

## Трехмерное моделирование и анализ напряженно-деформированного состояния зубов, челюстной кости и проволоки - флекс при иммобилизации зубов комбинированной шиной собственной конструкции

Делец А.В. – соискатель кафедры ортопедической стоматологии ГОУ ВПО УГМА Росздрава, врач стоматолог-ортопед ООО «АКАДЕМ-ДЕНТ», г. Челябинск

Жолудев С.Е. - д.м.н, профессор, зав. кафедрой ортопедической стоматологии ГОУ ВПО УГМА Росздрава, г. Екатеринбург

Сапожников С.Б. – д.т.н., профессор, научный руководитель научно-образовательного центра «Материаловедение и нанотехнологии» Южно-Уральского государственного университета, г. Челябинск

### Three-dimensional modeling and analysis of the stress-strain state of the teeth, jaw bone and wire - Flex with immobilization of teeth combined tire of their own design

Delets A.V., Zholudev S.E., Sapozhnikov S.B.

#### Резюме

При помощи трехмерного моделирования и анализа напряженно-деформированного состояния зубов, челюстной кости и проволоки - флекс определено действие окклюзионной нагрузки на зубы, иммобилизированные комбинированной шиной собственной конструкции, состоящей из блока коронок в комбинации с проволокой флекс при пародонтите средней тяжести, осложненном малыми дефектами в переднем отделе зубного ряда нижней челюсти. **Ключевые слова:** пародонтит средней тяжести, комбинированная шина, проволока флекс, математическое моделирование.

#### Summary

By using three-dimensional modeling and analysis of the stress-strain state of the teeth, jaw bone and wire - flex action has been defined occlusal load on the teeth, immobilized with combined tire of our own design, consisting of a block of crowns in combination with wire flex in periodontitis of moderate severity, complicated by small defects in the anterior group of the dentition of the mandible. **Key words:** periodontitis of moderate severity, the combined tire, wire flex, mathematical modeling.

#### Введение

Проблема заболеваний пародонта до настоящего времени остается в центре внимания многочисленных исследователей и является актуальной в стоматологии. Это обусловлено широкой распространенностью (80-95 %) заболеваний пародонта, сложностями диагностики в связи с многообразием клинических проявлений, трудностями лечения и профилактики. В связи с этим поиск новых методов лечения и профилактики заболеваний пародонта остается актуальным [2,4,7].

Установлено, что в здоровом состоянии смещение зубов под действием горизонтальной силы в 500 г составляет для резцов 0,1-0,12 мм, клыков 0,05-0,09 мм, премоляров 0,08-0,1 мм и моляров 0,04-0,08 мм [5,11].

Под влиянием функциональных нагрузок происходит деформация всех тканевых элементов пародонта и в первую очередь связочного аппарата периодонта и костной ткани [8,12].

Жевательное давление в физиологических условиях является стимулятором обменных процессов в пародонте. В то же время при чрезмерной, превышающей физиологический уровень нагрузке на зуб, она из условия, стимулирующего обменные процессы, превращается в фактор, разрушающий ткани опорного аппарата [9,10].

По литературным данным, жевательное давление в области резцов составляет 7-12кг, в области премоляров 11-18кг, моляров 14-22кг [6]. В то же время, в литературе нет данных о влиянии окклюзионной нагрузки на костную ткань альвеолярного отростка при пародонтите средней степени тяжести в области шинированных зубов.

В настоящее время наиболее широко при протезировании и шинировании передней группы зубов применяются блоки из искусственных коронок. По данным Белоусова Н.Н. (2009), способность передачи нагрузки от центра к периферии наиболее выражены именно у дан-

Ответственный за ведение переписки -

Жолудев Сергей Егорович

620014 г. Екатеринбург, ул. Ленина,16

Тел.: 8 (343) 2012931

e-mail: zholudev@e1.ru

ных конструкций шин. В меньшей степени эти свойства выражены у адгезивно – волоконных шин и совсем отсутствуют у съёмных [1]. В то же время, коронковые шины, за счет своей жесткости препятствуют физиологической подвижности сохранившихся зубов. Нами предложена комбинированная шина, сочетающая положительные моменты коронковой шины и шины из проволоки флекса [3]. Настоящая работа посвящена математическому обоснованию рациональности предложенной конструкции

**Цель исследования** - при помощи трехмерного моделирования и анализа напряженно-деформированного состояния зубов, челюстной кости и проволоки - флекса определить действие окклюзионной нагрузки на зубы, иммобилизированные комбинированной шиной собственной конструкции, состоящей из блока коронок в комбинации с проволокой флекса при пародонтите средней степени тяжести, осложненном малыми дефектами в переднем отделе зубного ряда нижней челюсти.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Определить нагрузку, которую испытывает костная ткань в области резцов иммобилизированных при пародонтите средней степени тяжести с помощью блока коронок во время нагрузки на шину.

