



## Статус-кво и будущее дентинных адгезивов

В современной стоматологии при разработке и производстве материалов акцент переносится с функционального совершенствования к упрощению процедуры. Такая тенденция хорошо иллюстрируется эволюцией дентинных адгезивных систем, где классические представители с многоэтапной техникой наложения были заменены системами с сокращенным количеством этапов, стали проще, быстрее в использовании, а также более удобны. Для адгезивов, работающих с техникой тотального протравливания, основные этапы кислотного протравливания, праймирования и нанесения адгезива, выделяемые как отдельные шаги в трехкомпонентных системах, были объединены в два шага с помощью самопраймирующих однократных систем, например Прайм энд Бонд ЭнТи «Дентсплай». С самопротравливающими адгезивами, благодаря самопротравливающим праймерам и эти два шага удалось объединить в один: кондиционер, праймер и адгезив одновременно находятся в одной адгезивной системе. Одним из недавно представленных коммерческих продуктов этой категории является Ксено III Бонд «Дентсплай».

Исследования, ведущиеся на протяжении более чем 10 лет благодаря сотрудничеству между промышленностью и наукой, значительно расширили наши знания в области достижения эффективно-го прикрепления к тканям зуба. Одним из примеров может быть понимание того, что гибридный слой формируется не только при соединении через дентинную адгезивную систему, но и в результате деминерализации и ионного обмена при использовании стеклоиономерных цементов или стеклоиономерных цементов, модифицированных смолами. Что касается нанесения дентинных адгезивов на дентин, то сейчас известно, что связи между толщиной гибридного слоя и эффективностью адгезивного соединения нет, поскольку формирование гибридного слоя является феноменологическим выражением кислотной деминерализации и инфильтрации смолы. При использовании универсальных адгезивов важно, чтобы после кислотного протравливания мономеры адгезива полностью проникали на всю глубину деминерализации. Поэтому возникает необходимость использовать либо технику влажного бондинга, либо содержащие НЕМА водные увлажняющие растворы. Для самопротравливающих систем важно, чтобы адгезив был достаточно кислотным для клинически достоверного протравливания и доступа через толстый смазанный слой к подлежащему интактному дентину с целью формирования минимально тонких зон деминерализации с одновременной инфильтрацией смолой.

Этот вопрос был широко освещен профессором Накабаяши, который подчеркивал, что имеется тенденция к переоценке эффективности адгезивного соединения со смазанным слоем, получаемого многими лабораториями в результате обработки поверхности кремнийкарбидной абразивной бумагой зернистостью 600, при использовании некоторых более увлажняющих версий самопротравливающих адгезивов. В клинике такая проблема может быть решена благодаря перемешиванию этих адгезивов, что даст повышение рассеивания частиц смазанного слоя.

Забегая наперед, скажу, что были предприняты значительные попытки для расширения наших взглядов на потенциальные проблемы использования современных адгезивов, особенно что касается долговечности соединения между смолой и зубными тканями.



### Чувствительность техники адгезивов тотального протравливания

Адгезивы, которые работают с тотальным протравливанием, более чувствительны к технике их использования, так как в технике влажной адгезии имеют маленькую дельту для получения оптимальной гибридации и запечатывания дентинных канальцев. В клинической практике у стоматолога потенциальную проблему могут вызвать послеоперационная чувствительность после удаления смазанного слоя. Если стоматолог допустил ошибку в виде пересушивания или переувлажнения подлежащего протравленного дентина, он скорее всего предпочел бы первое, поскольку жизнеспособный подлежащий дентин достаточно влажный после удаления смазанного слоя (фото 1).



Фото 1. Дентинная перфузия после кислотного протравливания (положительное давление пульпы: 15 см Н<sub>2</sub>О). Вытеснение дентинной жидкости из подлежащего витального дентина после травления кислотой

Поскольку летучий растворитель адгезива быстро испаряется, постоянная трансудация дентинной жидкости через открытые дентинные канальцы до полимеризации адгезива может вызвать включение пузырьков жидкости вдоль границы адгезивного соединения (фото 2). У пациента при жевании происходит эффект компрессии и деком-

