

**ПОЛИМЕРИЗАЦИОННАЯ УСАДКА КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК ФАКТОР,
ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ КРАЕВУЮ АДАПТАЦИЮ МИКРОГИБРИДНЫХ ПЛОМБ
(ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

Сатылганова Ж.И.

Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева
г. Бишкек, Кыргызская Республика

Резюме. В данной статье рассматривается комплекс мер для снижения полимеризационного стресса микрогибридных композитов и улучшения краевого сцепления материалов с тканями зуба, что в свою очередь ведет к снижению таких неблагоприятных последствий лечения как пост оперативная чувствительность, краевое окрашивание пломбы и сколы реставраций.

Ключевые слова: полимеризационная усадка, краевое прилегание, микрогибридные композиты.

**КОМПОЗИТТИК МАТЕРИАЛДАРДЫН ПОЛИМЕРЛЕШҮҮДӨН КӨЛӨМҮНҮН
КИЧИРЕЙҮҮСҮ ЖАНА АНЫН МИКРОГИБРИДДИК КЫТ МЕНЕН ТИШТИН
ЖЭЭГИНЕ ДАЛ КЕЛҮҮСҮНӨ ТААСИРИ
(АДАБИЯТТЫК ИЗИЛДӨӨ)**

Сатылганова Ж.И.

И.К. Ахунбаев атындагы кыргыз мамлекеттик медициналык академиясы
Бишкек ш., Кыргыз Республикасы

Корутунду. Бул макалада композиттердин полимерлешүүдөн көлөмүнүн кичирейүүсү жана микрогибриддик кыттын тиштин жээгине дал келүү сапатын жакшыртуунун жолдору боюнча адабияттар каралган. Натыйжада - кытталган тиштин сезгичтиги, кыттын четинин сынышы жана өңүнүн өзгөрүсү азаят.

Негизги сөздөр: полимерлешүүдөн көлөмүнүн кичирейүүсү, кыттын чети, микрогибриддик композиттер.

**POLYMERIZATION SHRINKAGE OF COMPOSITE MATERIALS AS
A FACTOR STIMULATING THE MARGINAL ADAPTATION
OF MICROHYBRID COMPOSITE RESTORATIONS
(LITERATURE REVIEW)**

Satylganova Z.I.

Kyrgyz state medical academy named after I.K. Akhunbaev
Bishkek c., the Kyrgyz Republic

Resume. The main restorative techniques that reduce the polymerization stress and improve the marginal adaptation of microhybrid composites had been reviewed in this study. Reduction of polymerization shrinkage will lessen the negative clinical performance of bonded restorations such as marginal leakage, postoperative sensitivity, restoration fracture and marginal staining.

Key words: polymerization shrinkage stress, marginal adaptation, micro hybrid composites.

Актуальность.

По данным ВОЗ распространенность кариеса среди взрослого населения составляет 99-100% [3] и восстановление дефектов твердых тканей зуба является одной наиболее часто выполняемых стоматологических манипуляций. Но, к сожалению, после нескольких лет функционирования реставраций, большинство из них нуждаются в полной или частичной замене, что вызвано нарушением их качества и развитием осложнений [6]. По данным А.М. Kidd [28] повторное пломбирование составляет 60-75% от всех реставраций на стоматологическом приеме [7,41,28,29]. Замена пломбы приводит к расширению размеров полости, и как следствие к ослаблению оставшихся твердых тканей, а также финансовым затратам пациента [41].

Критериями несостоятельности пломб являются краевое окрашивание, плохое краевое прилегание пломбировочного материала и вторичный кариес [6,20]. В результате многих исследований было установлено, что вторичный, а точнее рекуррентный кариес [26,28] служит наиболее частой причиной замены пломб [25,40].

