

## ОЦЕНКА БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АДГЕЗИВНО-ВОЛОКОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВРЕМЕННОГО ШИНИРОВАНИЯ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Гажва С.И.<sup>1</sup>, Гулуев Р.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГБОУ ВПО «Нижегородская государственная медицинская академия Минздрава России», Нижний Новгород, Россия, (603005, г. Нижний Новгород, кафедра стоматологии ФПКВ, ул. Алексеевская, 1), e-mail: [gu\\_ru87@mail.ru](mailto:gu_ru87@mail.ru)

Определена актуальность применения адгезивно-волоконных материалов для временного шинирования в комплексном лечении хронических пародонтитов. Представлены результаты экспериментального исследования по математическому моделированию адгезивной шины в области переднего отдела нижней челюсти от клыка до клыка. Проанализированы данные изучения биомеханических свойств шин из материалов на основе органической и неорганической матрицы, а также при отсутствии шины. Рассмотрены основные методологические аспекты математического моделирования и анализа напряженно-деформированного состояния модели методом конечных элементов. Проанализированы показатели эквивалентных напряжений по Мезису в тканях периодонта и шине при адгезивно-волоконном шинировании материалами everStick и Ribbond. Даны рекомендации по использованию адгезивно-волоконных материалов в комплексном лечении хронических пародонтитов.

Ключевые слова: математическое моделирование, адгезивно-волоконные материалы, шинирование зубов.

## EVALUATION OF BIOMECHANICAL PARAMETERS OF ADHESIVE-FIBER MATERIALS FOR TEMPORARY SPLINTING BY THE METHOD OF MATHEMATICAL MODELING

Gazhva S.I.<sup>1</sup>, Guluev R.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GBOU VPO "Nizhny Novgorod State Medical Academy, Ministry of Public Health", Nizhny Novgorod, Russia, (603005, Nizhny Novgorod, Department of Dentistry FPKV Street. Alekseevskaya, 1) e-mail: [gu\\_ru87@mail.ru](mailto:gu_ru87@mail.ru)

Determined by the relevance of applying adhesive- fiber materials for temporary splinting in treatment of chronic periodontitis. An experimental study on mathematical modeling adhesive tires in the anterior mandible from "canine to canine". Study data were analyzed biomechanical properties of tires based materials of organic and inorganic matrix, as well as the absence of the tire. The main methodological aspects of mathematical modeling and analysis of the stress -strain state of the model by washed- elements. Indexes of equivalent stress von-Mises on the periodontal tissues and bus at the adhesive- fiber systems «everStick» and «Ribbond». Recommendations on the use of adhesive- fiber materials in the complex treatment of chronic periodontitis.

Keywords: mathematical modeling, adhesive-fiber materials, an immobilization of teeth.

### Введение

Заболевания пародонта представляют одну из наиболее распространенных и сложных патологий в стоматологии как в России, так и за рубежом [2; 3; 5; 8; 14; 16], занимая второе место после кариеса [4; 6]. По данным Е.Н. Жулева [7], распространенность заболеваний пародонта резко возросла вместе с прогрессом цивилизации и достигла в нашей стране 95–100%, тогда как, по данным Гажвы С.И. с соавт. [3], в Нижегородской области она составляет 98–100%.

В настоящее время широкое внимание стало уделяться комплексному подходу к лечению заболеваний с полиэтиологической природой. Этот подход должен оказывать влияние на все звенья этиопатогенетической цепочки, положительно влиять на динамику состояния

организма и приводить к быстрейшему выздоровлению [1; 2; 15]. Комплексный подход также заключается в тесном взаимодействии специалистов разных специальностей и профилей, использовании всех имеющихся методов и средств для решения конкретных поставленных задач.

На современном этапе развития стоматологии большое значение уделяется выбору материалов для лечения, оптимально подходящих по своим свойствам в каждой конкретной клинической ситуации [9; 11; 13; 18]. Так, на рынке стоматологического оборудования в настоящее время адгезивно-волоконные материалы для временного шинирования зубов представлены широким ассортиментом, вызывающим затруднение у врачей-стоматологов [10; 12; 17].

