

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ОБЩЕЙ СТОМАТОЛОГИИ

Г. Г. Чистякова, А. А. Петрук

СТЕКЛОИОНОМЕРНЫЕ ЦЕМЕНТЫ В СТОМАТОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2023

УДК 616.314-089.27-74(075.8)

ББК 56.6я73

Ч-68

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве
учебно-методического пособия 20.04.2022 г., протокол № 4

Рецензенты: канд. мед. наук, доц. каф. эндодонтии И. М. Семченко; каф.
стоматологии детского возраста

Чистякова, Г. Г.

Ч-68 Стеклоиономерные цементы в стоматологии : учебно-методиче-
ское пособие / Г. Г. Чистякова, А. А. Петрук. – Минск : БГМУ, 2023. –
34 с.

ISBN 978-985-21-1190-4.

Содержит сведения об истории создания стеклоиономерных цементах, их составе, механизмах отверждения, классификации. Кроме того, рассмотрены общие свойства данного вида материалов, их преимущества и недостатки, а также особенности клинического применения.

Предназначено для студентов 1–5-го курсов стоматологического факультета, врачей-интернов и клинических ординаторов.

УДК 616.314-089.27-74(075.8)

ББК 56.6я73

ISBN 978-985-21-1190-4

© Чистякова Г. Г., Петрук А. А., 2023

© УО «Белорусский государственный
медицинский университет», 2023

МОТИВАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМЫ

Тема практического занятия: «Пломбировочные материалы. СИЦ. Состав, свойства, применение».

Общее время занятий: 225 мин.

Задачей реставрационной стоматологии является восстановление анатомической формы коронковой части зуба и его функции. Для достижения этой задачи врач-стоматолог в своей практической деятельности применяет различные пломбировочные материалы, одним из которых является стекло-иономерный цемент (СИЦ).

Цель занятия: обобщить знания об основных принципах и этапах препарирования твердых тканей зубов в зависимости от используемого материала для последующего восстановления анатомической формы и функции зуба, отработать навык наложения изолирующей прокладки и пломбы из СИЦ.

Задачи занятия. Студент должен:

- изучить особенности состава СИЦ;
- усвоить правила работы с СИЦ;
- уметь приготовить и наложить изолирующую прокладку из СИЦ;
- запломбировать полость V класса с применением СИЦ.

Требования к исходному уровню знаний. Для успешного усвоения темы студент должен повторить:

- методику приготовления пломбировочных материалов;
- особенности препарирования полостей I и V класса по Блэку;
- методику приготовления и применения материалов для лечебных и изолирующих прокладок.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Классификация пломбировочных материалов.
2. Классификация СИЦ по Р. Филлипсу (1991).
3. Состав СИЦ.
4. Фазы отверждения (структурирования) СИЦ.
5. Положительные и отрицательные свойства СИЦ.
6. Показания к применению СИЦ.
7. Методика приготовления СИЦ для изолирующих прокладок.
8. Методика приготовления СИЦ для постоянных пломб.
9. Особенность обработки пломб из СИЦ (временные параметры, средства и инструменты).
10. ART-техника. Показания к применению.
11. Сэндвич-техника (положительные стороны этой методики).

ВВЕДЕНИЕ

За период использования СИЦ был достигнут значительный прогресс в усовершенствовании их характеристик. В современной стоматологии данный вид материалов занимает достойное место благодаря своим уникальным свойствам: высокой биосовместимости с тканями зуба, химической адгезии, реминерализующему воздействию на дентин и эмаль, что способствует защите от кариеса.

СИЦ имеют широкие показания к применению. Их используют в случае неудовлетворительной гигиены полости рта и когда нужно обеспечить надлежащую технологию нанесения композиционного материала, а технологически выполнить реставрацию композитом невозможно.

При работе с детьми, как правило, сложно исключить попадание слюны в препарируемую полость, и в этом случае также предпочтительнее использовать СИЦ.

Применение СИЦ для фиксации ортопедических и ортодонтических конструкций обеспечивает их долгое удержание на естественных зубах.

СИЦ идеально подходят для техник минимального инвазивного и атравматического лечения (ART-техника). Материалы для постоянных пломб в основном обладают раздражающим действием на твердые ткани зуба и пульпу, поэтому при пломбировании кариозных полостей необходимо использовать прокладочные материалы. Особенно велика степень риска возникновения чувствительности после пломбирования полостей у людей с пониженной сопротивляемостью к кариозному процессу, и здесь отличные результаты лечения обеспечивают СИЦ. В зависимости от клинической ситуации необходимы материалы с различными физико-механическими свойствами и клиническими характеристиками.

Любой пломбировочный материал, наряду с положительными качествами, имеет и ряд недостатков, поэтому правильный выбор СИЦ в зависимости от его свойств позволит практическому врачу получить наилучший результат в лечении зубов.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ

В начале 70-х гг. XX в. начались интенсивные поиски новых цемента для пломбирования зубов, так как имевшиеся фосфатные и поликарбоксилатные цементы не соответствовали всем требованиям, предъявляемым к современным материалам в отношении физико-механических свойств, а также имели низкую биологическую совместимость с дентином и эмалью и слабую адгезию к ним. Рентгеноконтрастность и прозрачность также были недоста-

точные. Для осуществления этих требований возникла идея создания компонентов порошка из молотого стекла и жидкости в виде поликарбоновых кислот. Реакция связывания у данных материалов оказалась такой же, как и у всех цементов, и проходила с образованием солей при соединении металлов и кислотных групп.

Первые СИЦ были разработаны в 1969 г. английскими учеными Wilson и Kent, первый промышленный образец СИЦ ASPA-IV был выпущен в 1971 г. компанией De Trey. СИЦ в настоящее время — единственная биологически активная группа пломбировочных материалов, и в этом состоит их уникальность и особое значение.

СОСТАВ

Стеклоиономерный цемент — цемент, состоящий из стекла и кислотного компонента, отвердевающий посредством кислотно-основной реакции между этими компонентами.

Для достижения тех или иных свойств материала возможно использование различных композиций стекла, а также значительного количества комбинаций поликислот для сополимеризации.

Порошок первых СИЦ состоял из диоксида кремния с алюминием в соотношении 2 : 1 и содержал около 23 % фтора.

В настоящее время порошок данного материала представляет собой тонко измельченное кальций-фтор-алюмосиликатное стекло с большим количеством кальция и фтора и небольшим — натрия и фосфатов. Основными его компонентами являются диоксид кремния (SiO_2), оксид алюминия (Al_2O_3) и фторид кальция (CaF_2). В состав стекла в небольших количествах также входят фториды натрия и алюминия, фосфаты кальция или алюминия (Na_3AlF_6 , AlPO_4 и др.). Непрозрачность для рентгеновских лучей многих СИЦ обеспечивается добавлением рентгеноконтрастного бариевого стекла или соединений металлов (в частности, оксида цинка).

Высокое (> 40 %) содержание кварца (диоксида кремния) обеспечивает высокую степень прозрачности стекла, однако замедляет процесс схватывания цемента, удлиняет время его отверждения и рабочее время, несколько снижает прочность отвердевшего материала (при снижении соотношения алюминия и кремния).

Большое количество оксида алюминия делает материал непрозрачным, но повышает его прочность, кислотоустойчивость, уменьшает рабочее время и время отверждения.

Соотношение $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ отвечает за реакцию схватывания цемента: реакция с кислотой с выходом ионов начинается, если данное соотношение больше 2 : 1.

Соотношение ионов алюминия и кремния в СИЦ выше, чем у ранее используемых силикатных цементов, поскольку полиакриловая кислота и ее аналоги слабее фосфорной. Один из эффектов такого соотношения — уменьшение рабочего времени. Поэтому важной проблемой, возникшей при разработке СИЦ, было недостаточное рабочее время при большой длительности отверждения. Для обеспечения оптимального рабочего времени при неизменном времени отверждения были разработаны добавки определенной концентрации винной кислоты к порошку или к жидкости.

Повышение содержания в порошке фторида кальция снижает прозрачность материала, но обеспечивает его кариесстатические свойства за счет увеличения количества фтора. Содержание фторидов (в том числе фторидов натрия и алюминия) также имеет значение для температуры плавления стекла, финальной прочности материала и его растворимости. Кроме этого, было установлено, что высокое содержание фторидов положительно влияет на обработку и механическую прочность СИЦ.

Среднее содержание ионов фтора в традиционных СИЦ — 20–25 %.

Фосфат алюминия, как и его оксид, понижает прозрачность материала и повышает его прочность и механическую стабильность.

От стекла также зависят уровень высвобождения ионов и эстетические свойства материала (наличие пигментов, показатели отражения и преломления).

