

Стоматологические материалы с большим потенциалом: Компомеры и др.

*Dr. H.-D. Höhnk, University of Hamburg, Dr. M.Hannig, University of Kiel
"Phillip Journal" 9-10/98*

Изобретение так называемых «способных к полимеризации цементных смесей» стало началом бурного развития материалов нового класса. Самыми удачными представителями этой группы материалов являются Модифицированные Цементы на основе Стеклоиономера (МСИЦ) и Компомеры. Считается, что именно компомеры особенно удобны в работе. Обе подгруппы можно рассматривать как гибриды стекло-иономерного цемента (СИЦ) и композитов. Д-р Хенк – руководитель научного отделения компании DMG-Гамбург, и д-р Ганниг – старший врач Клиники Пародонтологии при Университете им. К.Альбрехтса, г. Киль, в данной статье рассматривают предлагаемые на рынке продукты и помогают сориентироваться в их почти необозримом многообразии.

Идея

Первоначальная идея заключалась в следующем: к классическому стекло-иономерному цементу (состав: стекло-иономер, поликислота и вода) добавить полимерную матрицу, способную к полимеризации за счет реакции радикалов, чтобы таким образом уменьшить растворимость материала. Для этого были разработаны специальные кислоты с реактивными группами, которые объединили в одной молекуле различные механизмы реакций (реакция кислоты и основания, как у стекло-иономера, и радикальная полимеризация смолы).

Эта технология была разработана лабораторией компании DMG, и в 1985 г. она была запатентована как «способные к полимеризации цементные смеси» [6]. Позднее появились новые разработки и патенты, которые исходили из этой же идеи [2, 3, 18, 20, 21, 22]. Появились новые классы материалов, объединившие в себе достоинства композитов и стекло-иономеров. Первыми коммерческими материалами, появившимися на рынке (впоследствии они стали называться компомеры), были Exraliner (Pierre Rolland) – в конце 1985 г., Ionosit Baseline (DMG) – в 1987 г. Затем в 1993 г. на рынке появился Dugact (De Trey/Dentsply), и было предложено торговое название «компомер», которое и закрепилось впоследствии. С тех пор число предлагаемых материалов многократно возросло. Краткий обзор истории развития современных реставрационных материалов [26, 27] представлен в табл.1.

Именно в Германии компомеры привлекли к себе большое внимание, т.к. их считают легкой в обработке «альтернативой амальгамы». К моменту их появления дискуссия об амальгаме достигла в Германии своего апогея, и сама мысль – устанавливать пломбы легко, без техники кислотного травления и необходимости использовать коффердам, при этом материалами, которые не содержат ртути, показалась очень привлекательной. В этот начальный период показания к применению компомеров были очень обширны.

| год | Стекло-Иономерные Цементы | год | Композиты |
|------|--|------|--|
| | Первое применение цементов, основанных на реакции кислота-основание: хлорид окиси цинка (Sorell, 1855 г.), силикатный цемент (Fletcher, 1873 г.), окись цинка/фенолэфир (Flagg, 1875 г.), окись цинка/фосфорная кислота (Pierce, 1879 г.), цинкфосфат-цемент (Ames, Fleck, около 1900 г.), улучшенный силикатный цемент (Steenbock, 1904 г.) | 1949 | Первый самотвердеющий материал для пломбирования на основе PMMA (Kulzer) |
| 1963 | Разработка концепции полиэлектrolитных цементов | 1955 | Buonocore : техника травления кислотой |
| 1964 | Smith : окись цинка/полиакриловая кислота. Были обнаружены хорошие адгезионные качества этих цементов (адгезия к тканям зубной) | 1962 | Bowen : разработка ароматического диметакрилата (Bis-GMA) и силанизация неорганических наполнителей |
| 1969 | Wilson и Kent : разработка ASPA I (силикат алюминия – полиакрилат) | 1970 | Buonocore: фотополимеризация Bis-GMA с помощью УФ излучения |
| 1973 | ASPA IV (Dentsply) | 1977 | Dart и др. : фотополимеризация уретандиметакрилата (UDMA) светом видимого спектра |
| год | Гибридные Материалы | | |
| 1985 | Патент «Способные к полимеризации цементные смеси» (DMG). Название Ионозит (иономер+композит) заявлено фирмой DMG как торговая марка. | | |
| 1987 | Разработка фотополимерной пасты Ionosit Baseline (DMG) | | |
| 1988 | Появление на рынке первого модифицированного цемента Vitrabond (3M) | | |
| 1993 | Компания De Trey/Dentsply выпустила компомер Dyract | | |
| 1997 | Первый текучий материал для пломбирования на основе компомера PrimaFlow (DMG) и CbC-техника. | | |

На сегодняшний день на рынке представлено очень много продуктов (см. таб.2)

Таб.1. Хронологическое развитие гибридных материалов, СИЦ и композитов

Номенклатура

Следующая номенклатура продуктов заимствована у *Mc Lean, Nicholson* и *Wilson* [19]:

- **Стекло-иономерный цемент, СИЦ:**
(*GIC, glass-ionomer cement, glass polyalkenoate cement*)

Часто называется также «классическим» цементом на основе стекло-иономера. Первоначально назывался «цемент стекло-полиалкеноатный», но это название не закрепилось [11, 14, 23, 27, 28].

