

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

## (Часть II)

### 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: 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5  
Тел.: 8 (499) 263-68-54  
E-mail: gss@rk9.bmstu.ru

### 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 металлической 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.

### Результаты анализа напряженно-деформированного состояния армированной и неармированной композитной реставрации после устранения косых дефектов коронковой части передней группы зубов верхней челюсти

Анализ напряженно-деформированного состояния реставрации после устранения косых дефектов коронковой части передней группы зубов с применением армированного и неармированного композитного материала позволил выявить основные качественные и количественные закономерности распределения напряжений как во всей зоне реставрации, так и в области адгезии. Необходимость более детального изучения напряженно-деформированного состояния в области адгезии объясняется тем обстоятельством, что именно эта зона является проблемной, критической с позиции прочности и долговечности. Как правило, именно в проблемной зоне чаще всего возникают трещины, что в дальнейшем приводит к таким осложнениям, как сколы или отколы композитной реставрации. В силу вышеизложенного, при устранении косого дефекта коронковой части передней группы зубов верхней челюсти с применением армированного и неармированного композитного материала, для оценки прочностных свойств реставрации в качестве критерия использовалась величина максимальных эквивалентных напряжений в обла-

сти адгезии. Как уже отмечалось, область адгезии является самым слабым звеном неармированной композитной реставрации. Клинические наблюдения показали, что, при устранении косых дефектов коронковой части передней группы зубов с применением неармированного композитного материала, очень часто происходят сколы и отколы реставрации именно в области адгезии. Причинами разрушения неармированной композитной реставрации коронковой части зуба являются весьма сложные и малоизученные процессы возникновения и роста микротрещин, предшествующие разрушению и разъединению элементов реставрации. Наши клинические исследования показали, что введение в композитный материал металлического сеточно-контурного армирующего каркаса существенно повышает прочность и исключает такие осложнения, как сколы и отколы армированной композитной реставрации. Снижение общего уровня напряжений и одновременное обеспечение более равномерного распределения напряжений в области адгезии при функциональных нагрузках позволяет сохранить целостность и обеспечить длительность функционирования реставрации.

### Сравнительный анализ напряженного состояния в области адгезии для армированной и неармированной композитной реставрации

Результаты сравнения максимальных эквивалентных напряжений, возникающих при функциональных нагрузках в отреставрированном зубе на поверхности раздела твердых тканей и армированного и неармированного композитного материала, приведены в табл. 1. Анализируя полученные данные, отмечаем, что максимальное эквивалентное напряжение, возникающее в области адгезии в отреставрированных зубах с применением неармированного композитного материала, выше, чем в зубах, армированных композитным материалом.

Как видно из таблицы, устранение косого дефекта в области средней трети коронковой части передней группы зубов верхней челюсти с применением армированного композитного материала позволяет уменьшить максимальное эквивалентное напряжение в области адгезии примерно на 11,02% по сравнению с неармированной композитной реставрацией (без применения металлического сеточно-контурного армирующего каркаса).

На рис. 1, 2 показаны цветографические диаграммы распределения максимальных эквивалентных напряжений с применением неармированного и армированного композитного материала.

Как видно из сопоставления цветографических диаграмм, армированная композитная реставрация обеспечивает как снижение, так и более равномерное распределение максимальных эквивалентных напряжений в области адгезии по сравнению с неармированной композитной реставрацией.

Известно, что во время функции жевания на зубы действуют вертикальные и горизонтальные силы. При функциональных нагрузках передние группы зубов верхней челюсти работают не только на сжатие, но и на изгиб. При этом твердые ткани



■ **Таблица 1.** Максимальные эквивалентные напряжения, возникающие в отреставрированном зубе на поверхности раздела твердых тканей и армированного и неармированного композитного материала

Вариант реставрации	Максимальные эквивалентные напряжения в области адгезии МПа
Отреставрированный зуб с применением неармированного композитного материала	63,5
Отреставрированный зуб с применением армированного композитного материала	56,5

коронковой части зуба на небной поверхности в основном оказываются в состоянии сжатия, в то время как на вестибулярной поверхности могут превалировать напряжения растяжения.