Порошок СИЦ готовится путем смешивания кварца и алюминия во фторид-криолит-фосфат-алюминии. Смесь сплавляется при температуре 1000–1300 °С и при охлаждении образует опалесцирующее стекло, которое измельчается до порошка. Размер его частиц зависит от назначения материала: он наибольший (40–50 мкм) у восстановительных материалов, а у прокладочных и фиксирующих — менее 20–25 мкм. Чем меньше частицы, тем быстрее схватывается цемент и тем выше его прочность.

В качестве полимера используют комбинации различных поликарбоновых кислот с разными молекулярным весом, формулами и конфигурациями. Для полимеризации обычно используют три ненасыщенные карбоновые кислоты: акриловую, итаконовую и малеиновую. Именно эти кислоты применяются в СИЦ — их полимеры имеют наибольшее количество карбоксильных групп, за счет которых происходит сшивание цепочек полимера и адгезия к твердым тканям зуба. Полималеиновая и полиитаконовая кислоты содержат в 2 раза больше карбоксильных групп, чем полиакриловая. Кроме того, итаконовая кислота снижает вязкость жидкости и ингибирует загустевание вследствие образования межмолекулярных водородных связей.

Применяются сополимеры акриловой и итаконовой или акриловой и малеиновой кислот. Сополимер — это продукт полимеризации (сополимеризации) смеси двух различных мономеров.

Если для образования цепи берут мономер только одного вида, то получают так называемый гомополимер.

За счет повышения концентрации поликислоты можно уменьшить соотношение порошка и жидкости, что приводит к увеличению рабочего времени. С повышением концентрации полиакриловой кислоты уменьшается растворимость цемента и линейно растет его прочность на сжатие и растяжение. Однако ограничивающим концентрацию фактором является консистенция цементной пасты, поскольку от концентрации кислоты и ее молекулярной массы (варьирующей от 10 000 до 30 000) зависит вязкость жидкости. Жидкость СИЦ обычно представляет собой 47,5%-ный (40–50 %) водный раствор сополимера акриловой и итаконовой или акриловой и малеиновой кислот. Но чаще других используется 40–50%-ный водный раствор полиакриловой кислоты. Кислотные ингредиенты могут быть высушены замораживанием и добавлены непосредственно к порошку. В этом случае жидкостью для затворения является дистиллированная вода, а СИЦ называются водозатворимыми. Вода является не просто растворителем, а необходимым компонентом СИЦ, играющим важную роль в процессе его отверждения, она является средой, в которой происходит ионообмен.

МЕХАНИЗМ ОТВЕРЖДЕНИЯ

В основе механизма отверждения всех видов СИЦ лежит кислотно-основная реакция. Затвердевание СИЦ обусловлено образованием сложной совмещенной матрицы, состоящей из силикатной и полиакрилатной матриц. Поскольку выделение различных ионов из стекла и, таким образом, формирование солевой матрицы во времени происходит неравномерно, процесс застывания цемента осуществляется поэтапно. Наиболее быстро выделяются ионы кальция, затем — алюминия, которые и участвуют в образовании солевой матрицы. Ионы натрия и фтора не принимают участия в реакции отверждения, но сочетаются в процессе выделения фторида натрия.

Процесс отверждения СИЦ изучали путем определения прочности при сжатии через заданные интервалы и структурных изменений соответствующих разрушенных образцов по данным ИК-спектроскопии и дифференциальной сканирующей калориметрии. В качестве эталона сравнения использовали цемент на основе поликарбоксилата цинка. Прочность при сжатии СИЦ увеличивалась по мере старения. В разрушенных образцах СИЦ при исследованиях через заданные интервалы обнаружены изменения структуры матрицы и слоя на поверхности раздела, включающего силикагель, однако в поликарбоксилате цинка никаких существенных изменений не наблюдалось. Следовательно, увеличение прочности СИЦ в процессе старения обуслов-

лено изменениями структуры матрицы и/или слоя на поверхности раздела. Изменения структуры включают плотность поперечных связей, соотношение комплексов и ионов, соотношение содержания элементов стекла, образование и созревание межповерхностного слоя, включающего силикагель.

Стадии реакции отверждения:

1. Растворение (или гидратация, выделение ионов, выщелачивание ионов).
2. Загустевание (или первичное гелеобразование, начальное, нестабильное отверждение).
3. Отверждение (или дегидратация, созревание, окончательное отверждение).

Во время *стадии растворения* перешедшая в раствор кислота реагирует с поверхностным слоем стеклянных частиц с экстрагированием из него ионов алюминия, кальция, натрия и фтора, после чего на поверхности частиц остается только силикагель (образуется из оксида кремния при воздействии кислоты, как и при отверждении силикатного цемента). Протоны (водородные ионы) диссоциированной поликарбоновой кислоты диффундируют в стекло и обеспечивают выход катионов металлов, которые стремятся по законам электростатического взаимодействия к анионным молекулам полимерной кислоты. Окончательно процесс экстрагирования ионов завершается спустя 24 ч после начала (хотя материал в основном отвердевает через 3–6 мин, в зависимости от состава, не достигая своих окончательных физических и механических свойств). Процесс диссоциации происходит только при наличии воды (присутствующей как растворитель поликислоты или той, на которой замешивается цемент). Под воздействием кислоты декомпозируется около 20–30 % стеклянных частиц.

Стадия загустевания длится около 7 мин. Начальное отверждение обеспечивается путем быстрого сшивания молекул поликислот ионами кальция. Сшивание имеет преимущественно донор-акцепторную природу. При этом поликарбоновая кислота выступает донором, а металлы — акцептором протонов. Ионы кальция двухвалентны, более многочисленны и поэтому более готовы к реакции с карбоксильными группами кислоты, чем трехвалентные ионы алюминия. Однако эффективность связывания ионами кальция молекул поликислоты недостаточно высока, поскольку двухвалентные ионы могут хелатировать карбоксильные группы одной и той же полимерной цепочки, а не двух разных. Кроме того, на ранних стадиях отверждения кальциево-полиакриловые цепочки легко растворяются в воде. Избыток влаги в этой стадии приводит к потере (вымыванию) ионов алюминия, что снижает возможность дальнейшего поперечно-пространственного сшивания молекул кислоты. Потеря воды усложняет процесс экстрагирования ионов, что делает невозможным полноценное прохождение реакции до конца. В обоих случаях (при избытке и недостатке влаги) материал становится более слабым, не достигая

оптимальной прочности из-за невозможности образования максимального количества поперечных и пространственных связей.

При наличии в водном растворе полиакриловой кислоты достаточного количества ионов кальция высокая сшивающая способность последнего может вызвать отверждение в течение 15 с, и только постепенное медленное выщелачивание иона из сплавленных со стеклом кальциевых соединений обеспечивает увеличение рабочего времени цемента. Таким образом начинается превращение поликислотных молекул в гель. На этой стадии величина рН цемента начинает заметно возрастать.

Стадия отверждения может длиться до 7 дней (считается, что связывание цепей поликислот ионами кальция продолжается в среднем около 3 ч, ионами алюминия — 48 ч). Она обеспечивается в основном сшиванием цепей поликислот ионами алюминия (рис. 1). Требуется около 30 мин для высвобождения достаточного для реакции количества ионов алюминия. Они и формируют финальную прочность материала, образуя поперечные связи молекул кислоты. Трехвалентная природа ионов алюминия обеспечивает более высокую степень поперечного связывания и образование пространственной структуры. Однако есть данные о том, что кальциевые и алюминиевые цепочки могут разрываться и перестраиваться на протяжении всего периода существования реставрации.

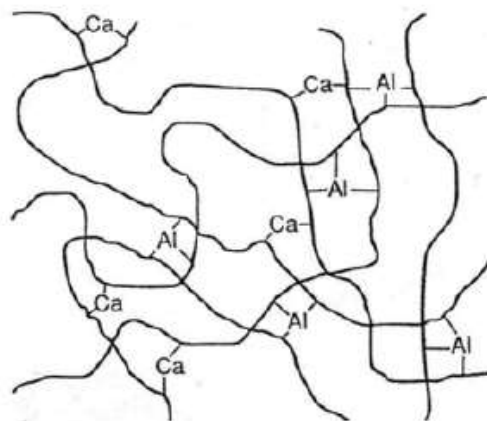


Рис. 1. Стадия отверждения стеклоиономерного цемента: поперечное сшивание молекул поликислот трехвалентными ионами алюминия с образованием пространственной структуры полимера

В этой же стадии завершается процесс образования силикагеля на поверхности стеклянных частичек. При образовании силикагеля, окружающего частички непрореагировавшего стекла, выделяется вода. После этого материал становится нечувствительным к влаге.

