



УДК 616.314.76:66.063.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ КОМПОЗИЦИЙ, ВОССТАНАВЛИВАЮЩИХ ЦЕЛОСТНОСТЬ ЗУБНОГО РЯДА ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ

**А.А. КОПЫТОВ<sup>1</sup>**  
**Е.А. КУЗЬМИНА<sup>1</sup>**  
**Д.А. КОЛЕСНИКОВ<sup>1</sup>**  
**Е.Г. КОЛОБОВА<sup>1</sup>**  
**А.В. ЯМЩИНСКИЙ<sup>2</sup>**

<sup>1)</sup> *Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

<sup>2)</sup> *МУЗ «Стоматологическая поликлиника №1», г. Белгород*

*e-mail: kopytov@bsu.edu.ru*

Наномасштабный дизайн стоматологических материалов обеспечивает их нетривиальные характеристики. Разработанная формула нанодесенситайзера «СуперГАП+», с одной стороны, обуславливает надёжную профилактику ирритации пульпы зуба, с другой, влияет на адгезию стоматологических цементов к дентину. Изучению влияния нанодесенситайзера «СуперГАП+» на адгезию стоматологических цементов посвящена данная статья.

Ключевые слова: десенситайзер, одноосное растяжение, стоматологический цемент.

Ряд авторов упоминают благотворное влияние на течение адаптационно – реабилитационного процесса челюстно-лицевой области в целом, использование витальных зубов опорными в цельнолитых металлокерамических протезах [7, 8]. Исключением из этого правила являются случаи протезирования лиц моложе 20 лет и пациентов, страдающих тяжёлыми и/или генерализованными формами пародонтита [6, 3]. Необходимо учитывать, что после препарирования зубов остаются открытыми дентинные каналы, что приводит к гиперчувствительности. В связи с этим возникает возможность развития пульпита зубов, включённых в ортопедическую конструкцию, как следствие воздействия химических и физических агентов, а также бактерий и продуктов их жизнедеятельности.

Отдельно рассматриваются показания к депульпированию зубов, планируемых опорами в несъёмную конструкцию, имеющих различные оси установки, как правило, превышающие 15° или конвергировавших на таковые величины в случае утраты апроксимальных контактов [4, 5]. В результате экспериментальных, функциональных и клинических исследований установлено, что степень ятрогенной конвергенции боковых стенок зубов должна быть в пределах от 3 до 10° при высоте коронковой части в пределах 10 мм [1].

Увеличение конусности зуба уменьшает площадь сцепления между поверхностями зуба и стенками коронки, приводя к снижению ретенции и расцементировке несъёмного протеза. Следовательно, чем больше поверхность культи зуба, тем больше ретенция искусственной коронки (всей ортопедической конструкции). Однако увеличение ретенционной площади лимитируется, с одной стороны, высотой центральной окклюзии – необходимо снимать ткани зуба объемом, обуславливающим достаточные прочностные характеристики конструкции. С другой стороны, считается оптимальным формировать круговой уступ на уровне десневого края, что является условием профилактики пародонтита [2, 5].

Проблему увеличения ретенции несъёмных стоматологических реставраций, зачастую укрепляемых на витальных зубах, в данном аспекте необходимо рассматривать двояко, что подразумевает:

1. Синтез составов, защищающих пульпу зуба от динамического воздействия химико-физических раздражителей и биогеоценоза ротовой полости.
2. Разработку составов, обуславливающих надёжную фиксацию несъёмной конструкции, с учётом соотношения плоскостей зуба и коронки, а также геометрии осей установки опорных зубов и высоты центральной окклюзии.

В данной статье изучается целесообразность применения композиции СуперГАП+ на основе наноразмерного гидроксиапатита. Основной целью применения

препарата является снижение восприимчивости культей зубов при безусловном сохранении условий надёжной фиксации несъёмной конструкции.

**Цель исследования.** Дать сравнительную оценку адгезивным свойствам фиксирующих цементов в совместном применении с нанодесенситайзером «СуперГАП+», определив силы, разрушающие композицию «зуб-коронка» в процессе осевого воздействия при различных углах конвергенции стенок культы зуба.

