

УДК: 616.716-002.36-089.48:615.835.14

## ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛЮСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА КОСТНОЙ ТКАНИ

© 2014 Д.В. Монаков

Самарский государственный медицинский университет

Поступила в редакцию 09.12.2014

В статье рассматриваются вопросы биомеханики при планировании дентальной имплантации. Построена геометрическая модель нижней челюсти с признаками атрофии костной ткани. Описывается моделирование конструкции дентального имплантата собственной конструкции. Представлены расчеты напряженно-деформируемого состояния, возникающего в челюсти при установке дентального имплантата.

Ключевые слова: *дентальная имплантация, напряженно-деформируемое состояние, математическое моделирование*

Brunsky J.B. (1992) выделил группу факторов, влияющих на результат дентальной имплантации. Среди них: величина, направление и точка приложения нагрузки; количество, наклон и положение зубов, геометрия имплантатов, вид и материал протеза, характер сцепления имплантат/костная ткань, свойства костной ткани [10, 11]. Имплантат, находящийся в костной ткани и подверженный циклическим жевательным нагрузкам, будет вызывать деформацию и, следовательно, напряжение в окружающей костной ткани. При нерациональном лечении дефектов зубных рядов с использованием дентальных имплантатов, напряжение в окружающей имплантат кости может превосходить таковое в области естественных зубов, что может стать причиной не только резорбции костной ткани вокруг имплантата, но и перелома структурных единиц кости при значении напряжения выше предела их прочности. [12-15].

В настоящее время поиск оптимального дизайна имплантата осуществляется в первую очередь аналитическим путем. Для этого используют компьютерные программы двух- и трехмерного математического моделирования [2-9]. Подобные исследования с учетом биомеханических характеристик кости, имплантата и протезной конструкции позволяют проигрывать различные ситуации и получать данные для сравнения уровней напряжения, компрессии и сил сцепления внутри и вокруг имплантата. Сложные анатомо-топографические условия в зоне предполагаемой имплантации, в частности атрофия костной ткани, встречающаяся до 70% у обратившихся лиц [1], ограничивает возможности стандартной внутрикостной имплантации, а проведение различных костно-пластических операций удлиняет сроки реабилитации.

Выбор конструкции дентального имплантата остается не до конца решенным.

В ходе нашего исследования была построена с помощью метода конечных элементов математическая модель напряженно-деформируемого состояния, возникающего в челюсти при проведении дентальной имплантации в условиях дефицита костной ткани челюстей. Для построения математической модели челюсти использовались данные компьютерной томографии (КТ) конкретного пациента. Выполнено сканирование КТ нижней челюсти, разбитой на сечения (рис. 1).

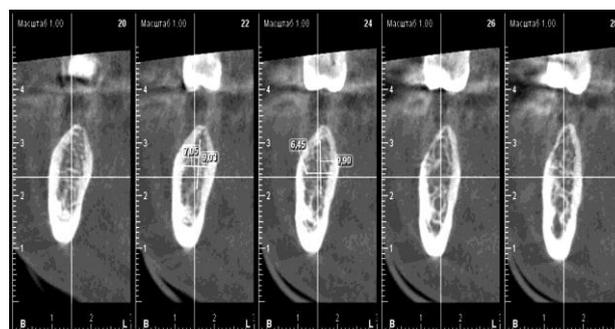


Рис. 1. Сечения нижней челюсти

Построение геометрической модели нижней челюсти велось по сечениям, полученным при проведении КТ. Построение геометрической модели нижней челюсти велось с использованием средств, заложенных в пакет анализа ANSYS. Геометрические размеры сечения челюсти, полученные при помощи КТ, с незначительной идеализацией импортировались в ANSYS, и на них выстраивалась модель челюсти (рис. 2). При моделировании конструкции дентального внутрикостно-накостного имплантата учитывались условия в зоне предполагаемой имплантации, в частности, ширина и высота альвеолярного гребня, протяженность дефекта зубного ряда.

Монаков Дмитрий Вячеславович, аспирант кафедры челюстно-лицевой хирургии и стоматологии. E-mail: Dr.Monakov@yandex.ru