Окончательная структура затвердевшего цемента представляет собой стеклянные частицы, каждая из которых окружена силикагелем и распо-

жена в матриксе из поперечно связанных молекул поликислот (полиакрилата металла) (рис. 2). Межфазный слой силикагеля играет роль связующего, образуя соединение с поверхностью непрореагировавших частиц и с матрицей, за счет чего повышается прочность материала. Приблизительно 11–24 % затвердевшего цемента составляет вода, которую можно подразделить на «свободно связанную», легко теряемую при дегидрагации, и «жестко связанную», или стабильную, являющуюся неотъемлемой частью реакции отверждения и структуры затвердевшего цемента.



Рис. 2. Структура затвердевшего стеклоиономерного цемента

Ионы фтора и фосфатов образуют нерастворимые соли, а также комплексы, которые играют важную роль в переносе ионов и их взаимодействии с полиакриловой кислотой.

Таким образом, термин «стеклоиономерный цемент» происходит от названия компонента отвердевшего цемента: частиц фтор-алюмосиликатного стекла в так называемом иономере — полимере, связанном ионами металлов.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

Химическая адгезия СИЦ к дентину, эмали и цементу без кислотного протравливания обеспечивается двумя механизмами. Первый из них основан на том, что карбоксилатные группы макромолекулы полиакриловой кислоты способны образовывать хелатные соединения с кальцием, в частности с кальцием гидроксиапатита дентина и эмали. Адгезия к минеральной части твердых тканей зуба начинается сразу же после контакта с внесенным в полость материалом. Ионы фосфата вытесняются из апатитов карбоксильными группами, которые связывают ионы кальция, чтобы сохранить электрическую нейтральность. Эти соединения образуются в результате диффузии. Таким образом, полиакрилатные ионы реагируют со структурой апатита, перемещая кальциевые и фосфатные ионы и создавая промежуточный слой миакрилатных, фосфатных и кальциевых ионов или связываясь непосредственно с кальцием апатита.

Второй предположительный механизм связи основан на сродстве поликарбоновых кислот к азоту белковых молекул, в частности коллагена, что проявляется абсорбцией полиакриловой кислоты на коллагене дентина. Связывание с коллагеном заключается в создании мостиков водородными ионами или ионами металла между группами поликислот и молекулами коллагена. Сила этого сцепления до сих пор точно не определена, сам механизм связи окончательно не доказан. Таким образом, связь с дентином может состоять из ионной связи с апатитом структуры дентина и, возможно, связи водородного типа с коллагеном.

Однако сила связи СИЦ с твердыми тканями зуба не является достаточно большой. Согласно различным источникам, она может достигать 2–7 МПа, что значительно меньше сил напряжения, развивающегося вследствие усадки композиционного материала, сил связи с тканями зуба адгезивных систем 4–5-го поколения и тем более меньше сил связи внутри самого дентина. Относительно высокая вязкость традиционных цементах практически исключает возможность их фиксации к эмали и дентину за счет микроретенции. Таким образом, наличие химической связи материала с тканью зуба имеет значение не столько для прочности соединения, сколько для его плотности, обеспечивая непроницаемость контакта «цемент – ткань зуба» для влаги. СИЦ образует химическую связь с тканями зуба даже в присутствии смазанного слоя. Но наиболее сильная связь данного материала с тканями зуба образуется после специальной подготовки последних, заключающейся в удалении загрязнений. Первоначально для этой цели использовали лимонную кислоту низкой концентрации или перекись водорода, которые частично удаляли смазанный слой из кариозных полостей. Оптимальным кондиционированием (подготовкой) оказалась обработка 10%-ным раствором полиакриловой кислоты в течение 10–15 с. Такая обработка, кроме очистки, способствует переактивации ионов кальция, преобладающих в смазанном слое, которые затем при контакте с СИЦ быстрее и легче вступают в реакцию. Более длительное (более 20 с) воздействие полиакриловой кислоты на твердые ткани зуба может вызвать открытие дентинных канальцев и деминерализацию более глубоких слоев дентина. Деминерализация может привести к существенному снижению химической адгезии цемента за счет уменьшения содержания кальция, обеспечивающего эту связь. Открытые дентинные канальцы способны стать причиной постпломбировочной гиперчувствительности. Поэтому время кондиционирования не должно превышать 15–20 с.

Поскольку полиакриловая кислота входит в состав СИЦ, недостаточное ее промывание после кондиционирования не влияет отрицательно на процесс отверждения материала.

Связь стеклоиономера с эмалью выше, чем с дентином (сила связи с дентином обычно находится в пределах 1–3 МПа), что, вероятно, можно объяснить более высоким содержанием ионов кальция в эмали.

Химическая адгезия к большинству материалов, используемых для реставрационных работ (композитам, амальгамам, азоту, платине, оксидированной фольге, нержавеющей стали, олову, золотому сплаву, материалам, содержащим эвгенол), объясняется способностью СИЦ образовывать хелатные и водородные связи с различными субстратами.

Фторзависимый кариесстатический эффект основан на двух явлениях, происходящих во время и после отверждения СИЦ, — на выделении фтора и образовании слоя фторсодержащих апатитов на границе между материалом пломбы и тканями зуба.

Выделение ионов фтора начинается в первую фазу (фазу растворения), после смешивания порошка и жидкости цемента при растворении поверхности фторсодержащих частиц порошка, и длится в течение всего периода экстрагирования ионов, достигая максимума через 24–48 ч и резко снижаясь после 24–72 ч. В этот период создается «резерв» фторида, который будет выделяться в снижающихся количествах после отверждения цемента в течение 1 месяца и затем на очень низком уровне — в течение 12 месяцев. Выделение фтора также может частично происходить путем диффузии через поры и трещины в материале. Считается, что фтор поступает в ткани зуба и выделяется в ротовую жидкость, оказывая кариесстатический и антибактериальный эффект. Есть данные, что фтор из СИЦ в течение нескольких месяцев диффундирует в дентин на глубину 25–50 мкм. Диффузия фтора усиливает минерализацию окружающих твердых тканей зуба, уменьшает проницаемость дентина, способствует реминерализации начальных кариозных повреждений и останавливает или замедляет оставшийся кариозный процесс. Твердая ткань зуба под цементом оказывается более плотной, гиперминерализованной. Возможно, кроме фтора, в этом процессе также играют роль кальций и кремний, хотя механизм этого процесса до конца не выяснен.

Свободное движение ионов фтора обусловлено тем, что они структурно не связаны с матрицей цемента. Ионы фтора способны к миграции соответственно градиенту концентрации в направлении от пломбы в полость рта. Направление может изменяться в случае высокой концентрации ионов фтора в среде полости рта, например при профилактическом применении других фтористых соединений. Есть данные о способности СИЦ к адсорбции ионов фтора — насыщению ионами фтора путем их контакта с фторсодержащими материалами, в частности с зубными пастами, гелями, растворами для полосканий и аппликаций. Это явление получило название «батарееного», подзаряжающего, эффекта СИЦ. Поступившие ионы фтора, которые связа-

лись с полимерной матрицей материала, затем медленно высвобождаются в полость рта.

Антибактериальные свойства СИЦ также связаны с действием выделяющегося фтора. Доказано, что поверхность пломб из данного материала имеет меньшее количество бактерий, чем из цинк-фосфатных и цинк-поликарбоксилатных цемента.

Биосовместимость. СИЦ обладают довольно высокой биосовместимостью. Неоднократно проводимые тесты с культурой ткани указывали на наличие более слабой реакции клеток на СИЦ, чем на цинк-оксид-эвгенольный или на цинк-поликарбоксилатный цемент. Однако существуют исследования, свидетельствующие о значительном разрушении клеток при тестах с культурой клеток, а также о некрозе пульпы, задержке процесса образования нерегулярного вторичного (третичного) дентина при наложении цемента на дно глубоких кариозных полостей. Это может быть связано с раздражением пульпы ионами водорода вследствие низкого (0,9–1,6) начального значения pH сразу после замешивания цемента. Именно поэтому свежесмешанный цемент обладает высокой цитотоксичностью, но этот эффект снижается параллельно с отверждением материала. Сама по себе полиакриловая кислота не может диффундировать в дентин из-за высокой молекулярной массы.

Еще одним аспектом влияния СИЦ на пульпу является его гидрофильность. Сразу после внесения материала в полость высокая концентрация кислоты и свободных ионов может привести к усиленному движению жидкости из пульпы к цементу. Это может вызвать развитие гиперчувствительности пульпы, а при пересушивании дентина и нарушении соотношения «порошок/жидкость» в сторону порошка — к ее сильной дегидратации. Однако выполнение всех необходимых требований при работе с СИЦ практически устраняет риск описанных осложнений.