**Материалы и методы.** Для решения вышеуказанных проблем был разработан состав материала «СуперГАП», планируемый для лечения чувствительности зубов, а также при лечении глубокого кариеса с целью изоляции полостей перед внесением цементных подкладок, постоянных пломб. Следующим шагом, решения проблемы сохранения витальности зубов, используемых опорными в несъёмных конструкциях, стал материал «СуперГАП+», который также может применяться для обработки культы зуба перед цементированием коронок и мостовидных протезов.

Нанодесенситайзер "СуперГАП+" на водно-спиртовой основе содержит:

- наноразмерный гидроксиапатит (продольный размер кристалла 80 – 100 нм, поперечный 20 – 30 нм) – наполнитель, пролонгировано минерализующий твердые ткани зуба;
- цетримид – четвертично-аммонийная соль – антисептик, снижающий поверхностное натяжение водных систем и способствующий проникновению материала в дентинные каналы;
- гидроокись кальция, создающую щелочную бактерицидную среду и стимулирующую образование вторичного дентина;
- соль калия, снижающую нервный импульс болевых ощущений.

Щелочная среда препарата нейтрализует избыток фосфорной кислоты цинкфосфатного, силикатного, силикофосфатного цементов, а также полиакриловой кислоты стеклоиономерного цемента путем образования кальциевых солей, обеспечивающих эффективный барьер от кислотного воздействия и химическую защиту дентина и пульпы. Колориметрические характеристики препарата предотвращают нежелательное окрашивание дентина. Благодаря реологическим свойствам препарат легко наносится на обрабатываемые поверхности и проникает в дентинные каналы, при подсушивании внутри каналов образуются запечатывающие пробки.

К исследованию были приняты сорок сформировавшихся премоляров, удалённых по ортодонтическим показаниям.

Каждый из зубов четырежды подвергался нагружению одноосным растяжением:

- 1) зуб обрабатывался с углом конвергенции стенок  $3^\circ$  (суммарный угол  $6^\circ$ ), определялась сила адгезии цемента к дентину без предварительной обработки дентина минерализующим герметиком;
- 2) определялась сила адгезии цемента к дентину после предварительной обработки дентина минерализующим герметиком;
- 3) зуб дорабатывался, угол конвергенции стенок увеличивался до  $6^\circ$  (суммарный угол  $12^\circ$ ), определялась сила адгезии цемента к дентину без предварительной обработки дентина минерализующим герметиком;
- 4) определялась сила адгезии цемента к дентину после предварительной обработки дентина тем же минерализующим герметиком;

В качестве герметиков тестировались: традиционно применяемый стоматологический материал «Кальцетат» и разработанная композиция СуперГАП+».

Стоматологический материал «Кальцетат» наносили на высушенные поверхности культы зуба, предварительно очищенные водо-воздушной смесью. Через 2-3 минуты на дентине образовывалась плёнка. Наполнитель (гидроокись и фторид кальция) состоит из частиц, отличающихся гранулометрически и структурно, по этой причине поверхность плёнки шероховата, что создаёт условия для адгезии апплицируемого материала. Образовавшаяся пленка, прилегая к поверхности дентина, закупоривает дентинные каналы, что предотвращает подлежащие слои и пульпу от

различного рода химических и физических повреждений. Образовавшаяся плёнка изменяет тип неровности поверхности дентина от перпендикулярного к куполообразному.

Нанодесенситайзер СуперГАП+ наносили на высушенные поверхности зуба, предварительно очищенные водо – воздушной смесью. В течение 30 секунд материал тщательно втирали. Реологические и тиксотропные свойства материала обеспечивают его проникновение в просвет дентинных канальцев, что исключает необходимость тщательного высушивания каждого слоя нанесенного препарата и соблюдения дискретности нанесений слоёв, обязательного в случаях применения пленкообразующих препаратов и лаков. Препарат не прилегает (отсутствует эффект плёнообразования) к поверхности дентина, а проникает на глубину 10-50 мкм и, выполняя дентинные канальцы, сохраняя поверхность шероховатой, что положительно сказывается на адгезии цемента к дентину.