**Цель исследования:** создать математическую модель шинированного зубного ряда и определить биомеханические параметры адгезивно-волоконных материалов, различных по структуре и химическому строению.

### Материалы и методы

Настоящая работа посвящена математическому обоснованию применения адгезивно-волоконных материалов для временного шинирования. Для этого была создана математическая модель шинированного зубного ряда переднего отдела нижней челюсти от клыка до клыка.

Моделирование процессов деформации шины под действием статической нагрузки заключалось в последовательном решении трех задач.

1. Прорисовка геометрической расчетной конечно-элементной модели. Использовался программный пакет **Rhinoceros 4.0**. В ходе этого этапа по данным справочной литературы по классическим значениям метрических показателей построены модели зубов, костной ткани, тканей периодонта, десны. Построение конструкции шины (рис. 1).

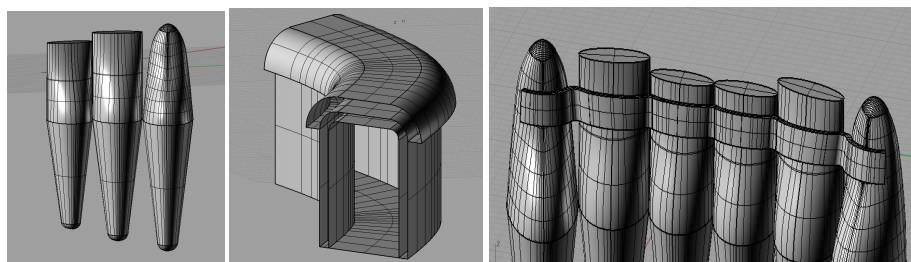


Рис. 1. Прорисовка зубов, тканей периодонта и элементов шины.

2. Построение на базе полученных объемов расчетной трехмерной твердотельной конечно-элементной математической модели, соответствующей системе «шина – опорные зубы» (рис. 2).

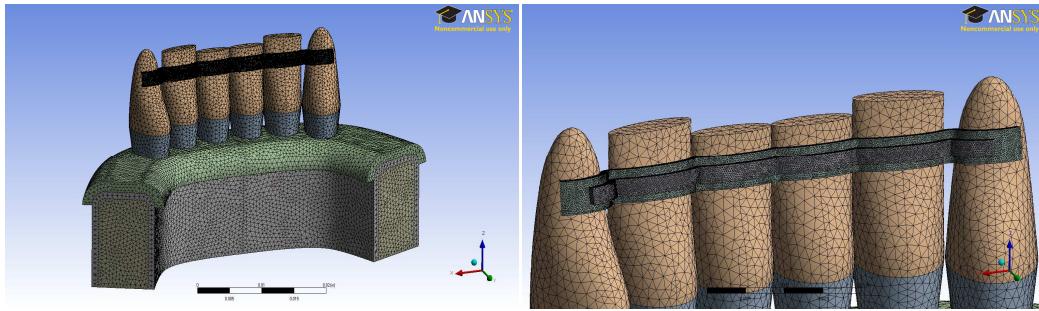


Рис. 2. Трехмерная модель шинированного зубного ряда, разделенная на конечные элементы.

3. Решение задачи по определению напряженно-деформированного состояния (НДС) модели шины методом конечных элементов с использованием программного комплекса ANSYS версии 14.0. При проведении исследования нами были проанализированы нагрузки на шинированный зубной ряд в центральной окклюзии (1), при выведении подвижных зубов из окклюзии (2), при боковой окклюзии (3), тем самым были проверены распределения напряжений в шине, зубах и пародонте в трехмерном пространстве.

В процессе исследования были получены графические картины напряженного состояния шины, твердых тканей зуба, костной ткани, тканей периодонта. Закономерности распределения напряжений иллюстрировались разными цветами, ранжировались по стандартизированной 9-ступенчатой шкале (рис. 3).