При прямой реставрации кариозных дефектов и некариозных поражений зубов чаще всего используются композитные пломбировочные материалы в силу таких преимуществ как эстетичность, механическая прочность, удобство в применении и т.д. Большинство используемых на сегодняшний день композитных материалов - это микрогибриды [7], которые обладают хорошими физико-химическими и эстетическими показателям [6, 11]. Наибольшее распространение среди них получили такие представители как Filtek Z250, Spectrum TPH, Charisma PPF, Herculite HRV в силу своей универсальности, т. е. возможности применения, как на жевательной группе зубов, так и для восстановления дефектов во фронтальных отделах [6]. К сожалению, и эти материалы обладают рядом недостатков, наиболее значимый из которых - это полимеризационная усадка.

Полимеризационное сжатие на границе пломба/зуб может привести к отрыву и образованию межповерхностной щели, или, если адгезия сохраняется, то к деформации подлежащей зубной ткани. Стресс сжатия материала оказывает неблагоприятное влияние

и на адгезив, находящийся между материалом и тканями зуба. Образование микрозоров на границе пломбы с зубом позволяют слюне с бактериями инфильтрировать это пространство между композитом и тканями зуба, увеличивая эффект биодеградации и ухудшая состояние реставрации [22]. В результате чего происходит дезинтеграция как основной массы композита, так и мест соединения композита с дентином зуба и выделение продуктов распада, таких как метакриловая кислота и триэтиленгликоль. Они в свою очередь влияют на рост микробов и экспрессию генов, что доказано, ведет к развитию вторичного кариеса и воспалению пульпы зуба [19].

1. Микрогибридные композиты

Микрогибридные композиты обладают рядом положительных клинических характеристик, благодаря которым нашли широкое применение в терапевтической стоматологии. Эти материалы характеризуются высокой прочностью, которой, однако, недостаточно для пломбирования обширных полостей, в которых пломба испытывает повышенные нагрузки при жевании [8]. Для композитов данной группы свойственны также хорошие эстетичность и цветостойкость, которые, однако, сочетаются со сложностью полирования и недостаточной стойкостью «сухого блеска». Отмечено, что через 5-6 месяцев поверхность реставрации, изготовленной из микрогибридного композита, при высушивании выглядит

матовой. В эстетической стоматологии данное явление получило название «потеря «сухого блеска» поверхностью композитной реставрации» [8]. Относительно высокая полимеризационная усадка (2-5%) и низкая эластичность микрогибридных композитных материалов приводят к полимеризационному стрессу и диктуют необходимость принятия мер для профилактики негативных последствий этого явления.

2. Процесс полимеризации

Традиционные композиты на этапе отсвечивания претерпевают изменения под воздействием синего света фотополимеризатора, превращаясь из вязкой пластичной массы в твердое тело. Этот процесс неизбежно сопровождается уменьшением его в объеме (рис.1) [6, 22].

Феномен полимеризационной усадки материала связан с химическим составом пломбирочного материала, точнее со структурой органической полимерной матрицы. Большая часть, используемых на сегодняшний день реставрационных композитов, в том числе и микрогибриды, составлены на основе метакрилатов или диметакрилатов - БИСГМА, ТЕГДМА и УДМА, в которых показатель полимеризационной усадки составляет от 1,5 до 5% [8].

3. Механизм отрыва композита от стенки полости

В ходе процесса свободно радикальной полимеризации, когда точка геля достигнута, сила сжатия

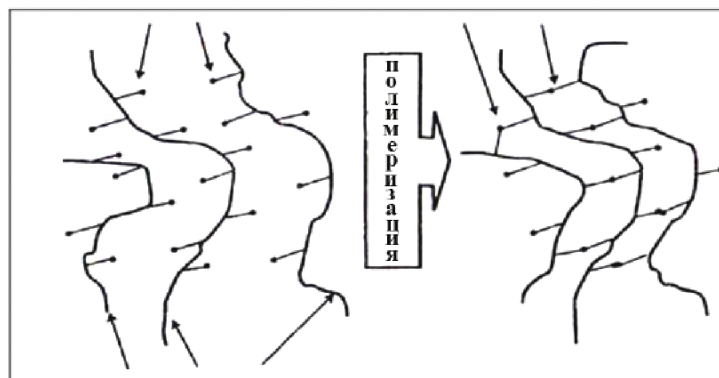


Рис. 1. Процесс полимеризации органической матрицы композита (схема)



