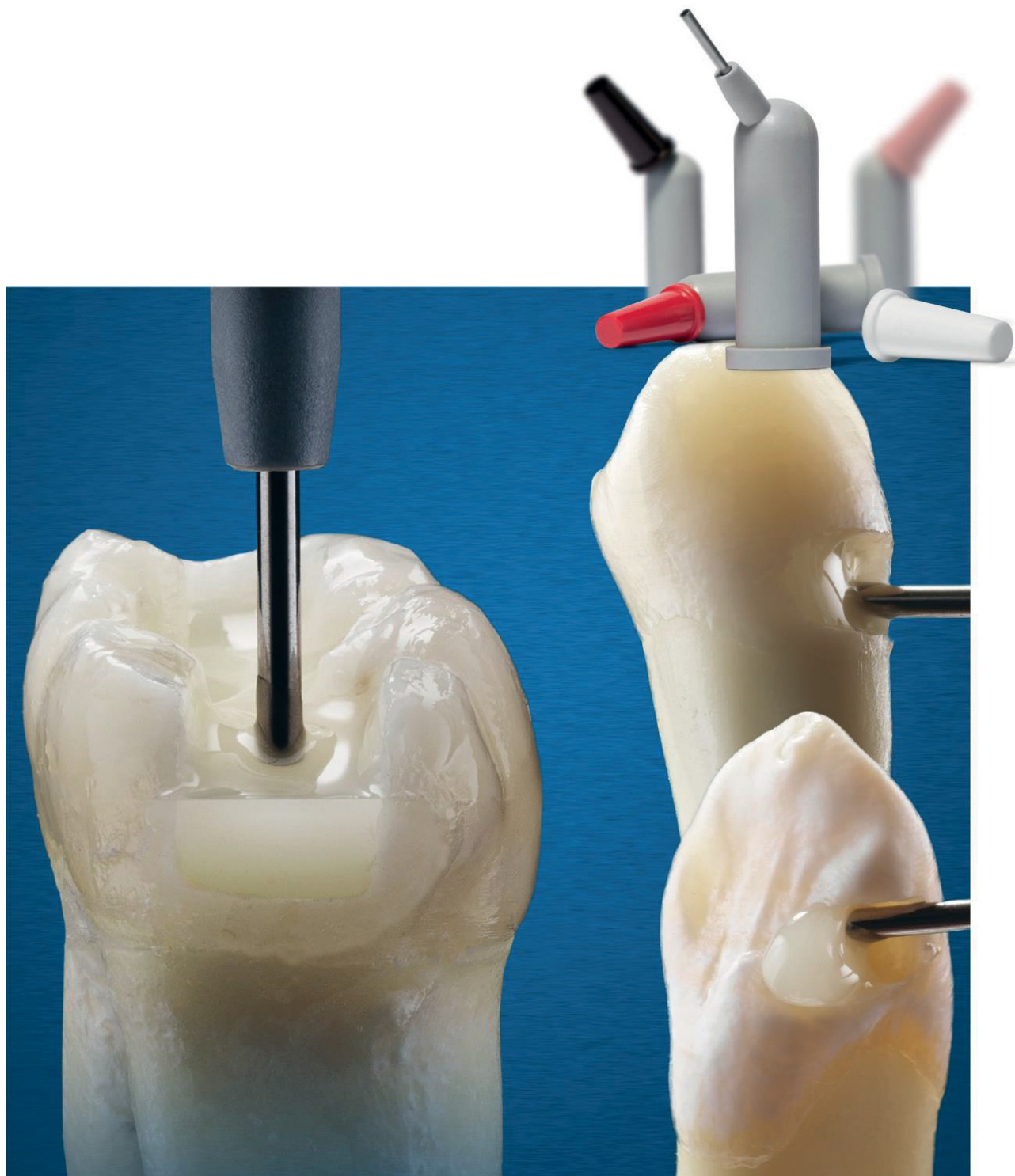


Научное руководство

SDR® Plus

Текущий композитный материал
объемного внесения



Содержание

1. Введение	3
1.1 Предпосылки для использования композитных материалов.....	3
1.2 Текущие композиты	3
1.3 Полимеризационная усадка и стресс.....	4
1.4 Композитные материалы объемного внесения	5
1.5 Технология SDR.....	6
1.6 Особенности и преимущества SDR Plus	10
1.7 Состав SDR Plus	11
2. Показания к применению	13
2.1 Показания.....	13
2.2 Противопоказания	13
2.3 Полимеризация.....	13
3. Исследования in vitro	14
3.1 Снижение стресса	14
3.2 Краевая и внутренняя адаптация	21
3.3 Глубина отверждения и степень конверсии	29
4. Клинические исследования	37
4.1 Трехлетнее клиническое исследование композитных реставраций по II классу с использованием Surefil SDR и экспериментального композита или Esthet•X HD	37
4.2 Реставрации жевательной группы зубов композитами объемного внесения: 5-летнее рандомизированное контролируемое клиническое исследование.....	38
4.3 Реставрации жевательной группы зубов композитами объемного внесения, основанные на технологии снижения стресса: 6-летнее рандомизированное контролируемое исследование.....	40
Источники	42
Глоссарий и аббревиатуры	42
Список рисунков	43
Список таблиц	44
Торговые марки	44

1. Введение

1.1 Предпосылки для использования композитных материалов

Светоотверждаемые композитные материалы используются в консервативной стоматологии для лечения и улучшения внешнего вида пациентов. Чаще всего стоматологические композиты включают в себя четыре основных компонента: (1) полимерную матрицу или непрерывную фазу, содержащую комбинацию системы олигомер–мономер, систему инициатор–соинициатор и стабилизаторы; (2) наполнитель из неорганических частиц: например, стекла и/или диоксида кремния, или из смешанных оксидов: например, диоксида кремния и циркония, причем некоторые композитные материалы также содержат макронаполнитель на основе предварительно полимеризованного измельченного композита; (3) связующий агент (обычно органосилан), который химически связывает армирующую поверхность наполнителя с композитом; (4) железоксидные пигменты и иногда рентгеноконтрастные компоненты, рассеянные в смеси полимерной матрицы и поверхностно-модифицированного наполнителя для обеспечения естественного цвета и рентгеноконтрастности зубов.

Полимерная матрица композитных материалов представляет собой непрерывную фазу и может рассматриваться как основа неорганической/органической композитной системы. Наполнитель или дисперсная фаза предназначены для повышения прочности фазы более мягкого органического полимера и обычно состоят из стеклянных частиц различного состава, размера и плотности распределения. Размер частиц наполнителя является лишь одним из нескольких параметров, влияющих на общие свойства композита. Тип, форма и количество наполнителя, а также агент, связывающий наполнитель с полимером, способствуют повышению качества материала и эффективности обработки.

1.2 Текучие композитные материалы

Высоковязкие композиты (универсальные или для жевательной группы зубов) используются для реставрации благодаря высокой наполненности, механической прочности и износостойкости, низкой усадке и хорошей моделируемости. Однако из-за высокой вязкости и плотности высоковязкие композиты сложно адаптировать к внутренней стенке полости или к небольшим полостям.

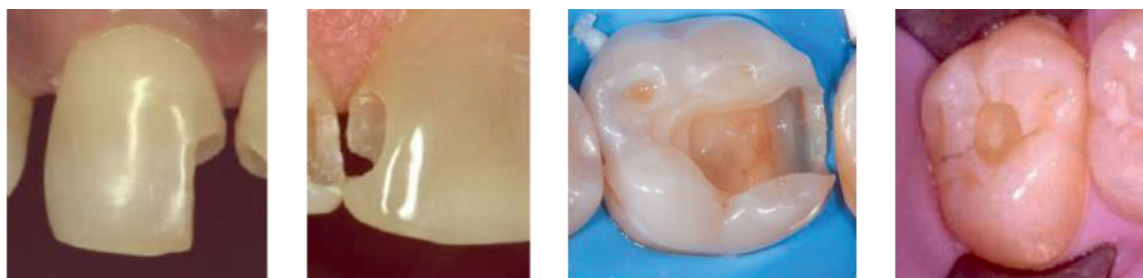
Использование текучих реставрационных материалов позволяет компенсировать недостаточную адаптацию высоковязких композитных материалов. Благодаря высокой текучести и низкой наполненности они легко адаптируются к полости с минимальным количеством манипуляций или вообще без них. Стоматологи чаще всего используют текучие композитные материалы в качестве первого основного слоя или лайнера при реставрациях жевательной группы зубов. Из-за низкой механической прочности, слабой износостойкости и отсутствия возможности моделирования текучие материалы не используются на принимающей нагрузке окклюзионной поверхности. Именно из-за своей низкой наполненности и высокой усадки текучие композиты считаются не подходящими для объемного внесения.

1.2 Полимеризационная усадка и стресс

При полимеризации мономеры композита соединяются вместе, образуя большие молекулы (полимеры), которые, в свою очередь, также объединяются в непрерывную сеть. Процесс полимеризации требует физического сближения мономеров для химической реакции с помощью процесса образования свободных радикалов. Этот процесс приводит к усадке объема материала, называемой полимеризационной усадкой (если он не ограничивается, например, только бондингом с полостью). При усадке в ограниченном объеме происходит накопление стресса. Полимеризационный стресс не только накапливается внутри самого композита, но и оказывает влияние на внешние поверхности, с которыми сцеплен композит. Термин С-фактор (фактор конфигурации – отношение количества сцепленных с композитом поверхностей полости к количеству поверхностей, не сцепленных с композитом) используется для описания этого эффекта (Feilzer et al. 1987). В полостях IV класса самые низкие значения С-фактора благодаря достаточному количеству не склеенных с тканями зуба поверхностей композита. По мере увеличения площади поверхностей бондинга увеличивается и С-фактор, что приводит к повышению полимеризационного стресса. Эта закономерность показана на рис. 1. Однако необходимо отметить, что клиническая ситуация не всегда позволяет спрогнозировать полимеризационный стресс только на основе С-фактора.

В композитной реставрации с сильным бондингом полимеризационный стресс передается через границу композита с тканями зуба. Это может привести к появлению трещин на эмали, белых линий на границе реставрации и к отлому жевательного бугорка. В реставрациях с менее сильным бондингом полимеризационный стресс может инициировать разрушение целостности прилегания компо-

зита к тканям зуба (нарушение адгезии), если сила полимеризационного стресса превышает силу бондинга. В результате этого зазор между композитным материалом и стенками полости может привести к постоперационной чувствительности, микроподтеканию и/или вторичному кариесу.



Класс IV. С-фактор 0,5	Класс III. С-фактор 1	Класс II. С-фактор 2	Классы I и V. С-фактор 5
<u>2 с бондингом</u>	<u>2 с бондингом</u>	<u>4 с бондингом</u>	<u>5 с бондингом</u>
4 без бондинга	3 без бондинга	2 без бондинга	1 без бондинга

Рисунок 1 Увеличение площади сцепленных поверхностей относительно поверхностей без сцепления приводит к увеличению значения С-фактора (клинические случаи I, III, IV, V классов любезно предоставлены д-ром Джеффом Бланком, клинический случай II класса любезно предоставлен д-ром Уолтером Диасом)

1.4 Композитные материалы объемного внесения

Для снижения полимеризационного стресса композитные реставрации нуждаются в послойном светоотверждении. Максимальная толщина каждого слоя, которая обеспечивает адекватное проникновение света и полимеризацию традиционных композитов, обычно составляет не более 2 мм. Это приводит к необходимости использования сложной и трудоемкой техники послойного внесения, а стоматологи очень нуждаются в более простой и быстрой технике композитных реставраций (van Dijken & Pallesen 2015, Manhart et al. 2010).

В 2003 г. Dentsply Sirona представила новый подход по применению толстого слоя композита при реставрациях жевательной группы зубов, который включал в себя использование высоковязкого и высокопрозрачного композита. Этот первый реставрационный композитный материал объемного внесения, названный QuiXfil® posterior, имел низкую полимеризационную усадку и простую технику внесения с 10-секундным светоотверждением на глубину до 4 мм. В последующие годы было проведено несколько клинических исследований композита QuiXfil®, которые доказали его пригодность для объемного внесения в полости жевательной группы зубов (обзоры Van Ende et al. 2017).

Последнее десятилетнее рандомизированное клиническое исследование не показало существенных отличий отдаленных клинических результатов лечения с использованием композитного материала QuiXfil® или обычных гибридных композитных материалов, внесенных слоями по 2 мм (данные по запросу, 2017 г.).

В 2009 г. Dentsply Sirona выпустила на мировой рынок SDR® – первый текучий композит объемного внесения. Сочетание технологии снижения стресса (SDR™)¹ и большой глубины отверждения, а также превосходные физические свойства, замечательные манипуляционные характеристики и строгий контроль качества позволили SDR продемонстрировать исключительные клинические результаты и стать коммерчески успешным продуктом. После появления SDR другие крупные производители стоматологической продукции начали исследовать и разрабатывать аналогичные продукты. Композитные материалы объемного внесения как категория продуктов стали широко признаны как академическими исследователями, так и стоматологами. В 2014 г. показания к применению SDR были расширены и включили в себя реставрации жевательной группы молочных зубов (по I и II классам) без дополнительного перекрывающего слоя. Основываясь на клинически проверенной технологии SDR™, компания Dentsply Sirona представила следующее поколение этого текучего композита объемного внесения.

Текучий композит объемного внесения SDR® Plus был разработан для удовлетворения дополнительных клинических потребностей – улучшения механической прочности, износостойкости и рентгеноконтрастности, которые могут значительно повысить эффективность и производительность при постоянно увеличивающемся количестве композитных реставраций.