2. Определить величину подвижности зубов, включенных в комбинированную шину собственной конструкции, при действии на неё окклюзионной нагрузки.

3. Определить степень напряжения в месте соединения проволоки флекса с клыкком и подобрать наиболее эффективное сечение проволоки флекса.

4. Установить оптимальную протяженность проволоки флекса для закрепления на клыках.

## Материалы и методы

Для моделирования переднего отдела нижней челюсти с блоком коронок и проволокой флекса были использованы следующие исходные данные: передний отдел нижней челюсти человека, средние размеры исследуемых зубов (длина резца нижней челюсти - 22мм, длина клыка нижней челюсти - 26мм). Соотношение внутри - и внескостной частей зуба в норме – 2:1, при моделировании пародонтита средней степени тяжести – 1:2. Физиологическая подвижность зуба - у резцов нижней челюсти 0,1-0,12мм; - у клыков нижней челюсти 0,05-0,09мм. Сила, действующая на режущие поверхности резцов при откусывании пищи - 100Н. Проволока флекса круглого сечения диаметром 0,0195 дюйма и проволока флекса прямоугольного сечения размером 0,019×0,025 дюйма, показатель жесткости – 0,09 (9% от нержавеющей стали) [5,6,11].

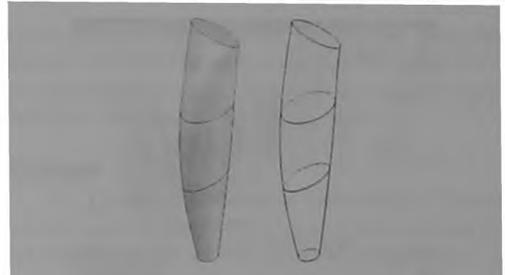


Рис.1. Модель резца



Рис.2. Сетка конечных элементов (~80000 узлов)

В работе использованы два пакета прикладных программ – пакет трехмерной графики SolidWorks и пакет расчетов на прочность методом конечных элементов ANSYS WorkBench.

Трехмерное моделирование переднего отдела нижней челюсти с блоком коронок и проволокой флекса.

Для создания качественных трехмерных моделей в пакете SolidWorks использовано упрощение геометрии зубов: представление по четырем сечениям (рис.1) в виде эллипсов с заданными размерами полуосей а и b, табл.1 (сечения пронумерованы сверху вниз).

Челюстная кость для каждого зуба-резца выполнена из двух частей, чтобы можно было моделировать пародонтит простым отключением верхней части модели. Верхняя часть модели равна 1/2 длинны корня в связи, с чем её отключение имитирует пародонтит средней степени тяжести. В челюстной кости выполнена полость, точно соответствующая нижней части зуба имитирующей корень. После сборки всех элементов в модели присутствуют 22 детали с сеткой конечных элементов в 80000 узлов (Рис.2). Резцы нижней челюсти объединены в единый блок жестко и соединены с клыками проволокой флекса.

Механические характеристики использованных материалов: сталь: E=200 ГПа,  $\nu=0,3$ ; зубы: E=10 ГПа,  $\nu=0,18$ ;

Таблица 1. Размеры а/в сечений резцов и клыков

Зуб	Сечение 1	Сечение 2	Сечение 3	Сечение 4
Резец	5,5 / 1,8	3,5 / 5,5	2,8 / 4,6	1,5 / 2,0
Клык	6,5 / 1,8	4,5 / 7,0	3,0 / 6,0	1,5 / 2,0

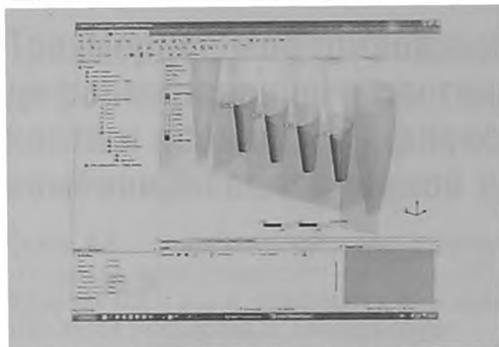


Рис.3. Давление на челюстную кость, 5...9 МПа

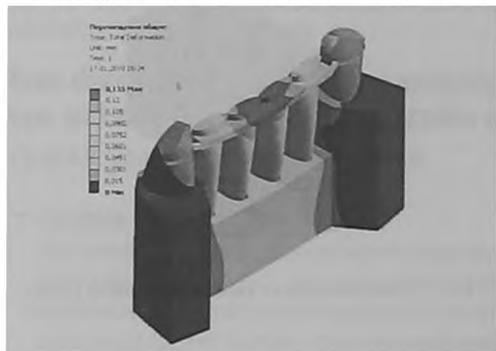


Рис. 4. Исследование напряженного - деформированного состояния элементов нижней челюсти при окклюзионной нагрузке с применением комбинированной шины и проволоки флекса прямоугольного сечения размером 0,019x0,025 дюйма с малыми дефектами в переднем отделе нижней челюсти. Общие перемещения, максимум равны 0,135 мм

