

С.А. Николаенко,

д.м.н., профессор, зав. кафедрой терапевтической стоматологии

А.И. Зубарев,

ассистент кафедры терапевтической стоматологии

Л.А. Шапиро,

доцент кафедры физики

Красноярский государственный медицинский университет

У. Лобауэр,

приват-доцент клиники терапевтической стоматологии и пародонтологии

Р. Франкенбергер,

профессор

Фридрих-Александр-университет,
г. Эрланген-Нюрнберг, Германия

Сравнительная характеристика современных методов восстановления разрушенных зубов

На сегодняшний день разработано большое количество внутриканальных и парапульпарных штифтовых систем, служащих опорой в ортопедических конструкциях [2, 5]. Применение штифтов клинически обосновано как в области жевательных зубов, при разрушении коронковой части зуба на $\frac{2}{3}$ и более, так и во фронтальном отделе, где имеются морфологические и функциональные предпосылки, связанные с ограниченным объемом твердой субстанции зуба и значительными изгибающими нагрузками. Однако применение этих конструкций связано с опасностью возникновения многочисленных осложнений. Внутриканальные металлические штифты легко подвергаются коррозии и служат причиной косых и продольных переломов корней зуба, не подлежащих дальнейшему восстановлению. Парапульпарные штифты приводят к возникновению трещин в твердых тканях зуба, а также представляют опасность для пульпы [8]. В зубах, восстановленных с помощью штифтовых конструкций, чаще наблюдаются периапикальные изменения, чем в эндодонтически пролеченных зубах без опорных элементов. Наличие

в корне зуба жесткого стержня приводит к перераспределению напряжений, возникающих при жевательных нагрузках в системе корень—периодонт—стенки альвеолы, с их увеличением в апикальной части корня. Этот факт подтверждается современными исследованиями методом конечных элементов [4]. Для устранения указанных недостатков на сегодняшний день разрабатываются силанизированные, эластичные стекловолоконные штифты, типа LuxaPost (DMG, Германия), позволяющие создать единый комплекс из остаточного субстрата, Core-композиата, служащего одновременно материалом для фиксации и самого штифта. В то же время совершенствование прямых реставрационных технологий, когда уровень адгезии современных пломбирочных материалов достиг 50 МПа и более, т.е. уровня сил соединения здоровых дентина и эмали, дает возможность бесштифтового восстановления разрушенных зубов [7]. Диапазон применяемых средств постоянно расширяется. Первым шагом в этом направлении можно выделить разделение композитов на постериорные и антериорные, различающиеся по своим свойствам. В последнее де-

сятилетие появились Core-композиты, позволяющие восстанавливать культю зуба после эндодонтического лечения, со значительным объемом потери твердой субстанции. При бесштифтовом восстановлении проводится введение композита в устья корневого канала на глубину до 3–4 мм. Если учесть возможную высоту остаточных стенок, то возникает вопрос о качестве отверждения фотополимеризующихся компонентов адгезивных систем и заместительных материалов в этой области. Один из возможных путей решения данной проблемы, предлагаемый фирмами-изготовителями, является использование механизма двойного отверждения и введения дополнительного активатора. В качестве примера может служить адгезивная система LuxaBond (DMG, Германия), позволяющая гарантировать качественную полимеризацию вне зависимости от толщины слоя композита, расстояния от источника света до отверждаемой поверхности и интенсивности светового потока.