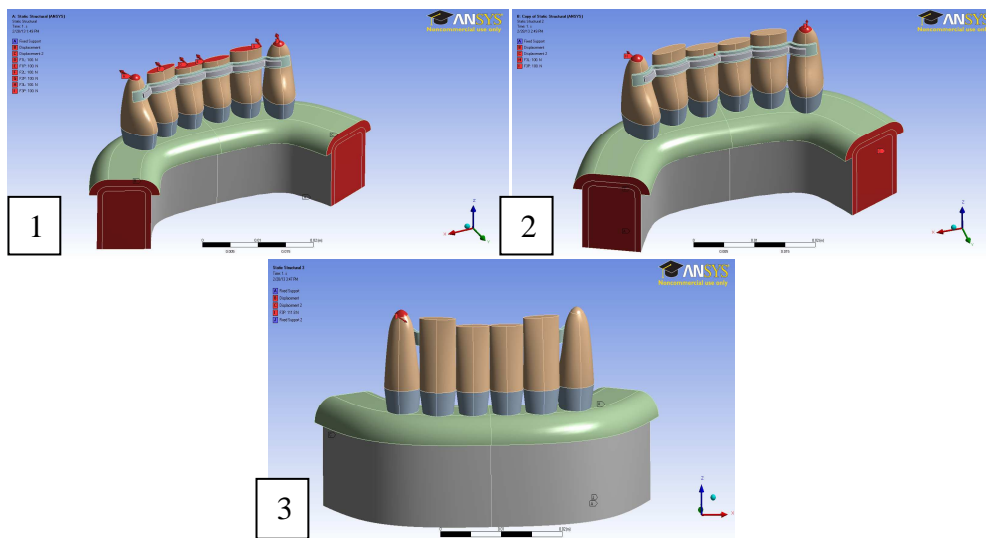


Рис. 3. Виды нагрузок на модель.

## Результаты исследования

**Первое исследование** - изучение распределения давления с силой 100 Н в горизонтальной плоскости по оси всех зубов, имитация нагрузки в центральной окклюзии. В ходе математического анализа эксперимента мы отметили, что показатели среднего максимального отклонения меньше при шинировании, чем в нешинированном зубном ряду, примерно в 1,5 раза. Отличия в этом показателе у шин из разных систем незначительны.

Показатели распределения эквивалентных напряжений по Мезису и гидростатическое давление на ткани периодонта больше для шинированного примерно в 2,5 раза, но компенсируется равномерностью распределения и топографией расположения. Эти показатели в шинах не отличаются (рис. 4).