Биосовместимость СИЦ позволяет применять их без прокладки или в качестве прокладочного материала, но в связи с возможным раздражением пульпы из-за начальной высокой кислотности необходимо использовать кальцийсодержащие прокладки при глубоких полостях в сочетании с острым течением кариозного процесса.

Близость коэффициента термического расширения к таковому эмали и дентина. Коэффициент температурного расширения СИЦ наиболее близкий к тканям зуба по сравнению с другими стоматологическими пломбировочными материалами. Это предотвращает растрескивание пломбированных зубов или нарушение краевого прилегания пломб при изменениях температуры в полости рта.

Теплопроводность СИЦ также наиболее близка к теплопроводности дентина по сравнению с другими пломбировочными материалами.

Выделение тепла в процессе отверждения СИЦ незначительно, что исключает возможность неблагоприятного термического влияния на пульпу.

Высокая прочность на сжатие. Прочность на сжатие СИЦ является самой высокой среди всех реставрационных цементах и приближается по значению к таковой у композитных материалов. Это свойство стеклоиономеров позволяет применять их в качестве базы под композитный материал при использовании сэндвич-техники, выдвигающей высокие прочностные требования к базисному материалу. Прочность на сжатие восстановительного СИЦ повышается в течение от 24 ч до 1 года в среднем с 160 до 280 МПа (в отличие от цинк-поликарбоксилатных цементах) за счет инкорпорации ионов в матрицу и образования в ней перекрестных связей. Прочность нарастает быстрее, если в ранний период цемент изолирован от влаги.

Усадка. Объемная усадка СИЦ составляет 1,0–3,6 % (согласно другим данным — 3–4 %) по истечении 30 с после их наложения и 2,8–7,1 % — спустя 24 ч. Сила этой усадки составляет 40 % силы усадки, возникающей во время полимеризации композиционных материалов, что до определенной степени обеспечивает возможность компенсации этой силы при одновременном применении с композиционными материалами в сэндвич-технике.

Поглощение воды, а также ионный обмен между пломбой и тканями зуба частично или полностью компенсируют присущую стеклоиономерам усадку при отвердевании, сорбция воды отвечает за стабильность размеров пломб. Вода абсорбируется цементом при условии высокой относительной влажности (85 % и более) или в присутствии самой воды, что принуждает цемент расширяться. Усадка наблюдается, если цемент пересушивается, что происходит в среде с относительной влажностью меньше 80 %.

Растворимость. Высокая растворимость в воде — недостаток многих цементах, в том числе силикатных. СИЦ не являются исключением. Растворимость материала зависит от цементной композиции, используемой клинической техники и окружающей среды полости рта. Растворение незрелого цемента может продолжаться до полного отверждения материала в течение 24 ч. Это объясняет необходимость временной защиты поверхности цемента водонепроницаемым слоем. Такая защита должна действовать по крайней мере в течение 1 ч — до достижения уровня экстрагирования ионов, позволяющего цементу оптимально затвердеть.

Для предохранения от излишней влаги и пересушивания используются лаки. Эффективнее применять низковязкие светоотверждаемые лаки. В качестве лаков можно использовать адгезивы от композиционных материалов, не содержащие спирт и ацетон.

Растворимость материала также снижается за счет повышения соотношения «порошок/жидкость». Минимизировать размывание цемента можно путем строгого следования клинической технике использования материала.

Потеря материала из-за растворения в жидкости полости рта прекращается через несколько дней после окончательного отверждения цемента, и дальнейшая убыль материала зависит уже от среды полости рта — от кислотных атак и стирания. Кислотные атаки реализуются в основном в местах скопления зубной бляшки, микрофлора которой продуцирует кислоты. Преимуществом СИЦ перед другими цементами является наиболее низкая растворимость в кислотах.

Однако очень низкий уровень pH может повлечь за собой растворение матрицы стеклоиономера, разрушение пломбы, начинающееся с поверхности. Применение подкисленных растворов с уровнем pH, приближающимся к 3, с одновременной фторпрофилактикой может приводить к образованию полостей в матрице материала, особенно при регулярном использовании. Поэтому при фторпрофилактике у лиц с пломбами из СИЦ целесообразно применение соединений с уровнем pH, приближающимся к 7.

Низкая устойчивость к истиранию. Устойчивость к механическому истиранию у СИЦ низкая, особенно в первые дни, что ограничивает их применение в участках с высокими нагрузками. По этой же причине, в дополнение к высокой хрупкости, данный материал в основном не может быть использован в качестве долгосрочного постоянного пломбировочного материала (за исключением полостей III и V классов по Блэку).

Эстетические свойства. Цвет СИЦ обеспечивается видом стекла и добавками цветовых пигментов (типа оксида железа или угля). Цветовые качества этих материалов, вполне удовлетворительны и могут быть, как и у композиционных материалов, близкими к таковым тканей зубов, немного отличаясь от них по яркости и насыщенности.

Для СИЦ основную эстетическую проблему составляет не цвет, а неудовлетворительная прозрачность, значительно уступающая прозрачности композиционных материалов. Нередко эти цементы выглядят тусклыми и безжизненными, что и ограничивает их использование в качестве восстановительного материала для лечения пришеечных дефектов и небольших полостей III класса. Прозрачность СИЦ ближе к прозрачности дентина, чем эмали. Она со временем изменяется, достигая соответствующей степени через несколько дней.

Быстротвердеющие стеклоиономеры имеют соответствующую прозрачность почти сразу. Она может незначительно измениться через несколько дней, однако эти изменения не будут сильно выражены.

Опаковость (свойство, противоположное прозрачности) ранних вариантов СИЦ составляла 0,39–0,85, современных — достигает 0,4 (опаковость эмали — 0,35, дентина — 0,70). В некоторых случаях высокая опаковость цемента бывает полезной для маскировки пятен или других образований высокой интенсивности окрашивания. Однако именно это свойство обычно

значительно затрудняет устранение оптической границы между материалом и тканями зуба.

Таким образом, до сих пор проблематичной является возможность создания эстетически приемлемого СИЦ; материалы с относительно удовлетворительными оптическими характеристиками имеют худшие характеристики отверждения.

Однако положительным свойством стеклоиономеров является их более низкая, чем у силикатных цементах и композитов, восприимчивость к окрашиванию, что объясняется лучшей связью между матриксом и стеклом по сравнению с таковой между наполнителем и смолой у композита.

Проблемой СИЦ является недостаточная полируемость, не позволяющая обеспечить качество поверхности пломбы, близкое к поверхности естественного зуба.

КЛАССИФИКАЦИЯ

Стеклоиономерные цементы по химическому составу и по способу отверждения разделяются на следующие типы:

1. Традиционные (химические) — отверждение происходит за счет кислотно-основной реакции.

2. Полимерно-модифицированные (самоотверждающиеся) гибридные — имеют два механизма отверждения:

– кислотно-основная реакция;

– реакция химической активации катализаторами (перекись бензоила и аминный ускоритель).

3. Полимерно-модифицированные светотверждаемые гибридные — два механизма отверждения:

– фотоинициируемая реакция полимеризации метакрилатных групп полимера и НЕМА;

– кислотно-основная реакция между полиакриловой кислотой и фтор-алюмосиликатным стеклом.

Особенностью гибридной стеклоиономерной системы Vitremer (3М ESPE) являются три механизма отверждения: кислотно-основная реакция, полимеризация под влиянием света фотоинициатора и «темная полимеризация» — активация реакции катализаторами, расположенными в микрокапсулах (стеклоиономерная, фотополимеризующая, химическая). Благодаря трем механизмам полимеризации материал можно вводить в полость зуба единой порцией.

Еще одной недавно разработанной группой СИЦ являются фотоактивируемые самоотверждающиеся СИЦ — это традиционные СИЦ, где кис-

лотно-основная реакция ускоряется путем добавления красного пигмента, инициируемого светом. Этот принцип реализован только в одном материале Fuji VII (GC). Применяется для герметизации фиссур, защиты обнаженной поверхности корня (розовый цвет имитирует десну) и как временный пломбировочный материал.

Стеклоиономерные цементы по назначению делятся на 4 типа (Р. Филлипс, 1991):

1. Фиксирующие (лютинговые) — для временных пломб и цементирования несъемных ортопедических конструкций.
2. Реставрационные материалы:
 - эстетические;
 - пакуемые;
 - упрочненные (керметы).
3. Быстротвердеющие прокладочные материалы и герметики.
4. Для пломбирования корневых каналов.

