

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМИРОВАННОЙ и неармированной композитной реставрации после устранения косых дефектов (III класс по М.Л.Меликяну)

(Часть I)

М.Л.Меликян

• д.м.н., главный врач,
ООО "АрмСтом Меликяна", г. Москва
Адрес: 123103, Москва, ул. Маршала
Тухачевского, д. 55, 1 этаж, XXIV пом.
Тел.: 8 (495) 725-15-75
E-mail: armstom@mail.ru

С.С.Гаврюшин

• д.т.н., профессор, зав. кафедрой МГТУ им.
Н.Э. Баумана
Адрес:
Тел.:
E-mail:

К.М.Меликян

• врач-стоматолог,
ООО "АрмСтом Меликяна", г. Москва
Адрес: 123103, Москва, ул. Маршала
Тухачевского, д. 55, 1 этаж, XXIV пом.
Тел.: 8 (495) 725-15-75
E-mail: lika17@mail.ru

Г.М.Меликян

• к.м.н., врач-стоматолог,
ООО "АрмСтом Меликяна", г. Москва
Адрес: 123103, Москва, ул. Маршала
Тухачевского, д. 55, 1 этаж, XXIV пом.
Тел.: 8 (495) 725-15-75
E-mail: garegin_m@mail.ru

Резюме. В работе представлены результаты исследования напряженно-деформированного состояния реставрации в области адгезии после устранения косых дефектов коронковой части передней группы зубов (III класс по М.Л.Меликяну) с применением армированного и неармированного композитного материала. Результаты математического моделирования показывают, что значительную часть нагрузки воспринимает металлический сеточно-контурный армирующий каркас, тем самым снижая уровень максимальных эквивалентных напряжений в области адгезии как в твердых тканях зуба, так и в композитном материале. Правильное проекционное положение металлической армирующей сетки при композитной реставрации, помимо снижения общего уровня напряжений в области адгезии, препятствует росту микротрещин в композитном материале, что существенно снижает риск возникновения таких осложнений, как сколы и отколы армированной композитной реставрации. Способ устранения дефектов коронковой части зуба с применением композитного материала и ме-

таллической сетки приводит к значительному увеличению срока службы армированной композитной реставрации по сравнению с аналогичным способом без использования металлической армирующей сетки.

Ключевые слова: косой дефект, контур дефекта, композитная реставрация, область адгезии, осложнение, скол, откол, контурная полость, сеточно-контурный армирующий каркас, атравматическое одонтопрепарирование, минимально инвазивная терапия, реставрация/реконструкция, искусственная эмаль, искусственный дентин, металлическая позолоченная сетка, биомеханика, математическое моделирование, напряженно-деформированное состояние, армированная и неармированная композитная реставрация, максимальные эквивалентные напряжения, микротрещина, магистральная трещина.

Summary. This work shows results of research of stress-strain condition of restoration in the area of adhesion after removal of defects oblique coronal part of the frontal teeth (3th class by Melikset Melikyan) with reinforced and unreinforced composite material. The results of mathematical modeling shows that a metal mesh — contour reinforcing framework takes a significant part of the load and by that reduce the level of maximum equivalent stresses in the area of adhesion in solid tissues of the tooth, as well as in composite materials. Proper projection of gold-plated reinforcing metal mesh in composite restorations in addition to, reducing the overall level of stress in the area of adhesion inhibits the growth of micro cracks in the composite material and significantly reduces the risk of complications such as chips and splits of reinforced composite restoration. The method of tooth coronal part defects elimination with composite material and metal mesh leads to significant increase the life time of reinforced composite restoration compared with the same method without using the metal reinforcing mesh.

Key words: oblique defect, the contour of the defect, a composite restoration, the area of adhesion, a complication, split, chips, grid-contour reinforcing framework, atraumatic preparation, minimally invasive therapy, restoration / reconstruction, artificial enamel, artificial dentin, metal gold — plated mesh, biomechanics, mathematical modeling, the stress-strain condition of reinforced and unreinforced composite restorations, the maximum equivalent stresses, micro crack, main crack.