1.5 Технология SDR

Технология SDR представляет собой запатентованную уретан-диметакрилатную структуру, которая обеспечивает уменьшение усадки и стресса при полимеризации. SDR имеет минимальную общую усадку (3,5%), сравнимую с другими обычными текучими композитами. Меньшая объемная усадка способствует общему снижению полимеризационного стресса. SDR обеспечивает уменьшение объемной усадки приблизительно на 20%, снижение полимеризационного стресса – почти на 80% по сравнению с обычными метакрилатными композитами (рис. 2).

1 Технология SDR™ используется в нескольких продуктах – SDR®, SureFil SDR® flow, SureFil SDR® flow+, а также в новом SDR® Plus. Самовыравнивание способствует превосходной адаптации к полости. Материал вносится слоями до 4 мм и показывает чрезвычайно низкий уровень полимеризационного стресса.

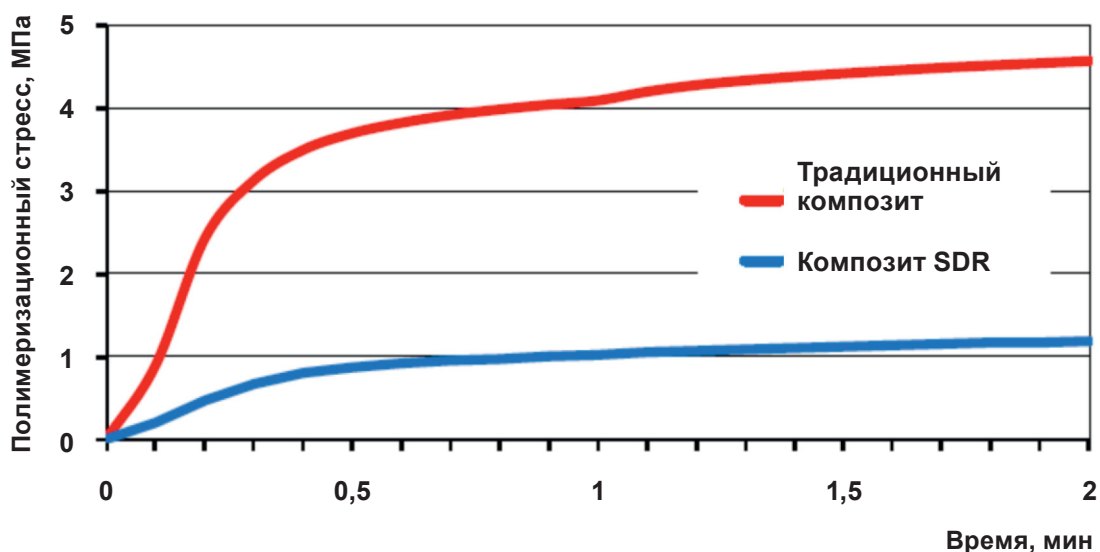


Рисунок 2 Развитие полимеризационного стресса традиционного метакрилатного композита по сравнению с технологией SDR (данные по запросу, 2017 г.)

Низкий уровень стресса частично обусловлен большой молекулярной массой полимера SDR по сравнению с обычными полимерными системами (849 г/моль по сравнению с 513 г/моль у Бис-ГМА). Технология SDR включает в себя уникальную комбинацию крупной молекулярной структуры и химической составляющей – так называемый модулятор полимеризации, химически встроенный в центр основной цепи полимеризуемой полимерной основы мономера SDR (рис. 3).

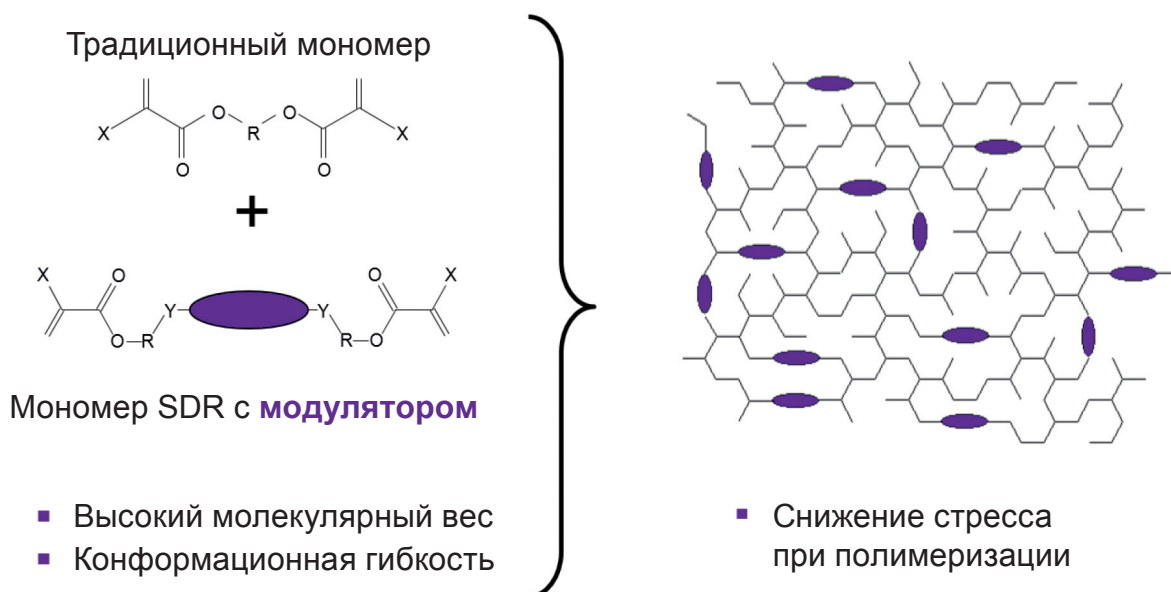


Рисунок 3 Составляющие технологии SDR

Высокая молекулярная масса и конформационная гибкость вокруг размещенного в центре модулятора придают оптимизированную гибкость и создают сетевую структуру полимера SDR. Для описания особенностей вязкоупругих материалов может быть использован динамический механический анализ (DMA). На рис. 4 показана кривая зависимости тангенса угла диэлектрических потерь от температуры при сравнении полимера SDR и композита SDR с Esthet•X flow и соответствующим чистым полимером после отверждения. Пики на графике представляют температуру стеклования (T_g). Полимер SDR, как и композит SDR, демонстрирует не только более низкое значение T_g , но также и более высокий тангенс угла диэлектрических потерь. Проще говоря, тангенс угла диэлектрических потерь выражает соотношение между рассеиванием (в результате вязкости) и накоплением (в результате упругости) энергии, индуцированной в материале. Более высокое значение тангенса угла диэлектрических потерь связано с увеличенным рассеиванием индуцированной энергии. В результате SDR способен накапливать меньше и рассеивать больше энергии при ее индуцировании, например, во время полимеризации.

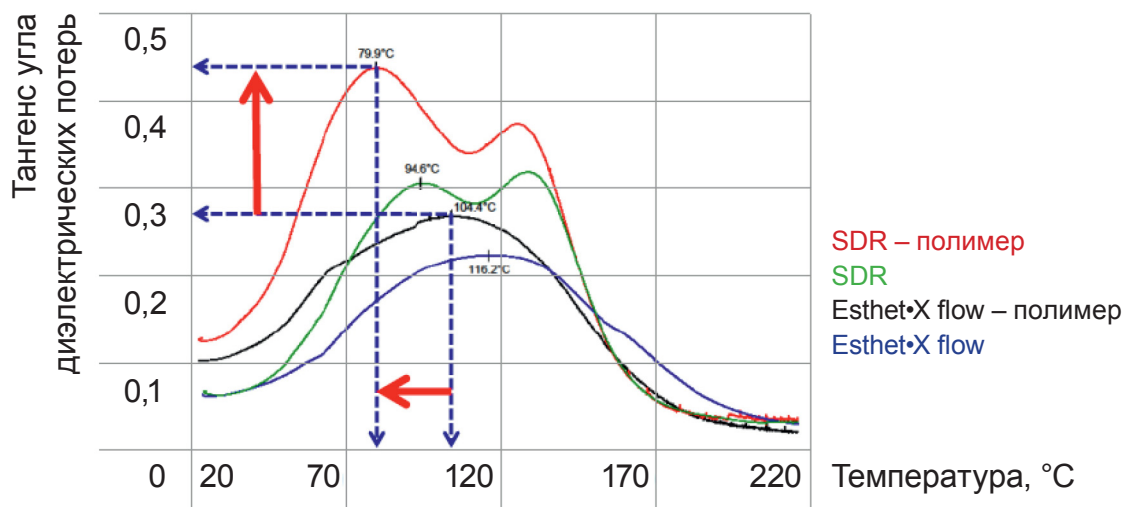


Рисунок 4 Кривая зависимости тангенса угла диэлектрических потерь от температуры при сравнении полимера и композита SDR с Esthet•X flow (данные по запросу, 2017 г.)

Еще одно достоинство SDR заключается в том, что у него не уменьшаются степень отверждения и суммарная конверсия. Как показано на рис. 5, ИК-анализ Фурье конверсии двойных связей в процессе отверждения полимера SDR и композита SDR показывает очень близкие коэффициенты конверсии с коэффициентами конверсии обычных композитных материалов, например, Esthet•X flow.

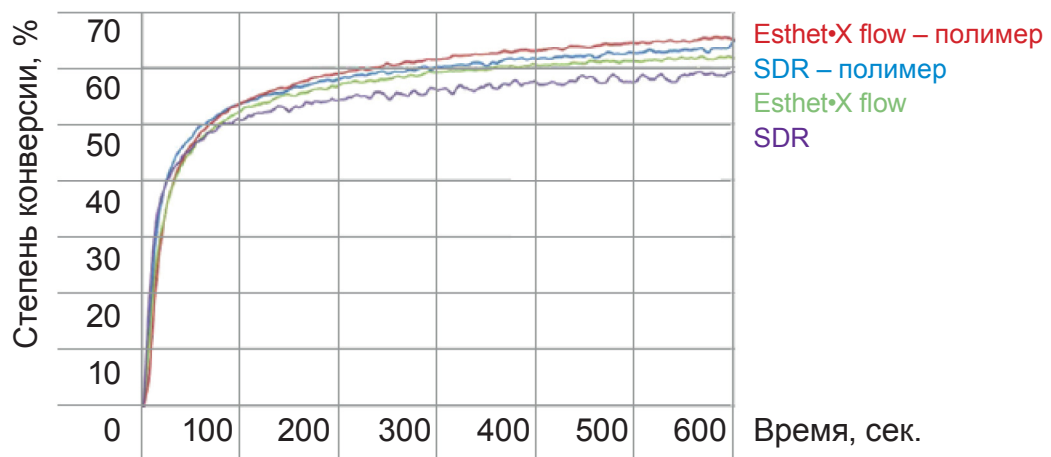


Рисунок 5 Степень конверсии двойной связи в зависимости от времени по сравнению с чистым полимером и композитом для Esthet•X flow и SDR (данные по запросу, 2017 г.)

Высокая степень конверсии двойной связи обеспечивает развитие физико-механических свойств, необходимых для использования SDR в качестве материала объемного внесения для жевательной группы зубов. Как показано на рис. 6, фотореологические исследования развития модуля в процессе отверждения показывают быстрое формирование сети и развитие прочности, достигаемые SDR. Скорость развития модуля SDR очень похожа на скорость развития динамического модуля упругости традиционного текучего композита, например, Esthet•X flow.

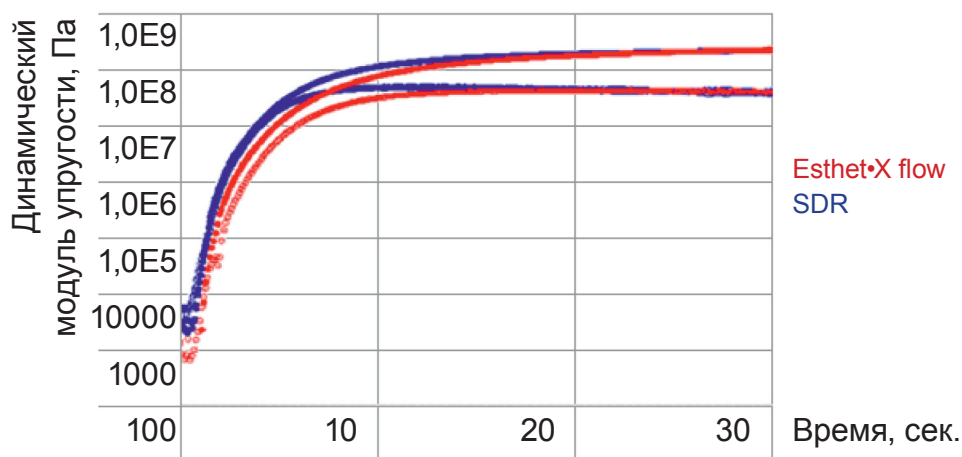


Рисунок 6 Развитие динамического модуля упругости в зависимости от времени для традиционного текучего композита (Esthet•X flow) по сравнению с SDR (данные по запросу, 2017 г.)

Таким образом, уникальная структура SDR обеспечивает низкий уровень полимеризационного стресса композитной системы. Оптимизированный баланс свойств, демонстрируемый технологией SDR, является результатом комбинации полимера SDR с наполнителями и другими составляющими компонентами.