Укрепляли коронки на зубы после их тщательной обработки «Ангидрином» и фиксировали цинкфосфатным цементом «Уницем» или стеклоиономерным цементом «Цеминон – Ф». В конце каждого этапа культи зубов для очистки от остатков цемента вручную обрабатывались наждачной бумагой Р600 по ISO (77), зернистость – 24,8-26,8 мкм.

Для надёжной фиксации зубов сконструировали приспособление, состоящее из кюветы зуботехнической малой латунной, имеющей основание с двумя пазами и верхнюю часть с двумя выступами. Внутренний диаметр верхней части кюветы, совпадающей выступами с нижней частью равен 40 мм. Диаметр отверстия, служащего для опорожнения кюветы, равен 25 мм.

Фиксация зуба в кювете осуществлялась следующим образом. Корень зуба просверливался в коронарной трети. В отверстие вставлялась стальная ортодонтическая проволока диаметром 1,1 мм, длиной 38 мм. Конусность кюветы обеспечивает достаточную фиксацию зуба в объёме верхней части кюветы, с тем условием, чтобы шейка зуба выступала над плоскостью совмещения верхней и нижней частей кювет на 1-2 мм. В непосредственной близости от перфорационного отверстия корня на стальную проволоку накидывался отрезок медной проволоки марки ММ (мягкая)  $d=0,5$  мм, длиной не менее 100 мм. Концы отрезка проволоки выводились из отверстия, служащего для опорожнения кюветы, скручивались при помощи помещённого в получившуюся петлю стального бора для прямого наконечника. Скручивающие движения бора уменьшают длину медной проволоки, посредством чего стальная проволока расклинивается в объёме кюветы и укрепляет тем самым положение зуба (рис. 1).

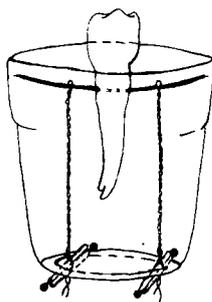


Рис. 1. Премоляр зафиксирован в кювете, приготовленной к заполнению быстротвердеющей пластмассой

Подобные манипуляции проводят с противоположной стороны корня зуба. Следующим этапом с избытком наполняют кювету самотвердеющей пластмассой, которую выводят через отверстие, служащее для освобождения кюветы, формируя вне кюветы массив пластмассы, укрывающий боры для прямого наконечника, что так же служит укреплению конструкции. До затвердевания пластмассы ей придают форму, обуславливающую устойчивое нахождение кюветы на горизонтальной поверхности и возможность препаровки зуба.

Для корректной препаровки зуба использовали устройство (рис. 2) предложенное в работе [5]. Препаровку зуба проводили стандартным способом, с воздушно-водяным охлаждением турбинным наконечником, применяя алмазные боры «РосБел» 314.199.532.012. Круговой уступ формировали на 1 мм апикальное эмалево-цементной границы, культю зуба обработали водо-воздушной смесью в течение 1 минуты и высушили струёй воздуха. Затем провели стандартную процедуру, итогом которой предстала литая цельнометаллическая коронка (ЛЦК) с крепёжным кольцом в центре жевательной поверхности.



Рис. 2. Кювета с зубом и устройство, используемое для корректной препаровки зуба

Затем приспособление с зафиксированным в ней самотвердеющей пластмассой зубом и укреплённой с использованием стоматологического цемента ЛЦК помещали в термостат на 48 часов при температуре 37°C и влажностью 100%. На следующем этапе определяли силу адгезии цемента к дентину. Приспособление укрепляли в универсальной напольной электромеханической испытательной машине Instron 5882. Тестовую скорость одноосного растяжения установили 1мм/мин. После отрыва металлической композиции от зуба рассчитывали нагружение (в МПа), результаты подвергали статистическому анализу.

Принятые к исследованию зубы разделили на две группы, в зависимости от применяемого для фиксации композиции цемента. Группы, в свою очередь, разделили на равные подгруппы, для изучения влияния на адгезию цементов к дентину в зависимости от применяемых десенситайзеров.