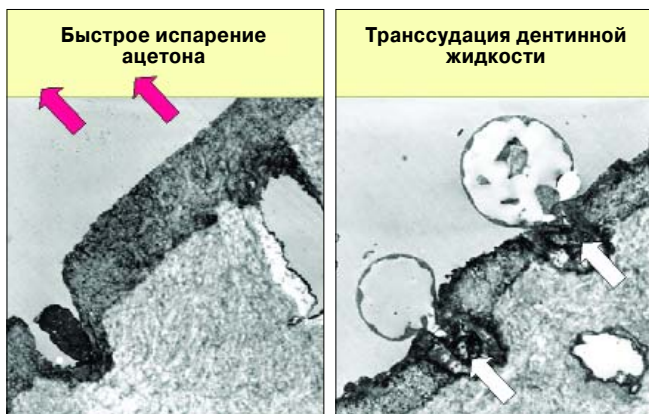


Фото 2. Дентинная жидкость задерживается не смешивающимися с водой смолами с образованием водных пузырьков на границе соединения смола / дентин

прессии, который вызывает ускоренное движение жидкости в канальцах, что в свою очередь активирует нервные волокна А-дельта в пульпарно-дентинном комплексе. Такая проблема клинически устраняется благодаря использованию:

- водного десенсибилизатора дентина с содержанием НЕМА, так как при смешивании с водой во время полимеризации НЕМА образует мягкий гидрогель;
- модифицированного смолами стеклоиономерного цемента для замещения дентина в сэндвич-технике;
- оксалатных десенсибилизаторов после кислотного протравливания дентина;
- самопротравливающих адгезивов, которые не удаляют пробки смазанного слоя и поэтому уменьшают гидравлические токи через дентинные канальцы.

### Чувствительность техники самопротравливающих адгезивов

При том, что все самопротравливающие адгезивы умеренно хорошо соединяются с препарированной эмалью, большинство исследователей сходятся на том, что более водные версии самопротравливающих адгезивов плохо протравливают непрепарированную апризматичную эмаль (фото 3) без формирования полимерных тяжей и с тонким слоем подповерхностной деминерализации для микромеханической ретенции.



Фото 3. Эффект протравливания; результат после смывания адгезива

Клинически это может проявляться пигментацией краев эмали, что связано, по данным некоторых исследований, с использованием более влажных самопротравливающих адгезивов. Таким образом, сочетание эмалевых сколов с препарированием эмали является наиболее полезным среди других факторов улучшения адгезивного соединения более влажных самопротравливающих адгезивов с реставрацией, края которой находятся в эмали.

### Незаполненные адгезивы против наполненных

Прайм энд Бонд ЭнТи и Ксено III являются превосходными примерами наполненных адгезивов, содержащих разную концентрацию нанопополните-

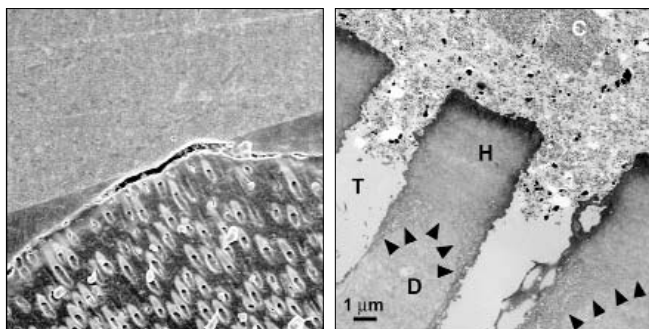


Фото 4. Ненаполненные адгезивы с низкой вязкостью кажутся блестящими, но не могут быть отверждены полноценно из-за ингибирования кислородом

ля для увеличения вязкости адгезива, поэтому они создают достаточно толстую пленку и могут наноситься одним слоем.

Для ненаполненных адгезивов действительно важно, что в результате традиционного эффекта ингибирования кислородом на поверхности адгезива образуется не полностью равномерно отвержденный слой, который в клинике можно наблюдать в виде блестящей поверхности.

Использование ненаполненного адгезива одним слоем может вызвать боковой сдвиг и уменьшение ингибированного кислородом слоя во время конденсации композита.

В результате композит внедряется прямо в гибридный слой или даже в дентинные каналцы (фото 4).

Одним из ненаполненных самопротравливающих адгезивов, который был достаточно широко изучен, является Промпт Эл-Поп. Этот адгезив имеет очень толстый частично полимеризованный слой, ингибированный кислородом, который не полностью поглощается наносимым сверху композитом (фото 5). Адгезивное соединение этого ненаполненного композита, например, значительно улучшается в результате нанесения несколькими слоями.

