

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕКОНСТРУИРОВАННОГО СРЕДНЕГО УХА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ

Г.И. Михасев¹, С.А. Ермоченко²

¹ Белгосуниверситет, механико-математический факультет
пр-т Независимости 4, 220030 Минск, Беларусь
mikhasev@bsu.by

² Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, математический факультет
Московский пр-т, 33, 210038 Витебск, Беларусь
yermochenko@tut.by

Введение. Рассматривается задача о расчете напряженно-деформированного состояния (НДС) хирургически восстановленного среднего уха в случае его тотальной реконструкции, предполагающей тимпанопластику, а также замену цепи косточек "молоточек -- наковальня" на Т-образный протез. Данный протез своим основанием склеивается с восстановленной тимпанической мембраной (ТМ), а другим концом анкируется на головку стремени косточки. С целью фиксации протеза и достижения его устойчивости, длина протеза выбирается

несколько большей расстояния от ТМ до головки стремени в нормальном состоянии. Наличие приращения длины протеза неизбежно приводит к появлению начальных напряжений и деформаций в восстановленной ТМ, в связке овального окна, а также в сочленении "протез — стремя" [1]. Как следствие, данные напряжения вызывают смещение спектра собственных частот восстановленной колебательной системы среднего уха [2], что приводит к заметной потере порога восприимчивости звукового сигнала.

Постановка задачи. Целью работы является расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) восстановленной колебательной системы для трех типов технологий реконструкции ТМ: а) cartilage plate, б) small island, в) large island. В случае технологии "cartilage plate" ТМ полностью заменяется хрящем, при этом восстановленная ТМ моделируется как изотропная кольцевая пластинка, жестко связанная по контуру с основанием протеза. В двух других случаях хрящ накладывается на остатки ТМ. Здесь, при использовании технологии "small island" ТМ рассматривается как двухслойная кольцевая пластинка, а для технологии "large island" — как двухслойная кольцевая пластинка, сопряженная с однослойной изотропной кольцевой пластиной. В обоих случаях в качестве уравнения равновесия двухслойной пластинки принимаются уравнения

$$(1 - c_1 \Delta) \Delta^2 \chi = P, \quad w = (1 - c_2 \Delta) \chi, \quad (1)$$

где Δ — оператор Лапласа в полярной системе координат r, φ , связанной с центром пластинки, w — нормальный прогиб пластинки, P — разность давлений в ушной раковине и в барабанной полости, а параметры c_1, c_2 учитывают поперечные сдвиги слоев. На внешнем контуре ТМ рассматриваются условия упругой заделки, а по внутреннему контуру (линии сопряжения пластинки и основания протеза) — условия жесткой заделки. С использованием асимптотических методов, а также метода конечных разностей выполнены расчеты НДС для различных способом установки протеза и его ориентации в пространстве.

Работа выполнена по заданию "Механика 4.09" ГКПНИ "Механика" на 2006–2010гг.

Литература

1. Eiber A., Freitag H. G., Schimanski G., Zenner H. P. On the coupling of prosthesis to the middle ear structure and its influence on sound transfer // The Function and Mechanics of Normal, Diseased and Reconstructed Middle Ear, J. J. Rosowski, S.N. Merchant eds. The Hague, The Netherlands: Kugler Publication, 2000. P. 297–308.
2. Mikhasev G., Yermochenko S., Bornitz M. Calculation of the strain-stress state of the reconstructed middle ear after inserting a malleus-incus prosthesis // Journal of Biomechanics. 2006, Vol. 39, Supplement 1. P. S389.