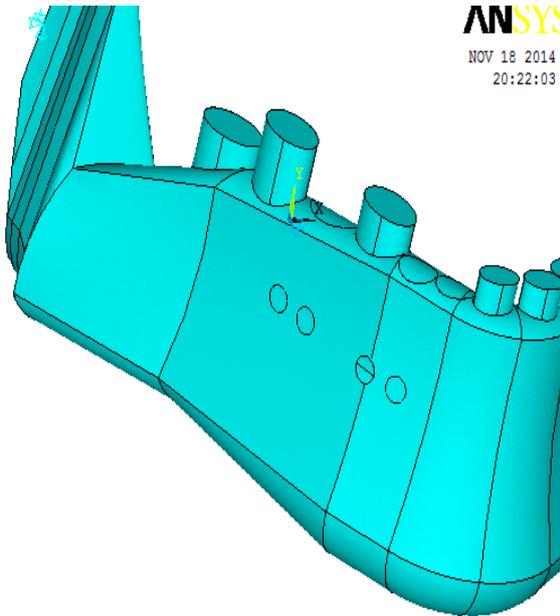


Рис. 2. Вид твердотельной модели нижней челюсти

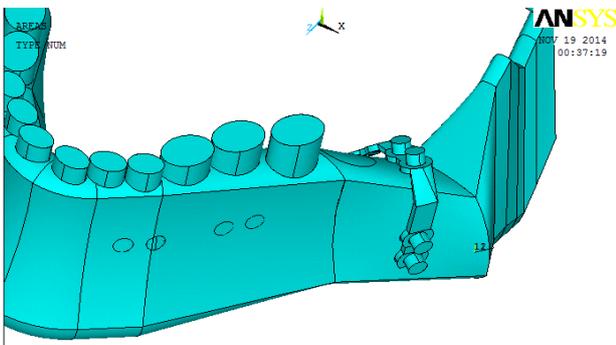


Рис. 3. Вид твердотельной модели нижней челюсти с дентальным внутрикостно-накостным имплантатом

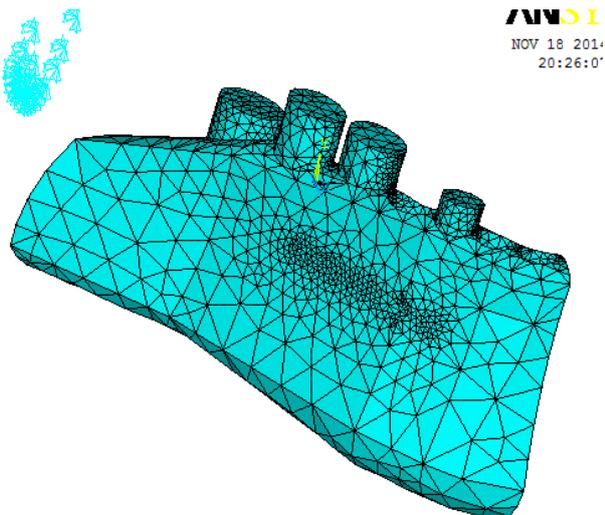


Рис. 4. Вид конечно-элементной модели нижней челюсти

На втором шаге проводилось разбиение модели на конечные элементы. Учитывая имеющиеся вычислительные ресурсы, производилась некоторая идеализация исходной геометрии – оптимиза-

ция конечной элементной сетки: выполнялось сгущение сетки в областях (зона отсутствующих зубов, контакта костной ткани с имплантатом), где возможно значительное изменение напряжений (концентрация напряжений). Было создано несколько моделей с разной степенью детализации, из которых выбрана оптимальная, состоящая из 50 тыс. конечных элементов, что позволяет достаточно оперативно осуществить конечно-элементный расчет с достаточной точностью (рис. 4).

При моделировании конструкции дентального внутрикостно-накостного имплантата учитывались условия в зоне предполагаемой имплантации, в частности, ширина и высота альвеолярного гребня, протяженность дефекта зубного ряда. При моделировании накостной части имплантата рассматривались различные геометрические решения (рис. 5).

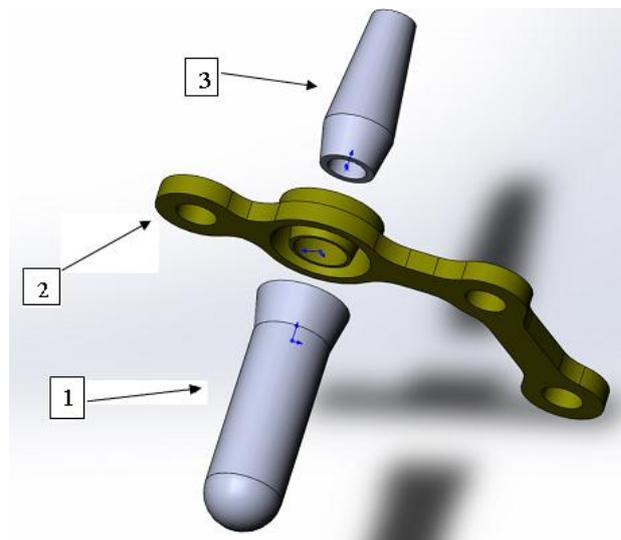


Рис. 5. 3D-модель дентального внутрикостно-накостного имплантата: 1 – внутрикостная часть; 2 – стабилизирующая накостная пластина с отверстиями под винты; 3 – супраструктура

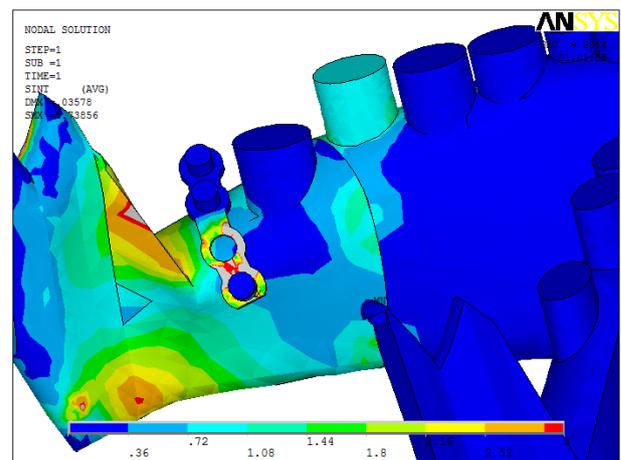


Рис. 6. Распределение интенсивности напряжений в нижней челюсти

После построения математической модели к модели были приложены граничные условия и

нагрузки. После чего был проведен расчет его напряженно-деформируемого состояния. В результате расчетов получено распределение значений напряжений, как в текстовой, так и в графической формах. На рис. 6 приведен вид одного из рассматриваемых случаев нагружения для величины усилия в области установленного имплантата 20 кгс.