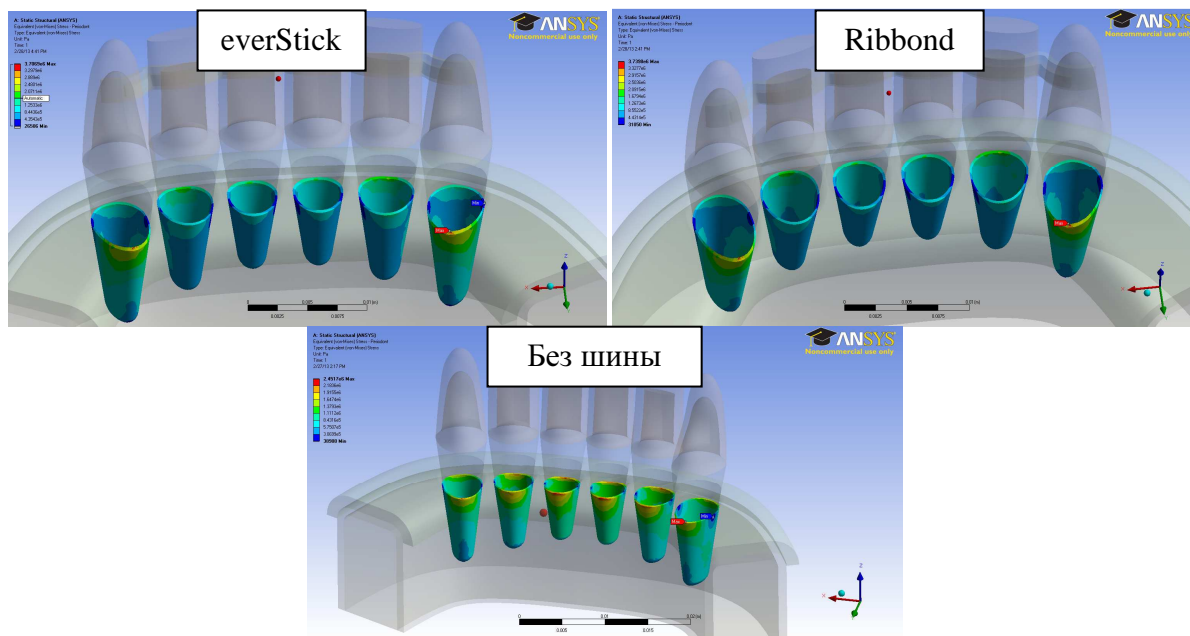


Рис. 4. Распределение эквивалентных напряжений по Мезису в периодонте при шинировании системой everStick, Ribbond и без шинирования.

На шину на основе неорганической матрицы everStick давление распределяется в 1,45 раза меньше, более равномерно по всей шине, чем в случае с системой на основе органической матрицы Ribbond. Что же касается гидростатического давления – меньшее по значению давление в 1,53 раза распределяется более равномерно. Отмечены тенденции к созданию очагов компрессии в межзубных промежутках (рис. 5).

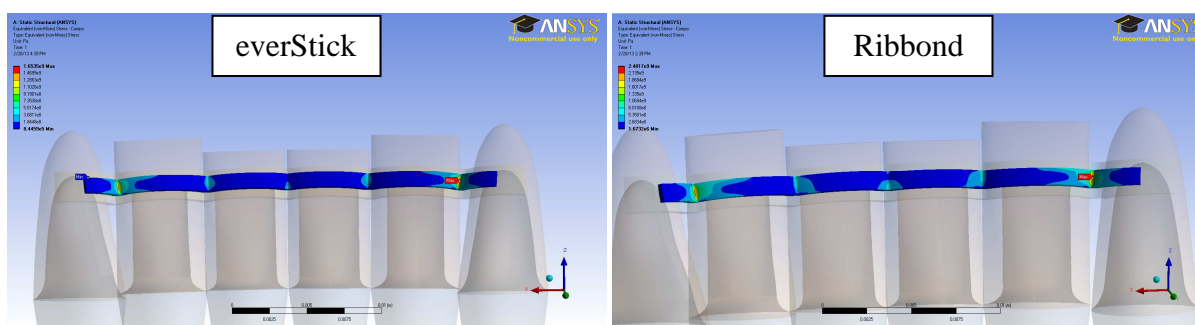


Рис. 5. Распределение эквивалентных напряжений по Мезису в конструкции шины при шинировании системой everStick и Ribbond.

Более низкий модуль упругости неорганических материалов позволяет создавать прочное и устойчивое объединение зубов в блок, с компенсацией деформаций как зубов, так и шины.

**При втором исследовании** – выведение резцов из прикуса силой 100 Н в горизонтальной плоскости по оси клыков нижней челюсти показатели максимальной общей деформации примерно в 2 раза меньше при шинировании подвижных зубов, чем без фиксации шины. Относительно периодонта зубов отмечается увеличение эквивалентных напряжений при отсутствии шины в 1,93 раза. Одновременно с этим нагрузка приходится только на периодонт клыков, что является травмирующим моментом, который может в дальнейшем привести к деструкции костной ткани и увеличению их подвижности. Гидростатическое давление, распределяющееся на нешинуемые зубы, также больше в 1,77 раза, что еще раз подтверждает перегрузку периодонта зубов в отсутствии шинирования (рис. 6).