Сопоставление цветографических диаграмм армированной и неармированной композитной реставрации выявило, что после устранения косых дефектов коронковой части передней группы зубов верхней челюсти с применением армированного композитного материала значительная часть нагрузки воспринимается металлическим сеточно-контурным армирующим каркасом. При этом снижается общий уровень напряжений в области адгезии, причем как в твердых тканях зуба, так и в композитной реставрации.

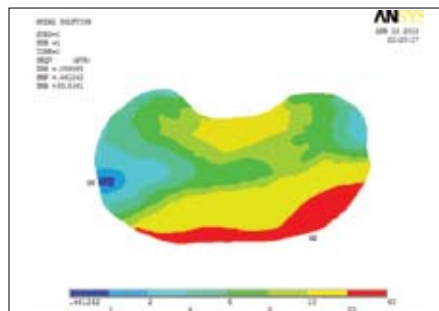
### Выводы

- По результатам математического моделирования установлено, что использование металлического позолоченного сеточно-контурного армирующего каркаса при устранении косых дефектов коронковой части передней группы зубов верхней челюсти, по сравнению с неармированной композитной реставрацией, позволяет уменьшить величину максимальных эквивалентных напряжений в области адгезии на 11,02%.
- Установлено, что армированная композитная реставрация обеспечивает более равномерное распределение максимальных эквивалентных напряжений в области адгезии по сравнению с неармированной композитной реставрацией.
- По результатам математического моделирования установлено, что при устранении косых дефектов коронковой части передней группы зубов верхней челюсти с применением армированного композитного материала значительную часть нагрузки принимает металлический сеточно-контурный армирующий каркас, снижая тем самым общий уровень максимальных эквивалентных напряжений в области адгезии как в твердых тканях зуба, так и в композитном материале.

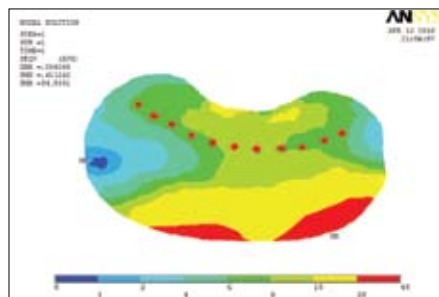
### Обсуждение результатов исследования

В результате исследований было установлено, что использование сеточно-контурного армирующего каркаса приводит к снижению величины максимальных эквивалентных напряжений в области адгезии на 11,02%, поскольку каркас принимает значительную часть нагрузки на себя. Кроме того, правильно установленный сеточно-контурный армирующий каркас перераспределяет напряжение как в твердых тканях зуба, так и в композитной реставрации, обеспечивая его более равномерное распределение в области адгезии. Вместе с тем клинические исследования качества реставрации с применением армированных композитных материалов показали результаты, которые затруднительно объяснить только лишь эффектом снижения мак-

симальных напряжений на 11,02%. Известно, что наиболее распространенным видом разрушения реставрированных зубов являются сколы или отколы. Клинические наблюдения за реставрациями, проведенными с применением армированных композитных материалов, показали, что разрушения таких реставраций встречаются гораздо реже, чем при неармированных композитных реставрациях. Этому факту можно дать следующее объяснение. Как правило, скол происходит в некоторой периферийной (граничной) области реставрированного композитом зуба при действии на зуб внешней нагрузки. Как уже отмечалось, в большинстве случаев граница скола совпадает с границей раздела “композит — эмаль (дентин)”, которая является проблемной зоной. Прочность проблемной зоны зависит от качества проведенной реставрации, площади адгезионного контакта и адгезионных свойств материалов. С позиций прочности, качество соеди-



■ **Рис. 1.** Распределение эквивалентных напряжений в области адгезии для зуба, реставрированного с применением неармированного композитного материала



■ **Рис. 2.** Распределение эквивалентных напряжений в области адгезии для зуба, реставрированного с применением армированного композитного материала

нения в проблемной зоне было выше оценено методом математического моделирования посредством сравнения величин механических напряжений в сопоставляемых видах реставрации, возникающих при одной и той же нагрузке. Более низкие значения механических напряжений и более равномерное их распределение соответствуют более прочной конструкции. Обоснованность такого подхода не вызывает сомнений.