Рис. 2. Скол реставрации вследствие нарушения краевой адаптации композита, рецидив кариеса

передается от композита к окружающим тканям зуба: в начале засвечивания композита несвязанная часть композита тянется к стенкам полости, адаптируясь к сжатию, но как только композит твердеет, текучесть прекращается, и стресс полимеризации транслируется на ткани зуба. В этой фазе геля сила полимеризационного стресса может превышать силу сцепления композита с тканями зуба и привести к краевому дефекту [19,20]. Если сила сжатия больше чем когезия внутри композита, то образуется дефект в самой массе, а если она превышает растяжимость эмали, то в эмали образуются трещины. В случае неправильного нанесения адгезива, гибридный слой будет разрушен в результате усадки композита [21]. Эти дефекты будут клинически проявляться как белые полосы во время финишной обработки, так как опилки при полировании будут закупоривать эти микро пространства и изменять преломление света. В реставрациях с щечно-язычным направлением будут заметны сколы и трещины, так как стенки полости составлены в основном эмалью, которая очень хрупкая и тонкая для того, чтобы выдержать силу тяги вследствие усадки.

Полимеризационный стресс – это то напряжение, которое испытывает материал в процессе развития полимеризационной усадки. Наиболее уязвимой оказывается зона по границе материала и твердых тканей. Стресс полимеризации при усадке может привести к таким отрицательным последствиям как:

- появление постоперационной чувствительности;
- нарушение краевого прилегания, краевое расслоение, изменение цвета реставрации;
- появление трещин и сколов вследствие нарушения структуры твердых тканей;
- утрата реставрации

Полимеризационная усадка обусловлена рядом факторов: состоянием граничащих тканей, количеством материала, составом материала и направлением равнодействующих сил.

4. Факторы, определяющие степень усадки:

1) Характеристики материала

- объемное содержание частиц неорганического наполнителя

Как известно, композитные материалы составлены на основе трех базовых компонентов: органического

полимера, неорганического наполнителя и связующего вещества - силана.

Усадка материала напрямую зависит от объемной доли полимерной матрицы в композите. Чем больше мономеров образует связи и объединится в полимерную цепь, тем выше степень сокращения полимера в объеме. С другой стороны, пространство, занятое частицами неорганического наполнителя не участвует в процессе усадки.

Следовательно, присутствие неорганических частиц в композите основополагающе в процессе усадки в ходе полимеризации, так как от количества наполнителя зависит модуль эластичности и объемное сжатие материала [42].

- степень превращения

Существует прямая связь между степенью конверсии и усадкой. Снижение конечной степени превращения приведет к уменьшению усадки и стресса сжатия. Однако, низкая степень превращения может негативно влиять на механические свойства материала. Напротив, небольшое увеличение в степени превращения ведет к существенному повышению стресса, но улучшению механических свойств.

- модуль эластичности

В результате исследований *in vitro* выявлено, что межповерхностный стресс в ходе полимеризационной усадки композитов позитивно коррелирует с показателем упругости материала также известного как модуль эластичности или модуль Юнга. Исходя из этого можно сделать вывод, что чем выше модуль Юнга и усадка, тем более выражен полимеризационный стресс.

2) Параметры полости и податливость субстрата

При пломбировании полостей материал прилегает к стенкам сформированной полости, что препятствует этапу пластической деформации композита. Feilzer et al. в своих исследованиях пришел к выводу, что степень полимеризационной усадки зависит от соотношения связанных и свободных поверхностей пломбы, также известного как конфигурационный фактор (С-фактор). Чем больше связанных поверхностей пломбы, тем выше сила напряжения вследствие того, что полимер не обладает текучестью, чтобы компенсировать полимеризационный стресс (рис.3)