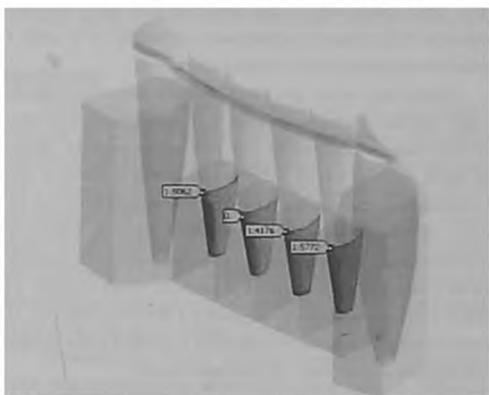


Рис.5. Исследование напряженного - деформированного состояния элементов нижней челюсти при окклюзионной нагрузке с применением комбинированной шины и проволоки флекса прямоугольного сечения размером 0,019x0,025 дюйма с малыми дефектами в переднем отделе нижней челюсти. Давление на челюстную кость 1,4 – 1,6 МПа

челюстная кость  $E=0,7$  ГПа,  $\nu=0,18$ . Свойства челюстной кости были определены из условия перемещения резов на 0,1...0,12 мм при нормальном состоянии при откусывании пищи суммарным усилием 100 Н (на каждый зуб 25 Н, под углом 200 к вертикали. Все контакты идеальные (склейка).

## Результаты и обсуждение

Исследование напряженного - деформированного состояния элементов нижней челюсти при окклюзионной нагрузке.

При действии окклюзионной нагрузки на резцы нижней челюсти при здоровом пародонте перемещение резов нижней челюсти составило 0,11-0,12мм, а давление на костную ткань составило 1,5-2,5МПа, что является физиологическими показателями функционирования пародонта при нагрузке.

При пародонтите средней степени тяжести, для стабилизации и предотвращения его дальнейшего развития требуется шинирование зубов. При попытке иммобилизовать зубы с пораженным пародонтом в единый блок без привлечения в этот блок рядом стоящих зубов с имеющимися резервными силами приводит к временному благополучию т.к. нагрузка на костную ткань составило 5-9МПа. (Рис.3)

Для придания шинирующей конструкции жесткости и снятия давления на кость челюсти требуется дополнительное включение в шину зубов, у которых имеются резервные силы. При использовании несъемной коронковой шины требуется дополнительное препарирование зубов (в нашем случае клыков) на что пациенты идут с неохотой.

Предложенная нами методика шинирования позволяет избежать препарирования зубов, которые стоят рядом с зубами, где имеется поражение пародонта. Резцы нижней челюсти покрываются блоком коронок, в котором с помощью паза укрепляется проволока флекса, а свободные её концы цементируются в пазы, сделанные на язычной поверхности клыков.

Исследование напряженного - деформированного состояния элементов нижней челюсти при окклюзионной нагрузке с применением комбинированной шины и проволоки флекса круглого сечения диаметром 0,0195 дюйма

Блок коронок выполнен из стали, а проволока флекса имеет 10% жесткости стали (скрученный трос). При действии окклюзионной нагрузки на резцы нижней челюсти иммобилизованных комбинированной шиной при моделировании пародонтита средней степени тяжести Перемещение резов нижней челюсти составило 0,13-0,14мм, а давление на костную ткань составило 2-6МПа, что является показателями превышающими физиологические параметры функционирования пародонта при нагрузке. Нагрузка на проволоку флекса в свободном месте составляет 410 МПа, а в месте её соединения с цементом 85 МПа, что превышает допустимые нагрузки из соображений долговечности.

Поэтому рекомендуется использовать проволоку

флекс прямоугольного сечения, с размером 0,019x0,025 дюйма, расположенную длинной стороной вертикально, для усиления жесткости, т.к. усилил откусывания пищи почти вертикально.

Исследование напряженного - деформированного состояния элементов нижней челюсти при окклюзионной нагрузке с применением комбинированной шины и проволоки флекса прямоугольного сечения размером 0,019x0,025 дюйма

Блок коронок выполнен из стали, а проволока флекс имеет 10% жесткости стали и расположена широкой стороной вертикально. При действии окклюзионной нагрузки на резцы нижней челюсти иммобилизованных комбинированной шиной при моделировании пародонтита средней степени тяжести перемещение резцов нижней челюсти составило 0,125мм, а давление на костную ткань составило 1-1,8МПа, что является физиологическими показателями функционирования пародонта при нагрузке. Нагрузка на проволоку флекса в свободном месте составляет 267МПа, а в месте её соединения с цементом 35МПа, что является допустимыми напряжениями в проволоке флекса.