Определение:

Цемент на основе стекло-иономера и поликислот, при смешивании с водой вступает в реакцию кислота-основание и затвердевает с образованием соли.

- **Модифицированный полимером стекло-иономерный цемент, МСИЦ:**

(HMGIZ, RMGIC, resin modified glass ionomer cement, resin modified polyalkenoate cement, resin reinforced glass ionomer cement, resin ionomer, hybrid glass ionomer cement, glasiosit, light-activater water based cement)

Определение:

Материал, содержащий кроме реактивного стеклонаполнителя и воды матрицу полимера с кислотными группами, которая способна к полимеризации за счет реакции радикалов. Полимеризация за счет реакции радикалов и реакция кислота-основание протекают одновременно. Первым цементом типа HMGIZ был Vitrabond (3M), появившийся в 1988 г. Он был задуман как адгезивный материал для пломбирования, позднее название цемента изменили на Vitrebond.

- **Компомер**

(compoimer, poly-acid modified composite)

В Германии называется также модифицированным поликислотой композитом. Предлагались и другие названия: компомент, ионопозит, но они не закрепились.

Определение:

Материал, который кроме реактивного стеклонаполнителя содержит также матрицу полимера с кислотными функциональными группами, которые после насыщения водой вступают со стеклонаполнителем в реакцию кислота-основание. Слово компомер образовано из начальных слогов слова композит и последнего слога в слове иономер. Впервые термин был применен к материалу Dyract фирмы De Trey/Dentsply.

- **Композит**

(composite)

Определение:

Композиты содержат не способный вступать в реакцию, т.е. не освобождающий ионы стеклонаполнитель в матрице на основе метакрилата. Композиты – материалы, которые имеют в своем составе стекло-иономер, но не имеют поликислот, которые могут вступать со стеклонаполнителем в реакцию, таким образом, они не являются компомерами.

Классификация

Рис.1 и 2 должны помочь различать и классифицировать все многочисленные продукты.