1.6 Особенности и преимущества SDR Plus

SDR Plus – это однокомпонентный фторсодержащий отверждаемый видимым светом рентгеноконтрастный композит. Манипуляционные характеристики SDR Plus такие же, как у текучих композитов, но он может быть внесен слоями до 4 мм и обладает минимальным полимеризационным стрессом. SDR Plus имеет свойство самовыравнивания, которое обеспечивает превосходную адаптацию к препарированным стенкам полости (рис. 7). При использовании в качестве базового/основного материала или прокладочного материала при реставрациях по I и II классам SDR Plus необходимо перекрывать универсальным композитом на основе метакрилата для замещения утраченной эмали на окклюзионной/фронтальной поверхности. Также он подходит в качестве самостоятельного материала для реставраций по III и V классам без дополнительного перекрывающего слоя. Для обеспечения эстетичного вида реставраций по III и V классам диапазон оттенков расширен до A1, A2 и A3 в дополнение к универсальному. Основные характеристики и преимущества материала SDR Plus приведены в таблице 1.

Особенности	Преимущества
Объемное внесение (Bulk Fill)	• Упрощенная техника внесения
Самовыравнивание	• Превосходная адаптация к полости • Минимальная необходимость в манипуляциях
Технология SDR	• Низкий уровень полимеризационного стресса
Высокая рентгеноконтрастность	• Видимость на рентгеновских снимках
Повышенная износостойкость	• Реставрации по III и V классам в дополнение к реставрациям по I и II классам
Широкий диапазон оттенков	• Эстетичный внешний вид

Таблица 1 Основные характеристики и преимущества реставрационного композитного материала SDR Plus



Рисунок 7 Образец в разрезе, демонстрирующий превосходную адаптацию SDR к препарированной полости

1.7 Состав SDR Plus

При эволюции SDR в SDR Plus были изменены составы полимерной матрицы и наполнителя. Для большей прочности, лучшей рентгеноконтрастности и меньшего износа содержание наполнителя в материал было увеличено на 2,5%, а наполнитель из стекла, который входил в SDR, был частично заменен новым, обеспечивающим более высокую прочность. Для сохранения ключевых характеристик SDR (текучесть и самовыравнивание) состав смолы был изменен в соответствии с наполненностью и составом материала. Одновременно с сохранением ключевых характеристик SDR износостойкость SDR Plus повысилась до уровня стандартных текучих композитов, а рентгеноконтрастность – приблизительно до 20% 2,6 мм Al.

В состав SDR Plus входит наполнитель до 70,5% от веса / 47,4% от объема. Полимерная матрица содержит запатентованную модифицированную уретандиметакрилатную смолу, триэтиленгликоль диметакрилат, полимеризуемую диметакрилатную смолу, полимеризуемую триметакрилатную смолу, фотоинициатор камфорхинон, фотоинициатор этил-4(диметиламино)бензоат, бутилированный гидрокситолуол, флуоресцентный агент и УФ-стабилизатор. Наполнитель содержит силанированное барий-алюмо-фтор-боросиликатное стекло,

силанированное стронций-алюмо-фтор-силикатное стекло, поверхностно обработанный парами диоксид кремния, фторид иттербия, синтетические неорганические пигменты оксида железа и диоксид титана.

1. Показания к применению

2.1 Показания

- Базовое объемное заполнение полостей при прямых реставрациях по I и II классам.
- Лайнер под прямые реставрационные материалы при реставрациях по I и II классам.
- Герметик для ямок и фиссур.
- Консервативные реставрации I класса.
- Наращивание культи.
- Реставрации по III и V классам.

2.2 Противопоказания

- Лечение пациентов с установленной гиперчувствительностью к метакрилатным полимерам.

2.3 Полимеризация

Каждый вносимый слой SDR Plus должен быть полимеризован подходящей лампой: например, SmartLight Focus. Полимеризационная лампа с пиком в диапазоне 440–480 нм должна быть способна полимеризовать материалы, содержащие инициатор камфорохинон (КФ). В зависимости от оттенка материала время светоотверждения слоя 4 мм составляет 20 или 40 сек. Таблица для правильного определения времени полимеризации SDR Plus находится на его упаковке.

 мВт/см ² ≥ 550	Оттенок	 2 мм	 4 мм
	Универсальный	20	20
A1, A2, A3	20	40	

Таблица 2 Время отверждения SDR Plus. Проверка минимальной экспозиции

3. Исследования in vitro

3.1 Снижение стресса

3.1.1 Исследования текучего композита на основе метакрилата по технологии SDR

Ilie N, Hickel R. Dent Mater 2011; 27: 348–55.

ЦЕЛЬ: анализ стресса полимеризационной усадки, точки гелеобразования и механических свойств различных текучих композитов.

МЕТОДЫ: композит SDR объемного внесения сравнивался с четырьмя обычными композитами (Filtek Supreme Plus Flow, Esthet•X Flow, Filtek Supreme Plus, Esthet•X HD) и композитом на основе силорана с низкой усадкой (Filtek Silorane). Каждый из композитов подвергался объемному светоотверждению в симуляторе полости в течение 20 сек. с использованием светодиодной полимеризационной лампы (Freelight 2, плотность излучения 1226 мВт/см²). Полимеризационный стресс и время до гелеобразования (точки гелеобразования) непрерывно измерялись с использованием анализатора зависимости деформации от стресса в течение первых 5 мин. после светоотверждения. Максимальный полимеризационный стресс в течение времени наблюдения и время, необходимое для превышения порога силы 0,5 Н (произвольно определяемого как время до гелеобразования), также сравнивались. Для анализа механических свойств (твердость по Виккерсу, модуль упругости, поведение при текучести и упругопластическая деформация) были проведены измерения в верхней и нижней части образцов композита толщиной 2 мм индентором микротвердости. Перед испытанием образцы композита были отполированы и хранились в воде в течение 24 ч.

РЕЗУЛЬТАТЫ: SDR продемонстрировал значительно меньший полимеризационный стресс. Следующий результат был у композита на основе силорана. Наибольший стресс был отмечен у обычных текучих композитов. SDR обладал самой низкой скоростью полимеризационного стресса и, вместе с Filtek Silorane, самым длительным временем до гелеобразования. У всех испытанных композитов не было обнаружено существенных различий в механических свойствах между верхней и нижней поверхностями образцов. Среди текучих композитов SDR

продемонстрировал самую низкую твердость по Виккерсу, самый высокий модуль упругости, самую высокую ползучесть и значительно более низкую упругую деформацию.

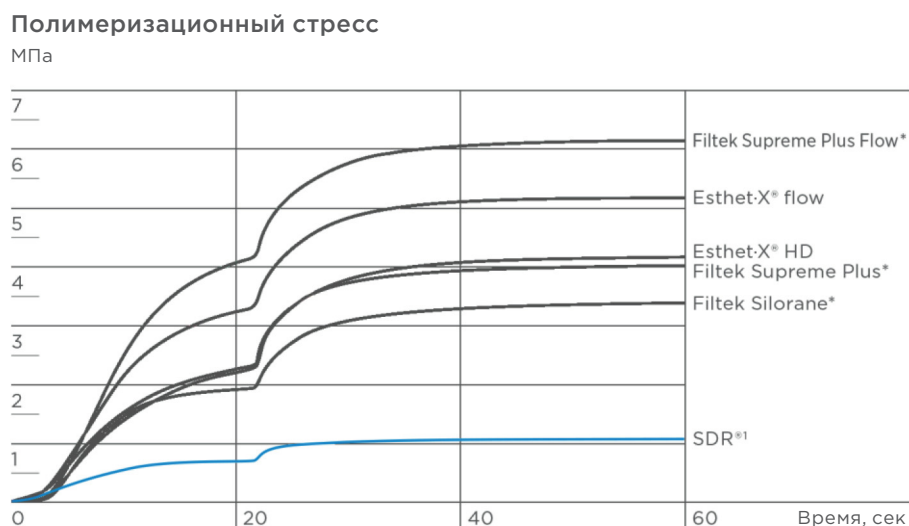


Рисунок 8 Кривые зависимости от времени среднего напряжения усадки при полимеризации протестированных композитов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: SDR показал минимальные полимеризационный стресс и сравнимую с обычными композитами и композитом на основе силорана степень усадки.

3.1.2 Преобразование мономера и кинетика силы усадки композитов объемного внесения с низкой вязкостью

Marovic D, Taubock TT, Attin T, et al. Acta Odontol Scand 2015; 73: 474–80.

ЦЕЛЬ: изучение силы полимеризационной усадки и степень конверсии различных текучих композитов с помощью инфракрасной спектроскопии на основе преобразования Фурье.

МЕТОДЫ: три композитных материала объемного внесения (Surefil SDR flow, Venus Bulk Fill, x-tra base) сравнивались с контрольным образцом традиционного композита (Esthet•X flow). Каждый композит объемно вносился в симулятор полости с С-фактором 2 и полимеризовался светодиодной лампой (Bluephase G2, плотность излучения 1170 мВт/см²) в течение 20 с.

Прозрачная лавсановая лента была помещена между наконечником полимеризационной лампы и образцом для предотвращения ингибирования кислорода. Сила усадки непрерывно регистрировалась датчиком нагрузки в течение 15 мин. с момента начала светоотверждения с использованием специально изготовленного анализатора стресса. Дополнительные образцы композитов были подготовлены для измерения оставшихся двойных связей с помощью инфракрасной спектроскопии на основе преобразования Фурье на поверхности (0,1 мм) и на глубине внесения 1,5 и 4 мм через 15 мин после светоотверждения. Светоотверждение было проведено так, как требовало измерение силы усадки. Всего на каждом образце было проведено 20 замеров с разрешением 4 см^{-1} . Неполномеризованный композит служил в качестве эталона. Для каждого композита процентная степень конверсии была рассчитана с использованием соотношения между отвержденным и неотвержденным образцами.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Surefil SDR flow продемонстрировал самую малую силу усадки, за ним следуют другие композиты объемного внесения и, наконец, обычный композит. При толщине внесенного слоя 4 мм обычный композит достигал самой низкой степени конверсии, которая существенно не отличалась от степени конверсии композита объемного внесения (x-tra base).

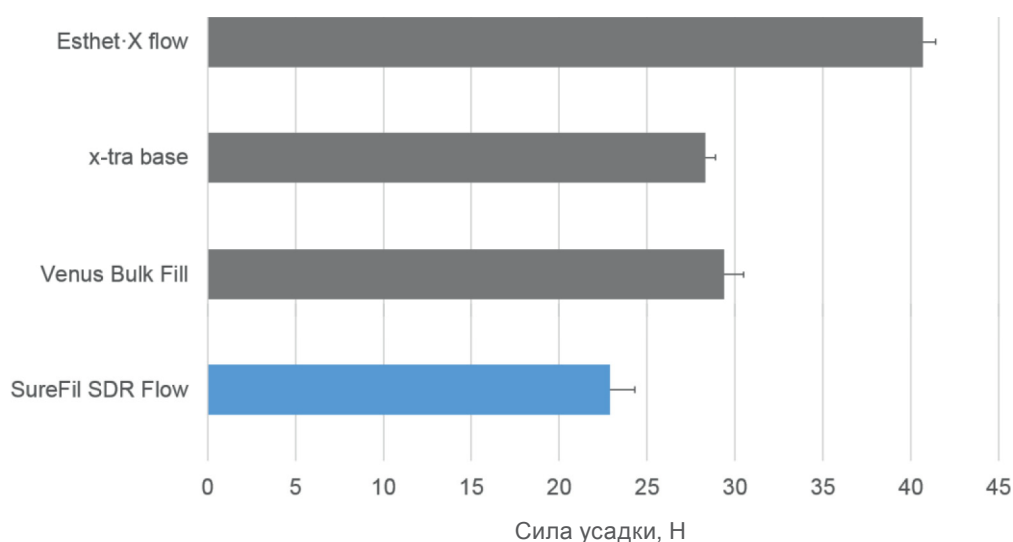


Рисунок 9 Усредненная сила усадки при полимеризации (N) и стандартное отклонение четырех протестированных композитов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Surefil SDR flow имел значительно меньшую силу усадки при высоких степенях конверсии среди композитных материалов с толщиной внесенного слоя до 4 мм.

3.1.3 Полимеризационная усадка, модуль упругости и полимеризационный стресс, связанные с дебондингом реставрации, в композитах объемного внесения

Kim RJ, Kim YJ, Choi NS, Lee IB. J Dent 2015; 43: 430–9.

ЦЕЛЬ: оценка полимеризационного стресса, динамического модуля упругости и дебондинга реставрации в процессе светоотверждения традиционных композитов и композитов объемного внесения.

МЕТОДЫ: полимеризационный стресс у традиционных композитов (Filtek Z250, Filtek Z350 XT Flowable) и композитов объемного внесения (Filtek Bulk Fill, SonicFill, SureFil SDR flow, Tetric N-Ceram Bulk Fill) был измерен в течение первых 10 мин. после светоотверждения с использованием специально изготовленных инструментов. Полости I класса удаленных моляров человека были протравлены фосфорной кислотой, обработаны бондом и объемно заполнены одним из 6 композитов. Во всех образцах использовался один и тот же универсальный адгезив, время светоотверждения для каждой реставрации составляло 40 сек. (светодиодная полимеризационная лампа Elipar S10, плотность излучения 750 мВт/см²). Сигналы акустической эмиссии, возникающие в результате дебондинга на границе между зубом и композитом, регистрировались в течение 33,3 мин во время полимеризации композитных реставраций.