Первый этап исследования. На зубах первой группы укрепляли ЛЦК без предварительной обработки десенситайзером культей, используя цинкфосфатный цемент «Уницем». При приложении нагрузки одноосным растяжением, соответствующей величине 2,0 МПа, происходила расцементировка ЛЦК. На зубах второй группы укрепляли ЛЦК, без предварительной обработки десенситайзером культей, применив стеклоиономерный цемент «Цемион – Ф». По достижении силы растяжения, соответствующей 4,1 МПа композиция разрушилась.

Второй этап исследования. На зубах первой группы, укрепляли ЛЦК при помощи цинкфосфатного цемента «Уницем», предварительно обработав культю зубов первой подгруппы десенситайзером «СуперГАП+», на культю второй подгруппы нанесли десенситайзер «Кальцетат». В первом случае композиция разрушилась при силе растяжения, соответствующей 1,9 МПа, во втором – 1,5 МПа. Следовательно, в подгруппах первой группы адгезия уменьшилась на 5% и 25%. На зубах второй группы, укрепляли ЛЦК при помощи стеклоиономерного цемента «Цемион – Ф», предварительно обработав культю зубов первой подгруппы десенситайзером «СуперГАП+» второй подгруппы десенситайзером «Кальцетат». В первой подгруппе расцементировка произошла при усилии, соответствующем 3,96 МПа, во второй – 3,12 МПа. В подгруппах второй группы адгезия уменьшилась на 4% и 14% соответственно.



Третий этап исследования. После доработки культей зубов до угла конвергенции стенок  $12^\circ$ , на зубах первой группы, укрепляли ЛЦК без предварительной обработки культей десенситайзерами при помощи цинкфосфатного цемента «Уницем», во второй группе применяли стеклоиономерный цемент «Цемион – Ф». Разрушение композиций одноосным растяжением произошло при нагружениях, соответствующих 1,8 и 4,0 МПа. Усилие, потребовавшееся на разрушение композиций, уменьшилось в группах на 5% и 2% соответственно.

Четвёртый этап исследования. Покрыв, культы зубов первой группы первой подгруппы десенситайзером «СуперГАП+», второй подгруппы десенситайзером «Кальцетат», ЛКЦ укрепили цинкфосфатным цементом «Уницем». Расцементировка коронок в первой подгруппе произошла при достижении усилия, соответствующего 1,7 МПа, во второй – 1,2 МПа. Усилие, потребовавшееся для разрушения, уменьшилось в первом случае на 15%, во втором на 40%. Перед фиксацией ЛЦК на стеклоиономерный цемент «Цемион – Ф» культы зубов второй группы первой подгруппы обработали десенситайзером «СуперГАП+», а второй подгруппы – десенситайзером «Кальцетат». Разрушение композиций произошло при нагружении, соответствующем силе растяжения 3,76 и 2,94 МПа. Композиции ослабли на 8% и 28% соответственно (табл.1).

Таблица 1

**Значение одноосного растяжения (МПа), при воздействии которого наблюдалось разрушение композиций**

Этап исследования	1 группа фиксация ЛЦК на цемент «Уницем»		2 группа фиксация ЛЦК на цемент «Цемион – Ф»	
	1 подгруппа «СуперГАП+»	2 подгруппа «Кальцетат»	1 подгруппа «СуперГАП+»	2 подгруппа «Кальцетат»
Угол конвергенции стенок $6^\circ$ , зубы предварительно не обработаны	2,0		4,1	
Культы зубов обработаны десенситайзерами	1,9	1,5*	3,96	3,12*
Угол конвергенции стенок $12^\circ$ , зубы предварительно не обработаны	1,9		4,0	
Культы зубов обработаны десенситайзерами	1,7*	1,2*	3,76*	2,94*

\*Различия в прилагаемом усилии, приводящем к разрушению композиции по отношению к первоначальным значениям, достоверны ( $p < 0.05$ ).

На заключительном этапе исследования проводилась микроскопия поверхностей культей зубов, предварительно обработанных нанодесенситайзером «СуперГАП+», с применением растрового ионно-электронного микроскопа Quanta 200 3D, оснащённого цифровой камерой Digiview II. При разрушении композиции одноосным растяжением на обработанных поверхностях культей зубов визуализировались как выполненные дентинные каналцы, так и зияющие (рис. 3). Данный факт позволяет сделать вывод о том, что нанодесенситайзер «СуперГАП+» в равной степени изотропен по адгезивным характеристикам, как дентину зуба, так и стеклоиономерному цементу «Цемион – Ф».