Целью данного исследования явилось сравнение различных методов адгезивной реконструкции разрушенных зубов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили 40 экстрагированных некариозных человеческих моляров, находившиеся в 0,5% растворе хлорамина-Т при 4°C, которые использовали в течение месяца после экстракции. На удаленных зубах отпиливали бугры до обнажения поверхности дентина без остатков эмали в области фиссур. При помощи шлифовального диска с постоянной подачей воды коронка доводилась до диаметра 8,5–9 мм. Таким образом моделировалась ситуация восстановления культы зуба без остаточных стенок, соответственно без влияния фактора конфигурации полости — С-фактора. Вторым вариантом восстановления являлось препарирование полостей 1-го класса по Блэку (4×4 мм). Образцы были разделены на 12 групп по 2–3 зуба в каждой. В качестве пломбировочного материала использовались Filtek Z 250 (3M Espe), Ecusit (DMG), LuxaCore Z (DMG) в сочетании с однокомпонентными адгезивными системами Adper Single Bond (3M Espe), Teco (DMG) и многокомпонентной адгезивной системой LuxaBond (DMG). Фотополимеризацию всех светоотверждаемых материалов проводили галогеновой лампой (Translux CL, Heraeus Kulzer, Dormagen). Отверждение каждого инкремента осуществлялось прямым освещением поверхности композита в течение 40 с. Для кислотного протравливания использовался гель Etchant (3M Espe). Поверхность дентина протравливалась в течение 15 с. Исследование адгезии между композитом и поверхностью дентина проводилось методом микроиспытания на разрыв (μ TBS). Через 24 ч после реконструкции культы зубы распиливались алмазной пилой с водяным охлаждением (Isomet[®], Buehler, Lake Bluff, США) на 4–5 шлифов толщиной 0,5–0,7 мм. Шлифы распиливались в направлении продольной оси зуба. Таким образом, полученные образцы имели форму палочек, состоящих из дентина и композита. Прочность на разрыв между дентином и композитом измерялась универсальной испытательной машиной (Zwicki—Modell Z/2,5 Ulm, Германия) со скоростью подачи 1 мм/мин [6].

Рельеф поверхности образцов, подвергнутых микроиспытанию на раз-

рыв и выбранных для микроскопического исследования, изучался с помощью растрового электронного микроскопа (SEM; Leitz[®] ISI 50, Akashi, Tokio, Japan и Tiffmess[®]—Software V1.9, Universität Erlangen). Пробы обезживались и покрывались золотом с помощью специального прибора (Balzers[®] SCD 40, Balzers, Лихтенштейн).

Статистическая обработка материала проводилась с использованием критерия Колмогорова—Смирнова, однофакторного дисперсионного анализа. Многогрупповые сравнения осуществлялись с помощью теста Games—Howell. Для оценки различий в двух группах применялся критерий Стьюдента. Различия принимались статистически значимыми при $p < 0,05$.

ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КУЛЬТЫ ЗУБА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНИК АППЛИКАЦИИ ПЛОМБИРОВОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Внесение композита проводилось различными способами (табл. 1). В полостях 1-го класса композит наносился как одной порцией (Bulk-техника), так и тремя горизонтальными слоями.

В оставшихся группах восстановление проводилось с моделированием клинической ситуации при полном отсутствии коронковой части зуба, т. е. без влияния фактора конфигурации полости.

Для улучшения адгезии использовалась аппликация пломбировочного ма-

териала модифицированной техникой: первая порция композита наносилась на $\frac{1}{4}$ поверхности дентинного ареала с толщиной слоя в 1,5 мм. После светового отверждения первого инкремента проводилась аппликация второй порции композита на вторую четверть поверхности с последующей фотополимеризацией. Аналогично наносилась и отверждалась третья и четвертая порции композита. Также исследовалась возможность улучшения адгезии заместительного материала за счет нанесения тонкого слоя текучего композита, так называемая lining-техника.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Методы бесштифтового восстановления позволяют добиться высоких показателей адгезии заместительных материалов к твердым тканям зуба. Однако показатели сил сцепления значительно варьируют в зависимости как от применяемого материала и адгезивного посредника, так и техники нанесения композита. Диапазон показателей адгезии составляет от 9 до 60 МПа (табл. 2).

В группах, восстановленных в условиях влияния фактора конфигурации полости, когда полимеризационное напряжение оказывает максимальное деструктивное воздействие на зону соединения, самые высокие результаты получены при применении адгезивной системы Teco и материала для восстановления Ecusit (52,8 МПа, рис. 1).

