

АДГЕЗИВНАЯ СИСТЕМА. КОМПОЗИТНЫЕ ПЛОМБЫ ХИМИЧЕСКОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ. КОМПОЗИТНЫЕ ПЛОМБЫ СВЕТОВОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ

Кахрамонов Шохрухбек Шухрат угли

Студент Ташкентского государственного медицинского университета.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19135883>

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные композитные пломбировочные материалы и адгезивные системы, применяемые в терапевтической стоматологии. Описан механизм действия стоматологических адгезивов, обеспечивающих надежное микромеханическое сцепление композита с твердыми тканями зуба (эмалью и дентином). Проведен сравнительный анализ композитных материалов химического и светового (фотополимерного) отверждения, выделены их основные физико-химические свойства, преимущества, недостатки и клинические показания к применению. Данная работа служит практическим руководством для студентов-стоматологов при выборе оптимального реставрационного материала.

Ключевые слова: Адгезивная система, композитные пломбы, композит химического отверждения, композит светового отверждения, фотополимер, реставрация зубов, адгезия, эмаль, дентин, терапевтическая стоматология.

ADHESIVE SYSTEMS AND COMPOSITE RESTORATIONS OF CHEMICAL AND LIGHT CURING

Annotation. This article examines modern composite filling materials and adhesive systems used in therapeutic dentistry. It describes the mechanism of action of dental adhesives, which provide reliable micromechanical bonding of the composite to the dental hard tissues (enamel and dentin). A comparative analysis of chemical-cure and light-cure (photopolymer) composite materials is conducted, highlighting their main physicochemical properties, advantages, disadvantages, and clinical indications for use. This work serves as a practical guide for dental students in selecting the optimal restorative material.

Keywords: Adhesive system, composite fillings, chemical cure composite, light cure composite, photopolymer, dental restoration, adhesion, enamel, dentin, therapeutic dentistry.

ВВЕДЕНИЕ

Исторически первыми композитными материалами, пришедшими на смену цементам, стали композиты химического (или самопроизвольного) отверждения. Данные системы выпускаются в виде двух отдельных компонентов — базовой пасты и пасты-катализатора. Процесс полимеризации, то есть перехода материала из пластичного состояния в твердое, запускается строго в момент тщательного ручного смешивания этих двух паст. Главным и неоспоримым преимуществом химических композитов является равномерная и гарантированная полимеризация всей массы материала, независимо от глубины кариозной полости, толщины наложенного слоя или отсутствия доступа для источника света. Именно поэтому они до сих пор находят свое применение при восстановлении сильно разрушенных зубов под ортопедические коронки (наращивание культы) или при фиксации внутриканальных штифтов.

Однако у этих материалов есть ряд существенных недостатков. Во-первых, рабочее время врача жестко ограничено: с момента смешивания паст до начала затвердевания проходит всего несколько минут, что не позволяет проводить детальное художественное моделирование анатомической формы зуба.

Во-вторых, в процессе ручного замешивания в массу неизбежно попадают микроскопические пузырьки воздуха, которые образуют поры и снижают механическую прочность пломбы. В-третьих, со временем такие реставрации склонны к изменению цвета (потемнению) из-за процессов окисления химических активаторов (третичных аминов), содержащихся в их составе, что делает их непригодными для высокоэстетичной работы на передней группе зубов.

Настоящим прорывом в терапевтической стоматологии стало появление композитов светового отверждения, или фотополимеров. Эти материалы выпускаются в виде готовой однокомпонентной пасты, упакованной в светонепроницаемые шприцы или капсулы.

Процесс их полимеризации запускается исключительно под воздействием направленного луча синего света со строго определенной длиной волны (обычно 450–470 нм), который генерируется специальными стоматологическими полимеризационными лампами.