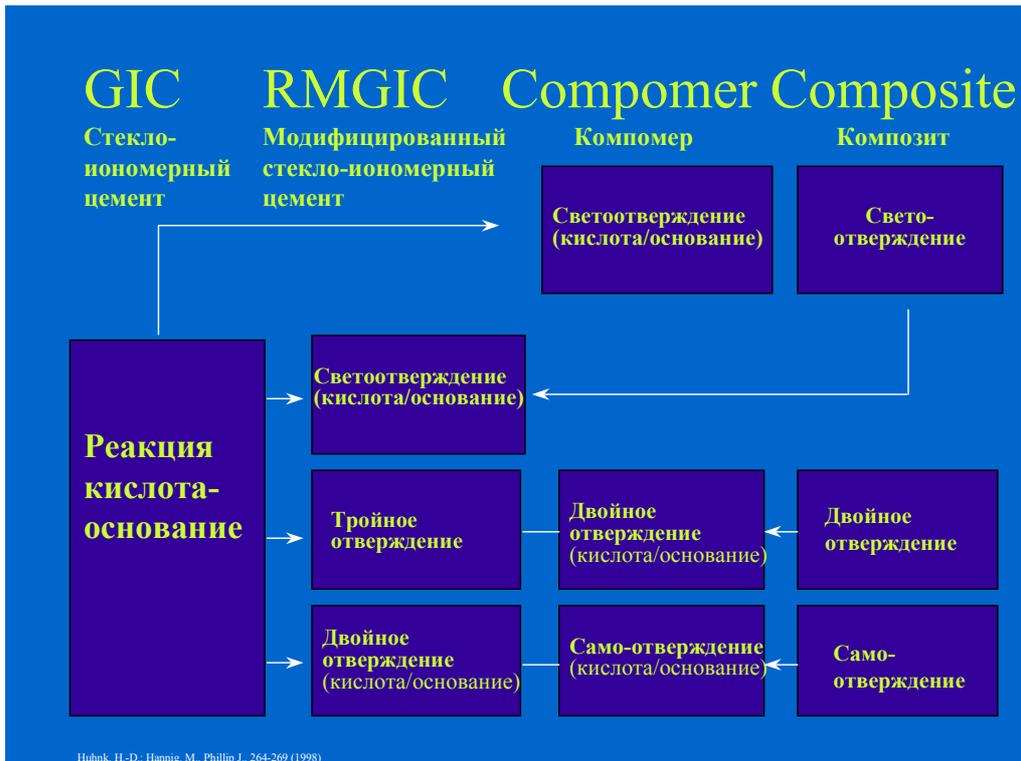


Рис.1. Классификация СИЦ (GIC), МСИЦ (RMGIC), компомеров и композитов по механизму отверждения: полимеризация за счет реакции радикалов (полимеризация под действием света, двухфазная и самопроизвольная) и реакция кислота-основание (реакция цементации). «Тройное отверждение» = под действием света, произвольное и реакция кислота-основание

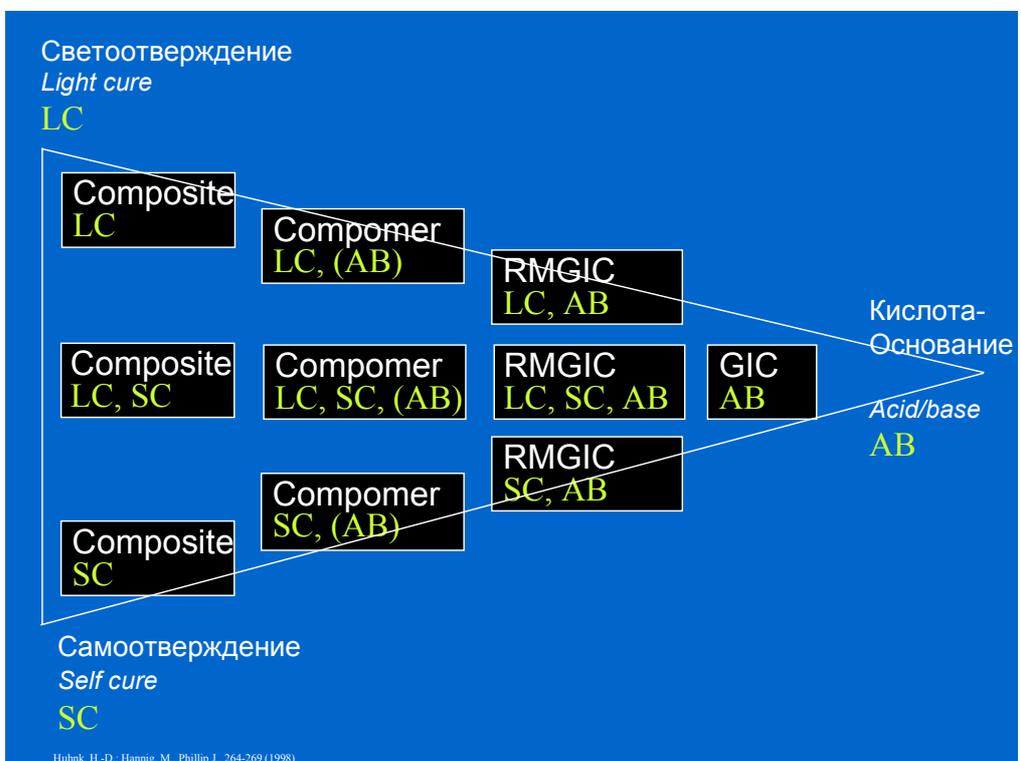


Рис.2. «Континуум» между радикальной полимеризацией и реакцией кислота-основание (LC – отверждение светом, SC – само-отверждение, AB – реакция кислота-основание)

Сразу после появления гибридных материалов возник вопрос, насколько они сохраняют «характер стекло-иономера»? Чтобы показать это наглядно, два противоположных полюса – радикальную полимеризацию и реакцию кислота-основание – противопоставили и соединили линией. Все материалы от композитов до стекло-иономерных цемента расположили на этой линии (иногда лишь показано направление в виде стрелочки к СИЦ). Чем ближе стоит гибридный материал к СИЦ, тем более у него выражен «характер стекло-иономера». Такое изображение называется «континуум» [1, 4]. Эта информация представлена на рис.2, но дополнительно здесь материалы различаются по типу отверждения: самопроизвольное, на свету или двойное.