ТРАДИЦИОННЫЕ СТЕКЛОИОНОМЕРНЫЕ ЦЕМЕНТЫ

Фиксирующие СИЦ. Основные особенности этих СИЦ следующие:

- низкое соотношение порошка и жидкости (1 : 1);
- продолжительное рабочее время;
- минимальная толщина пленки материала до 14 мкм;
- при отверждении pH быстро переходит в нейтральное.

К ним относятся: Ketac Cem (3M ESPE); Fuji I (GC); AquaCem (Dentsply); Aqua Meron (VOCO); Meron (VOCO); Ionoscell (Septodont); Ionofix (VOCO).

Реставрационные эстетические СИЦ характеризуются:

- более высоким соотношением порошка и жидкости (3 : 1);
- удовлетворительной прочностью;
- низкой растворимостью;
- удовлетворительной эстетикой (светостойкостью).

К ним относятся следующие материалы химического отверждения: Ketac Fil Plus (3M ESPE); Chelon (3M ESPE); Fuji II (GC); ChemFil Superior (Dentsply); Ionofil (VOCO); Aqua Ionofil (VOCO).

Реставрационные пакуемые СИЦ. Эта группа появилась относительно недавно. В ее составе изменен вид стекла, что позволило увеличить прочностные характеристики.

Пакуемые СИЦ характеризуются:

- высоким соотношением порошка и жидкости (3 : 1);
- удобством в работе, пакуемостью;
- повышенной прочностью;

- износоустойчивостью;
- быстротой затвердевания;
- устойчивостью к влаге;
- возможностью окончательного шлифования и полирования в первое посещение.

К ним относятся следующие материалы: Fuji IX GP (GC); Ketac Molar (3M ESPE); ChemFlex (Dentsply); Ionofil Molar (VOCO), Гиофил (Республика Беларусь).

Данный тип СИЦ применяется для нагруженных реставраций; также они могут использоваться для замещения дентина при выполнении сэн-двич-техники, создании баз под реставрации.

Реставрационные упрочненные СИЦ (керметы, или кермет-цементы). В состав порошка этой группы материалов добавлены металлические компоненты (серебро — около 17,5 % по объему).

Выделяют три типа кермет-цементов:

- 1-й тип — смесь стекла и серебра (недостатки: отсутствие связи серебра с матрицей цемента, прокрашивание твердых тканей зуба и возможное прокрашивание десневого сосочка);
- 2-й тип — серебро инкорпорировано в стекло;
- 3-й тип — к серебру добавлен палладий, образующий хелатные соединения с ПАК.

Эта группа обладает следующими свойствами:

- более коротким временем отверждения;
- повышенной прочностью;
- повышенной устойчивостью к истиранию;
- повышенным коэффициентом термического расширения.

К кермет-цементам относятся следующие материалы: Chelon Silver (3M ESPE); Ketac Silver (3M ESPE); Miracle Mix (GC); Argion (VOCO); Argion Molar (VOCO); Hi Dense (Shofu); Alpha Silver (DMG).

Быстротвердеющие СИЦ (прокладочные и герметики). Характеристика быстротвердеющих СИЦ зависит от варьирования соотношения порошка и жидкости в зависимости от типа прокладки: от 1,5 : 1 до 4 : 1.

Они характеризуются следующими свойствами:

- более коротким рабочим временем и временем отверждения;
- рентгеноконтрастностью;
- идентичностью с внешним видом дентина.

К этой группе относятся следующие материалы химического отверждения: Ketac Bond (3M ESPE); Fuji III (GC); GC Lining Cement (GC); Ionobond (VOCO); Aqua Ionobond (VOCO).

СИЦ могут применяться в качестве лайнерных и базовых прокладок для всех типов полостей.

Недостатки традиционных СИЦ. При всех своих положительных качествах традиционные СИЦ обладают рядом недостатков, а именно:

- сложны в работе;
- являются очень вязкими, обладают низкой пластичностью;
- чувствительны к влаге на ранних стадиях отверждения и пересушиванию;
- имеют короткое время работы, быстрое схватывание;
- недостаточно прочны (нельзя применять на участках с высокой жевательной нагрузкой);
- обладают низкой сопротивляемостью к абразии и пористости, что приводит к плохой полировке поверхности;
- имеют длительную окончательную реакцию отверждения в течение 24–48 ч;
- обладают высокой начальной кислотностью материала;
- имеют недостаточную химическую стойкость.

Стеклоиономерный цемент «Геофил» производства Республики Беларусь

Стоматологический цемент «Геофил» (рис. 3) был разработан кафедрой химической технологии вяжущих материалов Белорусского государственного технологического университета совместно с кафедрой общей стоматологии Белорусского государственного медицинского университета. «Геофил» прошел технические, санитарно-гигиенические и медицинские испытания с целью обоснования его применения в клинической практике.



Рис. 3. Стеклоиономерный цемент «Геофил»

Технологический процесс получения нового материала состоял из следующих этапов:

- 1) получение алюмо-стронций-фторсиликатного стекла в муфельной печи, помола стекла до размера частиц 2–45 мкм;

2) синтез сополимера акриловой, итаконовой, малеиновой кислот, диспергирования компонентов в смесителе-диспергаторе с последующей фасовкой в полимерные флаконы.

Для регулирования рабочего времени и pH среды в состав жидкости СИЦ «Гиофил» введены винная кислота, способствующая повышению прочностных характеристик материала за счет образования дополнительных связей между цепями поликислот, и фумаровая кислота, препятствующая возрастанию вязкости и увеличивающая срок хранения материала. Соединения бария и стронция введены в состав данного СИЦ с целью улучшения физико-химических свойств и повышения рентгеноконтрастности.

Состав порошка СИЦ «Гиофил»:

- алюмо-стронций-фторсиликатное стекло — 38 %;
- кальция фторид — 15 %;
- алюминия оксид — 16 %;
- кремния диоксид — 17 %;
- алюминия ортофосфат — 6 %;
- натрий углекислый — 4 %;
- бария карбонат — 4 %.

Жидкость затвердения содержит сополимеры кислот:

- акриловой, итаконовой, малеиновой — до 25 %;
- фумаровой кислоты — до 10 %;
- винной кислоты — 3–16 %.

ПОЛИМЕРНО-МОДИФИЦИРОВАННЫЕ СТЕКЛОИОНОМЕРНЫЕ ЦЕМЕНТЫ

Появление полимерно-модифицированных (ПМ) светоотверждаемых гибридных СИЦ ознаменовало коренные изменения в стеклоиономерной технологии. Первый светоотверждаемый СИЦ «Vitrebond» появился в 1993 г.

Кислотно-основная реакция в ПМ СИЦ протекает по классической схеме, а композитная составляющая обеспечивает защиту цемента сразу после отверждения как от потери несвязанной воды, так и от избыточного водопоглощения.

В связи с введением в состав ПМ СИЦ органической матрицы изменяются свойства материала. Для ПМ СИЦ характерны:

- меньшая начальная кислотность материала;
- регулируемое рабочее время;
- высокая адгезия к тканям зуба за счет двойного механизма связи;
- повышенная прочность благодаря двойному механизму отверждения, приобретаемая сразу после полимеризации;

- меньшая усадка (до 4 %), постполимеризационный стресс в 2 раза меньший, чем у композитов, за счет низкого модуля упругости;
- большая устойчивость к сжатию и диаметральному растяжению;
- меньшая чувствительность к пересушиванию и к избытку влаги;
- пролонгированное выделение фтора;
- возможность немедленной обработки после полимеризации;
- улучшенная эстетика.

К **прокладочным ПМ СИЦ** относятся следующие материалы: Vitrebond (3M ESPE); Ionoseal (VOCO); Aqua Cenit (VOCO); Vivaglass Liner (Ivoclar Vivadent); Fuji Lining LC (GC); Photac Bond (3M ESPE).

К **фиксирующим ПМ СИЦ** относятся: RelyX Luting (3M ESPE); Vitremer SC (3M ESPE); Fuji Plus (GC); Edvans (Dentsply).

К **реставрационным ПМ СИЦ** относятся: Vitremer (3M ESPE); Photac Fil Quick Aplicar (3M ESPE); Fuji IX LC (GC); Fuji II LC (GC).

Необходимо, однако, отметить, что в определенном смысле ПМ СИЦ вступают в противоречие с философией стеклоиономеров, так как содержат мономер, который, во-первых, обладает определенной токсичностью, а во-вторых, может приводить к развитию аллергических реакций.