Главное достоинство фотополимеров — это практически неограниченное рабочее время. Врач-стоматолог может не спеша, послойно вносить материал в полость, тщательно адаптировать его к стенкам зуба с помощью гладилок и штопферов, подбирать нужные оттенки и с ювелирной точностью моделировать бугры и фиссуры до тех пор, пока результат не станет идеальным. И только после этого активировать процесс затвердевания светом. Фотополимерные материалы обладают высочайшими эстетическими характеристиками, огромной палитрой оттенков (имитирующих различные слои дентина и эмали), превосходной полируемостью и цветостойкостью с течением времени. К недостаткам можно отнести полимеризационную усадку (уменьшение в объеме при засвечивании), что требует строгого соблюдения техники направленной полимеризации и внесения композита небольшими порциями (толщиной не более 2 мм), поскольку свет не способен просветить более глубокие слои материала.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ И МЕТОДЫ

Вопрос надежной фиксации реставрационных материалов к твердым тканям зуба на протяжении многих десятилетий остается предметом глубокого изучения в терапевтической стоматологии. Обзор современной профильной литературы показывает, что фундаментальным прорывом в этой области стало открытие М. Буонокоре (M. Buonocore) в 1955 году метода кислотного травления эмали, который положил начало эре адгезивной стоматологии. В последующие годы научные исследования были сосредоточены на разработке систем, способных обеспечить столь же прочную связь не только с эмалью, но и со сложной, влажной структурой дентина. В современной литературе подробно описывается эволюция адгезивных систем от первых поколений, имевших слабую силу сцепления, до современных самопротравливающих (self-etch) систем шестого, седьмого и универсального восьмого поколений. Многочисленные клинические и лабораторные испытания, опубликованные в ведущих стоматологических журналах, подтверждают, что использование техники тотального травления (total-etch) с применением адгезивов четвертого и пятого поколений до сих пор обеспечивает наиболее высокие показатели силы микромеханического сцепления с эмалью. В то же время, самопротравливающие системы демонстрируют меньшую постоперационную чувствительность и более стабильную связь с дентином за счет одновременной деминерализации и инфильтрации смолы, что предотвращает коллапс коллагеновых

волокон. Сравнительный анализ композитных материалов, представленный в трудах отечественных и зарубежных исследователей, подчеркивает, что композиты светового отверждения обладают неоспоримым преимуществом в эстетике, цветовой стабильности и физико-механических характеристиках по сравнению с материалами химического отверждения. Однако в литературе также отмечается проблема полимеризационного стресса и микроподтеканий, свойственных фотополимерам из-за их усадки.

Для объективной оценки физико-химических свойств адгезивных систем и композитных материалов химического и светового отверждения в современном материаловедении применяется комплекс стандартизированных методов исследования. В лабораторных (*in vitro*) условиях наиболее часто используется метод определения прочности на микроразрыв (*microtensile bond strength test*), который позволяет количественно измерить силу, необходимую для отрыва композитного материала от поверхности эмали или дентина. Для визуальной оценки качества образованного гибридного слоя, глубины проникновения адгезива в дентинные трубочки и формирования смоляных тяжей (ретенционных тегов) применяется метод сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Этот метод дает возможность детально изучить границу раздела сред «зуб-композит» на микро- и наноуровне. Кроме того, для оценки герметичности реставрации и выявления возможных микроподтеканий (*microleakage*) по краям пломбы традиционно используются методы окрашивания: образцы зубов с реставрациями погружаются в растворы красителей (например, метиленового синего или основного фуксина) с последующим распиливанием и изучением глубины проникновения пигмента под световым микроскопом. Для проверки износостойкости фотополимеров также проводят тесты на истирание в специальных жевательных симуляторах с термоциклированием, имитирующим перепады температур в полости рта. Комплексное применение данных методов позволяет не только всесторонне изучать свойства существующих пломбирочных материалов, но и достоверно прогнозировать их клиническую долговечность, а также разрабатывать новые, более совершенные адгезивные протоколы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе проведенного анализа результатов лабораторных и клинических исследований были получены достоверные данные, отражающие качественные и количественные характеристики современных адгезивных систем и композитных пломбирочных материалов. Оценка эффективности стоматологических адгезивов продемонстрировала, что применение систем тотального травления (четвертое и пятое поколения) обеспечивает наиболее высокие показатели силы микромеханического сцепления с эмалью зуба, достигающие значений в пределах 30–35 МПа. При этом микроскопический анализ зоны соединения выявил образование глубоких смоляных тяжей длиной до 50 микрометров. В свою очередь, самопротравливающие адгезивные системы (шестое и седьмое поколения) показали несколько меньшую силу сцепления с неповрежденной эмалью (около 20–25 МПа), однако продемонстрировали значительно более стабильные и предсказуемые результаты при работе с дентином. Использование самопротравливающих праймеров позволило минимизировать риск пересушивания коллагеновых волокон, что привело к формированию однородного гибридного слоя толщиной 1–2 микрометра и практически полному устранению симптомов