ВВЕДЕНИЕ

В клинической практике достаточно часто встречаются дефекты коронковой части передней группы зубов верхней челюсти со сколом в небную сторону (косой дефект). Согласно предло-

жения М.Л.Меликяна [7]. Особенность дефекта заключается в различных глубинах разрушения твердых тканей на вестибулярной и небной поверхностях:

- со стороны вестибулярной поверхности глубина дефекта не превышает 1/3 высоты коронковой части;
- со стороны небной поверхности — не более средней трети высоты коронковой части.

Таким образом, дефект из области режущего края распространяется в область средней трети коронковой части в виде скола в небную сторону.

В настоящее время для устранения косого дефекта используются виниры, искусствен-



Рис. 1. Дефект режущего края 1.1 и 2.1 зубов



Рис. 2. Косой дефект с небной поверхности 1.1 и 2.1 зубов, скол керамической облицовки с небной поверхности 2.2 и 2.3 зубов



Рис. 3. Этап после щадящего препарирования небной поверхности 1.1 и 2.1 зубов

ные коронки, композитные материалы. Среди многообразия различных способов устранения косого дефекта чаще всего используют композитные реставрации. Относительно низкие физико-механические свойства и слабая связь композитного материала с тканями зуба в области адгезии приводят к таким осложнениям, как сколы и отколы реставрации.

Скол — это частичное разрушение композитной реставрации.

Откол — это полное отделение (разъединение) армированной или неармированной композитной реставрации от твердых тканей зуба [5].



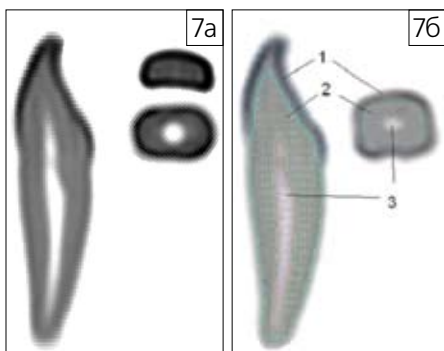
■Рис. 4. Этап фиксации позолоченных металлических сеточно-контурных армирующих каркасов на 1.1 и 2.1 зубах



■Рис. 5. Окончательная реставрация/реконструкция с небной поверхности 1.1 и 2.1 зубов



■Рис. 6. Окончательная реставрация/реконструкция 1.2, 1.1 и 2.1 зубов с применением армированного композитного материала



■Рис. 7. а) Растровые изображения зуба, полученные методами компьютерной томографии; б) Растровое изображение центрального резца верхней челюсти с нанесенными границами, разделяющими биологические ткани с различными физико-механическими свойствами: 1 — эмаль; 2 — дентин; 3 — пульпа зуба

С целью снижения возможных осложнений после устранения косого дефекта с применением композитного материала нами впервые был разработан и запатентован способ реставрации верхнего переднего зуба при дефекте коронковой части со скосом в небную сторону с применением металлического позолоченного сеточно-контурного армирующего каркаса Патент RU № 2331386 [4].

Сущность способа заключается в том, что после щадящего препарирования сначала косой дефект устраняется с применением только композитного материала (при этом проводим реставрацию/реконструкцию поврежденного зуба). Далее на небной поверхности реставрируемого зуба в композитном материале формируется контурную полость и после фиксации сеточно-контурного армирующего каркаса проводится окончательная реставрация поврежденного зуба [6]. Таким образом, разработанный нами способ позволяет устранить косой

дефект коронковой части передней группы зубов с применением **армированного композитного материала** (рис. 1- 6).

Последовательность устранения косого дефекта 1.1 и 2.1 зубов с применением армированного композитного материала

Проведенные нами клинические исследования показали, что введение в композитный материал металлического сеточно-контурного армирующего каркаса при устранении косых дефектов коронковой части передней группы зубов верхней челюсти практически полностью исключает такие осложнения, как сколы и отколы армированной композитной реставрации.