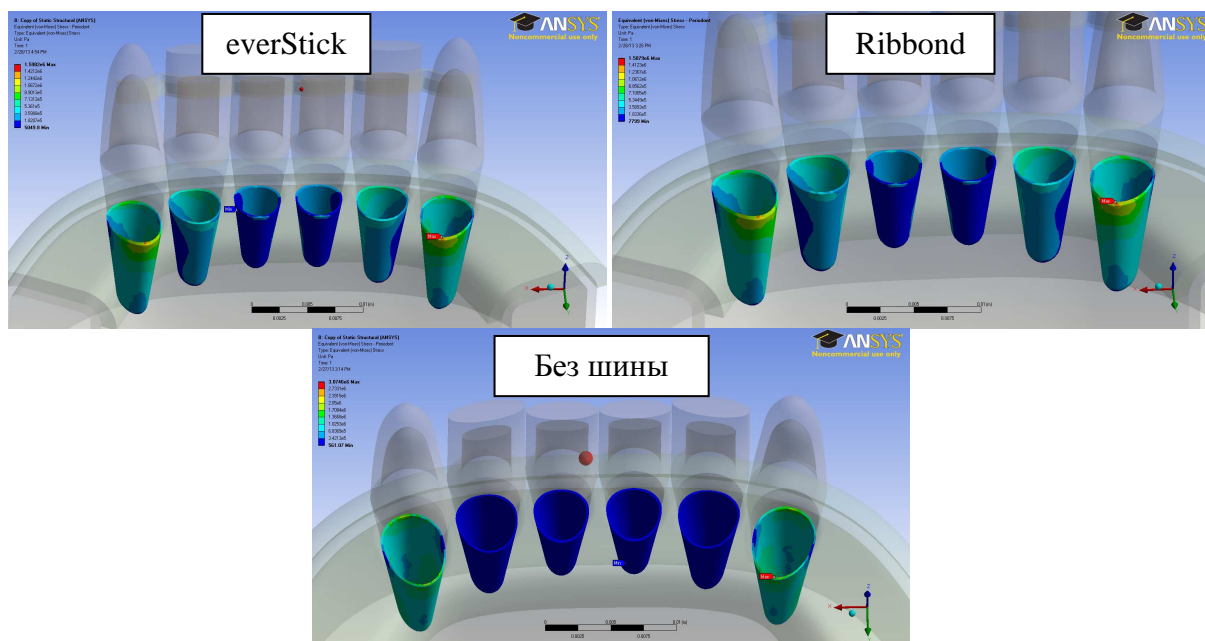


Рис. 6. Распределение эквивалентных напряжений по Мезису в периодонте при шинировании системой everStick, Ribbon и без шинирования.

Эквивалентные напряжения в шинах на основе неорганической матрицы в 1,86 раза меньше, чем при шинировании системой на основе полиэтилена, распределение напряжений по шине обеспечивает более стабильную фиксацию его даже при увеличении подвижности зубов. Показатели гидростатического давления на шину из этого материала также свидетельствуют о равномерности распределения меньшей в 1,96 раза нагрузки (рис. 7).

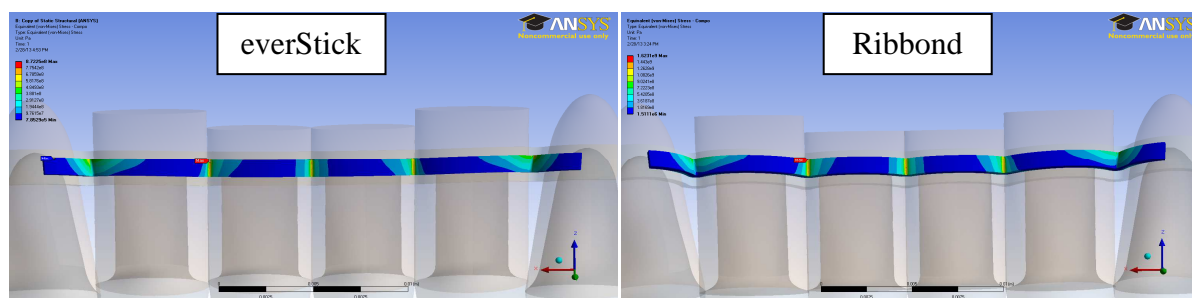


Рис. 7. Распределение эквивалентных напряжений по Мезису в конструкции шины при шинировании системой everStick и Ribbond.

**В третьем исследовании** проведен анализ поведения зубного ряда по отношению к боковым нагрузкам и распределения деформаций при имитации клыкового ведения. Исследование распределения давления с силой 100 Н в горизонтальной плоскости по оси одного клыка и 50 Н.

Так, общая деформация в ситуации без шины в 6,34 раза больше, чем в шинированном зубном ряду.