РЕЗУЛЬТАТЫ:

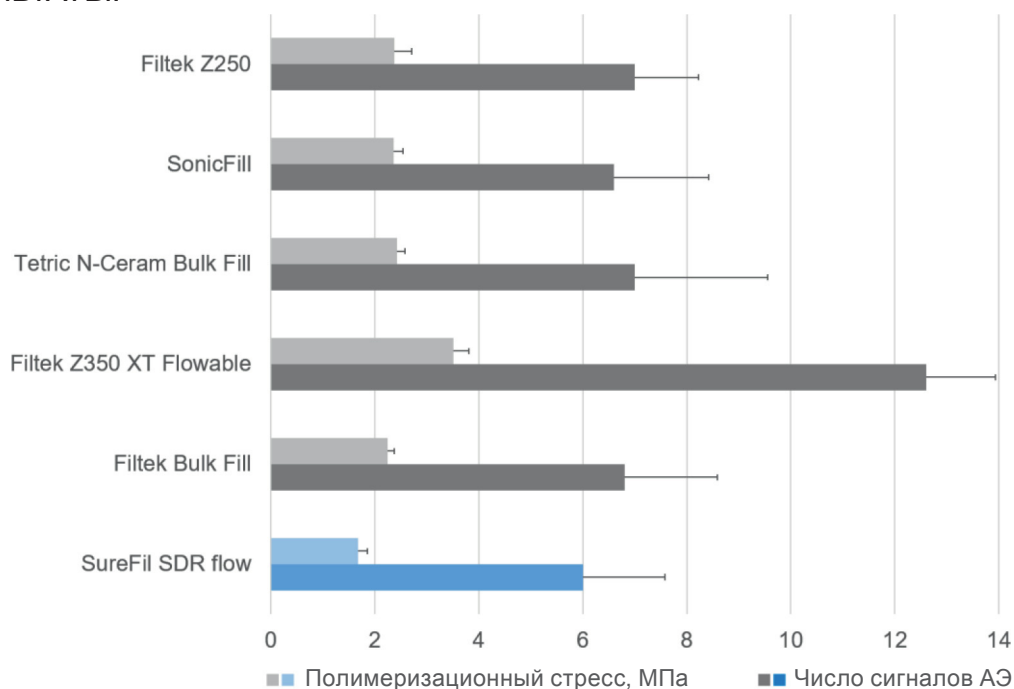


Рисунок 10 Усредненный полимеризационный стресс (МПа) и число сигналов акустической эмиссии (АЭ) для каждого из 6 протестированных композитов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: композиты, проявившие большой полимеризационный стресс, вызывали более сильный дебондинг на границе тканей зуба и композита. SureFil SDR flow продемонстрировал значительно более низкий полимеризационный стресс и меньший дебондинг в композитных реставрациях по I классу, чем другие светоотверждаемые композиты.

3.1.4 Влияние податливости композита и метода его внесения на отклонение стенок симулятора полости при композитной реставрации объемного внесения

Kim RJ, Kim YJ, Choi NS, Lee IB. J Dent 2015; 43: 430–9.

ЦЕЛЬ: изучение взаимосвязи между отклонением стенок полостей II класса и полимеризационным стрессом при использовании традиционных композитов и композитов объемного внесения.

МЕТОДЫ: стандартизированные мезио-окклюзо-дистальные (МОД) полости с тремя различными толщинами стенок (1, 2 и 3 мм) были изготовлены из алюминиевых блоков. Бондинг к поверхности модели полости был проведен путем песко-

струйной обработки и нанесения адгезива. Полости были заполнены обычными композитами (Filtek Z250, Filtek Z350 XT Flowable) и композитами объемного внесения (Filtek Bulk Fill, SonicFill, SureFil SDR flow, Tetric N-Ceram Bulk Fill). Все композиты были испытаны с использованием двух методов внесения – объемное внесение со светоотверждением в течение 80 сек. или послойное внесение четырьмя горизонтальными слоями, каждый из которых подвергался светоотверждению в течение 20 сек. (светодиодная лампа Elipar S10, плотность излучения 1200 мВт/см²). Отклонение стенок в мкм было измерено в течение 33,3 мин во время полимеризации композитов с использованием дифференциального трансформатора с линейно изменяющимся выходным сигналом. Также для композитов были определены полимеризационная усадка (стресс) и модуль упругости при изгибе.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Surefil SDR flow продемонстрировал значительно более низкий полимеризационный стресс, чем другие исследуемые композиты. Отклонение стенки точно коррелировало с полимеризационным стрессом.

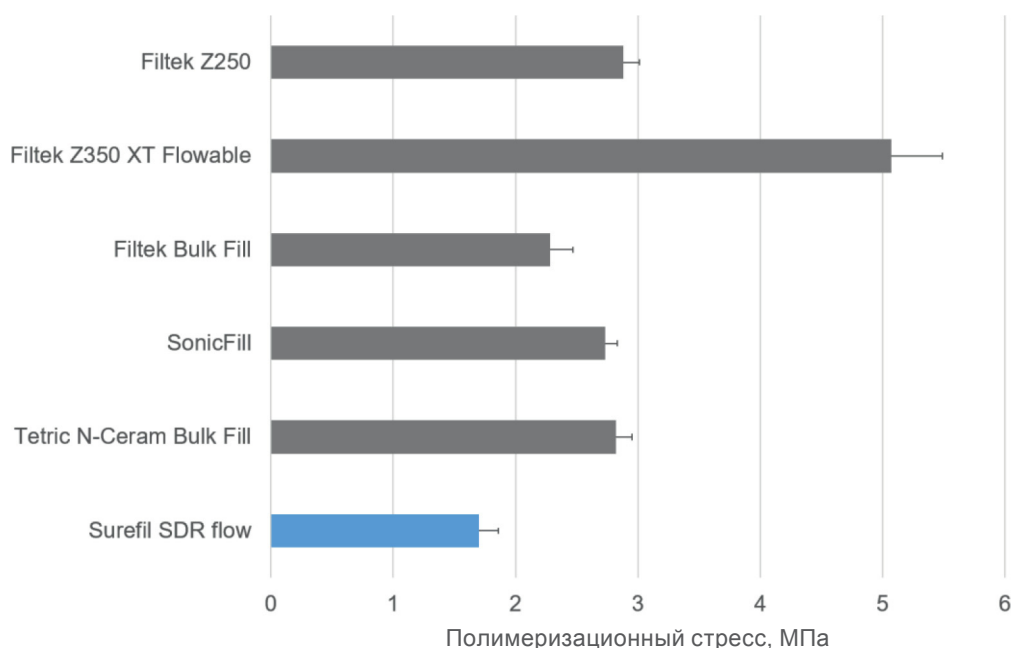


Рисунок 11 Усредненный полимеризационный стресс (МПа) и стандартное отклонение для шести исследуемых композитов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: объемное внесение в МОД-полости композита Surefil SDR flow с низким уровнем стресса вызывает более низкое отклонение стенок, чем послойное внесение традиционных композитных материалов с высоким уровнем стресса, например, Filtek Z350 XT Flowable.

3.1.5 Микрокомпьютерная томография для оценки усадки текучих композитов при полимеризации реставраций по I классу

Sampaio CS, Chiu KJ, Farrokhmanesh E, et al. Oper Dent 2017; 42: E16–23

ЦЕЛЬ: использование 3D микро-КТ для визуализации и количественного определения объемной усадки при полимеризации традиционных (Permaflo) композитов, композитов объемного внесения (Filtek Bulk-Fill, Surefil SDR flow) и самоадгезивных (Vertise Flow) текущих композитов.

МЕТОДЫ: стандартизованные полости I класса удаленных моляров человека заполняли одним из четырех композитов. За исключением образцов самоадгезивного композита, препараты были протравлены фосфорной кислотой и обработаны адгезивом, соответствующим каждому композиту. Все реставрации подвергались световому отверждению в течение 40 сек. с помощью поливолновой светодиодной лампы (Bluephase 20i). Полости были 3 раза сканированы с использованием микро-КТ – после подготовки, сразу после заполнения полости и после светоотверждения композита. Коррелированные изображения микро-КТ оценивали с помощью программного обеспечения для 3D-рендеринга с целью анализа как схемы, так и объема усадки при полимеризации.

РЕЗУЛЬТАТЫ: микрокомпьютерная томография показала, что схемы усадки были одинаковыми для всех образцов, которые продемонстрировали более высокую усадку вдоль окклюзионной поверхности без бондинга по сравнению с поверхностями полости на границе тканей зуба и композита, подвергнутыми бондингу. При полимеризации SureFil SDR flow показал значительно меньшую усадку объема по сравнению с другими композитами, между которыми не было выявлено существенных различий.

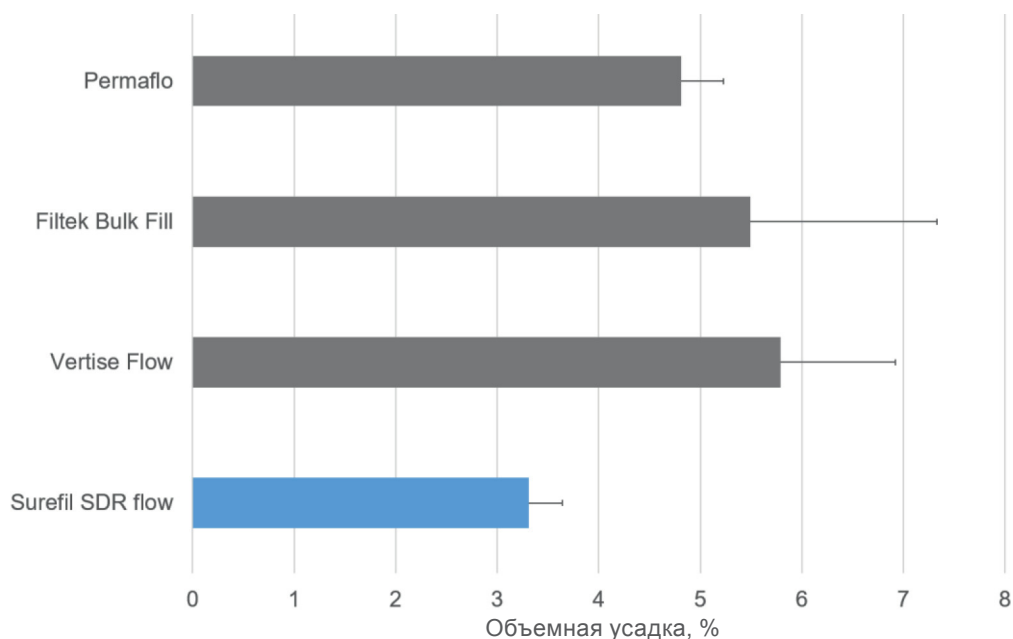


Рисунок 12 Процент (среднее и стандартное отклонение) объемной усадки при полимеризации для четырех исследуемых композитов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: исследование подтвердило, что SureFil SDR flow препятствует потерям объема и образованию нежелательных зазоров между тканями зуба и композитной реставрацией после ее светового отверждения.

3.2 Краевая и внутренняя адаптация

3.2.1 Качество краевого прилегания внесенного объемно (4 мм) текучего композита по сравнению с композитом, внесенным в традиционной послойной технике

Roggendorf MJ, Kramer N, Appelt A, et al. J Dent 2011; 39: 643–7.

ЦЕЛЬ: изучение краевой и внутренней адаптации реставраций с композитом SDR и без него при использовании различных адгезивов.

МЕТОДЫ: в молярах человека были подготовлены МОД-полости по II классу, дно которых располагалось проксимально на уровне шейки в пределах эмали и дентина соответственно. Реставрации были выполнены с помощью универсального (XP Bond, Syntac) и самопротравливающего адгезивов (Xeno V, Prompt L-Pop, iBond SE). После светового отверждения в течение 40 сек. половину полостей

заполнили горизонтальными слоями толщиной 2 мм, используя рекомендованные композиты (Ceram X mono, Tetric EvoCeram, Filtek Supreme XT, Venus Diamond). Во второй половине полостей были выполнены реставрации с помощью SDR одним слоем толщиной 4 мм в сочетании с перекрывающим слоем проверенного композита. Световое отверждение проводили в течение 40 сек. для каждого слоя и дополнительно 20 сек. с буккальной и лингвальной стороны каждой реставрации (Translux CL, плотность излучения 650 мВт/см²). После 21-дневного хранения в воде были сделаны реплики для сканирующего электронного микроскопа (СЭМ). Жевательная нагрузка выполнялась с использованием антагониста из стеатита (50 Н, 100 000 циклов, 0,5 Гц, 2500 термоциклов при 5–55 °С). После нагрузки зубы были снова реплицированы для СЭМ. Процент целостности краевого прилегания рассчитывался по отношению ко всей площади. В зубах были сделаны поперечные разрезы для исследования внутренней адаптации.

РЕЗУЛЬТАТЫ: для всех адгезивов в эмали и дентине перед нагрузкой был обнаружен высокий процент целостности краевого прилегания. После нагрузки универсальные адгезивы проявили себя лучше, чем самопротравливающиеся (как для краевой, так и для внутренней адаптации). Замена слоев композита по 2 мм на один слой SDR bulk-fill толщиной 4 мм не оказала никакого отрицательного влияния на композитные реставрации.