Исследование напряженного - деформированного состояния элементов нижней челюсти при окклюзионной нагрузке с применением комбинированной шины и проволоки флекса прямоугольного сечения размером 0,019x0,025 дюйма с малыми дефектами в переднем отделе нижней челюсти.

При исследовании действия окклюзионной нагрузки на резцы нижней челюсти иммобилизованных комбинированной шиной при моделировании пародонтита средней степени тяжести с отсутствием зуба 3.1 были получены следующие результаты. Перемещение резцов нижней челюсти составило 0,135мм (рис.4), а давление на костную ткань составило 1,4-1,6МПа (рис.5), что является физиологическими показателями функциониро-

вания пародонта при нагрузке. Нагрузка на проволоку флекса в свободном месте составляет 278МПа, а в месте её соединения с цементом 35-37МПа, что является допустимыми напряжениями в проволоке флекса.

## Выводы

1. При физиологической подвижности резцов нижней челюсти равную 0,1-0,12мм, и при имитации откусывания с силой в 100Н, давление, передаваемое на костную ткань нижней челюсти равно около 2 МПа, что является стимулирующим фактором репаративных процессов в костной ткани. Использование блока коронок на резцах нижней челюсти при пародонтите средней степени не решает проблему так как при применении той же силы в 100Н перемещение блока коронок равно 0,32 мм, а давление, передаваемое на костную ткань увеличивается до 5-9МПа, что так же превышает физиологические границы в 3,5-4,5 раза и является разрушающим фактором.

2. Комбинация из блока коронок, для увеличения жесткости при пародонтите с потерей одного или двух резцов на резцы нижней челюсти и проволоки флекса, при помощи которой соединяют блок коронок с клыками, позволяет передавать давления на костную ткань в пределах смоделированной нормы.

3. Проволока флекса круглого сечения диаметром 0,0195 дюйма не обеспечивает нужного эффекта, т.е. все показатели превышают норму по подвижности на 20%, а, по передаче давления на костную ткань в два раза. Тогда как проволока флекса прямоугольного сечения размером 0,019x0,025 дюйма с вертикальной ориентацией длинной грани) решает поставленную задачу т.е. более приближена к норме: подвижность резцов в блок коронок с проволокой флекса 0,019x0,025 дюйма равна 0,12мм.

4. Продолжительность проволоки флекса, которую необходимо укрепить на клыке не должна превышать 2,5...3 мм.■

## Литература:

1. Белоусов Н.Н. Определение эффективности шинирования зубов при тяжелых формах воспалительных заболеваний пародонта; Н.Н.Белоусов. Пародонтология. - 2009. - №3. - С.41-44.
2. Груднов А.И. Заболевания пародонта; А.И. Груднов. - М.: Медицинское информационное агентство, 2009. - 334с.
3. Делец А.В., Жолудев С.Е., Луганский В.А. Способ шинирования зубов при пародонтите; Патент РФ на изобретение №2289357. Оpubл. 20.12.2006
4. Еловицова Т.М. Арифметика пародонтологии; Т.М. Еловицова. - М.: МЕДпрессинформ, 2006. - 192с.
5. Котенко С.А. Клинико-функциональная оценка ранних реакций тканей пародонта при проведении Байтового шинирования : дис. ... канд. мед. наук; С.А.Котенко. - М., 2008. - 94с.
6. Савченков Ю.И. Стоматологическая физиология : учеб. пособие; Ю.И. Савченков, Ю.С. Пац - Ростов на Дону: Феникс; Красноск: Издат. проекты, 2007. - 201с.
7. Цепов Л.М. Взгляд на проблему этиологии, патогенеза и лечения воспалительных заболеваний пародонта; Л.М. Цепов, А.И. Николаев, Н.А. Голева. Дентал Юг. - 2008. - №8. - С.14-16.
8. Чуйко А.Н. Особенности биомеханики в стоматологии; А.Н. Чуйко, В.Е. Вовк - Харьков: Прапор, 2006. - 300с.
9. Gilbert A.D. The effect of chronic periodontal disease on human jaw muscles: a pilot study using computer tomography; A.D.Gilbert. J. Oral Rehabil. - 1997. - Vol. 23, №4. - P. 259-264.
10. Clark M.O. Personal risk factors for generalized periodontitis. J. Clin. Periodontol. - 1995. - Vol. 22. - P.136-145.
11. Muhemann H.R. Ten years of tooth mobility measurement; H.R. Muhemann. J. Periodontol. - 1960. - Vol. 31. - P. 110-122.
12. Ziegler A. Numerical simulation of the biomechanical behaviour of multi-rooted teeth; A. Ziegler, L. Keilig, A. Kavarizadeh et al. Eur. J. Orthodont. - 2005. - Vol.27. - P.333-339.