Только системы на основе светоотверждаемого композита (LC) и светоотверждаемого компомера (LC/AB) могут состоять из одной пасты, все остальные системы состоят из 2-х компонентов (форма представления, типичная для компомеров – паста/паста, для МСИЦ – это всегда порошок/жидкость). Так как на рынке почти ежемесячно появляются новые материалы, в данный график не стали вносить название продуктов. Некоторые наиболее популярные на рынке продукты приведены в таблице 2.

| GIC | RMGIC | Compo | mer Composite |
|--|--|---|---|
| Стекло-иономер | Стекло-иономер* | Стекло-иономер * | Нереак. стекло-иономер * |
| - | Пирогенный кремний | Пирогенный кремний | Пирогенный кремний |
| Поликислота | Полим. к-та | Полим. к-та | - |
| Вода | Вода | - | - |
| Винная к-та | - | - | - |
| - | полимеры | полимеры | полимеры |
| стабилизаторы, катализатор, добавки** | стабилизаторы, катализатор, добавки*** | стабилизаторы, катализатор, добавки *** | стабилизаторы, катализатор, добавки *** |
| * Стекло-иономер (частично силанизированный), нереактивный стеклонаполнитель; ** напр. металлический порошок; *** напр. дополнительные источники фторидов | | | |

Hulak, H.-D., Hamme, M., Phillip, J., 264-269 (1998)

Рис.3. Состав СИЦ (GIC), модифицированных СИЦ (RMGIC), компомеров и композитов.

| Классы материалов | Показания к применению | Продукты, представленные на рынке |
|--|--|---|
| Композиты LC композиты LC, SC композиты SC | Пломбирование, восстановление, фиксация ортопедических конструкций | все классические композиты с самопроизвольным или двойным отверждением |
| Компомеры LC (AB) | Материалы для пломбирования, твердые | Dyract AP (Dentsply), Compoglass F (Vivadent), Luxat (DMG), Io-Merz light (Merz), AnaNorm Compomer (Nordiska), Hytac (ESPE), F2000 (3M), Elan (Kerr), Xeno (Degussa/Sankin) |
| | Материалы для пломбирования, текучие | PrimaFlow (DMG), Compoglass Flow (Vivadent) |
| | Прокладка Запечатывание фиссур | Ionosit Baseline = Ionosit MicroSpand (DMG) Ionosit Seal = EcuSeal (DMG) |
| Компомеры LC, SC (AB) | фиксация ортопедических конструкций | Продукты в стадии разработки (Прим.ред.: в 2000 г. компанией DMG выпущен первый материал данного класса Permacem Dual) |
| Компомеры SC (AB) | фиксация ортопедических конструкций | Dyract Cem (Dentsply), PermaCem (DMG) |
| МСИЦ (RMGIC) LC, AB | Пломбирование, фиксация ортопедических конструкций | Оригинальные Photac Fil / Photac Bond (ESPE) (эта группа не имела успеха) |
| МСИЦ (RMGIC) LC, SC, AB «тройное отверждение» | Пломбирование, фиксация ортопедических конструкций | Fuji II LC улучшенный (GC), Vitremmer (3M), Ionosit Fil P/L (DMG), Photac Fil quick (ESPE),... |
| | Прокладка | Vitrebond (3M), XR-Ionomer (Kerr),... |
| МСИЦ (RMGIC) SC, AB | Фиксирующий цемент | Vitremer Luting (3M) |
| СИЦ (GIC) AB | Пломбирования, восстановление, фиксация ортопедических конструкций | все классические стеклоиономерные цементы |

Таб.2. Примеры отдельных материалов различных классов в соответствии с рис.2

LC = отверждение светом,

SC = самопроизвольное отверждение,

AB = реакция кислота-основание

Компоненты и реакции

Так как МСИЦ и компомеры являются производными стекло-иономерных цементов и композитов, часто их неправильно рассматривают как простые смеси СИЦ и композитов. Фактически речь идет о материалах, у которых различные механизмы отверждения соединяются друг с другом посредством «способных к полимеризации кислот».

Как и композиты, МСИЦ и компомеры состоят из полимерной матрицы и наполнителя. В отличие от композитов, в которых используется не способный вступать в реакцию стекло-наполнитель, в данных материалах применяется только реактивный (высвобождающий фториды) стекло-наполнитель, как и в классических стекло-иономерных цементах. В некоторых продуктах стекло-наполнитель частично силанизируется, так что он может вступать в реакцию с полимерной матрицей, полимеризуясь за счет реакции радикалов.

В классических композитах полимерная матрица состоит, в основном, из гидрофобных мономеров, чаще всего диметакрилатов. Матрица у МСИЦ и компомеров содержит, наряду с этими компонентами, еще и «способные к полимеризации» кислоты. В целом, матрица менее гидрофобна, чем у композитов. Ни у МСИЦ ни у компомеров реакции кислота-основание недостаточно, чтобы материал полностью отвердел.