Показатели эквивалентного напряжения на ткани периодонта: при отсутствии шины периодонт клыка подвергается в 4 раза более высокой нагрузке. Также шина перераспределяет эту нагрузку равномерно по своему ходу на периодонт всех зубов, включенных в шину, что не приводит к перегрузке и созданию очагов компрессии. Показатели гидростатического давления также свидетельствуют об этом (4,42 раза). Это локальное воздействие может привести к травме и увеличению степени патологического процесса. Шина же предотвращает это пагубное воздействие, стабилизируя и равномерно распределяя нагрузку (рис. 8).

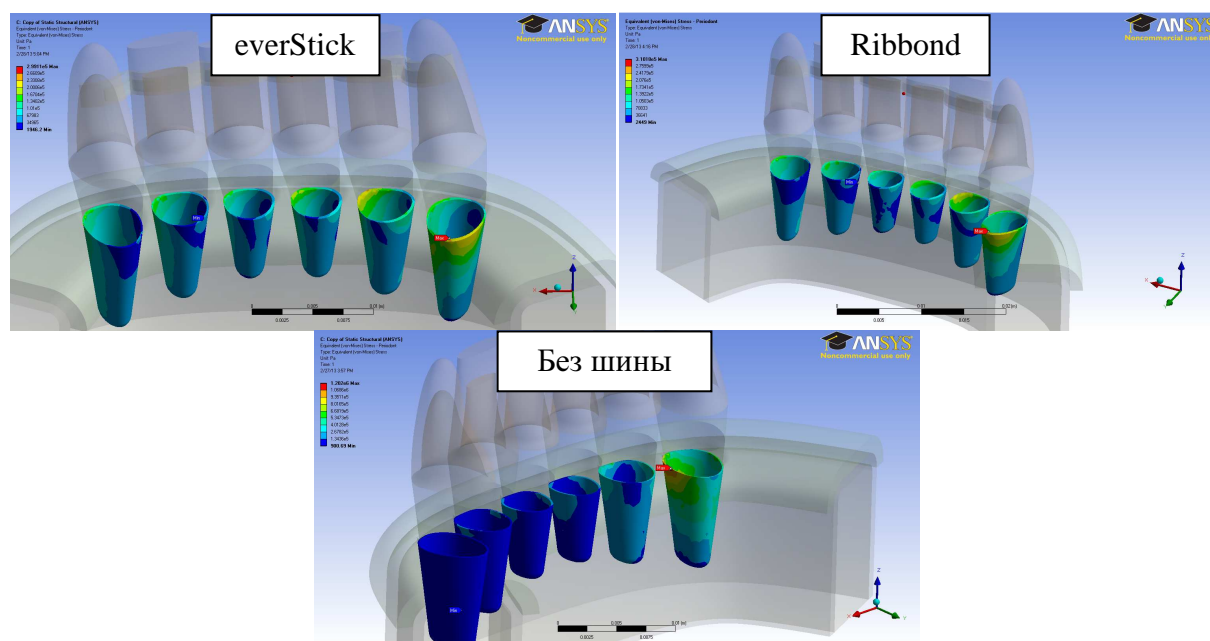


Рис. 8. Распределение эквивалентных напряжений по Мезису в периодонте при шинировании системой everStick, Ribbond и без шинирования.

Давление при шинировании материалом на основе органической матрицы в 1,4 раза больше. Это свидетельствует о создании очагов компрессии и возможном дебондинге шины. Соответственно при увеличении нагрузки или степени подвижности шина из такого рода материалов будет либо вывихивать опорные зубы, либо отслаиваться от композита. Данные по гидростатическому давлению на шину позволяют констатировать, что при шинировании

системой everStick давление в 1,45 раза меньше. Также имеется тенденция к более равномерной передаче нагрузки по всей шине (рис. 9).