### Несовместимость некоторых адгезивных систем с химическими композитами

Уже давно известно, что химические композиты, которые используют ароматический третичный амин как компонент редокс-катализатора, плохо соединяются с адгезивными системами, содержащими кислотные мономеры, из-за кислотно-основной реакции, которая инактивирует третичный амин с образованием основания Луиса. При работе химическими композитами как однобутылочные адгезивные системы, работающие в технике тотального протравливания, так и одноэтапные самопротравливающие адгезивы характеризуются отсутствием дополнительного слоя связующей смолы. При этом кислотные мономеры, которые находятся в прямом контакте с химическим композитом, не отверждаются. Клинически это может проявляться отсут-

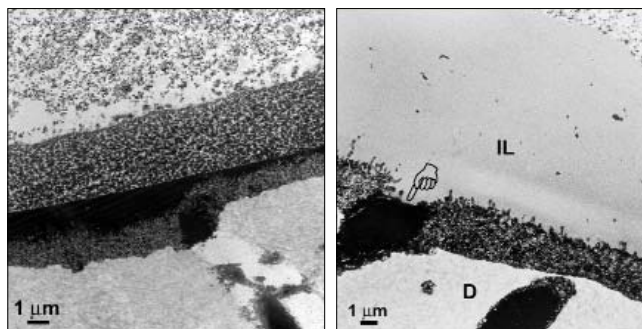


Фото 5. Частично полимеризованный слой, ингибированный кислородом, в соединении с поверхностью дентина

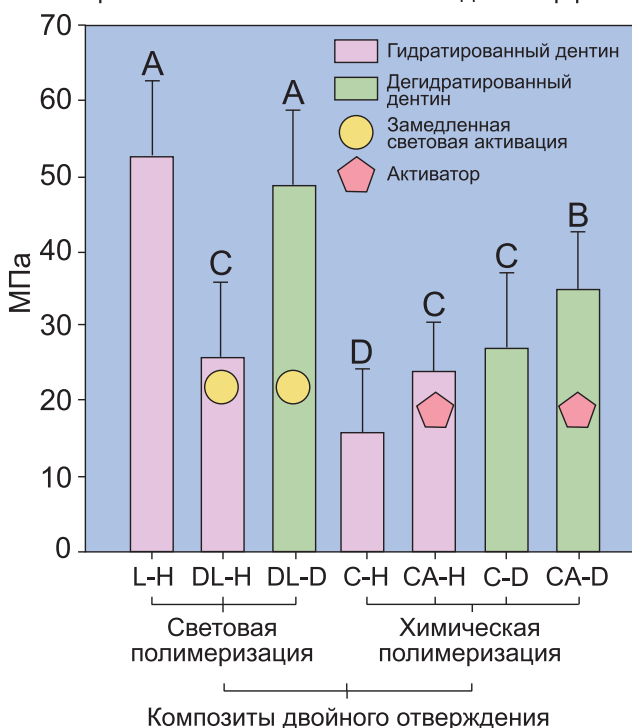
ствием соединения в глубине конструкции самотвердеющих композитов или композитов двойного отверждения при их конденсации в полости.

Эта проблема, о которой впервые было объявлено в 1999 г., была в значительной степени устранена во многих однобутылочных адгезивных системах благодаря появлению версий с двойным отверждением, имевших дополнительную бутылочку химического ко-инициатора с содержанием сульфата бензола натрия.

Примерами таких систем являются Прайм энд Бонд ЭнТи двойного отверждения, Иксайт ДиЭсСи, ОптиБонд Соло Плюс двойного отверждения.

Тем не менее, как показывает пример с Оптибонд Соло Плюс, использование химического ко-инициатора улучшает прочность связи на растяжение с самотвердеющими композитами и компози-

Несовместимость химических композитов при сочетании химического и водного эффектов



тами двойного отверждения только до определенной степени.

Подобная ситуация отмечается и с одноэтапными самопротравливающими адгезивами.

Сейчас известно, что отрицательное химическое взаимодействие лишь частично зависит от несовместимости однокомпонентных адгезивных систем и химических композитов.

Другим причинным фактором, согласно последним наблюдениям, является то, что одноэтапные адгезивные системы после полимеризации ведут себя, как проницаемые мембраны.

### Одноэтапные самопротравливающие адгезивы в качестве проницаемых мембран

Чтобы продемонстрировать свойства проницаемых мембран, каждый практикующий стоматолог может выполнить один простой эксперимент, который заключается в нанесении любого из подобных адгезивов на плоскую поверхность эмали и дентина. После полимеризации адгезива удалите клейкий слой, ингибированный кислородом, и погрузите адгезивно подготовленный зуб в воду. После извлечения образца через 10 минут на покрытой адгезивом эмали формируются водяные пузырьки (фото 6) — процесс, известный из смолооблицовочной промышленности как «осмотическое пузырение».