Рис.3 показывает существенное различие между модифицированными стеклоиономерными цементами (МСИЦ) и компомерами: компомеры не содержат воду [16, 17]. Вода, необходимая для реакции кислота-основание, должна быть сначала поглощена из окружающей среды. Только отсутствие воды в начальной форме представления материала дает возможность изготавливать устойчивые пасты.

Свойства

Типичные физико-химические свойства различных групп материалов заимствованы у *Hickel* [10] и приведены в табл.3. МСИЦ и компомеры, подобно композитам и СИЦ, во время отверждения дают усадку. Как материалы для восстановления их нужно применять совместно с адгезивной системой, а для достижения оптимальных результатов необходимо использовать технику кислотного травления. Пока еще нельзя сделать однозначные выводы о типичном последующем расширении гибридных материалов за счет их водопоглощения.

В ходе реакции кислоты со стекло-иономером у МСИЦ и компомеров из стекло-наполнителя высвобождаются ионы фторидов. При условии насыщенности окружающей среды такими ионами у этих материалов происходит «зарядка».

Из этих материалов следует выделить те, фториды которых представляют собой растворимые соли.

При взаимодействии с молочной кислотой компомеры вступают в реакцию в качестве основания и повышают уровень pH, т.е. нейтрализуют кислоту [24, 25]. Наряду с фторидами, компомеры могут выделять и другие ионы, например, ионы цинка. Но

потенциальная клиническая польза этого эффекта еще требует дополнительного исследования.

| Свойства | Стекло-иономеры | МСИЦ | Компомеры | Композиты |
|---|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| Прочность на разрыв (МПа) | 12 – 15 | 20 – 40 | 35 – 40 | 35 – 62 |
| Прочность на изгиб (МПа) | 30 – 35 | 30 – 60 | 90 – 140 | 80 – 170 |
| Прочность на сжатие (МПа) | 140 – 220 | 100 – 200 | 200 – 260 | 260 – 500 |
| Прочность по Виккерсу (кг/мм ²) | 60 – 90 | 35 – 45 | 50 – 100 | 70 – 130 |
| Модуль эластичности (ГПа) | 12 – 20 | 5 – 20 | 3 – 12 | 5 – 25 |
| Адгезия к эмали (МПа) | 3 – 12 | 6 – 20* | 14 – 22* | 20 – 28* |
| Адгезия к дентину (МПа) | 2 – 8 | 5 – 18* | 12 – 22* | 12 – 25* |
| Выделение фторидов (мкг/см ²) | 150 – 600 | 50 – 600 | 30 – 60 | 0 – 10 |

* – с адгезивом

Табл.3. Физико-химические свойства различных классов материалов

Клиническое значение

Показания к применению

Основные показания к применению данных классов материалов приведены в таблице 4. Показания к применению компомеров очень многообразны, так что они воспринимаются как «универсальный материал» в восстановительной одонтологии. Однако они ни в коем случае не должны вытеснять оправдавшие себя материалы для пломбирования из тех областей применения, где гарантирована надежность. Их надо использовать только там, где благодаря своим специфическим свойствам они превосходят другие материалы, используемые в восстановительной терапии.

| Классы материалов | Продукция DMG | Классы полостей | | | | | | Подкладка | Дентин | Молочные зубы |
|-------------------|--|-----------------|------|------|-----|----|---|-----------|--------|---------------|
| | | I | II e | II d | III | IV | V | | | |
| Композит | Ecusit Composite, Superlux Universalhybrid | + | + | (+) | ++ | + | + | – | (+) | + |
| Компомер, вязкий | Luxat Compomer | (+) | (+)* | (+)* | + | – | + | (+) | + | ++ |
| Компомер, текучий | PrimaFlow | (+) | (+)* | CbC+ | + | – | + | + | + | ++ |
| RMGIC | Ionosit Fil | (+)* | (+)* | sw | + | – | + | + | + | + |
| Стеклоиономер | Alpha Fil, Alpha Silver | (+)* | (+)* | sw | + | – | + | + | + | + |

*e – границы полости в области эмали, d – границы полости в области дентина (в пришеечной области), sw – “сэндвич”-техника, * – используются для полупостоянных пломб.*

Табл.4: Показания к применению композитов, компомеров, МСИЦ и СИЦ. Оценка показаний к применению в отдельных случаях носит ориентировочный характер, так как для окончательного заключения требуются данные отдаленных клинических результатов.