Недостатки ПМ СИЦ. Светоотверждаемые ПМ СИЦ широко признаны сегодня, но и они имеют ряд недостатков. Все светоотверждаемые СИЦ допускают проникновение света только на определенную глубину. Следовательно, необходима техника послойного нанесения, толщина слоя должна составлять не более 2 мм. На эти материалы нельзя фиксировать внутриканальные штифтовые конструкции, так как все СИЦ имеют в своем составе элементы с метакрилатными группами, и при отсутствии света метакрилаты останутся в значительной мере неотвержденными.

СТЕКЛОИОНОМЕРНЫЕ ЦЕМЕНТЫ ДЛЯ ПЛОМБИРОВАНИЯ КОРНЕВЫХ КАНАЛОВ

СИЦ начали широко использовать для obturации корневых каналов с 1975 г. в Европе, а с 1977 г. — в США, и они не потеряли актуальность в настоящее время. Это связано с тем, что СИЦ сочетают в себе свойства силикатных и полимерных фиксирующих материалов, а также обладают хорошей адгезией (химическая связь) к дентину корня зуба и к гуттаперчевым штифтам, длительным бактериостатическим действием, отсутствием раздражающего действия на ткани периодонта, незначительной растворимостью, длительным выделением фторидов после затвердевания. Корневая пломба из СИЦ характеризуется стабильностью и долговечностью, что обеспечивает

надежную obturацию корневого канала. Рядом исследователей отмечают хорошие результаты использования этого вида материалов при лечении хронических периодонтитов, перфораций корня зуба, пострезекционных состояний. Представителями данной группы являются Ketac Endo (3M/ESPE), Endion (Voco), Endo Jen (Jendental), «Стиодент» (ВладМиВа). Один из **недостатков** данных СИЦ — малое рабочее время.

СТЕКЛОИНОМЕРНЫЙ ЦЕМЕНТ «ЭНДОСИЛ» ПРОИЗВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В Белорусском государственном технологическом университете на кафедре химической технологии вяжущих материалов совместно с кафедрой общей стоматологии Белорусского государственного медицинского университета разработан новый СИЦ для пломбирования корневых каналов — «Эндосил» (рис. 4), который в настоящее время изготавливается ОАО ГИАП (г. Гродно). Материал состоит из полиакриловой кислоты, выполняющей функцию связующего агента, и нескольких порошкообразных веществ-наполнителей. К их числу относятся биоактивная керамика «Кафам» (термообработанный гидроксипатит), а также тонкодисперсное силикофосфатное стекло. Введенная кальций-фосфатная керамика «Кафам» повышает биосовместимость материала с корневым дентином и тканями периодонта, снижает усадку, улучшает пластические свойства гидроксида алюминия.



Рис. 4. Цемент стоматологический «Эндосил» для пломбирования корневых каналов

Полиакриловая и винная кислоты регулируют рабочее время и pH среды. Фтор оказывает длительное бактерицидное и фунгицидное действие на грибы рода *Candida*. Кроме того, в состав композиции порошка СИЦ «Эндосил» введены ряд специальных добавок, обеспечивающих необходимые физико-химические и механические свойства цемента. Для получения цементного теста используется дистиллированная вода, смешиваемая с порошком в соотношении 1 : 2,2.

СИЦ «Эндосил» имеет высокую рентгеноконтрастность и адгезионную связь с корневым дентином, обеспечивает плотное прилегание гуттаперчевых штифтов к стенкам канала и надежную герметичность пломбирования, связывает воедино гуттаперчевые штифты, заполняет дополнительные каналы, стабилен (не рассасывается), биосовместим с тканями периодонта, способствует реминерализации и заживлению периапикальных тканей, прост в обращении. В отличие от своих аналогов СИЦ обладает более длительным рабочим временем (7–10 мин) и временем полного затвердевания (30–40 мин).

ПОКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ

Показаниями к применению СИЦ являются:

1. Кариозные полости III и V классов в постоянных зубах, включая полости, распространяющиеся на дентин корня. Низкий модуль эластичности СИЦ компенсирует напряжение в пришеечной области, а отсутствие больших нагрузок делает возможным использование этих материалов в постоянных зубах.
2. Кариозные полости всех классов в молочных зубах.
3. Некариозные поражения зубов пришеечной локализации (эрозии, клиновидные дефекты).
4. Кариес корня зуба.
5. Отсроченное лечение постоянных зубов. Чаще всего подобная процедура сочетается с эндодонтическим лечением.
6. Лечение кариеса зубов с использованием ART-методики.
7. Туннельная техника лечения кариеса (нешироко применяющаяся техника, описанная еще в 1963 г. Jinks).
8. Фиксация вкладок, накладок, коронок, мостовидных протезов, ортодонтических аппаратов.
9. Внутриканальная фиксация штифтовых конструкций.
10. Использование в качестве подкладочного материала под постоянные пломбы.
11. Использование в методике открытого и закрытого «сэндвича».
12. Реконструкции культи зуба при сильно разрушенной коронке перед протезированием, изготовление коронково-корневых вкладок.
13. Пломбирование корневых каналов гуттаперчевыми штифтами.

Использование СИЦ предпочтительнее:

- при низкой гигиене полости рта;
- множественном или вторичном кариесе зубов, быстротекущем кариесе;
- поражении твердых тканей зубов ниже уровня десны;

- наличии кариеса корня;
- лечении детей;
- в гериатрической стоматологической практике;
- некариозных поражениях.
- восстановлении зубов, ранее леченных резорцин-формалиновым методом;
- невозможности технически выполнить реставрацию композитами (высокое слюноотделение, труднодоступные полости третьих моляров, кровотечение при маргинальном периодонтите).

ОСОБЕННОСТИ КЛИНИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Основной причиной неудач в работе с СИЦ является нарушение технологии их использования, что несомненно влияет на качество выполненных реставраций. Применение СИЦ должно проводиться строго по инструкции к материалу. При наличии кондиционера первым этапом работы будет кондиционирование. Такая обработка позволяет удалить смазанный слой, оставив при этом частично запечатанные каналы. Использование сильных кислот приведет к деминерализации твердых тканей зуба, уменьшению эффективности ионообмена и снижению адгезии материала к подлежащим тканям.

Соотношение «порошок/жидкость» оказывает большое влияние на физические свойства материала. Он должен быть дозирован с помощью специальных устройств — капсул, мерников, оптимальное замешивание проводится только в миксере. Правильно приготовленная цементная смесь для фиксации имеет текучую консистенцию и стекает со шпателя густой каплей. Для прокладок используют более вязкую консистенцию (прикосновение к материалу зондом и поднятие его вытягивает материал на 1–2 мм). Для получения полноценной адгезии очень важно нанести замешанный материал на дно полости, не допустив при этом появления пор, раковин. Поэтому СИЦ в полости необходимо тщательно конденсировать, для чего применяются различные приемы: уплотнение штопфером, смоченным водой или припудренным порошком, либо увлажненным (отжатым в валике) аппликатором-микробраш (губкой) или ватным шариком. В случае использования капсул ситуация проще, поскольку сама капсула играет роль канюли. Для пломбирования кариозных полостей используется тестообразная консистенция с глянцевой поверхностью. При подготовке зубов для цементирования или пломбирования СИЦ необходимо помнить о том, что дентин должен быть влажным. Несоблюдение данного условия приведет к гиперчувствительности дентина. Следует помнить о быстрой дегидратации СИЦ, поэтому непосредственно

после внесения последних в полость показано покрытие лаком или адгезивами без светоотверждения.

Обработку пломб из традиционных СИЦ проводят в два этапа. В первое посещение пациента предварительно обрабатывают пломбу без струйно-водяного охлаждения, удаляя излишки материала по направлению от пломбы к зубу, после чего снова покрывают лаком. Окончательная влажная полировка осуществляется через 24 ч. Поверхность пломб ПМ СИЦ обрабатывают в первое посещение пациента. При работе с СИЦ предпочтительнее использовать матрицы (лавсановые, мягкие металлические), которые позволяют получить оптимальную чистоту поверхности пломбы и минимизировать ее обработку.

МЕТОДИКИ ЛЕЧЕНИЯ И РЕСТАВРАЦИИ ЗУБОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТЕКЛОИОНОМЕРНЫХ ЦЕМЕНТОВ

Способность СИЦ к адгезии к твердым тканям зуба и к композиционным материалам позволяет использовать их в различных методиках лечения зубов, таких как ART-техника и сэндвич-техника.