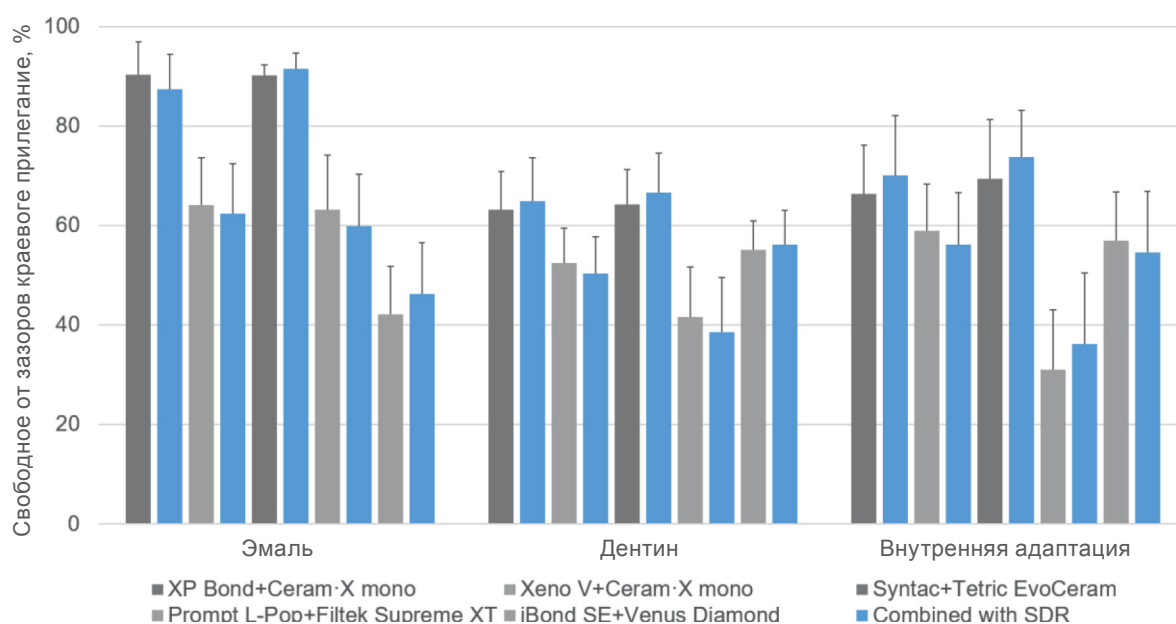


Рисунок 13 Процент (среднее и стандартное отклонение) свободного от зазоров краевого прилегания для композитных реставраций с использованием различных комбинаций материалов (в каждом случае с SDR и без него)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: исследование показало, что простота использования возможна без каких-либо существенных отличий краевой и внутренней адаптации композитных реставраций, что еще раз свидетельствует об эффективности техники применения SDR, позволяющей сэкономить время стоматолога.

3.2.2 3D-оценка образования пустот и зазоров в текучих композитах с использованием оптической когерентной томографии

Nazari A, Sadr A, Shimada Y, et al. J Adhes Dent 2013; 15: 237–43.

ЦЕЛЬ: оценка внутренней адаптации и образования пустот в двух текучих композитах на клинически значимых глубинах полости с помощью оптической когерентной томографии с качающимся источником (ОКТ).

МЕТОДЫ: стандартизированные полости I класса глубиной 2 и 4 мм были подготовлены в удаленных молярах человека и объемно заполнены Surefil SDR flow или обычным композитом (Clearfil Majesty LV). Один и тот же самопротравливающий адгезив использовался во всех образцах. Внесенные объемы Surefil SDR flow были полимеризованы в течение 20 сек. (SureFil SDR flow) и 40 сек. (Clearfil Majesty LV). Через 24 часа окклюзионные поверхности реставрированных на глубину 4 мм зубов были обрезаны на 2 мм, чтобы учесть ограничения глубины проникновения света для ОКТ. Исследуемая область (5×5 мм) была сканирована для создания изображений в поперечном сечении, впоследствии объединенных в 3D-снимки. Томограммы ОКТ, полученные из 3D-снимков, были оценены с точки зрения внутренней адаптации дентина и пустот внутри композитных реставраций. Были рассчитаны процентные доли однородного заполнения и заполнения с пустотами. После получения сканов образцы с зазорами/пустотами и без них отбирали, разрезали и исследовали с помощью конфокальной лазерной сканирующей микроскопии (КЛСМ) с последующей СЭМ-оценкой поверхности.

РЕЗУЛЬТАТЫ: изображения под микроскопом и ОКТ-снимки показали на каждой глубине полости лучшую адаптацию Surefil SDR flow к стенкам и дну полости по сравнению с обычным композитом. Независимо от внесенного объема, SureFil SDR flow показал значительно более низкий процент пустот, чем обычный композит.

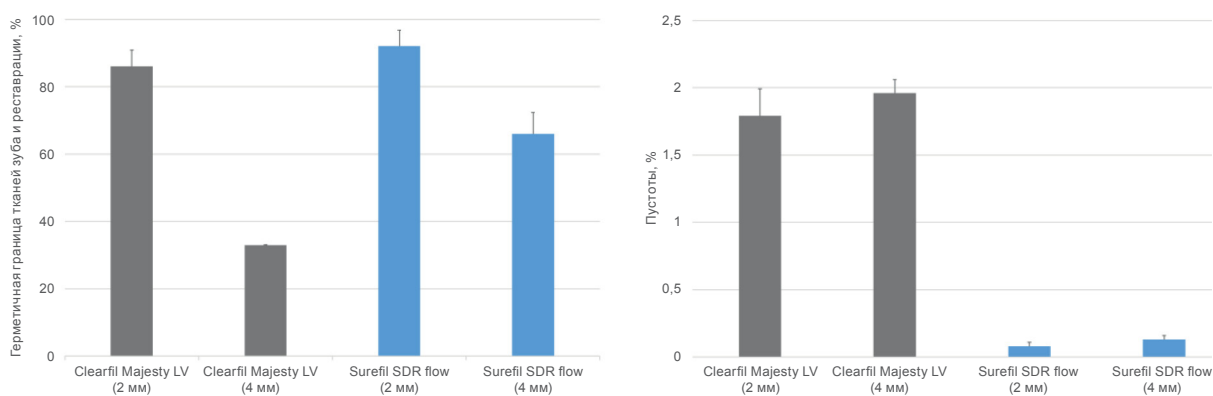


Рисунок 14 Процент (среднее и стандартное отклонение) герметичной границы тканей зуба и реставрации (слева) и пустот в реставрациях объемного внесения толщиной 2 и 4 мм

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: SureFil SDR flow продемонстрировал однородность объемных реставраций со значительно меньшим количеством внутренних пустот и с лучшей внутренней адаптацией дентина на глубине 2 и 4 мм по сравнению с обычным текучим композитом.

3.2.3 Конверсия мономера, микротвердость, внутренняя краевая адаптация и полимеризационный стресс композитных материалов объемного внесения

Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, et al. Dent Mater 2015; 31: 1542–51.

ЦЕЛЬ: изучение степени конверсии, твердости, полимеризационного стресса и внутренней адаптации композитов объемного внесения по сравнению с внесенным послойно композитом.

МЕТОДЫ: стандартизованные полости I класса были подготовлены в удаленных молярах человека и реставрированы с помощью одного из пяти композитов (Herculite Classic, Surefil SDR flow, Filtek Bulk Fill, Tetric EvoCeram Bulk Fill, everX Posterior) вместе с соответствующими рекомендованными адгезивами. Herculite Classic служил в качестве контрольного образца и был внесен как объемом 4 мм, с отверждением в течение 40 сек однократно, так и четырьмя наклонными слоями, каждый из которых был отвержден светом в течение 40 сек. Для всех композитов объемного внесения время светоотверждения составляло 20 сек. Для светоотверждения использовалась поливолновая светодиодная лампа (VALO, плотность

излучения 995 мВт/см²). После недели хранения в воде реставрированные зубы были разрезаны буккально и отполированы. Одна половина зуба была подвергнута конфокальной трансмиссионной рамановской спектроскопии и испытанию на твердость по Кнупу для определения степени конверсии и твердости на глубине полости 1, 2, 3 и 4 мм. Вторая половина зуба была реплицирована в эпоксидной смоле для СЭМ-оценки внутренней адаптации дентина. Была рассчитана процентная доля внутреннего зазора по отношению ко всей длине границы ткани зуба и композита. Кроме того, с помощью тензометра был измерен полимеризационный стресс.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Surefil SDR flow и Filtek Bulk Fill продемонстрировали равномерную полимеризацию на всех глубинах реставрации. Твердость существенно не различалась в зависимости от глубины, за исключением Tetric EvoCeram Bulk Fill, продемонстрировавшего более низкие значения при увеличенной глубине. При объемном внесении внутренняя адаптация точно коррелирует с полимеризационным стрессом композита.

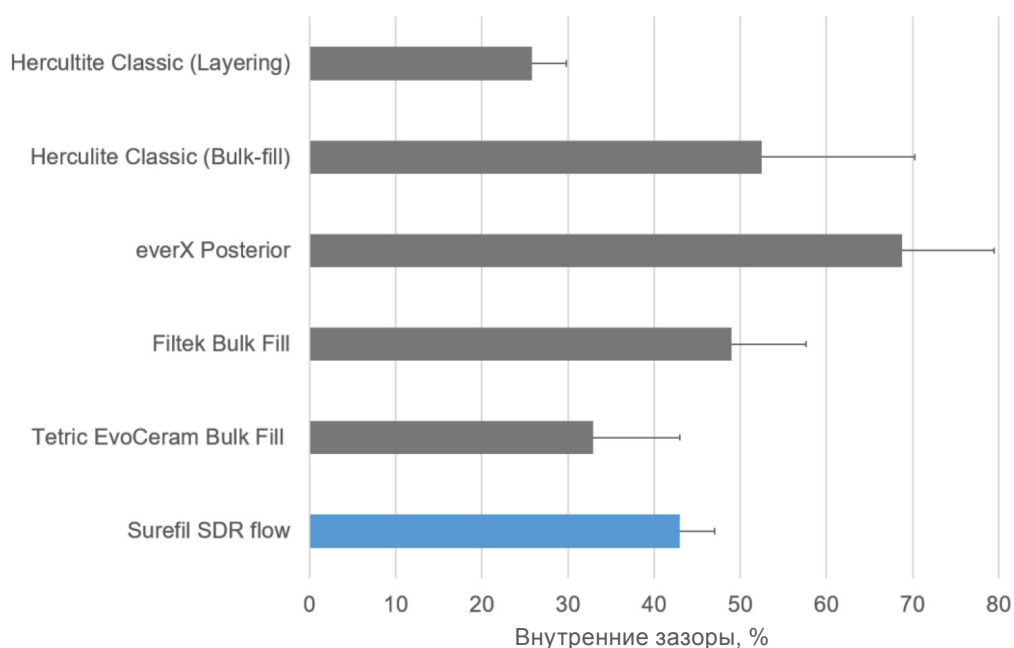


Рисунок 15 Процент (среднее и стандартное отклонение) внутренних зазоров для композитных реставраций с традиционным послойным и объемным внесением

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: реставрации Surefil SDR и Tetric EvoCeram Bulk Fill показали лучшую внутреннюю адаптацию дентина, которая существенно не отличалась от таковой у композитных реставраций послойного внесения.

3.2.4 Влияние объемного пломбирования на эффективность адгезии в окклюзионных полостях I класса

Van Ende A, De Munck J, Van Landuyt K, Van Meerbeek B. J Adhes Dent 2016; 18: 119–24.

ЦЕЛЬ: сравнение адгезии реставраций объемного внесения ко дну полости по I классу и к плоским поверхностям дентина.

МЕТОДЫ: обычный композит (Filtek Z100) и три композита объемного внесения (SDR, Filtek Bulk Fill, Tetric EvoCeram Bulk Fill) были объемно внесены в стандартизированные полости по I классу глубиной 4 мм, подготовленные в удаленных молярах человека, и объемно нанесены на плоские поверхности дентина с использованием силиконовых форм с теми же размерами, что и подготовленные в зубах полости. Самопротравливающий адгезив использовался для всех образцов. Каждый из композитов подвергался светоотверждению в течение 40 сек. с помощью поливолновой светодиодной лампы (Bluephase 20i, плотность излучения 1100 мВт/см²). После недели хранения в воде каждый отреставрированный зуб был разрезан на четыре прямоугольных микрообразца и подвергнут испытанию на прочность сцепления при растяжении в микротяге на универсальной испытательной машине с тензодатчиком 500 Н и поперечной скоростью 1 мм/мин. Значения прочности адгезии образцов, потерпевших неудачу до испытания, были приняты как ноль. Характер разрушения был проанализирован под микроскопом. Поверхности с характерными трещинами в дальнейшем были обработаны и визуализированы в СЭМ. Дополнительные образцы толщиной 4 мм были подготовлены для измерения с помощью спектрометра коэффициента проникновения света в мВт/см² на дне каждого композита. Измерение начиналось при полимеризации композита по тому же протоколу, что и ранее.

РЕЗУЛЬТАТЫ: на плоских поверхностях дентина между четырьмя композитами не было обнаружено существенных различий в прочности адгезии, и до испытания не было никаких сбояв. При объемном внесении в полость SDR показал значительно более высокую прочность адгезии, чем другие композиты. При анализе неудачи были выявлены в основном из-за нарушения сцепления адгезива. На плоских поверхностях увеличилась частота смешанных нарушений. При использовании обычного композита все образцы обладали дефектами до испытания на прочность адгезии, в то время как в образце SDR до испытания дефектов обнаружено

не было. Наибольшее проникновение света было измерено у SDR, за которым следовали другие композиты объемного внесения и, наконец, Filtek Z100.