Дефекты зубов

В качестве главной области применения компомеров следует указать восстановление повреждений V класса, особенно некариозные дефекты шейки зуба (дефекты клиновидной формы, эрозии, абразии и т.п.) Из-за деформации зуба в пришеечной области вследствие окклюзионной нагрузки пломбы полостей V класса должны выполнять так называемую «буферную функцию», чтобы компенсировать окклюзионную нагрузку. Такую функцию могут обеспечить компомеры, так как у них, как правило, более низкий модуль упругости, чем у композитов (см. табл.3). Пломбирование шейки зуба материалами из компомеров с точки зрения характеристик окклюзии, удерживающей способности и эстетики дает хорошие клинические результаты даже при отказе от травления эмали, поэтому при восстановлении дефектов V класса компомеры можно поставить на одну ступень с композитами [12]. Сравнивая практический аспект, преимущество компомеров заключается в отказе от техники травления при восстановлении полостей V класса, в возможности применения однокомпонентных адгезивных систем; для них также не требуется «абсолютно сухое» рабочее поле.

В детской стоматологии компомеры успешно используются для пломбирования полостей на фронтальных и жевательных молочных зубах [13].

Компомеры часто считают чуть ли не заменителями амальгамы при лечении полостей жевательных зубов. Однако компомерные материалы, которыми мы сегодня располагаем, менее изнаноустойчивы, чем современные гибридные композиты с микронаполнителями. Поэтому в области боковых зубов, несущих основную нагрузку при жевании, их не рекомендуется использовать для постоянного пломбирования. Сегодняшние компомеры можно использовать лишь как временную меру при пломбировании полостей жевательных зубов I и II классов [7, 9].

Низковязкие компомеры благодаря своим «текучим способностям» пригодны также для лечения микрополостей и заполнения щелей.

Преимущества низковязких компомеров проявляются особенно наглядно при заполнении полостей класса II в аппроксимальной области при использовании так называемой СбС-техники. [8,5].

Таким образом, основные показания к применению компомеров:

- полости III класса,
- полости молочных зубов (в области фронтальных и жевательных зубов),
- заполнение щелей,
- микрополости,
- минимально инвазивная терапия,
- временные пломбы в полостях I и II классов,
- СбС-техника.

СвС-техника (композит, связанный компомером)

При восстановлении полостей II класса с недостатком эмали на циркулярной поверхности проблем не возникает, если использовать композитные материалы. Проблемы возникают, если границы полости II класса в пришеечной области затрагивают дентин, так как здесь сложнее обеспечить адгезию материала. Даже при использовании самых современных адгезивных систем трудно гарантировать хорошее сцепление композита с дентином в полостях II класса. Уже в процессе полимеризации наполнителя усадка материала может помешать эффективной адгезии композита к дентину. Кроме того, проблемы увлажнения из-за высокой вязкости композитов для жевательных зубов могут отрицательно повлиять на первичное сцепление композита с дентином.

Помочь в решении данных проблем может техника «композит, связанный компомером». Эта техника заключается в комбинации низковязкого (текучего) компомера с высоковязким композитом с высоким модулем упругости в полости II класса с отсутствием дентина в проксимальной области. Специально для этого применения лабораторией компании DMG был разработан компомер PrimaFlow. Он принципиально отличается от текучих композитов модифицированной динамикой отверждения (рис.4): под действием света реакция отверждения протекает у компомера медленнее, чем у композита.

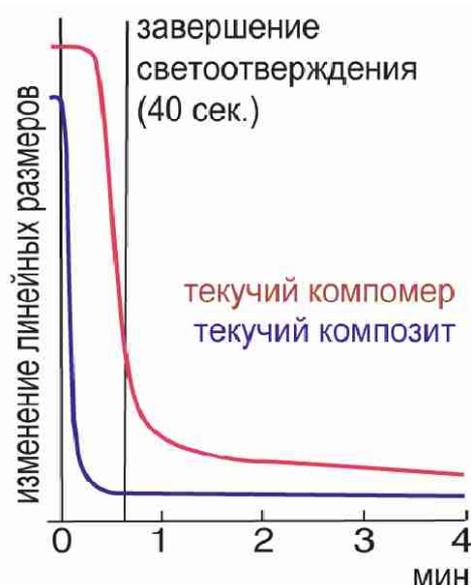


Рис. 4. Сравнение динамики отверждения композита и компомера с низкой вязкостью

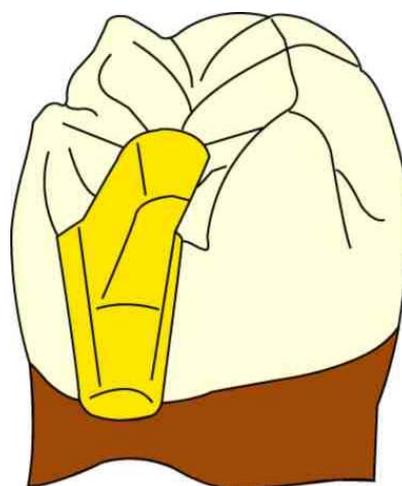


Рис.5. Применение СвС-техники. Полость II класса, края полости располагаются в ниже линии соединения эмаль-цемент. Края эмали заостряются, препарация в области дентина имеет ступенчатую форму. После травления эмали и применения адгезивной системы на всю полость текущий компомер наносится на область аппроксимальной ступени. Оставшаяся часть полости заполняется композитом.

