing: an 11-year prospective clinical trial / M. M. M. Gresnigt, M. S. Cune, J. Schuitemaker [et al.] // Dental Materials. – 2019. – № 35. – P. 1042–1052.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Стоматологические адгезивы.....	5
Смазанный слой	5
Сравнение упрощенных адгезивных систем и многоэтапных адгезивов...	9
Универсальные адгезивы.....	10
Роль химического бондинга	12
Влажность дентина при использовании универсальных адгезивов.....	15
Время испарения растворителя.....	16
Необходимость в дополнительном гидрофобном покрытии дентина перед нанесением универсальных адгезивов	17
Травление эмали с помощью гелей с низкой вязкостью	17
Соединение универсальных адгезивов и циркония	19
Спорные вопросы в адгезивной стоматологии	19
Необходимость в ингибиторах матриксных металлопротеиназ для улучшения адгезии	19
Послеоперационная чувствительность, связанная с адгезивными реставрациями	20
Техника немедленного покрытия дентина.....	20
Заключение	21
Список использованной литературы.....	22

Учебное издание

Лопатин Олег Александрович
Горбачёв Виталий Васильевич

АДГЕЗИВНЫЕ СИСТЕМЫ В СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Учебно-методическое пособие

Ответственная за выпуск Н. В. Новак
Старший корректор А. В. Царь
Компьютерная вёрстка А. В. Янушкевич

Подписано в печать 06.02.25. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Марафон Бизнес».

Ризография. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,36. Тираж 70 экз. Заказ 59.

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.