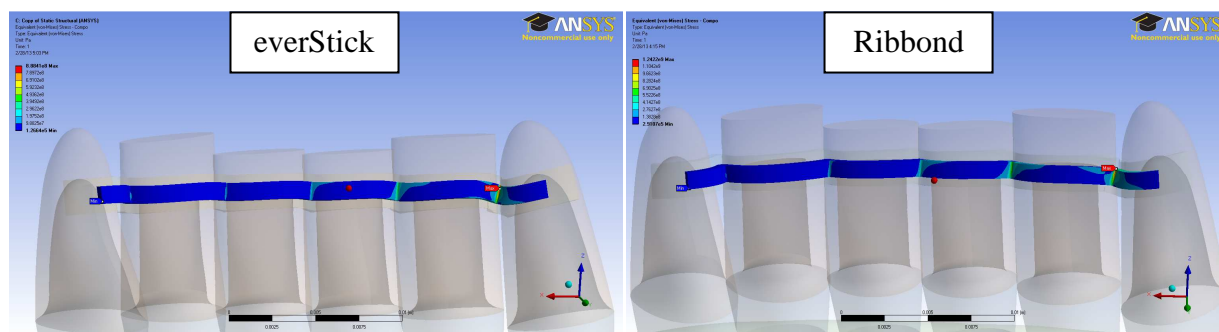


Рис. 9. Распределение эквивалентных напряжений по Мезису в конструкции шины при шинировании системой everStick и Ribbond.

Эти особенности позволяют применять шинирующие адгезивно-волоконные материалы на основе неорганической матрицы также и при более тяжелых формах хронических пародонитов.

## Выводы

При анализе данных лабораторного исследования нами были сделаны выводы.

1. Анализ картин напряженно-деформированного состояния шины из адгезивно-волоконных материалов показал, что распределение напряжений определяется не только местом приложения нагрузки, но и показателями эластичности и упругости армирующего элемента шины.
2. Экспериментально доказана эффективность применения адгезивно-волоконных материалов по сравнению с нешинированным зубным рядом. Адгезивное армирование предупреждает создание паразитарных нагрузок и вывихивающих моментов в области зубов с ослабленным пародонтом, приводящих впоследствии к потере зубов.
3. При нагрузках в передней окклюзии в испытании 1 нами были получены данные о возникновении паразитарных напряжений в области наиболее подвижных зубов (центральных резцов) как в периодонте, так и в твердых тканях. Причем эти напряжения всецело зависят от армирующего волокна. В случае когда модуль упругости адгезивно-волоконной системы приближен по значению к модулю упругости композита и тканей зубов (неорганическая матрица) – мы получили более равномерное распределение жевательного давления (в 1,45 раза) в сагиттальном и вестибуло-оральном направлениях.
4. При неравномерных окклюзионных нагрузках (2, 3) наличие шины приводит к выравниванию ее значений и перераспределению давления между зубами, включенными в шину. Следует обратить внимание на тот факт, что в ходе эксперимента было доказано, что адгезивно-волоконные материалы на основе неорганической матрицы распределяют

нагрузку на опорные ткани всех зубов более равномерно (в 1,4 раза) в трансверзальном направлении, что дает им преимущество при включении в шину зубов с большей подвижностью.

5. При изучении напряжено-деформированного состояния шинированного зубного ряда во всех случаях исследования нами были выявлены области повышенного давления (паразитарные напряжения) в области аппроксимальных поверхностей зубов. Эти области требуют дополнительного укрепления, создания зон декомпрессии, что приведет к равномерному распределению нагрузки в шине и, как следствие, более длительной эксплуатации.

6. Модуль упругости материалов на основе неорганической матрицы наиболее приближен к таковому твердых тканей зубов. Этот фактор обеспечивает равномерное распределение давления в системе «зуб – шина – пародонт» и снижает риск возникновения паразитарных напряжений.

Таким образом, результаты математического моделирования шинированного зубного ряда не противоречат использованию адгезивно-волоконных систем для временного шинирования на основе органической матрицы при хроническом генерализованном пародонтите средней степени тяжести и обосновывают необходимость использования адгезивно-волоконных систем на основе неорганической матрицы для временного шинирования зубов при хроническом генерализованном пародонтите тяжелой степени тяжести, поскольку их модуль упругости приближен по значению к модулю упругости композита и тканей зубов (неорганическая матрица), что обеспечивает более равномерное распределение жевательного давления (в 1,45 раза) в сагиттальном, вестибуло-оральном и трансверзальном направлениях.