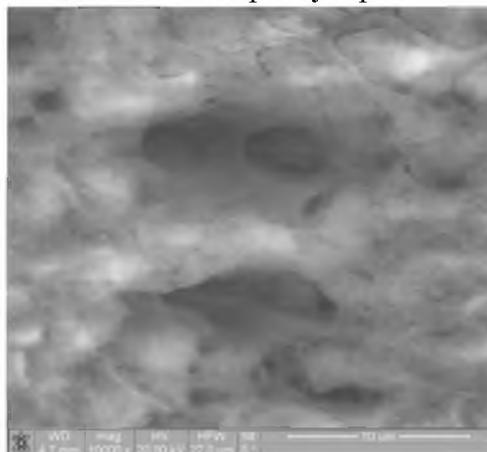


Рис. 3. Выполненные и зияющие дентинные каналцы

С целью исключения гипотезы об избирательном выполнении нанодесенситайзером «СуперГАП+» дентинных канальцев, зубы раскалывались по оси, и исследовался слой дентина, образующий жевательную поверхность. При исследовании канальцев с зияющими устьями, апикальное устье визуализировались выполненные объёмы канальцев, что позволяет делать вывод о тотальном и протяжённом выполнении дентинных канальцев нанодесенситайзером «СуперГАП+» (рис. 4).

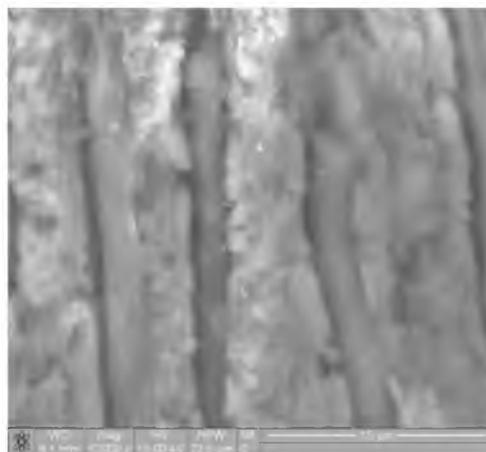


Рис. 4. Нанодесенситайзер «СуперГАП+» выполнение дентинных канальцев с зияющими на поверхности устьями

В работах, изучающих критическое деформирование материалов в условиях «жёсткого нагружения», описана с позиции механики микронеоднородных сред подобная кинетика разрушения образцов при растяжении. Как в описанных случаях [9], так и в нашем, разрушение материала не является мгновенным актом, а происходит со временем. Сначала материал разрыхляется, образуются микротрещины, накапливается на уровне микроструктуры рассеянная поврежденность. Микротрещины прорастают в магистральную внутреннюю трещину, развивается деформационное разупрочнение материала, падает его сопротивление (рис. 5).

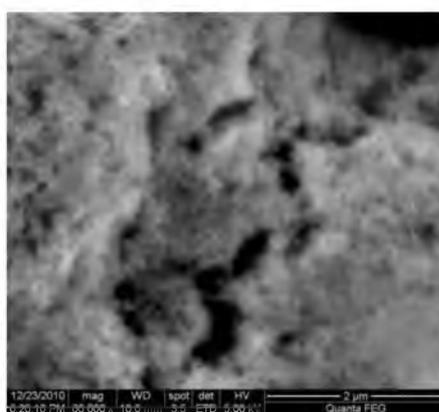


Рис. 5. Трещиноватость цемента «Цемион – Ф». Снимок внутренней поверхности ЛКЦ после разрушения композиции

Таким образом, разрушение реставраций в ходе необратимого пластического деформирования является следствием уменьшения эффективной площади сечения объёма материала, воспринимающего нагрузку.

**Выводы:**

1. Разработанная модель и способ позволяют определять влияние геометрии культы зуба и химии исследуемых материалов на силу адгезии цемента к дентину.
2. С увеличением угла конвергенции стенок культей зубов от 6° до 12° в отсутствии предварительной обработки культей зубов десенситайзерами достоверного



уменьшения усилия, приводящего к разрушению композиции при одноосном растяжении, не выявлено.