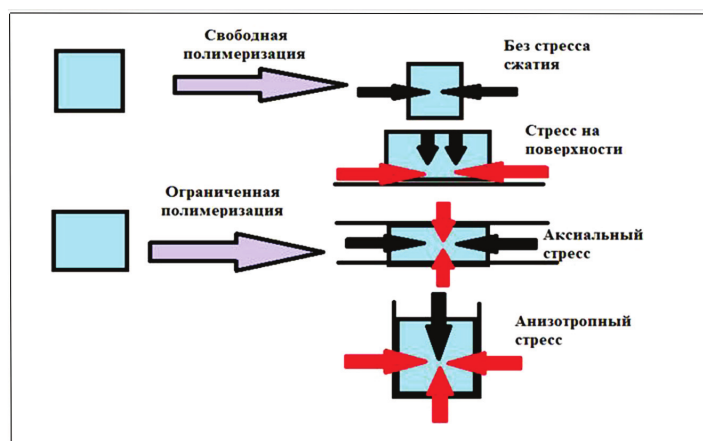


Рис. 3. Направление полимеризационной усадки в зависимости от количества сцепленных поверхностей пломбы

[23].

Таким образом, в полостях 1-го класса, материал сцеплен с 5-ю (дно и 4 стенки) поверхностями. При внесении композита одной порцией, процесс свободной полимеризации происходит только на поверхности пломбы, внутри пломбы возникает высокая степень стресса. Согласно Park et al., в большей степени к бугорковому дефекту приводит внесение материала одной порцией, чем при применении поэтапного наложения материала. Наименьшая степень стресса возникает в полостях 4 класса, так как у пломбы достаточно не связанных поверхностей для освобождения от напряжения усадки [23]. Следовательно, высокий С - фактор создает риск дебондинга реставрации.

По данным исследований Braga высокая степень усадки и микроподтекания пломбы чаще наблюдаются в широких и глубоких полостях [15].

3) *Техника внесения материала и толщина слоя композита*

Методика постановки пломбы является ведущим фактором в регулировании процесса развития полимеризационного стресса. Применяя определенную технику реставрации можно снизить стресс сжатия в ходе полимеризационной усадки пломбы.

Многие исследователи сошлись во мнении, что можно снизить стресс усадки, применяя методики, направленные на: снижение конфигурационного фактора, уменьшение количества вносимого материала и минимизацию контакта порции вносимого композита с противоположными стенками полости.

Широко признано, что метод послойного наращивания снижает стресс сжатия вследствие меньшего объема полимеризуемого композита [7,8,30, 33]. Каждый наложенный слой материала компенсируется последующим, и негативные последствия полимеризационной усадки композита будут менее выражены, так как усадка только последнего слоя может повредить сцепленную поверхность. Минимальный контакт со стенками полости - это еще одно преимущество послойного наращивания [43]. Следовательно, и С-фактор будет низкий в силу того, что большая свободная поверхность позволяет композиту перестраиваться при отсвечивании.

Хотя все послойные техники предусматривают снижение соотношения связанных и свободных поверхностей, рекомендуется выбирать техники, предусматривающие нанесение композита на одну дентинную поверхность, не касаясь противоположных стенок, так как стресс усадки возможен при соприкосновении материала в трех плоскостях.

В настоящее время многие авторы рекомендуют технику послойного наращивания для снижения стресса усадки [24,26,43,34,46,47]. Наиболее часто применяемые из них это:

- вертикальное (вестибулярно-оральное) наложение;

- горизонтальное (гингиво - окклюзионное) наложение [35,36,48];

- методика трехстороннего отсвечивания [36,37].

Эта техника предусматривает внесение и

засвечивание композита через прозрачную матрицу и светопроводящий клин для направления полимеризации в сторону десневого края и предотвращения образования щели.

- клиновидное наложение (косое) [50].

При данной технике слои композита в форме клина вносятся и полимеризуются только с окклюзионной поверхности.

- техника последовательного наращивания бугров [31,38,39].

Реставрация производится наложением первого слоя композита на одну поверхность дентина, без контакта с противоположной стенкой и далее косым наложением композита. При этом каждый бугорок наращивается отдельно.

- техника внесения одной порцией [35]

Данная техника рекомендуется некоторыми авторами для снижения стресса на краях полости.