Компомер действует как «буфер» между композитом и дентином. Многочисленные

эксперименты подтвердили потенциал данной техники. После испытаний под нагрузкой (имитация функций жевания) в пломбах, выполненных по данной технологии, была зарегистрирована высокая маргинальная адаптация (рис.5,6,7).

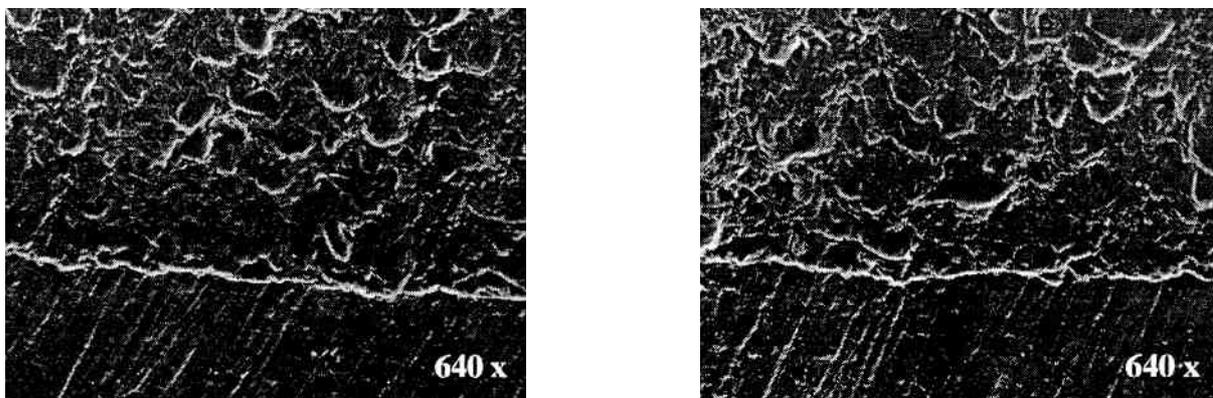


Рис.6: Край пломбы (цервикально-аппроксимальная поверхность) при восстановлении полости II класса; выполнено в лаборатории методом СвС-техники. После имитации жевательной нагрузки (2500 термоциклов от 5 до 55°С и 500 000 циклов механической нагрузки) на границе компомер-дентин краевые щели не появились. Увеличение 640-кратное.

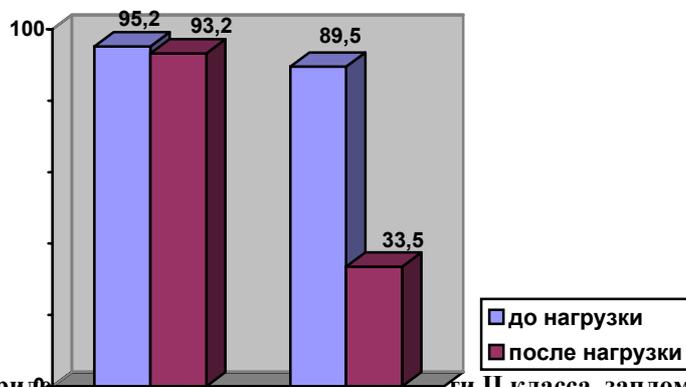


Рис.7: Краевое прилегание в области дентина в полости II класса, запломбированной по СвС-технике, по сравнению с пломбой, в которой вместо компомера использовался низковязкий композит. Указана доля устойчивой маргинальной адаптации (% идеальной границы) до и после циклов окклюзионной и термонагрузок.

Компомеры являются особым классом материалов со специфическими свойствами и возможностями применения. Они имеют большой потенциал, который еще нуждается в дальнейшем исследовании.