3. Наименьшее усилие (1,2 МПа), приведшее к разрушению композиции, определено во второй подгруппе первой группы при фиксации литой цельнометаллической коронки на цинкфосфатный цемент «Уницем» после предварительной обработки культи десенситайзером «Кальцетат». Полистирольная гидрофобная пленка, нарушает адгезию гидрофильных цементов (на водной основе) к дентину.

4. При фиксации литой цельнометаллической коронки на стеклоиономерный цемент «Цемион – Ф» после предварительной обработки культи десенситайзером «СуперГАП+», проведенная в первой подгруппе второй группы, потребовалось усилие для разрушения композиции 3,96МПа, что на 4% меньше, чем и исходное усилие.

5. Реологические свойства нанодесенситайзера «СуперГАП+», а именно, способность проникать в микродефект и образовывать пробки внутри просвета дентинных канальцев, сохраняя неизменным перпендикулярный тип неровности, определяющий шероховатость дентина, позволяет рекомендовать его сочетание с любым из известных цементов в клинике ортопедической стоматологии.

### Литература

1. Арутюнов, С.Д. донтопрепарирование под ортопедические конструкции зубных протезов / С.Д. Арутюнов, И.Ю. Лебеденко – М.: Практическая медицина, 2007. – 80с.
2. Жидких, Е.Д. Системная оценка эффективности комплексного лечения генерализованных форм пародонтита: Дис. . канд. мед. наук / Е.Д. Жидких. – СПб. – 2000. – 149 с.
3. Каламкар, Х.А. Ортопедическое лечение с применением металлокерамических протезов / Х.А. Каламкар – М.: МИА 2003. – 216 с.
4. Каливарджиян, Э.С. Способы сохранения твёрдых тканей зубов с жизнеспособной пульпой под опору для несъёмных конструкций протезов / Э.С. Каливарджиян, Д.В. Алабовский // Современная ортопедическая стоматология. – 2006. – №5. С.30-33.
5. Копытов, А.А.. Динамика показателей десневой жидкости в процессе реабилитации пациентов с мостовидными протезами при различном наклоне опорных зубов: Дис. ... к.м.н / А.А. Копытов // МГМСУ, 2008. – 151 с.
6. Русак, А.С. Подготовка зубов при протезировании металлокерамическими конструкциями / А.С. Русак // Вестник стоматологии 2009 №2. – 70-75 с.
7. Трезубов В.Н. Ортопедическая стоматология./ В.Н. Трезубов, А.С. Щербаков, Л.М. Мишнёв. – СПб.: СпецЛит, 2001. – 479 с.
8. Шиллинбург Основы препарирования зубов. / Шиллинбург, Якоби, Баркет // Москва: Азбука 2006 371 с.
9. Шин, Р.Г. Механизмы деформирования микронеоднородной среды / Р.Г. Шин, В.Л. Катков // Проблемы прочности. – 1987. – №10. – С. 72-74.

## INVESTIGATION OF THE DESTRUCTION OF COMPOSITES, RESTORING THE INTEGRITY OF THE DENTITION IN UNIAXIAL TENSION

**A.A. KOPYTOV<sup>1</sup>**

**E.A. KUZMINA<sup>1</sup>**

**D.A. KOLESNIKOV<sup>1</sup>**

**E.G. KOLOBOVA<sup>1</sup>**

**A.V. YAMCHINSKY<sup>2</sup>**

<sup>1)</sup> *Belgorod National Research University*

<sup>2)</sup> *Municipal Dental Clinic №1, Belgorod*

*e-mail: kopytov@bsu.edu.ru*

Nanoscale design of dental materials provides their nontrivial features. Developed formula nanodesensitizer "SuperGAP + ", on the one hand, causes a reliable prevention of irritation of the dental pulp, on the other hand, affects the adhesion of dental cements to dentin. Studying the effect of nanodesensitizer "SuperGAP +" on the adhesion of dental cements subject of this article.

Key words: desensitizer, uniaxial tension, a dental cement.