ТАБЛИЦА. 1. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГРУПП ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АДГЕЗИИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КУЛЬТЫ ЗУБА РАЗЛИЧНЫМИ ТЕХНИКАМИ

Группа	Адгезивная система	Материал для восстановления	С-фактор	Техника аппликации композита
1	LuxaBond	LuxaCore	Есть	Bulk-техника, 1 порция
2	LuxaBond	LuxaCore	Есть	Горизонтальная, 3 порции
3	LuxaBond	Ecusit	Есть	Горизонтальная, 3 порции
4	Teco	Ecusit	Есть	Горизонтальная, 3 порции
5	Adper Single Bond	Filtek Z 250	Есть	Горизонтальная, 3 порции
6	LuxaBond	LuxaCore	Нет	Bulk-техника, 1 порция
7	LuxaBond	Ecusit	Нет	Модифицированная
8	Teco	Ecusit	Нет	Модифицированная
9	Adper Single Bond	Filtek Z 250	Нет	Модифицированная
10	LuxaBond	Ecusit	Нет	Модифицированная + текучий композит
11	Teco	Ecusit	Нет	Модифицированная + текучий композит
12	Adper Single Bond	Filtek Z 250	Нет	Модифицированная + текучий композит

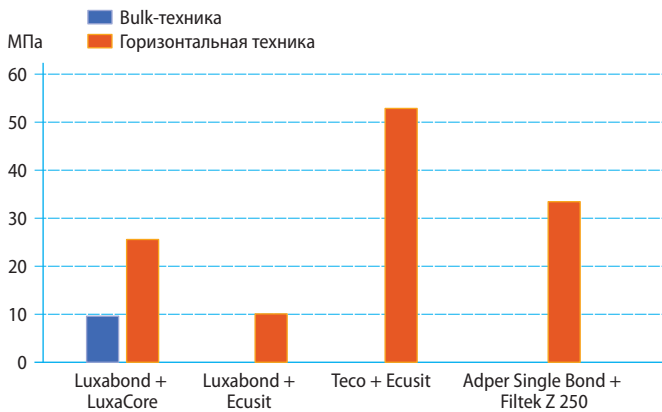


Рис. 1. Адгезия композитов в полостях первого класса

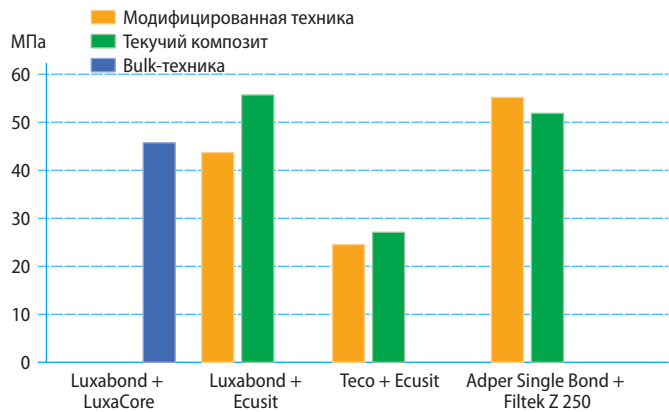


Рис. 2. Адгезия композитов при полном восстановлении культи зуба

ТАБЛИЦА 2. ПОКАЗАТЕЛИ АДГЕЗИИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ И УСЛОВИЙ РЕСТАВРАЦИИ

Показатели	Группа											
	С-фактор					без С-фактора						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднее арифметическое (\bar{x}), МПа	9,4	25,36	9,86	52,84	33,35	48,14	46,05	25,74	58,07	58,43	28,6	54,37
Стандартное отклонение (S), МПа	4,96	8,37	3,03	14,45	10,98	23,01	9,97	13,24	19,76	12,32	13,39	11,34
Общее количество образцов	31	19	37	19	48	26	15	17	36	15	14	42
Количество потерянных образцов, %	71	21	81	5	8	27	0	18	0	0	43	0

Зона соединения при применении LuxaBond и Ecusit оказалась наименее стабильной. Показатели адгезии не превысили 9,86 МПа, 81% образцов не прошли испытания на разрыв.

Современный Core-композит при внесении одной порцией продемонстрировал низкие показатели адгезии (9,4 МПа) при 71% потерянных образцов. Автоматическая система замешивания LuxaCore Z позволяет последовательно вносить 3 порции композита с промежуточным освещением без смены канюли. При этом монолитность реставрации, так же как у обычных композитов, гарантируется слоем окисленным кислородом. Дробление композита на 3 порции позволило увеличить силы сцепления с твердыми тканями зуба в 2,7 раза ($p < 0,001$).

При отсутствии влияния С-фактора, когда моделируется ситуация наращивания культи практически без остаточных стенок композита, техника аппликации также имеет большое значение для качества восстановления и силы адгезии (рис. 2).