Композит	Объем 4 мм на плоской поверхности		Объем 4 мм, внесенный в полость	
	Прочность на разрыв, МПа	Неудачи перед тестированием, %	Прочность на разрыв, МПа	Неудачи перед тестированием, %
SDR	26,7±9,8	0	16,6±7,7	0
Filtek Bulk Fill	19,7±7,8	0	4,0±7,8	75
Tetric EvoCeram Bulk Fill	21,4±9,0	0	3,9±7,5	73
Filtek Z100	26,0±13,9	0	0,0±0,0	100

Таблица 3 Средняя прочность сцепления при растяжении (МПа) и стандартное отклонение четырех композитов на плоских поверхностях дентина, а также на дне полости в дентине. Неудачи перед тестированием приведены в процентах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: в этом исследовании SDR был единственным композитом, который не вызывал преждевременного дебондинга от поверхности дентина на дне глубоких объемно заполненных полостей по I классу. Более того, максимальная освещенность на дне реставрации была получена в образцах с использованием SDR.

3.2.5 In vitro оценка краевой адаптации прямых композитных реставраций по II классу, выполненных различными системами «с малой усадкой»

Shahidi C, Krejci I, Dietschi D. Oper Dent 2017; 42: 273–83.

ЦЕЛЬ: оценка краевой адаптации реставрации объемного внесения при моделировании жевательных движений по сравнению с послойно внесенными композитами.

МЕТОДЫ: в молярах человека были подготовлены МОД-полости по II классу, дно которых располагалось проксимально на уровне шейки в пределах эмали и дентина соответственно. После селективного протравливания эмали фосфорной кислотой и нанесения самопротравливающего адгезива полости либо заполняли постепенно слоями (Tetric, ELS), либо объемно (SonicFill, SureFil SDR flow).

ELS использовался текучим слоем толщиной 1 мм и без него (ELS flow). SureFil SDR flow был перекрыт композитом Ceram X mono+ слоем 1 мм. Каждый слой или объем композита был подвергнут светоотверждению в течение 20 сек. (Bluephase, плотность излучения 1200 мВт/см²). Реплики из эпоксидной смолы изготавливались до и после жевательной нагрузки в физиологическом растворе, выполнявшейся с использованием антагониста из нержавеющей стали (100 Н, 1000 000 циклов, 1,5 Гц). Сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) был использован для анализа качества краевого прилегания.

РЕЗУЛЬТАТЫ: до и после нагрузки для всех композитов был обнаружен высокий процент непрерывных границ эмали, за исключением реставраций, выполненных с помощью SonicFill, после нагрузки. В критически важном цервикальном дентине объемное внесение показало лучшую краевую адаптацию как до, так и после нагрузки, чем послойное внесение с использованием текучего композита или без него.

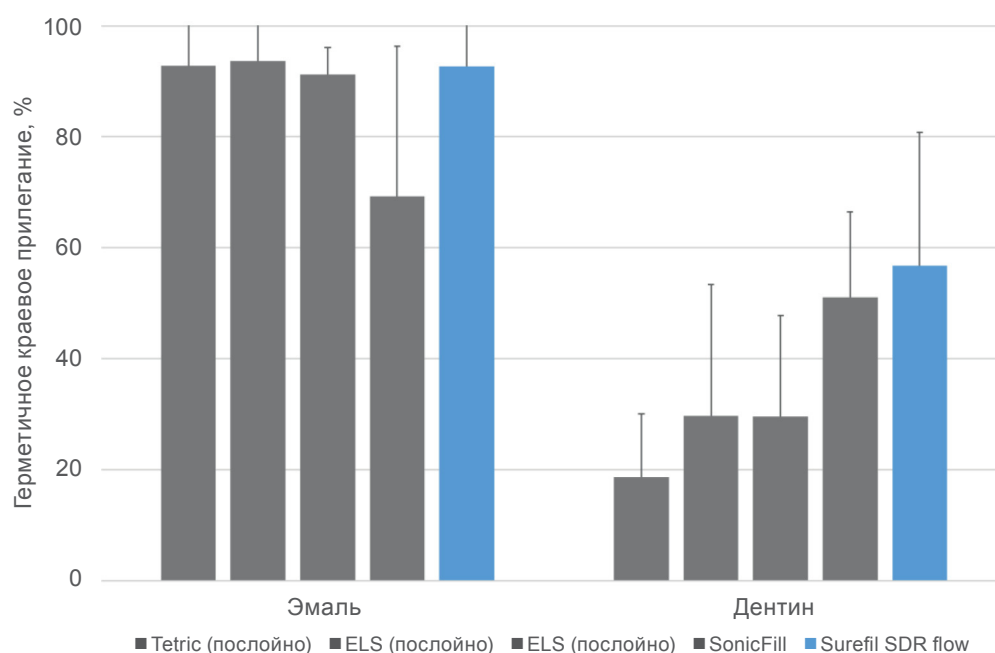


Рисунок 16 Процент (среднее и стандартное отклонение) герметичного краевого прилегания в эмали и дентине для композитных реставраций с традиционным послойным и объемным внесением

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: в целом, реставрации по II классу с использованием Surefil SDR flow в качестве композита объемного внесения показали лучшую краевую адаптацию среди всех исследуемых композитов и методов внесения.

3.3 Глубина отверждения и степень конверсии

3.3.1 Кинетика полимеризационного стресса и связанные с этим свойства композитов объемного внесения

El-Damanhoury HM, Platt JA. Oper Dent 2014; 39: 374–82.

ЦЕЛЬ: оценка полимеризационного стресса, эффективность полимеризации и соответствующие механические свойства различных композитов объемного внесения.

МЕТОДЫ: полимеризационный стресс композитов объемного внесения измерялся с помощью тензометра в течение первых 30 мин. после светоотверждения. Обычный композит (Filtek Z250) служил в качестве контрольного образца. Используя программное обеспечение тензометра, были рассчитаны максимальный уровень стресса и время его достижения. Эффективность полимеризации для каждого композита были определены путем испытания на твердость по Кнупу на верхней и нижней поверхностях слоя 4 мм через 24 часа после светоотверждения. Время отверждения всегда составляло 20 сек. (светодиодная лампа Demetron A.1, плотность излучения 1000 мВт/см²). Наконечник лампы контактировал с лавсановой лентой, которой была покрыта верхняя часть композитного материала. Был рассчитан процент твердости снизу вверх. Прочность на изгиб и модуль изгиба композитов измерялись согласно стандарту ISO 4049. Скорость ползуна универсальной испытательной машины 1 мм/мин применялась до момента отказа.

РЕЗУЛЬТАТЫ: SureFil SDR flow и Venus Bulk Fill продемонстрировали наивысший уровень полимеризации при объемном внесении 4 мм при соотношении твердости снизу вверх более 90%. Наименьший полимеризационный стресс был зафиксирован для Surefil SDR Flow, Venus Bulk Fill и экспериментального композита объемного внесения.

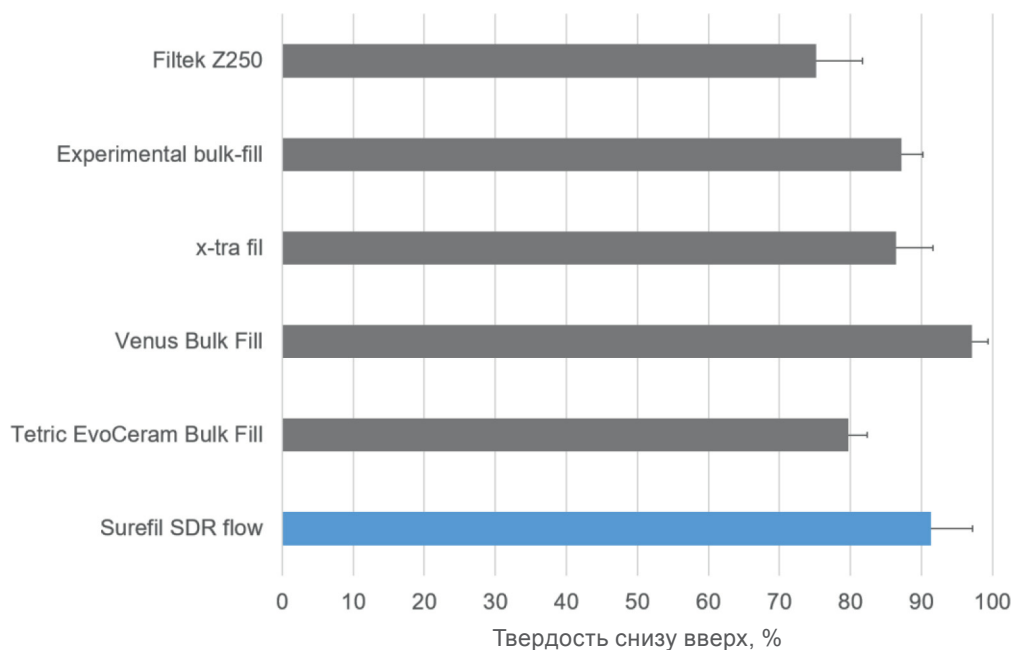


Рисунок 17 Процент (среднее и стандартное отклонение) твердости снизу вверх шести различных протестированных композитов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: для некоторых композитов объемного внесения, включая SureFil SDR flow, было достигнуто значительное снижение полимеризационного стресса при высоком уровне полимеризации на глубине 4 мм.

3.3.2 Эффективность полимеризации и прочность на изгиб реставрационных композитов с низким уровнем стресса

Goracci C, Cadenaro M, Fontanive L, et al. Dent Mater 2014; 30: 688–94.

ЦЕЛЬ: оценка глубины отверждения, степень конверсии и прочность на изгиб различных композитов.

МЕТОДЫ: композиты объемного внесения SonicFill, everX Posterior и Surefil SDR сравнивались с композитами, не предназначенными для объемного внесения, но имеющими низкий уровень усадки (Filtek Silorane, Kalore). Композиты были полимеризованы в форме цилиндрических образцов в технике объемного внесения. Светоотверждение проводили в течение 20 сек. с использованием светодиодной лампы (Demi, плотность излучения 1100 мВт/см²), помещая наконечник лампы сверху каждого образца. Прозрачная лавсановая лента была расположена между наконечником лампы и образцом для предотвращения ингибирования кислорода.

Образцы подвергались испытанию на встряхивание в ацетоне, в результате чего происходило растворение неотвержденного материала. Оставшийся отвержденный материал был разделен на 2 части для расчета глубины отверждения в соответствии со стандартом ISO 4049. Дополнительные образцы толщиной 4 мм были подготовлены для измерения степени конверсии сверху и снизу композита с использованием инфракрасной спектроскопии на основе преобразования Фурье на оборудовании с ослабленной общей отражательной способностью (длина волны 4000–500 см⁻¹, разрешение 6 см⁻¹). Были рассчитаны соотношения степени конверсии снизу вверх. Прочность на изгиб образцов композитов испытывали в соответствии с ISO 4049 на изгиб в трех точках после 24-часового хранения в воде. Скорость ползуна универсальной испытательной машины 1 мм/мин применялась до момента отказа.

РЕЗУЛЬТАТЫ: результаты исследования степени конверсии и глубины отверждения показали, что все композиты объемного внесения обеспечивают равномерное отверждение при толщине 4 мм. Filtek Silorane и Kalore имели значительно более низкие степени конверсии. Что касается глубины отверждения и результатов испытания прочности на изгиб, композиты Surefil SDR и everX Posterior достигли значительно более высоких значений, чем Filtek Silorane и Kalore.

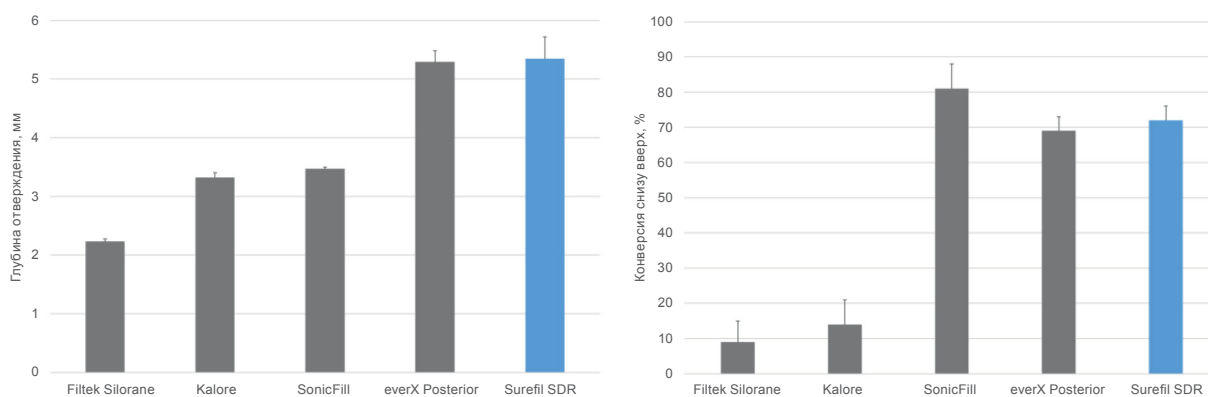


Рисунок 18 Средняя глубина отверждения (мм) и стандартное отклонение (слева), а также процент (среднее и стандартное отклонение) степени конверсии снизу вверх для пяти композитов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Surefil SDR и everX Posterior отверждены должным образом при толщине внесения 4 мм, в то время как глубина отверждения для SonicFill была намного ниже значения, указанного производителем (толщина внесения до 5 мм).

3.3.3 Композиты объемного внесения: полимеризационные свойства и продолжительное светоотверждение

Zorzin J, Maier E, Harre S, et al. Dent Mater 2015; 31: 293–301.

ЦЕЛЬ: сравнить степень конверсии, твердость и полимеризационный стресс композитов объемного внесения и обычных.