Литература

- [1] *Albers H.F.*: GIC/Resin Balance of Materials. In: Tooth-Colored Restoratives. Alto Books, Santa Rosa 1996
- [2] *Antonucci J.M.*: Formulation and evaluation of resin modified glass ionomer cements. Transactions of the 13th Annual Meeting of the Society for Biomaterials. New York 1987, S. 225
- [3] *Antonucci J.M., McKinney J.E., Stansbury J.W.*: US Patent Application 160856; 1988
- [4] *Burgess J., Norling B., Summitt J.*: Resin Ionomer Restorative Materials – The New Generation. In: *Hunt P.* (Hrsg.): Glass ionomers: The Next Generation. Proceedings of the 2nd International Symposium on Glass Ionomers, Philadelphia 1994
- [5] *Bott B., Hannig M., Griemsmann S.*: Sandwichfüllungen in dentinbegrenzten Klasse-II-Kavitäten. Dtsch Zahnärztl Z 52: 809, 1997
- [6] *Engelbrecht J.* (Fa. DMG): DE 3536076, EP 0219058, US Pat. 4872936, JP 2132069; Priorität 9.10.1985
- [7] *Haller B., Günther J.*: Randqualität von Klasse-II-Kompomerefüllungen. Dtsch Zahnärztl Z 53: 330, 1998
- [8] *Hannig M., Bott B., Höhnk H.-D., Mühlbauer E.-A.*: CbC filling - A new concept for tooth-colored Class II restorations with proximal margins located in dentin. J Dent Res 76 (Spec. Issue): 314 (# 2403), 1997
- [9] *Hickel R.*: Kompomere. Quintessenz 47: 1581, 1996
- [10] *Hickel R.*: Moderne Füllungswerkstoffe. Dtsch Zahnärztl Z 52:9, 1997
- [11] *Hunt P. (Ed.)*: Glass Ionomers: The Next Generation. Proceedings of the 2nd International Symposium on Glass-Ionomers, Philadelphia 1994
- [12] *Koch M.J., Pioch Th., Staehle H.J.*: Kapitel 4.4 Kompomere. In: Meiners H., Lehmann K. M. (Hrsg.): Klinische Materialkunde für Zahnärzte. Carl Hanser Verlag, München 1998
- [13] *Krämer H.*: Moderne Füllungstherapie im Milch- und Wechselgebiss. Dtsch Zahnärztl Z 52:89, 1997
- [14] *Kullmann W.*: Atlas der Zahnerhaltung mit Glas-Ionomer-Zementen und Komposit-Kunststoffen. Carl Hanser Verlag, München 1990
- [15] *Loher C., Kunzelmann K.-H., Hickel R.*: Klinische Studien mit Hybridglasionomerzement-, Kompomer- und Kompositfüllungen in Klasse-V-Kavitäten. Dtsch Zahnärztl Z 52: 525, 1997
- [16] *McCabe J.F.*: Resin-Modified Glass-ionomers. Abstracts of the 1st European Union Conference on Glass-Ionomers, London 1996
- [17] *McCabe J. F., Wells A.W.G.*: Applied Dental Materials. 8th ed., Blackwell Science. Oxford 1998
- [18] *McKinney J.E., Antonucci J.M.*: Wear and microhardness of two experimental dental composites. J DentRes 66: 1134-1139, 1986
- [19] *McLean J.W., Nicholson J.W., Wilson A.D.*: Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. Guest Editorial. Quintessence Int 25: 587, 1994
- [20] *Mitra S.B.*: Photocurable ionomer cement system. EP 0 323 120; 1989
- [21] *Mitra S.B.*: Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. J Dent Res 70:72-74, 1991
- [22] *Mitra S.B.*: In-vitro fluoride release from a light-cured glass-ionomer liner/base. J Dent Res 70: 75-78, 1991
- [23] *Mount G.J.*: An Atlas of Glass-Ionomer Cements – A Clinicians's Guide. 1. und 2. Auflage. Martin Dunitz Ltd., London 1990 und 1994
- [24] *Nicholson J.W.*: In vitro caries inhibition by polyacid-modified composite resins („Compomers“). J Dent 26: 133-136, 1998
- [25] *Nicholson J.W., Millar B.J., Czarnecka B., Limanowska-Shaw H.*: The storage of polyacid-modified composite resins („compomers“) in lactic acid solution. Dent Mater, accepted for publication
- [26] *Smith D.C.*: Development of Glass Ionomer Cement Systems. In: *Hunt P.* (Hrsg.); Glass ionomers: The Next Generation. Proceedings of the 2nd International Symposium on Glass Ionomers, Philadelphia 1994
- [27] *Wilson A.D., McLean J.W.*: Glasionomerzement. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin 1988
- [28] *Wilson A.D., Nicholson J.W.*: Chemistry of Solid State Materials. 3: Acid-base Cements – Their Biomedical and Industrial Applications. University Press. Cambridge 1993