

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИНТАКТНОГО МОЛЯРА И МОЛЯРА ПОСЛЕ ГЕМИСЕКЦИИ

**В.М. Семенюк, А.В. Артюхов, А.В. Сырцова, А.К. Гуц**

A part of the crown and one of molar-roots can be used as a base for dentures. We have applied morphological findings and computer modeling in order to mathematically motivate the use the remained root and a part of the crown.

Осложненный кариес или травма могут вызывать разрушение одного из корней двукорневых зубов, тогда как второй корень не был подвержен разрушению. Возможно развитие патологического процесса в костной ткани челюсти вокруг пораженного корня, в то же время костная ткань челюсти вокруг второго корня остается интактной (здоровой). В этом случае врачам-стоматологам приходится решать вопрос о полном удалении зуба. Между тем удаление зуба вызывает резорбцию костной ткани альвеолярного отростка и повышение функциональных нагрузок на пародонт соседних зубов. Для профилактики этих осложнений часть коронки и один из корней многокорневого зуба при определенных условиях можно сохранить и использовать в качестве опоры различных конструкций зубных протезов.

Чтобы математически обосновать использование оставшихся корня и части коронки зуба, мы применили данные морфологических исследований и компьютерное моделирование. На основе метода конечных элементов с помощью пакета прикладных программ «COSMOSM 2.5» построили компьютерную модель двукорневого зуба (интактного и после гемисекции) вместе с окружающей челюстной костью с целью исследования на прочность при внешних нагрузках.

Суть использованных методов заключается в следующем:

1. На изъятых интактных первых и вторых больших коренных зубах (молярах) человека получали параметры коронки и корня.
2. Строили компьютерную модель зуба (здорового зуба и зуба после гемисекции) вместе с окружающей его челюстной костью.
3. С помощью компьютерного пакета прикладных программ «COSMOSM 2.5» моделировали деформирование зуба и окружающей челюстной кости под влиянием заданной нагрузки, получали полную картину распределения напряженных состояний здорового зуба и зуба после гемисекции.

---

© 2001 В.М. Семенюк, А.В. Артюхов, А.В. Сырцова, А.К. Гуц

E-mail: gmaart@other.omsu.omskreg.ru, guts@univer.omsk.su

Омская государственная медицинская академия, Омский государственный университет

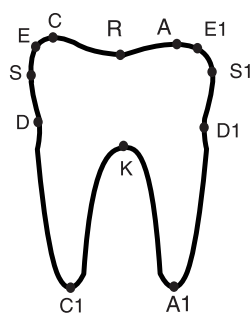


Рис. 1. Модель интактного зуба.



Рис. 2. Модель зуба после гемисекции.

Для упрощения расчетов на данном этапе рассматривалась плоская модель, то есть, по существу, мы пытались увидеть то, что происходит внутри зуба в мысленно выделенном плоском сечении, проходящем через геометрическую ось зуба. Измерение параметров коронок и корней проводились с точностью до 0,1мм. На рис.1 представлен ряд точек. Измерение расстояний между ними позволяет создать двухмерную плоскую модель моляра.

Усредненные результаты измерения и необходимые физические показатели даны в табл.1 и табл.2.

Таблица 1. Средние арифметические параметры измеренных зубов (в мм)

|      |      |     |      |     |      |      |
|------|------|-----|------|-----|------|------|
| AA1  | CC1  | DD1 | A1C1 | RK  | EE1  | SS1  |
| 18,9 | 19,9 | 9,9 | 4,2  | 8,5 | 10,6 | 11,6 |

Таблица 2. Физические показатели костной ткани и дентина

|        | Плотность, $lb \cdot s^2/in^4$ | Модуль Юнга, $lb/in^2$   |
|--------|--------------------------------|--------------------------|
| Кость  | $0.168 - 0,187 \cdot 10^{-3}$  | $2,03 - 2,75 \cdot 10^6$ |
| Дентин | $0.168 - 0,187 \cdot 10^{-3}$  | $2,00 - 2,81 \cdot 10^6$ |

Были построены математические модели здорового зуба и зуба после гемисекции (рис.2).

Появление обширных зон в корне и коронке зуба с напряжениями, превосходящими предел прочности ( $\sigma_B \sim 20 - 40$  н/мм<sup>2</sup>) дентина, трактуется как ситуация, ведущая к их разрушению. Накладывалось условие нулевого граничного перемещения (жесткого закрепления). Нагрузка бралась точечная, сосредоточенная в трех узлах (имеющая одну и ту же величину в каждом узле).

Мы смогли наглядно (на экране монитора) увидеть, как происходит деформирование зуба и окружающей челюстной кости под влиянием заданной нагрузки, а также увидели полную картину распределения (в виде цветных зон) напряженных состояний зуба.

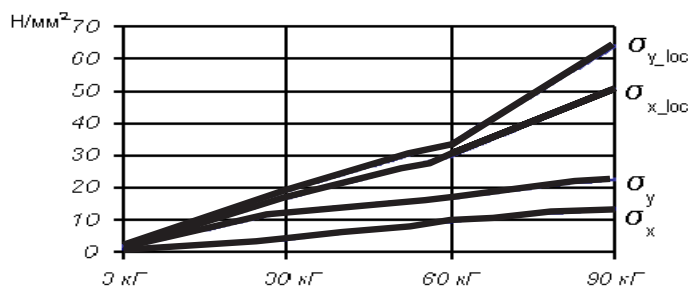


Рис. 3. Напряжения при вертикальной несимметричной нагрузке для модели здорового зуба.