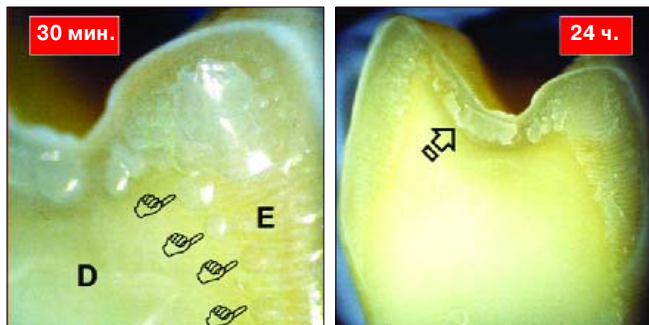


Фото 6. Осмотическое пузырение

Мы полагаем, что в пределах кислотного адгезива, который протравливает высокоминерализованную эмаль, есть слой растворенных кальций-фосфорных ионов.

В соответствии с осмотическим градиентом вода снаружи движется через слой адгезива с образованием водных пузырьков. Недавно нами было обнаружено и показано существование заполненных водой каналов (водные деревья) внутри адгезивного слоя таких адгезивов, что позволило нам отнести подобные адгезивные системы к проницаемым мембранам (фото 7).

Так как химические композиты отверждаются медленнее, чем фотокомпозиты, этого дополнительного времени достаточно для диффузии воды

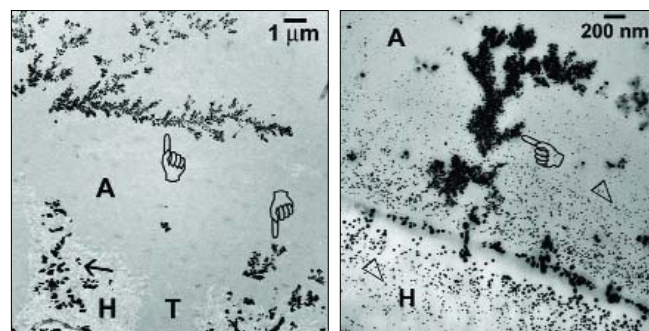
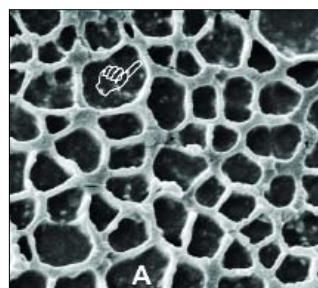
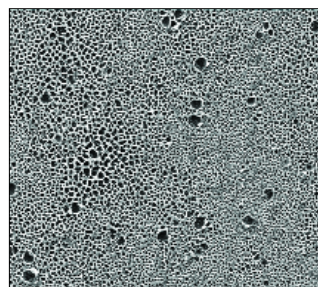


Фото 7. Водные деревья в одноэтапных самопротравливающих адгезивах

из гидратированного дентина через смолу с формированием по линии соединения адгезив/композит водных пузырьков (фото 8).

Увеличение проницаемости кислотных адгезивов, вероятно, необходимо, с одной стороны, для улучшения выделения фтора, а с другой — для увеличения потенциала ошелачивания полимерных компонентов. Тем не менее, поглощение воды гидрофильными и ионными мономерами смолы сквозь гибридный и адгезивный слои через время способствует деградации прочности соединения дентина и смолы. Так как гидрофильность и гидротолитическая стабильность мономеров обычно — свойства антагонистические, этот феномен усугубляется присоединением возрастающего количества



гидрофильных полимерных компонентов в современных самопротравливающих адгезивах.

Фото 8. Повреждение вдоль границы адгезив/химический композит

Поэтому для клинициста адгезивом будущего будет тот, который способен изменять гидрофильность на гидрофобность во время и после адгезивной подготовки соответственно.

Такой феномен можно получить путем активации полупроводникового катализатора, используя ультрафиолетовый свет. Эта важная работа проведена профессором Фуджишима и нашла применение в самоочищающихся очках, оконных стеклах, кафеле и может быть использована для улучшения долговечности адгезивного соединения с дентином в новой генерации дентинных адгезивов.