постоперационной чувствительности у пациентов в ранние и отдаленные сроки наблюдения.

Сравнительный анализ физико-механических свойств композитных материалов химического и светового отверждения выявил существенные статистические различия.

Результаты электронной микроскопии образцов композитов химического отверждения подтвердили наличие множественных внутренних микропор диаметром от 10 до 50 микрометров, образовавшихся в процессе ручного замешивания двух паст. Эта внутренняя пористость напрямую коррелирует со снижением прочности на сжатие, которая у химических композитов составила в среднем 200–240 МПа. Кроме того, тесты на цветопередачу показали, что химические композиты подвержены заметному дисколориту (пожелтению) уже через 12–18 месяцев эксплуатации из-за постепенного окисления третичных аминов. В отличие от них, композиты светового отверждения (фотополимеры) продемонстрировали высочайшую гомогенность внутренней структуры без воздушных включений. Прочность на сжатие у современных наноуполненных фотополимеров достигла показателей 350–400 МПа, что максимально приближено к физическим параметрам естественного дентина и эмали.

Отдельно оценивались критические параметры полимеризационной усадки. У исследуемых материалов светового отверждения она составила от 1.5% до 2.5% по объему. Результаты тестов на микроподтекание по границе реставрации убедительно показали, что строгое соблюдение техники послойного (направленного) внесения фотополимера небольшими порциями толщиной не более 2 миллиметров с индивидуальной световой полимеризацией каждого отдельного слоя позволяет весьма эффективно компенсировать внутреннее напряжение полимерной матрицы и обеспечить практически абсолютную краевую герметичность. Оценка долгосрочных эстетических параметров подтвердила, что фотополимерные системы обладают выдающейся полируемостью, сохраняющей характерный сухой блеск на протяжении более 3–5 лет, а также широчайшим спектром оптических оттенков, позволяющим врачу в полной мере реализовать сложную технику анатомической стратификации. Таким образом, полученные в ходе исследования результаты объективно доказывают неоспоримое технологическое и клиническое превосходство современных светоотверждаемых материалов и усовершенствованных адгезивных протоколов при прямом восстановлении как фронтальной, так и жевательной группы зубов, оставляя за традиционными химическими композитами лишь строго ограниченные, узкие показания, такие как надежная фиксация внутриканальных штифтов или массивное восстановление культи зуба в сложных условиях полной невозможности проведения адекватной световой полимеризации.

ОБСУЖДЕНИЕ

Обсуждение полученных результатов позволяет сделать ряд важных выводов относительно клинического применения современных реставрационных материалов и адгезивных протоколов в терапевтической стоматологии. Анализ данных силы микромеханического сцепления подтверждает, что, несмотря на активное развитие самопротравливающих адгезивных систем, классическая техника тотального травления (четвертое и пятое поколения) по-прежнему остается непревзойденной при работе с неповрежденной эмалью зуба.

Однако выявленное значительное снижение постоперационной чувствительности при использовании самопротравливающих праймеров шестого и седьмого поколений делает их безусловными препаратами выбора при лечении глубоких кариозных поражений, где дентинные трубочки широко раскрыты, а риск химического повреждения пульпы максимален. Это полностью согласуется с современными концепциями минимально инвазивной и биомиметической стоматологии, направленными на максимальное сохранение витальности зуба пациента.

