

либо формулой

$$\lambda(T) = \frac{1}{u'(u^{-1}(T))} \left( \frac{1}{2} \int_{f_{02}}^{u^{-1}(T)} c(u(s))u'(s)(s - h_3)ds + l \right),$$

где  $l$  — произвольный параметр,  $f_{0i} = \min_{(x,t) \in \partial\Omega} \{f_i(x,t)\}$ ,  $i \in \{1, 2\}$ ,  $\partial\Omega$  — граница области определения температурного поля  $T$ .

### Литература

1. Frolov V.V. Uniqueness theorems for the solution of the inverse problem of heat conduction. *J. Eng. Phys. Thermophys.* V. 29 (1) (1975) 923–927.

### Влияние геометрических параметров слуховой трубы на аэрацию полостей среднего уха

С. М. Босьяков, Е. Л. Малец, Л. Г. Петрова (Минск, Беларусь)

Врожденные расщелины неба являются одним из наиболее распространенных врожденных пороков развития челюстно-лицевой области, характеризующийся множеством патологических симптомокомплексов, среди которых ведущее значение занимает патология среднего уха с нарушением слуховой функции, связанного с возникновением отрицательного давления в барабанной полости. Целью настоящей работы является конечно-элементное моделирование распределения воздуха в евстахиевой трубе, барабанной полости среднего уха, а также в сосцевидном отростке при различных геометрических параметрах, соответствующих патологическим изменениям, связанным с наличием расщелины неба.

Комплексные трехмерные модели, включающие сосцевидный отросток, барабанную полость, колебательную систему среднего уха и евстахиевую трубу, разработаны для детей двух и двенадцати лет на основании томографических данных. При этом учтены анатомически корректные показатели для указанных возрастов, соответствующие состоянию в норме и различным патологическим состояниям [1]. Расчет линий тока и распределений давления воздуха в евстахиевой трубе, барабанной полости и сосцевидном отростке выполнялся в конечно-элементном пакете ANSYS Fluent 2023 R1 при начальной скорости воздуха 15 м/с, подаваемого в евстахиевую трубу в назофарингальной области (направление скорости воздуха перпендикулярно плоскости поперечного сечения). В слуховой трубе, барабанной полости и сосцевидном отростке задавалось начальное давление, равное нормальному атмосферному давлению 760 мм ртутного столба.

Расчет распределения давления и линий тока воздуха в сосцевидном отростке, барабанной полости и евстахиевой трубе осуществлялся для случаев в норме, при патологии проходимости евстахиевой трубы, уменьшающей величины полуосей эллиптических поперечных сечений на трех различных уровнях трубы в два, три и десять раз, патологии сосцевидного отростка, приводящей к уменьшению площади его поверхности на 30% по отношению к площади поверхности в норме. Полученные результаты могут быть использованы при планировании хирургического лечения хронического среднего отита у пациентов детского возраста с врожденной расщелиной неба.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках задания 1.7.1.4 “Разработка дифференциальных и дробно-дифференциальных методов и их применение к моделированию сложных биомеханических и экономических систем” Государственной программы научных исследований “Конвергенция–2025”.

### Литература

1. *Monsour S., Magnan J., Haidar H., Nocolas K., Louryan S. Comprehensive and clinical anatomy of the middle ear.* Springer Berlin, Heidelberg (2013)

### Биомеханическое моделирование реакции нижней челюсти с установленным полным протезом на жевательную нагрузку С. М. Босьяков, Д. В. Назаренко, С. П. Рубникович (Минск, Беларусь)

При тотальном отсутствии зубов нижней челюсти полные протезы с фиксацией на имплантатах позволяют эффективно восстановить жевательную функцию. При этом установка протеза может осуществляться на различное количество имплантатов для того, чтобы избежать болевых ощущений в слизистой оболочке, а также смещения и микровращений самого протеза. Целью настоящей работы является определение напряженно-деформированного состояния нижней челюсти под действием жевательной нагрузки на полный протез нижней челюсти, установленный на различное количество имплантатов.

Конечно-элементная модель нижней челюсти с полным протезом параметризована по толщинам слизистой оболочки и слоя кортикальной костной ткани. Протез фиксируется на двух, четырех или шести сферических имплантатах.

Предполагалось, что имплантаты полностью остеоинтегрированы в костную ткань и компоненты имплантатов корректно затянуты. Конечно-элементное разбиение модели выполнено в автоматическом режиме. Размер ребра конечного элемента для всех компонентов зубочелюстной системы и имплантата равен 1,0 мм и 0,3 мм соответственно. Физико-механические свойства для элементов модели задавались в соответствии с данными работы [1]. Прикладываемая к протезу нагрузка и граничные условия имитировали действие мышечных сил, соответствующие физиологической жевательной нагрузке [2, 3]. В результате конечно-элементного расчета установлено, что наиболее неблагоприятным для пациента является установка полного протеза на четыре имплантата, поскольку в этом случае для пережевывания одних и тех же продуктов питания необходимо прикладывать большие по величине мышечные силы по сравнению со случаями установки полного протеза на два или шесть имплантатов.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках задания 1.7.1.4 “Разработка дифференциальных и дробно-дифференциальных методов и их применение к моделированию сложных биомеханических и экономических систем” ГПНИ “Конвергенция–2025”.

### Литература

1. *Moldoveanu S.A.B., Munteanu F., Forna N.C.* Impact of implant-retained mandibular overdenture on oral mucosa — a finite element analysis. *Roman. J. Oral Rehabilitat.* Vol. 12 (2020), 6–12.

2. *Cruz M., Wassall T., Toledo E.M., Barra L.P., Lemonge A.C.* Three-dimensional finite element stress analysis of a cuneiform-geometry implant. *Int. J. Oral Maxillofac. Impl.* Vol. 18 (2003), 675–684.

3. *Daas M., Dubois G., Bonnet A.S., Lipinski P., Rignon-Bret C.* A complete finite element model of a mandibular implant-retained overdenture with two implants: Comparison between rigid and resilient attachment configurations. *Med. Eng. Phys.* Vol. 30 (2008), 218–225.