МЕТОДЫ: два обычных (Filtek Z250, Filtek Supreme XTE flow) и пять композитов объемного внесения были внесены в формы глубиной 2 и 4 мм. Светоотверждение осуществлялось в соответствии с указаниями производителя (10, 20 сек.) или в течение 30 сек. (Bluephase 20i, плотность излучения 1200 мВт/см²) через прозрачную лавсановую ленту, покрывающую композит. После полировки и хранения в воде в течение 24 часов для каждого образца композита определяли степень конверсии и твердость на верхней поверхности и на глубине 2 и 4 мм. Для измерения оставшихся двойных связей была использована инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье на оборудовании с ослабленной общей отражательной способностью (длина волны 4000–650 см⁻¹, разрешение 4 см⁻¹, 64 сканирования). Неотвержденный композит служил в качестве эталона. Твердость измерялась с помощью индентора Виккерса. Рассчитаны соотношения степени конверсии и твердости снизу вверх. Дополнительные образцы были подготовлены для измерения полимеризационного стресса. Объемная усадка определялась измерениями плотности светоотвержденных и неотвержденных композитов по принципу Архимеда. Полимеризационный стресс измеряли с помощью экстензометра в течение первых 5 мин. после светоотверждения.

РЕЗУЛЬТАТЫ: за исключением SDR и x-tra base, все композиты объемного внесения при 4 мм продемонстрировали значительное снижение твердости при сохранении высокой степени конверсии. Более высокая экспозиция (30 сек. при 1200 мВт/см²) улучшила полимеризацию, но в случае Tetric EvoCeram Bulk Fill и x-tra base это привело к значительно более высокому полимеризационному стрессу.

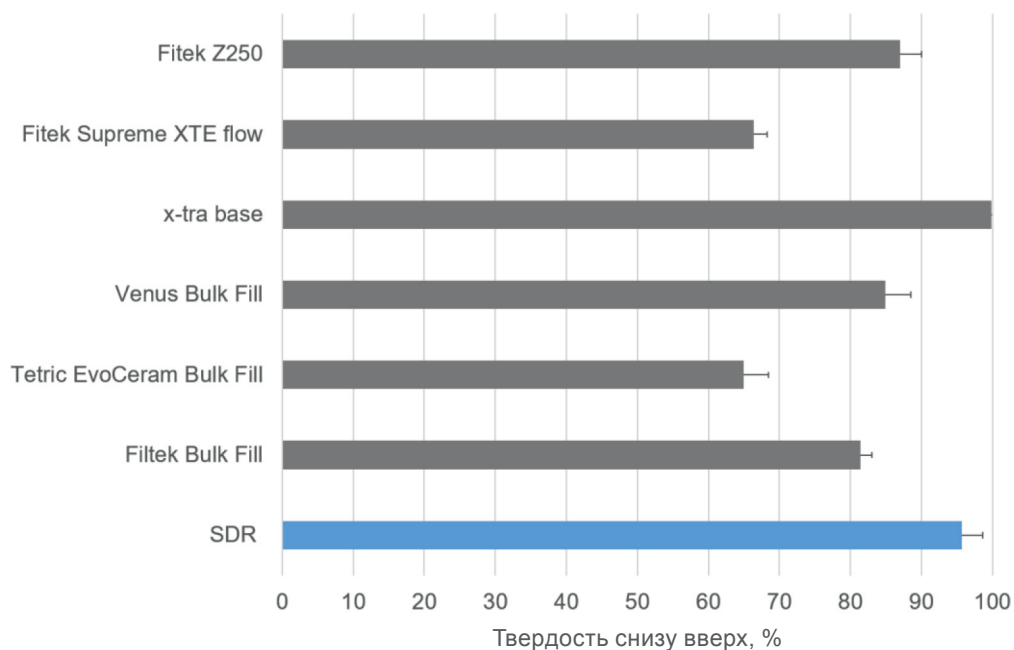


Рисунок 19 Процент (среднее и стандартное отклонение) твердости снизу вверх различных композитов, протестированных при толщине 4 мм

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: SDR за время, указанное производителем полимеризационной лампы, отвержден должным образом на 4 мм. Более высокая экспозиция при полимеризации не увеличила полимеризационный стресс SDR.

3.3.4 Степень конверсии и элюирование Бис-ГМА, триэтиленгликоль диметакрилата и уретандиметакрилата из текучих композитов объемного внесения

Lempel E, Czibulya Z, Kovacs B, et al. Int J Mol Sci 2016; 17: 732.

ЦЕЛЬ: оценка степени конверсии и количества высвобожденных мономеров из композитов объемного внесения. Сравнение выполнено относительно обычного композита.

МЕТОДЫ: стандартизированные формы глубиной 4 мм размещали на предметном стекле и заполняли текучим композитом объемного внесения (Filtek Bulk Fill, x-tra base, Surefil SDR flow) или обычным композитом (Filtek Ultimate Flow). В качестве положительной контрольной пробы был использован образец Filtek Ultimate Flow толщиной 2 мм. Образцы композитов были подвергнуты световому отверждению в течение 20 сек. с помощью светодиодной лампы (LED.C, плотность излучения 1100 мВт/см²) через прозрачную лавсановую ленту, покрывающую композит. В случаях Filtek Bulk Fill и x-tra base также был исследован эффект 10-секундного отверждения. Через 24 часа образцы измеряли с помощью трансмиссионной рамановской спектроскопии для расчета содержания двойных связей на верхней и нижней поверхностях. Неотвержденный композит использовался в качестве эталона. Образцы дополнительно помещали в 75% этанол для растворения непрореагировавших мономеров. Количество элюированных мономеров анализировали с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) раствора этанола и по калибровочным кривым рассчитывали зависимости концентрации от площади пика, произведенной тремя мономерами.

РЕЗУЛЬТАТЫ: SureFil SDR flow продемонстрировал намного более высокие степени конверсии на нижней и верхней поверхностях, чем другие испытанные композиты. Более короткое время отверждения (10 сек.) значительно снижало степень полимеризации: Filtek Bulk Fill – на 41% и x-tra base – на 16%. Обычный композит показал более высокую скорость элюирования мономера, чем композиты объемного внесения.

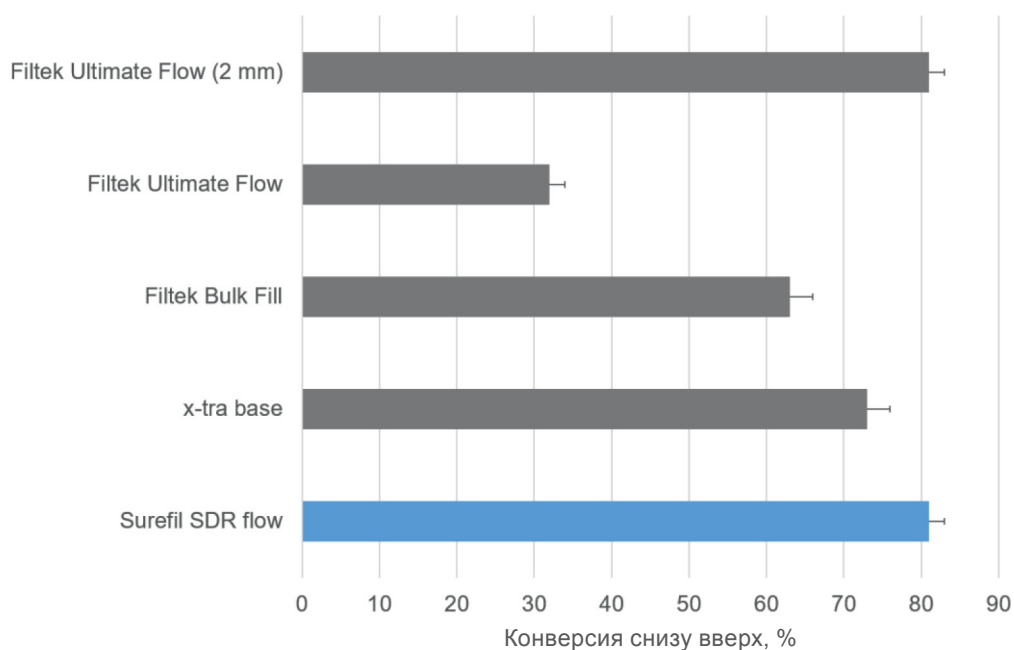


Рисунок 20 Процент (среднее и стандартное отклонение) степени конверсии снизу вверх для различных композитов, протестированных при толщине 2 мм (положительная контрольная проба) и 4 мм

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: SureFil SDR flow продемонстрировал высокую степень полимеризации в объемах 4 мм, достигнув степени конверсии композитных слоев толщиной 2 мм.

3.3.5 Характеристики отверждения текучих и скульптурируемых композитов объемного внесения

Miletic V, Pongprueksa P, De Munck J, et al. Clin Oral Invest 2017; 21: 1201–12.

ЦЕЛЬ: оценить степень конверсии пяти композитов объемного внесения и одного обычного композита и установить зависимость с глубиной отверждения, твердостью и прозрачностью.

МЕТОДЫ: каждый композит был помещен в стандартизированные формы в два слоя толщиной 2 мм (каждый слой отверждался светом в течение 10 сек.) или объемом 4 мм (отверждение в течение 10 или 20 сек.) и 6 мм (отверждение в течение 20 сек.). Светоотверждение было выполнено с помощью поливолновой светодиодной лампы (Bluephase 20i, плотность излучения 1337 мВт/см²) через стекло, покрывающее композит. Для каждого из четырех способов размещения композита через 24 часа после полимеризации была измерена степень конверсии и твердость.

Для измерения полимеризации на верхней и нижней поверхностях каждого образца композита использовалась инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье (длина волны 4500–400 см⁻¹, разрешение 4 см⁻¹, 32 сканирования). Образец неотвержденного композита выступал в качестве эталона. Твердость по Виккерсу была измерена сверху и снизу каждого образца с использованием индентора Виккерса. Глубина отверждения измерена с помощью растворения в ацетоне. Композиты были объемно внесены в цилиндрические формы и отверждены светом в течение 20 сек. Через 5 мин. цилиндры композитов были извлечены и помещены в ацетон для растворения неотвержденного материала. Толщина оставшегося образца была измерена и разделена пополам для вычисления глубины отверждения. Показатель полупрозрачности образцов толщиной 4 мм измерен на черно-белом фоне с помощью спектрофотометра.

РЕЗУЛЬТАТЫ: для достижения не менее 80% коэффициента твердости снизу вверх SonicFill, Tetric EvoCeram Bulk Fill и Xenius Base требовали более высокой экспозиции при полимеризации (20 сек. при плотности излучения 1337 мВт/см²), чем SDR и Filtek Bulk Fill. SonicFill и обычный композит не смогли быть должным образом отверждены на 4 мм. Другие композиты объемного внесения продемонстрировали достаточное отверждение на глубину более 4 мм.

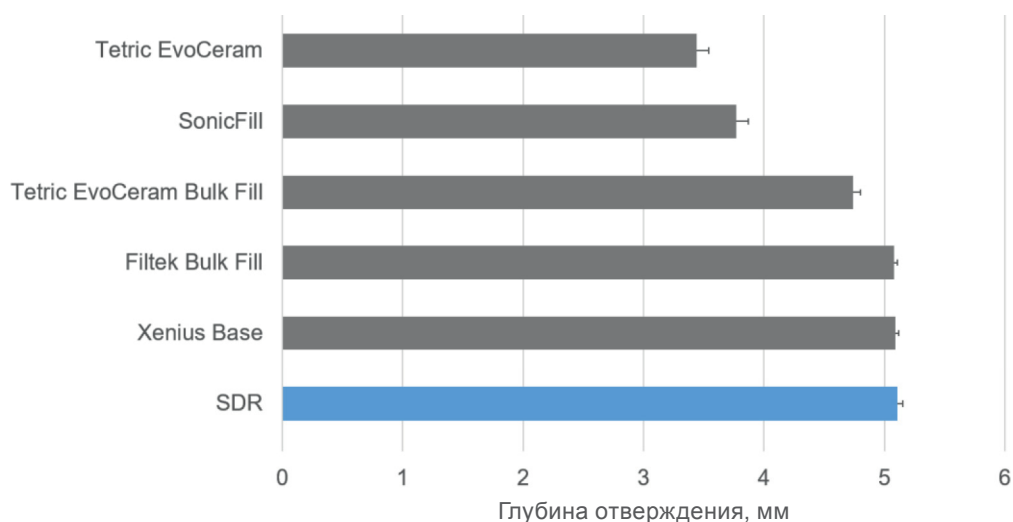


Рисунок 21 Средняя глубина отверждения (мм) и стандартное отклонение шести протестированных композитов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: текущие композиты объемного внесения, такие как SDR, показали лучшие результаты эффективности полимеризации по сравнению с высоковязкими композитами объемного внесения, такими как SonicFill.

4. Клинические исследования

4.1 Трехлетнее клиническое исследование композитных реставраций по II классу с использованием Surefil SDR и экспериментального композита или Esthet•X HD

Burgess J, Munoz C. University of Alabama, USA. Internal report 2010.

ЦЕЛЬ: трехлетнее клиническое исследование *in vivo* для оценки эффективности Surefil SDR flow в качестве объемно внесенной основы в композитной реставрации жевательной группы зубов.