В этих условиях возможно применение Bulk-техники. Адгезия Core-композита к выровненной поверхности дентина увеличивается до 48,14 МПа.

Модифицированная техника внесения композита позволяет минимизировать

негативное влияние полимеризационного напряжения, которое возникает как в закрытой полости, так и на ровной поверхности твердых тканей [1]. В ее основе положены следующие принципы:

- определяющим фактором является не толщина наносимого слоя, а площадь поверхности, на которую наносится композит;
- для последующих порций необходимо, чтобы площадь контакта с уже отвержденной порцией композита была минимальна и по возможности избегать этого контакта.

При применении комбинации систем LuxaBond—Ecusit и Adper Single Bond—Filtek Z 250 силы сцепления увеличи-

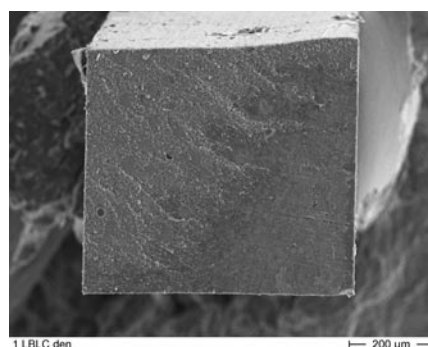


Рис. 3. Поверхность образца при адгезивном разрыве в случае применения LuxaBond и LuxaCore Z

ваются в 4,7 и 1,8 раза соответственно ($p < 0,001$) по сравнению с полостями 1-го класса. В то же время использование адгезива 5-го поколения Тесо в условиях отсутствия С-фактора выявило снижение адгезии в 2 раза ($p < 0,001$).

Внесение текучего композита может рассматриваться как создание «амортизатора» полимеризационного напряжения [3]. Аппликация и отверждение тонкого слоя жидкотекучего композита непосредственно после бондингового агента (lining) позволили увеличить силы адгезии только в случае применения LuxaBond в сочетании с композитом Ecusit (27%, $p = 0,005$).

Электронно-микроскопическому исследованию подвергались отдельные образцы, прошедшие исследование на разрыв в испытательной машине.

На обзорном снимке дентинной части образца при применении LuxaBond и LuxaCore Z в левом верхнем секторе хорошо просматриваются остатки композита, что свидетельствует о комбинированном когезивно-адгезивном типе разрыва (рис. 3). Это иллюстрирует высокую стабильность зоны соединения, подтверждаемую результатами микроиспытания на разрыв.

Поверхность дентина при применении адгезивной системы LuxaBond

и Core-композита остается покрытой гибридным слоем практически на всем протяжении. Выявляются лишь незначительные участки свободной поверхности (рис. 4, а). При большем разрешении наблюдаются закрытые просветы дентинных канальцев (рис. 4, б).

Адгезивная система пятого поколения Тесо также проиллюстрировала достаточно полную гибридизацию дентина. Только в глубоких областях полости были выявлены фрагменты поверхности, где, судя по всему, адгезивный посредник был недостаточно полимеризован и при испытании на разрыв происходил частичный выход тяжей полимера из просветов дентинных канальцев (рис. 5).

Таким образом, бесштифтовую реставрацию адгезивно-фиксированными заместительными материалами можно считать эффективным методом восстановления разрушенных зубов. Однако отрицательным моментом является высокая чувствительность зоны соединения к повреждающему действию полимеризационной усадки композита. Следует отметить, что современные Core-материалы выявили высокую эффективность как с точки зрения адгезии материала, так и с точки зрения последующей обработки культи. Например, LuxaCore Z обладает схожими механическими свойствами с дентином. Это позволяет избежать такого явления, свойственного обычным композитам, как погружение в материал вращающе-