Однако известно, что разрушение армированных конструкций является более сложным, комплексным процессом и требует более детальной теоретических и экспериментальных исследований. При более детальном изучении процесса хрупкого разрушения, характерного для сколов, выясняется следующее:

- Процесс начинается в вершинах микротрещин и других локальных микродефектов, которые присутствуют в любом сплошном теле. В соответствии с теорией развития трещин (теория Гриффитса), трещины начинают расти, если энергия, высвобождаемая при раскрытии трещины, превышает энергию, необходимую для ее роста.
- Через определенное время трещина может существенно увеличиться в размерах и превра-

титься в так называемую магистральную трещину. Появление магистральной трещины существенно ослабляет прочность конструкции и, в итоге, приводит к сколу.

- Однако если тем или иным образом воспрепятствовать росту трещины, поставив на пути ее возможного роста некоторую преграду, то разрушения удастся избежать. По нашему мнению, именно такую роль выполняет армирующая металлическая сетка. Прогрессирующая трещина встречает на пути своего роста сетку и останавливается.

Таким образом, правильное проекционное положение металлической армирующей сетки при композитной реставрации зубов, помимо снижения общего уровня напряжений в области адгезии, препятствует росту микротрещин в композитном материале и существенно снижает риск возникновения таких осложнений, как сколы и отколы армированной композитной реставрации.

Разработанный способ награжден тремя золотыми медалями на Международных салонах инноваций и изобретений: “SIIF”, 2008 г., г. Сеул, (Южная Корея); “Новое Время”, 2009 г., Севастополь, (Украина) и на всемирной универсальной выставке ЭКСПО-2010 (Шанхай, Китай) в рамках международного конкурса инновационных проектов.

### ЛИТЕРАТУРА:

- Бахарев Л.Ю. Биомеханика и клиническая эффективность внутриротных и лабораторных реставраций зубов: Дисс. ... канд. мед. наук - Москва - 2004. - 20 с.
- Давтян А.М. Биомеханика жесткого замкового крепления бюгельного протеза (экспериментально-клиническое исследование): Дисс. ... канд. мед. наук - Москва - 2002. - 99 с.
- Матвеева А.И., Гветадзе Р.Ш., Гварцман С.С. Повышение эффективности ортопедического лечения больных на основе математического моделирования перспективных конструкций имплантатов // *Стоматология* - 1997. - №5. - С. 44-48.
- Меликян М.Л., Меликян Г.М., Меликян К.М., Жакамахов 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.
- 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.
- Меликян М.Л., Меликян Г.М., Меликян К.М., Жакамахов Р.Х. Атрауматический 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.
- 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.
- 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.
- Попов Г.И. Биомеханика // Москва - Изд-во Академия - 2005 - 254 с.
- Ряховский А.Н., Желтов В.А. Аппаратно-программный комплекс получения 3D-моделей зубов // *Стоматология* - 2000. - №3. - С. 41-45.
- Чумаченко Е.Н., Лебедево И.Ю. Сравнительный анализ результатов математического моделирования напряженно-деформированного состояния различных конструкций штифтовых зубных протезов // *Стоматология* - 2001. - №2. - С. 41-46.
- 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.
- 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.
- Brumer T., Walti D. Spätergenissemitt fimex 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.
- Hanig M., Boff B., Hoehn H.D., Muehlbauer E.A. “CbC-техника” — актуальная концепция эстетических реставраций полостей II класса с проксимальными краями, расположенными в области дентина // *Мастро стоматологии* - 2000. - №3. - С. 61-65.