В последние годы, в связи с бурным развитием вычислительной техники, на передовые позиции при проектировании и разработке новых технологий, конструкций и процессов выдвинулись методы математического моделирования. В настоящее время общепризнана необходимость использования современных математических методов в новых областях научных исследований и особенно на стыке различных наук, в частности биомеханики и стоматологии. Методы математического моделирования нашли отражение в работах отечественных и зарубежных ученых [1, 2, 3, 5, 8-15]. В доступной авторам литературе отсутствуют данные о компьютерном моделировании напряженно-деформированного состояния армированной и неармированной композитной реставрации в области адгезии после устранения косых дефектов коронковой части передней группы зубов верхней челюсти.

Поэтому мы поставили перед собой **цель**: изучить напряженно-деформированное состояние армированной и неармированной композитной реставрации в области адгезии после устранения косых дефектов коронковой части передней группы зубов верхней челюсти методом компьютерного моделирования.

Область адгезии — это поверхность соединения твердых тканей зуба с армированной или неармированной композитной реставрацией [7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

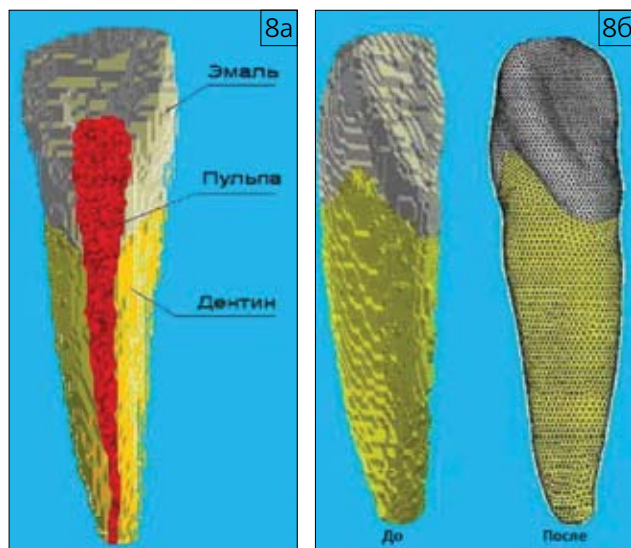
Лабораторные исследования проводились совместно с сотрудниками Московского государственного технического университета им. Н.Э.Баумана. В качестве исходных данных для получения моделей были исследованы пять уда-

ленных зубов передней группы верхней челюсти: один клык и четыре резца. Удаленные зубы проходили компьютерную томографию на современном аппарате LightSpeed RT (General Electric). При лабораторных исследованиях были использованы характеристики материалов комплексной биомеханической системы: микрогибридный композиционный материал, армирующая сетка, изготовленная из медицинской коррозионностойкой медицинской стали с золотым покрытием, эмаль зуба, дентин и периодонт. При проведении компьютерного моделирования для исследования использовались следующие математические модели:

1. Модели естественных, неповрежденных зубов.
2. Модели зубов с искусственно созданными косыми дефектами в области средней трети коронковой части передней группы зубов верхней челюсти, устраненными разработанным нами способом с применением неармированного композитного материала.
3. Модели зубов с искусственно созданными косыми дефектами в области средней трети коронковой части передней группы зубов верхней челюсти, устраненными разработанным нами способом с применением армированного композитного материала (светоотверждаемый композитный материал и сеточно-контурный армирующий каркас) [6].

При устранении косых дефектов с применением неармированного композитного материала на первом этапе формировали косой дефект на уровне средней трети коронковой части зуба. Далее дефект устраняли с применением светоотверждаемого композитного материала. При устранении косых дефектов коронковой части с применением армированного композитного материала для сопоставимости результатов исследования повторно использовали зубы, восстановленные неармированным композитным материалом. На первом этапе препарировали и полностью удаляли неармированную композитную реставрацию, тем самым повторно формируя косой дефект. Далее разработанным нами способом устраняли дефект с применением армированного композитного материала.