- методика центростремительного наращивания

Вышеупомянутый способ специально разработан для полостей 2-го класса по Блэку. Начальная вертикальная порция материала вносится на пришеечные края полости напротив металлической матрицы. Остальная часть полости заполняется горизонтальными слоями композита. Таким образом, полость 2-го класса трансформируется в полость 1-го класса [18].

4) *Методика пластической обработки материала*

По рекомендациям Николаева и соавт. в процессе пластической обработки светоотверждаемого композитного материала и моделирования реставрации, чтобы уменьшить вероятность образования пор в материале, предпочтение следует отдавать уплотняющим, конденсирующим движениям моделировочного инструмента, избегая разглаживающих движений [8].

5) *Промежуточный адаптивный слой*

Положительный эффект оказывает и применение текучих композитов в качестве промежуточного абсорбирующего слоя с целью преодоления стресса полимеризационной усадки [13,17]. Это связано с тем, что текучие композиты имеют меньшую вязкость по сравнению с традиционными композитами и они отличаются меньшим наполнением и содержанием смол. Эти материалы менее ригидны и могут иметь модуль эластичности на 20-30% меньше чем обычные гибридные композиты [13,17,19]. Это в какой-то степени компенсирует напряжения, возникающие в процессе полимеризации на границе пломбы с зубом.

6) *Техника отсвечивания*

Усадка светоотверждаемого композита происходит в сторону источника света. В связи с этим был разработан метод «направленной полимеризации», при котором внесение материала в полость и отверждение каждой порции осуществляют в заданном направлении с учетом вектора усадки и возможности ее компенсации. При проведении направленной полимеризации засвечивание материала проводят через ткани зуба.

Доказано, что высокая интенсивность света при полимеризации приводит к высокой степени усадки. Более медленное отсвечивание композита позволяет преодолеть стресс усадки за счет промежуточной

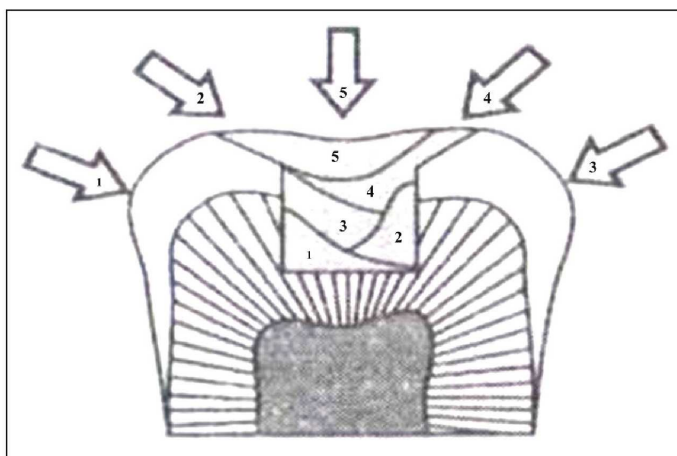


Рис. 4. Метод направленной полимеризации светоотверждаемого композита при пломбировании кариозной полости I класса по Блэку (техника внесения и отверждения слоев)

релаксации наложенной массы. Так как процесс полимеризации зависит от количества световой энергии, а не от интенсивности облучения, то можно применить два основных подхода: отсвечивать материал лучами меньшей интенсивности более длительное время либо при заданном времени засвечивать материал в разных режимах мощности облучения.

На сегодняшний день существуют различные методики проведения фотополимеризации, наибольшее распространение среди которых получили: режимы «soft start» и «pulse delay».

Режим «мягкого старта» основан на продлении догелевой фазы полимеризации, в которой происходит большая часть усадки, что в свою очередь ведет к более медленному развитию напряжения на границе пломбы с тканями зуба. «Мягкий старт» подразумевает короткое отсвечивание материала пучком более слабой интенсивности в начале полимеризации, а затем длительное отсвечивание пучком полной интенсивности.