### **Список литературы**

1. Аболмасов Н.Г. Современные представления и размышления о комплексном лечении заболеваний пародонта / Н.Г. Аболмасов, Н.Н. Аболмасов, А.А. Гелетин // Российский стоматологический журнал. – 2009. – № 5. – С. 26-32.
2. Акулович А.В. Адгезивные системы в пародонтологии // Пародонтология. – 2009. – № 2. – С. 26-33.
3. Гажва С.И. Клиническая эффективность консервативного лечения хронического генерализованного пародонтита различными препаратами / С.И. Гажва, Ю.В. Меньшикова // Клиническая стоматология. – 2011. – № 3. – С. 34-36.



4. Григорян А.С. Морфофункциональные основы клинической симптоматики воспалительных заболеваний пародонта / А.С. Григорян, О.А. Фролова // *Стоматология*. – 2006. – № 3. – С. 11-17.
5. Грудянов А.И. Профилактика воспалительных заболеваний пародонта / А.И. Грудянов, В.В. Овчинникова. – М. : МИА, 2007. – 80 с.
6. Губин М.А. Перспективы реорганизации региональной системы лечения больных с воспалительными заболеваниями пародонта / М.А. Губин, Е.В. Мезенцев, О.В. Лазутиков // *Материалы VIII ежегодного научного форума «Стоматология 2006»*. – М., 2006. – С. 131-133.
7. Жулев Е.Н. Ортопедическая стоматология. – МИА, 2012. - 824 с.
8. Иорданишвили А.К. «Возрастная» эпидемиология заболеваний пародонта / А.К. Иорданишвили, А.В. Тихонов, С.В. Солдатов // *Пародонтология*. – 2010. – № 1. – С. 25-28.
9. Луцкая И.К. Адгезивное шинирование подвижных зубов / И.К. Луцкая, Н.В. Новак // *Новое в стоматологии*. – 2010. – № 4. – С. 1-6.
10. Поликушин О.В. Новый взгляд на исследование проблемы шинирования зубов. Усиливающие волокна для шинирования зубов. Преимущества техники и материалов «RIBBOND» // *Новое в стоматологии*. – 2005. – № 7. – С. 79-82.
11. Салимов Т.М. Инновационный метод интерпроксимальной адаптации армирующих волоконных систем при шинировании зубов с помощью универсального устройства // *Казанский медицинский журнал*. – 2009. – № 3. – С. 435-437.
12. Смирнова А.В. Шинирование зубов при локализованном пародонтите травматической этиологии / А.В. Смирнова, Б.Т. Мороз // *Институт стоматологии*. – 2011. – № 1 (50). – С. 84-85.
13. Чумаченко Е.Н. Выбор рациональных конструкций временных зубных протезов на основе применения информационных технологий / Е.Н. Чумаченко, О.О. Янушевич, С.Д. Арутюнов // *Стоматология*. – 2010. – № 1. – С. 50-54.
14. Dimitrescu A.L. Etiology and Pathogenesis of Periodontal Disease. – Berlin-Heidelberg, 2010. – 323 p.
15. Gera I. Risk factors for destructive periodontitis. Behavioral and acquired factors (literature review) // *Fogorv Sz.* – 2004. – Vol. 97 (1). – P. 11-21.
16. Lima P.M.A. Aggressive and Chronic Periodontitis Correlate With Distinct Cellular Sources of Key Immunoregulatory Cytokines / P.M.A. Lima, P.E.A. Souza, J.E. Costa // *J. Periodontology*. – 2011. – Vol. 82 (1). – P. 86-95.
17. Joffe E. GlasSpan и Aelitflo при шинировании зубов // *Пародонтология*. – 1996. – № 1. – С. 40-41.

18. Rappelli G. Tooth splinting with fiber-reinforced composite materials: achieving predictable aesthetics / G. Rappelli, A. Putignano // Pract Proced Aesthet Dent. – 2002. – Aug., 14 (6). – P. 495-500.

**Рецензенты:**

Иванов С.В., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой челюстно-лицевой хирургии и имплантологии ГБОУ ВПО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздравсоцразвития России, г.Нижний Новгород.

Казарина Л. Н., д.м.н., профессор, зав. кафедрой пропедевтической стоматологии ГБОУ ВПО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздравсоцразвития России, г.Нижний Новгород.