**Выводы:** математическая модель нижней челюсти, построенная на основе индивидуальных характеристик конкретного больного, позволяет смоделировать различные ситуации и получить данные для последующего анализа. Анализ распределения величины напряжений в конечно-элементной модели для различных видов нагружения позволяет определить оптимальную конструкцию дентального внутрикостно-накостного имплантата, расположение опорных элементов имплантата, необходимость их фиксации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Адошина, О.В.* Предоперационное обследование пациентов при операции имплантации на верхней челюсти с поднятием дна верхнечелюстной пазухи / *О.В. Адошина, А.А. Кулаков, Н.А. Рабухина* // Рос. вестн. дентальной имплантологии. 2003. № 2. С. 36-41.
2. *Борисов, А.Г.* Влияние направления сил жевательной нагрузки на опорные ткани при протезировании больных с применением имплантатов: Дисс... на соиск. уч. степ. к.м.н. – М., 2002. 168 с.
3. *Воробьев, В.А.* Выбор конструкции зубных протезов и имплантантных систем на основе программного математического моделирования при лечении больных с различными дефектами зубных рядов: Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. д.м.н. – Омск, 1997. 20 с.
4. *Гветадзе, Р.Ш.* Клинико-функциональное и биомеханическое обоснование ортопедических методов лечения больных в дентальной имплантологии: Дисс. на соиск. уч. степ. д-ра мед. наук. – М., 2001. 335 с.
5. *Матвеева, А.И.* Использование математического моделирования при проектировании протезных конструкций с опорой на внутрикостные имплантаты / *А.И. Матвеева, С.С. Гаврюшин, А.Г. Борисов* // Российский вестник дентальной имплантологии. 2003. № 1. С. 10-13.
6. *Матвеева, А.И.* Исследование биомеханики дентальных имплантатов с использованием трехмерного объемного математического моделирования / *А.И. Матвеева, Р.Ш. Гветадзе, В.Э. Логинов* и др. // Стоматология. 1998. №6. С. 47-52.
7. *Матвеева, А.И.* Комплексный метод диагностики и прогнозирования в дентальной имплантологии: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. д-ра мед. наук. – М., 1993. 42 с.
8. *Олесова, В.Н.* Биомеханика имплантатов по результатам объемного математического моделирования / *В.Н. Олесова, И.А. Маслов* // Клиническая имплантология и стоматология. 2000. №3-4. С.47-52.
9. *Сухарев, М.* Изучение биомеханического взаимодействия имплантатов и кости методом математического моделирования / *М. Сухарев, А. Бобров* // Клиническая имплантология и стоматология. 1997. №2. С. 34-37.
10. *Brunsky, J.B.* Biomechanical factors affecting the bone-dental implant interface // *Clin. Mater.* 1992. Vol. 10. P. 153-201.
11. *Hansson, S.* Towards an Optimized Dental Implant and Implant Bridge Design: A Biomechanical Approach. – Goteborg, 1997. 187 p.
12. *Hoshaw, S.J.* Mechanical Loading of Branemark Implants Affects Interfacial Bone Modeling and Remodeling // *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.* 1994. Vol. 9. P. 345-360.
13. *Helsen, J.A.* Metals as biomaterials / *J.A. Helsen, H.J. Breme.* – Chichester, John Wiley & Sons, 1998. 489 p.
14. *Sakaguchi, R.L.* Nonlinear Contact Analysis of Preload in Dental Implant Screws / *R.L. Sakaguchi, S.E. Borgersen* // *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.* 1995. Vol. 10. P. 295-302.
15. *Siegele, D.* Numerical Investigations of the Influence of Implant Shape on Stress Distribution in the Jaw Bone / *D. Siegele, U. Soltsz* // *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.* 1989. Vol. 4. P. 333-340.

## CREATION THE MATHEMATICAL MODEL OF STRESS-STRAIN STATE OF THE JAW AT CARRYING OUT DENTAL IMPLANTATION IN CONDITIONS OF BONE TISSUE DEFICIENCY

© 2014 D.V. Monakov

Samara State Medical University

In article biomechanics questions when planning dental implantation are considered. The geometrical model of lower jaw with signs of atrophy of bone tissue is constructed. Modeling the design of dental implant of own construction is described. Calculations of stress-strain state arising in jaw at installation of dental implant are presented.

Key words: *dental implantation, stress-strain state, mathematical modeling*