Техника «пульс отсвечивания» также рассчитана на отсрочку достижения композитом «точки геля» и предусматривает наложение слоев композита и их отсвечивание в течение 3-5-ти секунд третьей мощности светового потока, далее коротким засвечиванием последней порции мощным пучком 2-3 секунды. И далее предоставляется 3 минутная отсрочка для усадки пломбы в ходе полировки и финишной обработки, после чего производится основательное отсвечивание пломбы.

Эту технику пульсирующей - отдаленной светополимеризации применяют в основном при отверждении поверхностного слоя пломбы, контактирующего с эмалью зуба.

Также для снижения стресса на краях полости была рекомендована техника транс эмалевого полимеризации, предложенная Belvedere: адгезив, текучий композит и пакуемый композит вносятся одной порцией в отпрепарированную полость и отсвечиваются с щечной и язычной сторон через слой зубных тканей. Полимеризация заканчивается отсвечиванием с окклюзионной поверхности [12].

Доказано, что краевая адаптация композитов лучше при двухэтапном отсвечивании, чем при экспоненци-

альном [27,32].

6) Постбондинг

По мнению Николаева и др. нанесение на затвердевшую и отполированную пломбу поверхностного герметика с целью заполнения микротрещин, возникших в результате усадки последней порции композита оказывает благоприятный эффект [8].

Закключение.

Таким образом, большую роль при восстановлении кариозных дефектов микрогибридными композитами играет краевая адаптация пломбировочного материала к стенкам отпрепарированной полости [40].

Показатель краевой интеграции напрямую зависит от степени полимеризационной усадки композита.

Так как сжатие материала и отрыв от прилегающей ткани - процесс неизбежный, можно снизить этот показатель и оптимизировать краевую адаптацию микрогибридов путем соблюдения правил работы с данной группой композитов.

На степень полимеризационной усадки материала оказывают влияние параметры отпрепарированной полости, техника пломбировки и техника отсвечивания слоев композита.

Наиболее эффективными техническими приемами, способствующими снижению полимеризационной усадки и стресса композитов являются следующие:

- Послойное наложение пломбировочной массы композитного материала диагональными слоями не более чем на две поверхности – горизонтальную - дно, и одну вертикальную – стенка [8].

- Внесение пломбировочного материала небольшими порциями. При наложении композита толщина опакового - дентинного слоя и темных цветов материала (оттенки В и С) должна составлять не более 1 мм, эмалевого и светлых тонов (А1,А2) - от 1,5 до 2 мм. В целом толщина полимеризующегося слоя не должна превышать 2мм.

- Нанесение адаптивного (суперадаптивного) слоя – покрытие дна и стенок кариозной полости тонким слоем жидкого композита.

- Техника отсвечивания, снижающая скорость полимеризации - режим «мягкого старта» [14,16].

- Техника «направленной полимеризации» [9,10].
 - Для проведения адекватной полимеризации и снижения содержания остаточного мономера в композите кончик световода должен располагаться как можно ближе к поверхности отверждаемого материала [1].

- Постбондинг

Послойное наложение и адекватная фотополимеризация композита значительно снижают негативный эффект усадки микрогибридов. Но не следует забывать и об этапах подготовки полости к внесению пломбировочного материала, поскольку они также определяют показатель маргинальной адаптации. Вид выбранного бора для препарирования влияет на толщину и структуру смазанного слоя, поверхность стенок и фальца [2]. А они в свою очередь определяют равномерность распределения адгезива на поверхности. Уделение должного внимания этапам кондиционирования и качественного удаления смазанного слоя, этапу медикаментозной обработки отпрепарированной полости, соблюдение протокола работы с бондинговыми системами для образования правильного гибридного слоя благоприятно сказываются на качестве проведенной реставрации.