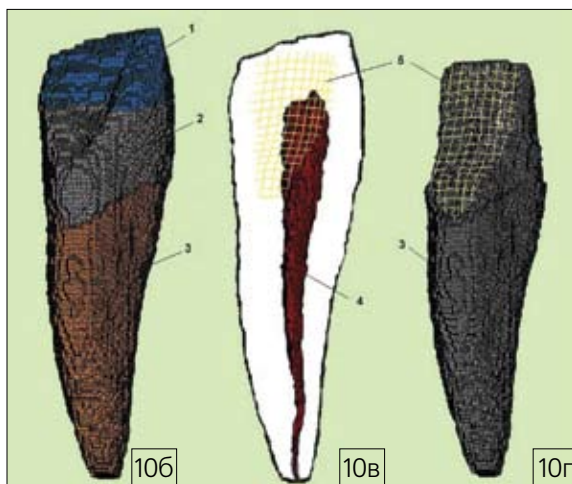
Удаленные зубы проходили компьютерную томографию на современном аппарате "LightSpeed RT" (General Electric). Результаты, представляющие собой растровые изображения



■Рис. 8
а) Модель естественного зуба;
б) Конечно-элементная модель естественного зуба до и после проведения процедуры сглаживания поверхностей



■Рис. 9. Условия нагружения и закрепления. Внешняя поверхность корня неподвижно закреплена в окружающих тканях



■Рис. 10. а) Конечно-элементная модель зуба, реставрированного с применением неармированного композитного материала; б) Конечно-элементная модель зуба, реставрированного с применением армированного композитного материала (1 — армированная композитная реставрация; 2 — эмаль, 3 — корень); в) Положение сетки относительно пульпы зуба (5 — сеточно-контурный армирующий каркас, 2 — пульпа); г) Модель зуба с армирующей сеткой, установленной на границе эмали и дентина (5 — сеточно-контурный армирующий каркас, 3 — корень)

томографических срезов, последовательно обрабатывались с помощью специализированных программ "Amira 4.1" и "Altair HyperMesh 7.0". С помощью программы "Amira 4.1" осуществлялись преобразования растровых изображений в пространственное отображение поверхностей, разделяющих биологические ткани различной природы.

Отредактированные растровые изображения с четкими границами представлены на рис. 7.

Послойное изображение позволяет построить отображения пространственных поверхностей, разделяющих ткани с различными физико-механическими свойствами. Для описания поверхностей используем представление поверхностей в виде совокупности плоских треугольных областей — триангулизация поверхностей.

Для получения конечно-элементной модели, имеющая геометрическая модель естественного зуба экспортировалась в среду автоматического построителя конечно-элементной сетки, в качестве которой использовался пакет "Altair Hypermesh 7.0". Для описания внешней геометрии восстановленной части зуба использовались существующие поверхности, ограничивающие верхнюю часть эмали. Затем на основании всех полученных поверхностей генерировались конечные элементы. Для моделирования твердотельных объектов

(тканей зуба) использовался твердотельный элемент "SOLID45" (в тетраэдрическом варианте). Для моделирования армирующей сетки использовался балочный элемент "BEAM188". В зависимости от принадлежности к той или иной пространственной области зуба, конечные элементы наделялись соответствующими физико-механическими свойствами.

Пример полученной конечно-элементной модели естественного зуба показан на рис. 8.

Задание нагрузок и закреплений

При расчетах использовались условия закрепления, максимально приближенные к условиям естественного закрепления зуба в окружающих тканях. Для описания закрепления моделируется слой периодонта. Предполагается, что внешняя граница периодонта жестко прикреплена к костной ткани окружающей

состояния проводился для двух описанных ниже вариантов:

1. Модель зуба со сформированным косым дефектом коронковой части зуба, устраненным с применением неармированного композитного материала.
2. Модель зуба с повторно сформированным косым дефектом коронковой части зуба, устраненным с применением армированного композитного материала (композитный материал и сеточно-контурный армирующий каркас).