Методика ART. В 1994 г. голландский врач Тасо Pilot предложил методику ART (atraumatik restorative treatment — атравматическое реставрационное лечение) не как альтернативу, а как дополнение к машинному методу препарирования. Методика разрабатывалась с 1980-х гг. в сотрудничестве с ВОЗ для оказания стоматологической помощи в сложных условиях, при лечении маленьких детей, психически неполноценных людей, пациентов с тяжелой общесоматической патологией, например после острых инфарктов и инсультов (рис. 5).



Рис. 5. Инструменты для ART-препарирования

Суть ART-метода заключается в обработке кариозной полости специальными ручными инструментами, которые позволяют обеспечить безболезненное и щадящее иссечение кариозной эмали и дентина, с последующим пломбированием сформированной полости СИЦ.

Сэндвич-техника была впервые описана W. McLean в 1977 г., но применяется и в настоящее время. Сэндвич-техника, или техника «слоеной» реставрации, предполагает использование нескольких материалов в одной реставрации при топографически глубокой кариозной полости либо в полостях, достигающих 50 % разрушения коронки зуба. Известны сочетания «СИЦ – композит химического отверждения» и «СИЦ – фотокомпозит». Сочетание материалов «СИЦ – фотокомпозит» является сегодня наиболее распространенным и обоснованным. Методика применения двух пломбировочных материалов в одной полости заключается в восстановлении основного объема разрушенных патологическим процессом тканей зуба СИЦ (чаще пакуемым) и замещением эмали более прочным и эстетичным композиционным материалом.

В клинических случаях, когда кариозные полости располагаются на уровне десневого края либо при расположении полости ниже уровня десны, СИЦ обеспечивает более качественную герметичность данной области, чем композиционный материал. Применение СИЦ позволяет избежать токсического воздействия композита на пульпу, сократить количество данного материала и этапов его внесения в пломбируемую полость. СИЦ в сэндвич-технике применяется как средство связывания композита с тканями зуба. Сэндвич-технику можно рассматривать как альтернативу адгезивной технике при некариозных поражениях твердых тканей зуба. При некариозных поражениях эмаль и дентин структурно изменены, а адгезивные системы, рассчитанные на нормальное строение тканей зуба, не обеспечивают достаточно прочной адгезии пломбы. Слой СИЦ, находящийся под композиционной пломбой, нельзя считать прокладкой, более корректным в данном случае будет определение «пломба из СИЦ, покрытая композиционным материалом».

Взгляды исследователей на эффективность применения сэндвич-техники противоречивы. С одной стороны, существует мнение, что использование СИЦ в качестве подложки приводит к неэстетичности реставрации. С другой стороны, в таких клинических ситуациях, как активный кариес, кариес на апроксимальной поверхности зуба с вовлечением в кариозный процесс цемента корня, применение композиционного материала возможно только в сочетании с СИЦ. Функции последнего в сэндвич-технике — профилактическое действие, минерализирующий и бактериостатический эффект, надежная химическая связь с дентином, особенно в реставрациях, испытывающих повышенную окклюзионную нагрузку. Композиционный материал в сэндвич-технике обеспечивает эстетику и износоучтойчивость, полное анатомическое и прочностное восстановление окклюзионных поверхностей, подверженных разнонаправленным жевательным нагрузкам.

Показания к применению сэндвич-техники:

1. Отсутствие более 40 % объема твердых тканей коронки зуба и значительное истончение сохранившихся стенок зуба.

2. Восстановление зуба после эндодонтического лечения.
3. Глубокие дефекты кариозного и некариозного происхождения в области моляров и премоляров при высоких эстетических требованиях.
4. Ограниченный доступ к восстанавливаемому дефекту.
5. Декомпенсированное течение кариеса.
6. Невозможность обеспечить абсолютно сухое поле, например у пациента с бронхиальной астмой, затрудненным носовым дыханием, аллергией на латекс, когда противопоказано использование коффердама.
7. Близкое расположение десны и невозможность обеспечения абсолютной сухости операционного поля.

В настоящее время предложено три основных варианта сэндвич-техники:

1. Закрытый, при котором СИЦ со всех сторон закрыт стенками зуба и/или композиционным материалом. Такая ситуация возможна при полостях любого класса.

2. Открытый, когда одна из поверхностей СИЦ контактирует со средой полости рта. Этот вариант может быть использован в полостях II, III, IV и V классов, при локализации на уровне десны либо ниже уровня десневого края.

3. Ламинированная сэндвич-техника, при которой для достижения эстетического результата открытые участки СИЦ (в линии улыбки) покрываются тонким слоем композиционного материала, восстанавливающим цветовые эстетические характеристики зуба.

О. Э. Хидирбегишвили и Г. Б. Махвиладзе описали полуоткрытый «сэндвич», при котором СИЦ сообщается с ротовой полостью через отверстие в пределах композиционного материала, которое и заполнено СИЦ. Через это отверстие происходит как выделение ионов фтора СИЦ, так и его последующее накопление при использовании фторсодержащих паст. При таком виде «сэндвича» композиционный материал несет окклюзионную нагрузку, стирание СИЦ минимальное.

Все виды «сэндвичей», при которых СИЦ имеет контакт с ротовой полостью, позволяют рационально использовать профилактические и антибактериальные свойства данного материала.

Сэндвич-туннельная реставрация применяется при туннельном препарировании и предусматривает восстановление основного объема полости (туннеля) СИЦ, а окклюзионной поверхности — композитом.

Некоторые ученые предлагают использовать так называемый поздний «сэндвич» когда на период наблюдения, по показаниям, до стабилизации патологического процесса всю полость пломбируют СИЦ (до 6 месяцев). При благоприятном течении процесса ткани зуба подвергаются реминерализации за счет выделения СИЦ фтористых соединений. Диффузия фтора в ткани зуба вызывает не только их минерализацию, но и уменьшает проницаемость

дентина, останавливает или замедляет процесс деминерализации твердых тканей зубов, ухудшает условия жизнедеятельности микроорганизмов, снижает воздействие токсинов на пульпу. По истечении срока наблюдения при благоприятном исходе СИЦ частично удаляют, создают условия для фиксации композиционного материала и пломбируют им полость.

Таким образом, **преимуществами сэндвич-техники** являются:

1. Выделение ионов фтора, оказывающего реминерализующее действие, необходимое при декомпенсированном течении кариеса.
2. СИЦ обладает адгезией к дентину без дополнительного бондинга, но необходимо предварительное кондиционирование дентина.
3. Увеличение прочности и долговечности реставрации.

Недостатки этого сочетания:

1. Остаются пробки «смазанного слоя» (дентинные пробки), сохраняющие условия для развития вторичного кариеса.
2. При двухэтапном сэндвич-методе необходимо второе посещение.

В клинической практике сэндвич-техника будет применяться до тех пор, пока клиницисты не будут иметь в своем арсенале универсальный совершенный пломбировочный материал.

САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

1. Состав СИЦ:

- | | |
|--------------|-----------|
| а) порошок; | в) гель; |
| б) жидкость; | г) паста. |

2. Порошок СИЦ это:

- а) кальций-фтор-алюмосиликатное стекло;
- б) натрий-фтор-алюмосиликатное стекло;
- в) фторфосфатное стекло.

3. Жидкость СИЦ — это:

- а) раствор полиакриловой кислоты;
- б) раствор винной кислоты;
- в) раствор ортофосфорной кислоты;
- г) дистиллированная вода.

4. Положительные свойства СИЦ:

- а) химическая адгезия;
- б) коэффициент термического расширения близок к твердым тканям зуба;
- в) выделение фторидов;
- г) высокая прочность.

5. Недостатки традиционных СИЦ:

- а) чувствительность к влаге на ранних стадиях отверждения;
- б) чувствительность к пересушиванию;
- в) имеют короткое время работы, быстрое схватывание;
- г) механическая нестойкость.

6. Виды СИЦ по способу отверждения:

- а) химические;
- б) фотоотверждаемые;
- в) двойного отверждения.

7. Положительные свойства ПМ СИЦ:

- а) меньшая начальная кислотность материала;
- б) регулируемое рабочее время;
- в) высокая адгезия к тканям зуба;
- г) повышенная прочность;
- д) меньшая усадка (до 4 %);
- е) меньшая чувствительность к пересушиванию и к избытку влаги;
- ж) пролонгированное выделение фтора;
- з) возможность немедленной обработки после полимеризации;
- и) улучшенная эстетика
- к) все перечисленное.

8. Использование СИЦ предпочтительнее:

- а) при низкой гигиене полости рта;
- б) множественном или вторичном кариесе зубов, быстро текущем кариесе;
- в) поражении твердых тканей зубов ниже уровня десны;
- г) при наличии кариеса корня;
- д) при лечении детей;
- е) при некариозных поражениях;
- ж) в гериатрической стоматологической практике.