МЕТОДЫ: в этом клиническом исследовании участвовали 87 пациентов стоматологических школ США, которым было проведено в общей сложности 170 реставраций по I и II классам. Во всех полостях использовался универсальный адгезив Prime&Bond NT. Surefil SDR flow по мере необходимости вносили объемом 4 мм для заполнения полости до уровня соединения дентина и эмали. После этого для формирования окклюзионной поверхности реставрации на объемно внесенную базу наносился экспериментальный микрогибридный композит или композит Esthet•X HD. Светоотверждение адгезива и композита проводилось с помощью светодиодной лампы (Freelight 2, плотность излучения >800 мВт/см²). Реставрации оценивались в течение 1 недели (исходная ситуация), через 6 мес. и каждый год после изготовления реставрации. При каждом осмотре оценивались клинические параметры, относящиеся к объемному внесению. Также проводилось наблюдение десневого индекса для измерения любого воспаления десны, прилегающей к реставрации.

РЕЗУЛЬТАТЫ: через три года для оценки было доступно 86 реставраций у 49 пациентов. В общей сложности требовалось восстановление 6 трещин в перекрывающем композите. Одна реставрация была заменена. Не было установлено никаких проявлений постоперационной чувствительности, связанной с использованием Surefil SDR flow. Реакция десны при контакте с объемно внесенным основанием была в пределах нормы. Вторичный кариес, связанный с объемным внесением композита, не наблюдался. В течение всего периода исследования не было сообщений о побочных эффектах.

Критерий	SureFil SDR flow Начало наблюдений (n=170)	SureFil SDR flow 3 года (n=86)
Ретенция	100%	99%
Проксимальный контакт	99%	90%
Вторичный кариес	100%	97%
Трещина	100%	98%

Таблица 4 Процентная доля композитных реставраций с приемлемой оценкой в исходном состоянии по сравнению с данными через три года

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: через три года SureFil SDR flow, использованный в реставрациях по I и II классам как объемно внесенная основа с окклюзионным перекрывающим слоем обычного композита, показал весьма приемлемые результаты.

4.2 Реставрации жевательной группы зубов композитами объемного внесения: 5-летнее рандомизированное контролируемое клиническое исследование

Van Dijken J, Pallesen U. J Dent 2016; 51: 29–35.

ЦЕЛЬ: рандомизированное контролируемое исследование для сравнения через пять лет клинической эффективности реставраций на основе SDR с традиционными многослойными композитными реставрациями.

МЕТОДЫ: двумя стоматологами было проведено 200 композитных реставраций 86 пациентам с одной или двумя парами похожих полостей I или II классов. Большинство полостей были глубокими и имели большой размер. В одну полость каждой пары объемно (4 мм) вносился SDR до уровня на 2 мм ниже окклюзионной поверхности и перекрывался гибридным композитом Ceram X mono+. Вторая полость была заполнена Ceram X mono+ традиционными слоями 2 мм. Во всех полостях использовался самопротравливающий адгезив Xeno V +. Светоотверждение адгезива и композита проводилось с помощью светодиодной лампы (SmartLite PS, плотность излучения 950 мВт/см²). Все реставрации были в окклюзии. Состояние реставраций (исходное и ежегодно в течение 5 лет) оценивалось с использованием незначительно измененных критериев Службы здра-

воохранения США. У участников исследования проводилась оценка риска кариеса и бруксизма.

РЕЗУЛЬТАТЫ: не было сообщений о постоперационной чувствительности. Через 5 лет было оценено 183 реставрации (68 по I классу и 115 по II классу). Десять реставраций по II классу потерпели неудачу (4 реставрации SDR и 6 реставраций в традиционной технике послойного внесения). Основной причиной неудачи был перелом зуба и вторичный кариес, которые привели к ежегодной частоте неудач 1,1% для SDR и 1,3% для обычных многослойных реставраций. Никаких существенных различий между композитными реставрациями объемного внесения и в традиционной технике послойного внесения не наблюдалось.

Критерий	Реставрация SDR (n=92)	Традиционная реставрация (n=91)
Анатомическая форма	96,7%	94,5%
Краевое прокрашивание	100%	100%
Краевое прилегание	96,7%	95,6%
Соответствие оттенка	100%	98,8%
Шероховатость поверхности	100%	100%
Вторичный кариес	97,8%	97,8%

Таблица 5 Процент реставраций на основе SDR с приемлемым рейтингом по сравнению с реставрациями в технике послойного внесения через пять лет

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: исследование через пять лет показало хорошие клинические результаты реставраций на основе SDR. Частота неудач аналогична композитам в технике послойного внесения.

4.3 Реставрации жевательной группы зубов композитами объемного внесения, основанные на технологии снижения стресса: 6-летнее рандомизированное контролируемое исследование

Van Dijken J, Pallesen U. Eur J Oral Sci 2017; 125: 303–9.

ЦЕЛЬ: представить данные о шестилетнем исследовании композитных реставраций на основе SDR, которые были внутрииндивидуально сопоставлены с композитом, внесенным в традиционной технике послойного внесения.

МЕТОДЫ: 38 пациентов с 53 парными реставрациями, с 30 реставрациями по I классу и с 76 – по II классу проходили лечение у одного стоматолога (первый автор) композитными реставрациями, выполненными в традиционной технике послойного внесения или в технике объемного внесения композита. Пары полостей были сходны по размеру и расположению. В одну полость каждой пары объемно (4 мм) вносился SDR до уровня на 2 мм ниже окклюзионной поверхности и перекрывался гибридным композитом Ceram X mono. Вторая полость была заполнена Ceram X mono традиционными слоями 2 мм. Во всех полостях использовался самопротравливающий адгезив Xeno V. Светоотверждение адгезива и композита проводилось с помощью светодиодной лампы (SmartLite PS, плотность излучения 950 мВт/см²). Все реставрации были в окклюзии. Состояние реставраций оценивалось в течение одной недели после размещения (исходное состояние), а затем ежегодно в течение 6 лет.

РЕЗУЛЬТАТЫ: одна традиционно заполненная реставрация моляра показала постоперационную чувствительность в течение первых 3 недель. Через шесть лет было оценено 49 парных реставраций, 26 реставраций по I классу и 72 реставрации по II классу. Шесть реставраций моляров по II классу потерпели неудачу, а также 3 реставрации SDR и 3 реставрации в традиционной технике послойного внесения, что привело к ежегодной частоте неудач по 1% для обеих групп. Причинами неудачи были трещины композита (4 случая) и жевательного бугорка (1 случай), а также вторичный кариес в еще одном случае. Никаких существенных различий между композитными реставрациями объемного внесения и в традиционной технике послойного внесения не наблюдалось.

Критерий	Реставрация SDR (n=49)	Традиционная реставрация (n=49)
Анатомическая форма	96%	98%
Краевое прокрашивание	100%	100%
Краевое прилегание	94%	94%
Соответствие оттенка	100%	100%
Шероховатость поверхности	100%	100%
Вторичный кариес	98%	100%

Таблица 6 Процент реставраций на основе SDR с приемлемым рейтингом по сравнению с реставрациями в технике послойного внесения через шесть лет

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: данные шестилетнего исследования подтверждают, что использование объемного внесения SDR в качестве основы композитной реставрации демонстрирует клинические показатели, эквивалентные традиционной технике послойного внесения.

Источники

Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL (1987). Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. J Dent Res 66(11):1636-1639.

Van Dijken JWV, Pallesen U (2017). Bulk-filled posterior resin restorations based on stress-decreasing resin technology: a randomized, controlled 6-year evaluation. Eur J Oral Sci 125(4):303-309.

Manhart J, Chen HY, Hickel R (2010). Clinical Evaluation of the Posterior Composite Quixfil in Class I and II Cavities: 4-year Follow-up of a Randomized Controlled Trial. J Adhes Dent 12(3):237-243.

Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B (2017). Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. J Adhes Dent 19(2):95-109.

Глоссарий и аббревиатуры

БГТ	Бутилированный гидрокситолуол.
КЛСМ	Конфокальная лазерная сканирующая микроскопия.
КФ	Камфорхиноновый фотоинициатор.
ДМА	Динамический механический анализ.
ИСПФ	Инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье.
ОКТ	Оптическая когерентная томография.
СЭМ	Сканирующий электронный микроскоп.

Список рисунков

Рис. 1.	Увеличение площади сцепленных поверхностей относительно поверхностей без сцепления приводит к увеличению значения С-фактора (клинические случаи I, III, IV, V классов любезно предоставлены д-ром Джеффом Бланком, клинический случай II класса любезно предоставлен д-ром Уолтером Диасом)	5
Рис. 2.	Развитие полимеризационного стресса традиционного метакрилатного композита по сравнению с технологией SDR (данные по запросу, 2017 г.).....	7
Рис. 3.	Составляющие технологии SDR	7
Рис. 4.	Кривая зависимости тангенса угла диэлектрических потерь от температуры при сравнении полимера и композита SDR с Esthet•X flow (данные по запросу, 2017 г.).....	8
Рис. 5.	Степень конверсии двойной связи в зависимости от времени по сравнению с чистым полимером и композитом для Esthet•X flow и SDR (данные по запросу, 2017 г.).....	9
Рис. 6.	Развитие динамического модуля упругости в зависимости от времени для традиционного текучего композита (Esthet•X flow) по сравнению с SDR (данные по запросу, 2017 г.).....	9
Рис. 7.	Образец в разрезе, демонстрирующий превосходную адаптацию SDR к препарированной полости	11
Рис. 8.	Кривые зависимости от времени среднего напряжения усадки протестированных композитов при полимеризации	15
Рис. 9.	Усредненная сила усадки при полимеризации (N) и стандартное отклонение четырех протестированных композитов	16
Рис. 10.	Усредненный полимеризационный при полимеризации (МПа) и число сигналов акустической эмиссии (АЭ) для каждого из 6 протестированных композитов	18
Рис. 11.	Усредненный полимеризационный стресс при полимеризации (МПа) и стандартное отклонение для шести исследуемых композитов	19
Рис. 12.	Процент (среднее и стандартное отклонение) объемной усадки при полимеризации для четырех исследуемых композитов	21
Рис. 13.	Процент (среднее и стандартное отклонение) свободного от зазоров краевого прилегания для композитных реставраций с использованием различных комбинаций материалов (в каждом случае с SDR и без него)	22
Рис. 14.	Процент (среднее и стандартное отклонение) герметичной границы тканей зуба и реставрации (слева) и пустот в реставрациях объемного внесения толщиной 2 и 4 мм	24
Рис. 15.	Процент (среднее и стандартное отклонение) внутренних зазоров для композитных реставраций с традиционным послойным и объемным внесением	25
Рис. 16.	Процент (среднее и стандартное отклонение) герметичного краевого прилегания в эмали и дентине для композиционных реставраций с традиционным послойным и объемным внесением	28
Рис. 17.	Процент (среднее и стандартное отклонение) твердости снизу вверх шести различных протестированных композитов	30
Рис. 18.	Средняя глубина отверждения (мм) и стандартное отклонение (слева), а также процент (среднее и стандартное отклонение) степени конверсии снизу вверх для пяти композитов	31
Рис. 19.	Процент (среднее и стандартное отклонение) твердости снизу вверх различных композитов, протестированных при толщине 4 мм	33
Рис. 20.	Процент (среднее и стандартное отклонение) степени конверсии снизу вверх для различных композитов, протестированных при толщине 2 мм (положительная контрольная проба) и 4 мм	35
Рис. 21.	Средняя глубина отверждения (мм) и стандартное отклонение шести протестированных композитов	36

Список таблиц

Табл. 1. Основные характеристики и преимущества реставрационного композитного материала SDR Plus.....	10
Табл. 2. Время отверждения для SDR Plus. Проверка минимальной экспозиции.....	13
Табл. 3. Средняя прочность на разрыв при растяжении (МПа) и стандартное отклонение четырех композитов на плоских поверхностях дентина, а также на дне полости в дентине. Неудачи перед тестированием приведены в процентах.....	27
Табл. 4. Процентная доля композитных реставраций с приемлемой оценкой в исходном состоянии по сравнению с данными через три года	38
Табл. 5. Процент реставраций на основе SDR с приемлемым рейтингом по сравнению с реставрациями в технике послойного внесения через пять лет	39
Табл. 6. Процент реставраций на основе SDR с приемлемым рейтингом по сравнению с реставрациями в технике послойного внесения через шесть лет	41

Торговые марки

Следующие материалы не являются зарегистрированными торговыми марками Dentsply Sirona.

Бренд (ы), аббревиатура (-ы), производитель:

Bluephase, Bluephase 20i, Bluephase G2 (Ivoclar Vivadent)

Clearfil Majesty LV (Kuraray)

Demetron A.1, Demi (Kerr)

ELS, ELS flow (Saremco Dental)

Elipar S10 (3M Espe)

everX Posterior (GC)

Filtek Bulk Fill, Filtek Silorane, Filtek Supreme Plus Flow, Filtek Supreme Plus, Filtek Supreme XT,

Filtek Supreme XTE flow, Filtek Ultimate Flow, Filtek Z100, Filtek Z250, Filtek Z350 XT Flowable, Freelight 2 (3M Espe)

Herculite Classic (Kerr)

iBond SE (Kulzer)

Kalore (GC)

LED.C (Woodpecker)

Permaflo (Ultradent)

Prompt L-Pop (3M ESPE)

SonicFill (Kerr)

Syntac (Ivoclar Vivadent)

Tetric, Tetric EvoCeram, Tetric EvoCeram Bulk Fill, Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent)

Translux CL (Kulzer)

VALO (Ultradent)

Venus Bulk Fill, Venus Diamond (Kulzer)

Vertise Flow (Kerr)

Xenius Base (Stick Tech / GC)

x-tra base, x-tra fill (VOCO)