Литература:

1. Дмитриева Л.А., Максимовский Ю.М. *Терапевтическая стоматология.- Национальное руководство.* – Москва, 2009. - 912 с.
2. Золотарева О. В. *Оптимизация препарирования твердых тканей зубов при кариесе различными ротационными инструментами / дисс. ...канд. мед.наук.* – Москва, 2007.- 132 с.
3. Информационный бюллетень ВОЗ. - № 318, 2012.
4. Луцкая И.К. *Фотоотверждаемые композиционные материалы в эстетическом реставрировании постоянных зубов. Современная стоматология. Международные обзоры: клиническая практика и здоровье № 3.- Минск, 2013.- С. 144-153.*
5. Луцкая И.К. *Пути минимизации последствий полимеризационной усадки композиционных материалов // Новое в стоматологии, № 1- 2012/ С 2-8*
6. Максимовский Ю.М, Митронин А.В., Апарина Е.А. и др. *Клиническая оценка пломбированных кариозных полостей по I классу с использованием различных технологий // Журнал «Стоматология для всех». – М., № 3, 2006. – С. 24-26.*
7. Максимовский Ю.М. Максимовская Л.Н., Орехова Л.Ю. *Терапевтическая стоматология - Москва, 2002.- С.193-213.*
8. Николаев А. И., Цепов Л.М. *Практическая терапевтическая стоматология: Учебное пособие/М. 2008, 937, С 350-447*
9. Николаенко С. А. *Оценка полимеризационного стресса, возникающего при усадке композиционных пломбировочных материалов. «Институт стоматологии». 2004. № 2: С. 66–68.*
10. Хидирбегшвили, О. *Полимеризационная усадка композитов / О. Хидирбегшвили // Стоматолог. – 2006. – № 10. – С. 17–21.*
11. Цепов Л.М., Т. М. Медведева, Г. И. Морозова и др. *Медико-экономические аспекты выбора композитных материалов в условиях бюджетных стоматологических лечебно-профилактических учреждений /Maestro- 2(46),- 2012*
12. André V. Ritter; Larissa M. Cavalcante,EdwardJ.

SwiftEffect of light-curing method on marginal adaptation, microleakage, and microhardness of composite restorations.- Journal of Biomedical Materials Research v.78B, Issue 2, p. 302–311,2006

13. Anders Lindberg, J. W. V. van Dijken, P. Hörsted - *In vivo interfacial adaptation of class II resin composite restorations with and without aflowable resin composite liner- Clinical oral investigation,-Volume 9, Issue 2, p. 77-83, 2005*

14. Aw, T.C. *Polymerization shrinkage of restorative resins using laser and visible light curing / T.C. Aw, J.I. Nicholls // J. Clin. Laser Med. Surg. – 1997. – Vol. 15, № 3. – P. 137–141.*

15. Braga R.B.,Ballster N., *Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin composites. A systematic review Dental Materials/p 962-970, 2005*

16. Boer, W-M. *Композитные реставрации: современный уровень техники / W-M. Boer // Новое в стоматологии. – 1999. – № 8. – С. 3–15.*

17. Braga RR, Hilton TJ, Ferracane JL. *Contraction stress of flowable composite materials and their efficacy as stress-relieving layers. J Am Dent Assoc 2003;134:721-8*

18. Bichacho N. *The centripetal build-up or composite resin posterior restorations. Pract PeriodonticsAesthet Dent 1994; 6:17-23.*

19. Braga R.B., Ferracane J.L. *Alternatives in Polymerization Contraction stress management. J Appl Oral Sci/ p.1-11, 2004*

20. Davidson A., Felizer A/ *Polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives / J Dent: p. 435-440, 1997*

21. Davidson CL, De Gee AJ, Feilzer A. *The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. J. Dent Res 1984;63:1396-9*

22. Y. Finer, Santerre J. *Salivary esterase activity and its association with the biodegradation of dental composites. JDR, p.22-26, 2004*

23. Felizer A., Davidson *Setting stress in composite in relation to configuration of the restoration J.Dent.Rest. p66, 1987*

24. Figueiredo Reis A, Giannini M, Ambrosano GM, Chan DC. *The effects of filling techniques and a low-viscosity composite liner on bond strength to class II cavities. J Dent. 2003;31:59-66.*

25. Ivar A.R.,Mjor I.A., Dr. Odont « *Clinical Diagnosis of recurrent caries» Jada Vol. 36, 2005*

26. Jensen ME, Chan DCN. *Polymerization shrinkage and microleakage. In: Vanherle G, Smith DC, editors. Posterior composite resin dental restorative materials. Utrecht, The Netherlands: Peter Szulc Publishing Co; 1985:243-62.*