Конечно-элементные модели, используемые при анализе, представлены на рис. 10.

(Продолжение следует.)

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бахарев Л.Ю. Биомеханика и клиническая эффективность внутриротовых и лабораторных реставраций зубов: Дисс... канд. мед. наук - Москва. - 2004. - 20 с.
2. Давтян А.М. Биомеханика жесткого замкового крепления бюгельного протеза (экспериментально-клиническое исследование): Дисс. ... канд. мед. наук - Москва. - 2002. - 99 с.
3. Матвеева А.И., Гветадзе Р.Ш., Гаврюшин С.С. Повышение эффективности ортопедического лечения больных на основе математического моделирования перспективных конструкций имплантатов // Стоматология - 1997. - №5. - С. 44-48.
4. Меликян М.Л., Меликян Г.М., Меликян К.М., Жакашихов Р.Х. Способ реставрации верхнего переднего зуба при дефекте коронковой части со сколом в небную сторону с применением сеточно-контурного армирующего каркаса. - Патент RU №2331386.
5. Меликян Г.М. Клинико-лабораторное обоснование реставрации режущего края передней группы зубов с применением сеточно-армирующего элемента: Дисс. ... канд. мед. наук - Москва. - 2008. - 99 с.
6. Меликян М.Л., Меликян Г.М., Меликян К.М., Жакашихов Р.Х. Азватраumaticкий способ реставрации/реконструкции передней группы зубов верхней челюсти с дефектом коронковой части со сколом в небную сторону с применением сеточно-контурного армирующего каркаса // Институт Стоматологии. - 2010. - №2. - С. 25-27.
7. Меликян М.Л., Меликян Г.М., Меликян К.М. Классификация дефектов коронковой части передних зубов под армированные композитные реставрации по Меликян и способы их устранения, отвечающие требованиям концепции минимальной инвазии (МИ) // Институт Стоматологии. - 2010. - 3. - С. 28-30.
8. Олесова В.Н., Осипов А.В. Новые аспекты в оценке результатов математического анализа напряженно-деформированного состояния системы "протез — кость — имплантат" // Проблемы стоматологии и нейростоматологии. - 1999. - №2. - С. 18-23.
9. Попов Г.И. Биомеханика // Москва - Изд-во Академия - 2005 - 254 с.
10. Ряховский А.Н., Желтов В.А. Аппаратно-программный комплекс получения 3D-моделей зубов // Стоматология. - 2000. - №3. - С. 41-45.
11. Чумаченко Е.Н., Лебенко И.Ю. Сравнительный анализ результатов математического моделирования напряженно-деформированного состояния различных конструкций штифтовых зубных протезов // Стоматология - 2001. - №2. - С. 41-46.
12. Янушевич О.О., Чиликин В.Н. Использование методов математического моделирования при выборе рационального способа устранения дефектов передней группы зубов с помощью виниров // Клиническая стоматология. - 2009. - №1. - С. 6-9.
13. American College of Radiology, National Electrical Manufacturers Association, "Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM): Version 3.0", Draft Standard, ACR-NEMA Committee, Working Group VI, Washington, DC, 1993
14. Brunner T., Walti D. Spätergenissemitt fixer Zahnersatz bei minderbemittelten Erwachsenen. Eine Retrospektivstudie // Schweiz. Monatsschr. Zahnmed - 1992 - Bd. 109 - №9 - S. 1029-103. Cook S.D., Weinstein A.M., Klawitter S.S.: Parameters affecting the stress distribution around LTI carbon aluminum oxide dental implants // J. Biomed. Mater. Res. - 1982 - Vol. 16. - P. 875-885.
15. Hannig M., Boff B., Hoehn H.D., Muehlbauer E.A. "CB-техника" — актуальная концепция эстетических реставраций полостей II класса с проксимальными краями, расположенными в области дентина // Маэстро стоматологии - 2000 - №3. - С. 61-65.