9. Показания к применению СИЦ:

- а) кариозные полости III и V классов в постоянных зубах;
- б) кариозные полости всех классов в молочных зубах;
- в) некариозные поражения зубов пришеечной локализации (эрозии, клиновидные дефекты);
- г) кариес корня зуба;
- д) отсроченное лечение постоянных зубов;
- е) лечение кариеса зубов с использованием ART-методики;
- ж) фиксация вкладок, накладок, коронок, мостовидных протезов, ортодонтических аппаратов;

- з) внутриканальная фиксация штифтовых конструкций;
- и) в качестве прокладочного материала под постоянные пломбы;
- к) пломбирование корневых каналов гуттаперчевыми штифтами;
- л) все перечисленное.

10. Механизмы отверждения химических СИЦ:

- а) кислотно-основная реакция;
- б) реакция химической активации катализаторами;
- в) фотоиницируемая реакция полимеризации метакрилатных групп полимера и НЕМА.

11. Механизмы отверждения самоотверждающихся ПМ СИЦ:

- а) кислотно-основная реакция;
- б) реакция химической активации катализаторами;
- в) фотоиницируемая реакция полимеризации метакрилатных групп полимера и НЕМА;
- г) все перечисленное.

12. Механизмы отверждения светоотверждаемых ПМ СИЦ:

- а) кислотно-основная реакция;
- б) реакция химической активации катализаторами;
- в) фотоиницируемая реакция полимеризации метакрилатных групп полимера и НЕМА;
- г) все перечисленное.

13. Механизмы отверждения гибридной стеклоиономерной системы «Vitremet»:

- а) кислотно-основная реакция;
- б) реакция химической активации катализаторами;
- в) фотоиницируемая реакция полимеризации метакрилатных групп полимера и НЕМА;
- г) все перечисленное.

14. СИЦ по назначению:

- а) прокладочные;
- б) для постоянных пломб;
- в) для фиксации ортопедических и ортодонтических конструкций;
- г) для пломбирования корневых каналов;
- д) все перечисленное.

15. Процент усадки СИЦ через 24 часа:

- а) 4 %;
- б) 5 %;
- в) 7 %;
- г) 10 %.

16. Особенности работы с СИЦ химического отверждения:

- а) строгое соблюдение пропорции порошок-жидкость;
- б) покрытие пломбы лаком после ее постановки;
- в) выполнение рекомендаций изготовителя по технике замешивания цемента.
- г) кондиционирование отпрепарированной полости зуба;
- д) окончательная обработка пломбы в первое посещение.

17. Особенности работы с ПМ СИЦ:

- а) строгое соблюдение пропорции «порошок/жидкость»;
- б) покрытие пломбы лаком после ее постановки;
- в) выполнение рекомендаций изготовителя по технике замешивания цемента.
- г) кондиционирование отпрепарированной полости зуба;
- д) окончательная обработка пломбы в первое посещение.

18. Какие СИЦ используются при сэндвич-технике:

- а) традиционные;
- б) ПМ светоотверждаемые;
- в) ПМ самоотверждающиеся;
- г) все перечисленные?

19. Типы химических СИЦ по назначению:

- а) фиксирующие (лютинговые);
- б) реставрационные;
- в) прокладочные;
- г) все перечисленное.

20. Традиционные реставрационные СИЦ бывают:

- а) эстетические;
- б) пакуемые;
- в) упрочненные (керметы);
- г) все перечисленное.

21. Реакция отверждения традиционных СИЦ:

- а) растворение (или гидратация);
- б) загустевание (или первичное гелеобразование);
- в) отвердевание (или дегидратация);
- г) все перечисленное.

22. Какие традиционные реставрационные СИЦ используются при сэндвич-технике:

- а) эстетические;
- б) пакуемые;
- в) упрочненные (керметы);
- г) все перечисленное.

Ключи к тестам: 1 — а, б; 2 — а; 3 — а, б, г; 4 — а, б, в; 5 — а, б, в, г; 6 — а, б, в; 7 — г; 8 — а, б, в, г, д, е, ж; 9 — л, б; 10 — а; 11 — а, б; 12 — а, в; 13 — г; 14 — д; 15 — в; 16 — а, б, в, г; 17 — е; 18 — г; 19 — г; 20 — г; 21 — г; 22 — г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбакова, А. И. Материаловедение в стоматологии / А. И. Рыбаков. Минск : Медицина, 1984. 424 с.
2. Биденко, Н. В. Стеклоиономерные материалы / Н. В. Биденко. Минск : Книга плюс, 2003. 144 с.
3. Макаров, К. А. Сополимеры в стоматологии / К. А. Макаров, М. З. Штейнгарт. Москва : Медицина, 1982. С. 247.
4. Мороз, Б. Т. Современные пломбировочные материалы и особенности их применения в клинической практике / Б. Т. Мороз, Т. С. Дворникова. Санкт-Петербург : МЕДИ издательство, 2005. С. 17–38.
5. Хидибергишвили, О. Э. Методики лечения кариеса / О. Э. Хидибергишвили // Маэстро стоматологии. 2007. № 1. С. 79–80.
6. Hirasawa Michico. Powdery glass for a glassionomer cement / Hirasawa Michico, Kato Shinichi, Takuno Makoto // Biomaterials. 2004. N 18. P. 131–142.
7. Receipt of new glasses for application in stomatology from polymeric precursov / Bertolini Marcio Jose [et al.] // J. Non-Cryst. Solids. 2004. N 3. P. 170–175.
8. Cheng Hanting. Chemistry of hot-setting of glassionomer cement / Cheng Hanting, Liu Hanxing, Zhang Guoging // J. Wuhan. Univ. Tehnol. Mater. Sci. Ed. 2005. N 4. P. 110–112.
9. Hadley, P. C. Influencing of onevalency ions in glassionomer cements on their absorption and subsequent selection / P. C. Hadley, R. W. Billington, G. J. Pearson. // Biomaterials. 1999. N 9. P. 891–897.
10. Williams, J. A. Comparison of selection of ions from a glassionomer cement as the functions of method of introduction of ions of additions / J. A. Williams, R. W. Billington, G. J. Pearson // Biomaterials. 1999. N 6. P. 589–594.
11. Williams, J. A. A glassionomer cement is the source of soluble fluorine / J. A. Williams, R. W. Billington, G. J. Pearson // Biomaterials. 2002. N 10. P. 2191–2200.
12. Absorption fluorine ions of glassionomer cements : analysis of surface / A. J. Jones [et al.] // Biomaterials. 2003. N 1. P. 107–119.
13. Dispersive surface properties of glassionomer cements determined by invers gas chromatography/ E. Andrezejewska [et al.] // Appl. Surface Sci. 2005. Vol. 245, N 1–4. P. 135–140.
14. Crackfirmness glassionomer cements of work-hardened by a fiberglass / P. Lack Sana Sombool [et al.] // Mater. Sci. 2002. N 1. P. 101–108.
15. Glassionomer cements, work-hardened by a reactive fiberglass / U. Lohbauer [et al.] // Biomaterials. 2003. N 17. P. 2901–2907.
16. Mount, G. J. Современный рынок стеклоиономерных цемента / G. J. Mount // Новое в стоматологии. 2003. N 2. С. 73–76.
17. Raimond van Duinen. Последние достижения в области стеклоиономеров и их клиническое применение / Raimond van Duinen // Маэстро. 2000. N 3. С. 7–16.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Мотивационная характеристика темы	3
Введение	4
История создания	4
Состав	5
Механизм отверждения	7
Основные свойства	10
Классификация	16
Традиционные стеклоиономерные цементы	17
Стеклоиономерный цемент «Гиофил» производства Республики Беларусь	19
Полимерно-модифицированные стеклоиономерные цементы.....	20
Стеклоиономерные цементы для пломбирования корневых каналов	21
Стеклоиономерный цемент «Эндосил» производства Республики Беларусь.....	22
Показания к применению	23
Особенности клинического применения	24
Методики лечения и реставрации зубов с применением стеклоиономерных цементов	25
Самоконтроль усвоения темы.....	28
Список использованной литературы.....	32

Учебное издание

Чистякова Галина Геннадьевна
Петрук Алла Александровна

СТЕКЛОИОНОМЕРНЫЕ ЦЕМЕНТЫ В СТОМАТОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие

Ответственная за выпуск Т. В. Крушинина
Редактор Ю. В. Киселёва
Компьютерная вёрстка А. В. Янушкевич

Подписано в печать 30.12.22. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Херох office».

Ризография. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 1,68. Тираж 40 экз. Заказ 11.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.

Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.