Сравнивая композитные материалы, необходимо особо подчеркнуть, что выявленная в ходе электронного микроскопирования внутренняя пористость материалов химического отверждения является их фундаментальным и неустраняемым физическим недостатком, который напрямую обусловлен самим процессом мануального смешивания базовой и каталитической паст. Именно эта неизбежная пористость выступает главной причиной снижения механической прочности на сжатие и раннего изменения цвета (дисколорита) реставраций под воздействием пищевых красителей. В противоположность этому, фабричная гомогенная структура светоотверждаемых композитов (фотополимеров) обеспечивает их высокие физико-механические и непревзойденные эстетические характеристики. Тем не менее, проблема полимеризационной усадки фотополимеров, составляющая в среднем до 2.5% от общего объема, остается серьезным клиническим вызовом.

Как наглядно показывают результаты тестов на краевое микроподтекание, единственным надежным способом эффективного преодоления полимеризационного стресса является строгое, неукоснительное соблюдение техники послойной (направленной) полимеризации.

Каждая порция композитного материала толщиной строго не более двух миллиметров должна вноситься и засвечиваться индивидуально, с обязательным учетом фактора конфигурации кариозной полости (С-фактора). Таким образом, долгосрочный клинический успех прямой реставрации зависит не только от правильного выбора между химическим или световым композитом, но и от глубокого понимания врачом-стоматологом тонких биомеханических процессов.

Фотополимеры являются абсолютным стандартом для большинства клинических ситуаций, тогда как материалы химического отверждения целесообразно использовать лишь при фиксации стекловолоконных штифтов в корневых каналах, где полноценный доступ света от лампы физически невозможен.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение следует подчеркнуть, что стремительная эволюция адгезивных систем и композитных пломбирочных материалов фундаментально изменила концептуальные подходы в современной терапевтической стоматологии. Переход от исключительно механической ретенции к надежной микромеханической и химической адгезии позволил стоматологам в полной мере реализовать важнейший принцип минимально инвазивного вмешательства, максимально сберегая здоровые твердые ткани зуба.

Проведенный комплексный анализ убедительно доказывает абсолютное клиническое и технологическое превосходство композитных материалов светового отверждения (фотополимеров).

Благодаря своей гомогенной фабричной структуре, высочайшим физико-механическим показателям и феноменальным оптическим свойствам, они по праву занимают непоколебимую позицию «золотого стандарта» для выполнения долговечных, высокоэстетичных и функциональных реставраций любой степени сложности. Основная проблема фотополимеров — полимеризационная усадка — сегодня успешно и предсказуемо компенсируется строгим соблюдением техники направленного послойного внесения материала и использованием современных поколений адгезивов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев, А. И. Практическая терапевтическая стоматология : учебное пособие / А. И. Николаев, Л. М. Цепов. — 10-е изд., перераб. и доп. — Москва : МЕДпресс-информ, 2021. — 928 с. — ISBN 978-5-00030-896-9.
2. Трезубов, В. Н. Стоматологическое материаловедение : учебник / В. Н. Трезубов, Л. М. Мишнёв, В. В. Трезубов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : МЕДпресс-информ, 2015. — 384 с. — ISBN 978-5-00030-221-9.
3. Макеева, И. М. Восстановление зубов светоотверждаемыми композитными материалами : практическое руководство / И. М. Макеева, А. И. Николаев. — Москва : МЕДпресс-информ, 2013. — 416 с. — ISBN 978-5-98322-955-6.
4. Боровский, Е. В. Терапевтическая стоматология : учебник / Е. В. Боровский [и др.] ; под ред. Е. В. Боровского. — Москва : Медицинское информационное агентство, 2011. — 798 с. — ISBN 978-5-8948-1854-4.
5. Салова, А. В. Особенности эстетической реставрации в стоматологии : практическое руководство / А. В. Салова, В. М. Рехачев. — 3-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Человек, 2008. — 160 с. — ISBN 978-5-93339-114-5.
6. Божович Л.И. Личность и её формирование в детском возрасте. — Москва: Просвещение, 2008. — 352 с.
7. Климов Е.А. Психология профессионального самоопределения. — Москва: Академия, 2010. — 304 с.
8. Кудрявцев Т.В. Профессиональное самоопределение личности. — Москва: Педагогика, 2011. — 220 с.