27. Koran P., Kurschner R.- *Effects of sequential versus continuous irradiation of a light cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion and degree of polymerization- J.DentBiom /p 140-141 ,2001*

28. Kidd EA. *Caries diagnosis within restored teeth. In: AnusaviceKJ, ed. Quality evaluation of dental restorations. Chicago: Quintessence;1989:111-21*

29. Kidd EA. *Microleakage: a review. J Dent 1976;4(5):199-206.*

30. Koenigsberg S, Fuks A, Grajower R. *The effect of three filling techniques on marginal leakage around class II composite resin restorations in vitro. Quintessence Int 1989;20:11721.*

31. Klaff D. *Blending incremental and stratified layering techniques to produce an esthetic posteriorcomposite resin restoration with a predictable prognosis. J Esthet Restor Dent 2001;13:101-13.*

32. Lim R.S., Ferracane J. *Reduction of polymerization*

contraction stress for dental composites by 2 step light activation/ Dental Materials, p436-444, 2002

33. Loguercio AD, Reis A, Ballester RY. Polymerization shrinkage: effects of constraint and filling technique in composite restorations. *Dent Mater* 2004;20:236-43.54.

34. Lutz F, Krejci I, Oldenburg TR. Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior composite resin restorations: a new restorative technique. *Quintessence Int* 1986;17:777-84

35. Lutz F, Krejci I, Barbakow F. Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restorations. *Dent Mater* 1991;7:107-13.

36. Lutz F, Krejci I, Luescher B, Oldenburg TR. Improved proximal margin adaptation of class II composite resin restorations by use of light-reflecting wedges. *Quintessence Int* 1986;17:659-64.

37. Lutz F, Krejci I, Barbakow F. The importance of proximal curing in posterior composite resin restorations. *Quintessence Int* 1992;23:605-7.

38. Liebenberg WH. Successive cusp build-up: an improved placement technique for posterior direct resin restorations. *J Can Dent Assoc* 1996;62:501-7.

39. Liebenberg WH. The axial bevel technique: a new technique for extensive posterior resin composite restorations. *Quintessence Int* 2000;31:231-9.

40. Mjor I.A., Toffenetti F. Secondary caries: a literature review with case reports,- *Quintessence International* 2000 Mar;31(3):165-179 PubMed

41. Mjör IA, Gordan VV. Failure, repair, refurbishing and longevity of restorations. *OperDent* 2002; 27(5): 528-534

42. Munksgaard EC, Hansen EK, Kato H. Wall-to-wall polymerization contraction of composite resins versus filler content. *Scand J Dent Res* 1987;95:526-31.

43. McCulloch AJ, Smith BG. In vitro studies of cuspal movement produced by adhesive restorative materials. *Br Dent J* 1986;161:405

44. Park J., Chang J. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling? *Dent.Mater.* p.1501-1505, 2008

45. Satelrhwaite J., Vogel K., Watts D. Effect of resin composite filler particle size and shape on shrinkage strain PubMed

46. Segura A, Donly KJ. In vitro posterior composite polymerization recovery following hygroscopic expansion. *J Oral Rehabil* 1993;20:495-9.

47. Suliman AA, Boyer DB, Lakes RS. Cusp movement in premolars resulting from composite polymerization shrinkage. *Dent Mater* 1993;9:6-10.

48. Spreafico RC, Gagliani M. Composite resin restorations on posterior teeth. In: Roulet JF, Degrange M. Adhesion: the silent revolution in dentistry. Chicago: Quintessence; 2000:253-76.

49. Tjan AH, Bergh BH, Lidner C. Effect of various incremental techniques on the marginal adaptation of class II composite resin restorations. *J Prosthet Dent* 1992;67:62-6.

50. Weaver WS, Blank LW, Pelleu GB Jr. A visible light activated resin cured through tooth structure. *GenDent* 1988;36:236-7.