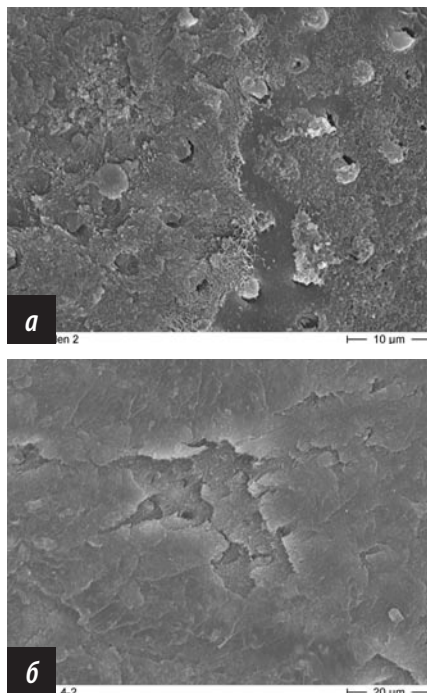


Рис. 4. Поверхность дентина при применении LuxaBond и LuxaCore Z:
а — обзорный вид открытого участка;
б — вид при большем увеличении

гося при obtачивании бора, что приводит к удалению большого количества композита, чем твердой субстанции зуба. В то же время цвет и прозрачность материала отличаются от дентина и эмали, облегчая формирование уступа в пределах твердых тканей. Адгезивные посредники в целом хорошо гермети-

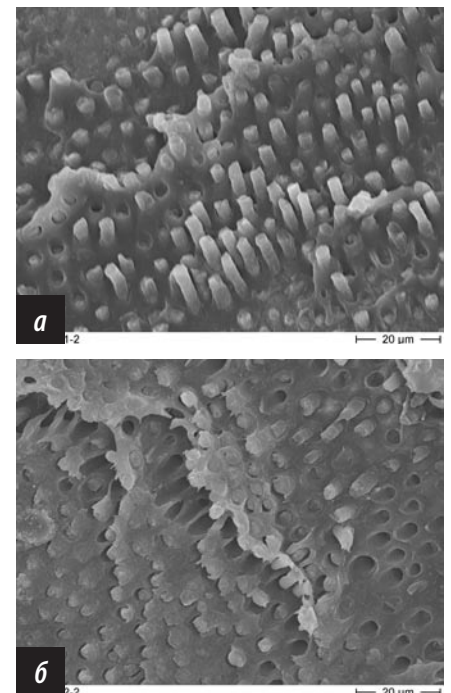


Рис. 5. Состояние гибридной зоны в глубоких областях полости при применении адгезивного посредника Тесо:
а — оппозиционная поверхность со стороны композита;
б — соответствующая поверхность со стороны дентина

зируют зону соединения, только в самых глубоких участках было выявлено не полное отверждение смолы полимера. Включение двойного механизма отверждения при применении дополнительного активатора в бондинговой системе LuxaBond позволяет избежать этого негативного явления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаенко С.А. К вопросу восстановления разрушенных зубов //Панорама ортопедической стоматологии. — 2003. — № 2.— С.12—14.
2. Burke J., Shaglouf A.G., Combe E.C., Wilson N.H. Fracture resistance of five pin—retained core build—up materials on teeth with and without extracoronal preparation //Oper Dent. — 2000. — V.25, № 5. — P.388—394.
3. de Gee et Cees A.J., Kleverlaan J. Усадка и усадочный стресс при полимеризации композитных материалов //Институт стоматологии. — 2008. — № 4(5). — С.12.
4. Matsuo S., Watari F., Ohata N. Fabrication of a functionally graded dental composite resin post and core by laser lithography and finite element analysis of its stress relaxation effect on tooth root //Dent Mater. — 2001. — V.20, № 4. — P.257—274.
5. Muhlbauer J.A., Dunn W.J., Roberts H.W., Murchison D.F. The effect of resin composite pins on the retention of class IV restorations //Oper. Dent. — 2002. — V.27, № 3. — P.284—288.
6. Sano H., Shono T., Sonoda H., Takatsu T., Ciocchi B., Carvalho R., Pashley D.H. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength — evaluation of micro—tensile bond test //Dent Mater. — 1994. — V.10. — P.236—240.
7. Urabe I., Nakajima S., Sano H., Tagami J. Physical properties of the dentin—enamel junction region //Am. J. Dent. — 2000. — V.13, № 3. — P.129—135.
8. Wassell R.W., Smart E.R., St.-George G. Crowns and other extra—coronal restorations: cores for teeth with vital pulps //Br. Dent. J. — 2002. — V.192, № 9. — P.505—509.