Все это позволило провести серию компьютерных экспериментов, позволяющих определить напряженно-деформированные состояния здорового зуба и зуба после гемисекции. Самый неблагоприятный и реальный вид нагрузки – вертикальная несимметричная. В случае вертикальной нагрузки в 3 кГ для модели «здорового зуба» полученные напряжения по порядку величины согласуются с результатами, полученными ранее [3]. При вертикальной несимметричной нагрузке в 30 кГ возникающие напряжения на большей части зуба возрастают, но еще не попадают в критическую зону (для разрыва это напряжения от 20 до 42 Н/мм<sup>2</sup>). Если нагрузки приближаются к 60 кГ, то появляются участки с напряжениями, которые уже попадают в критическую зону (рис.1). При вертикальной несимметричной нагрузке в 90 кГ напряжения на больших участках дентина попадают в зону разрушения (где  $\sigma_x, \sigma_y > 42 \text{ Н/мм}^2$ ).

Локально, на очень малых участках корня возникающие напряжения по вертикали и по горизонтали попадают в критическую зону уже при приближении нагрузки к 30 кГ (рис. 1), в зону разрушения – при нагрузке выше 30 кГ. Аналогичная картина наблюдается и при нагрузке под углом 45° к оси зуба.

При несимметричной вертикальной нагрузке в 3 кГ для модели зуба после гемисекции (рис.2) возникают напряжения большие, чем при этой же нагрузке на здоровый зуб, но они еще не попадают в критическую зону. Если нагрузка приближается к 30 кГ, то в дентине появляются зоны с критическими напряжениями (рис.2). При наличии дефектов (микротрещин) в дентине оставшаяся часть коронки подвержена разрушению в области этих дефектов. Увеличивая нагрузку до 60кГ и далее, мы можем наблюдать дальнейшее увеличение зон с критическим напряжением, появляются зоны разрушения.

На основании проведенных исследований можно сформулировать следующие выводы:

- данные морфологических исследований могут служить основой для компьютерного моделирования двухкорневого зуба (интактного, после гемисекции);
- зуб после гемисекции может не только удерживаться в альвеоле челюсти, но и воспринимать дополнительную нагрузку за счет резервных сил

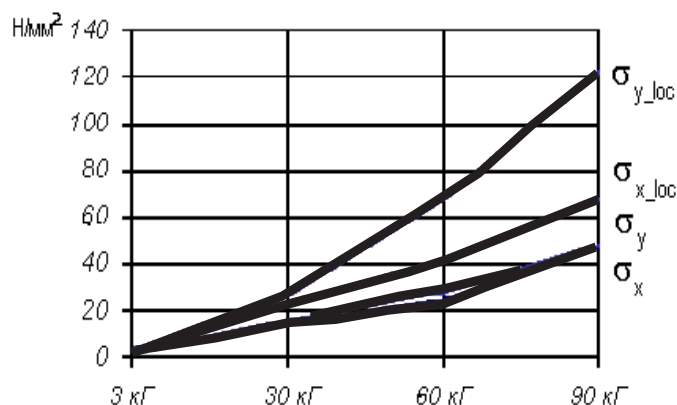


Рис. 4. Напряжения при вертикальной несимметричной нагрузке для модели зуба после гемисекции.

пародонта;

– в определенных пределах эти силы можно использовать при создании ортопедических конструкций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Князева М.Б. *Подготовка зубов и пародонта к применению металлокерамических протезов*: Автореф. дис. канд. мед. наук: 14.00.21/ АО «Стоматология».-М.,1997.-16 с.
2. Воробьев В.А. *Выбор конструкции зубных протезов и имплантантных систем на основе программного математического моделирования при лечении больных с различными дефектами зубных рядов*: Автореф. дис.: д-ра мед. наук. Омск, 1997
3. Гуц А.К., Капотина Т.Н., Панова Н.И., Семенюк В.М., Файзуллин Р.Т., Яковлев К.К. *Математическое обоснование к использованию корней фронтальных зубов, разрушенных ниже уровня десны, под штифтовые конструкции*. Деп. в ВИНТИ 21.06.95. N 1790 - И95. 22с.
4. Партон В.З. *Механика разрушения: от теории к практике*. М.:Наука, 1990.
5. Сегерлинд Л. *Применение метода конечных элементов*. М., 1979.
6. Маркин В.А. *Прогнозирование осложнений при использовании металлокерамических протезов с помощью метода математического моделирования*: Автореф. дис. канд. мед. наук: 14.00.21. Моск. гос. медико-стоматолог. ун-т, 1999. -24 с.
7. Капотина Т.Н., Семенюк В.М., Яковлев К.К., Гуц А.К., Панова Н.И. *Математическое обоснование к использованию культевой штифтовой вкладки с «воротничком» при разрушении корней зубов ниже уровня десны* // Вестник Омского университета. 1996. N.2. С.17-19.
8. Семенюк В.М., Гуц А.К., Капотина Т.Н., Вагнер В.Л. *Выносливость опорно-удерживающего аппарата зуба, восстановленного литой культевой штифтовой конструкцией, к вертикальной нагрузке* // Перспективы развития современной стоматологии: проблемы уральского региона. материалы конференции стоматологов 20-22 мая 1997 г., Екатеринбург. – Уральская гос. мед. академия, Екатеринбург, 1997. С.211-213