Аннотация на русском языке

Тема: «Вязкоупругая модель склеральной оболочки глаза»

Автор: К.П. Фролова

Научный руководитель: Е.Н. Вильчевская

Модификация существующих математических моделей глаза и построение новых, учитывающих большее число параметров глазного яблока и точнее описывающих его поведение при нагрузках, позволяет офтальмологам проводить более качественную диагностику ряда заболеваний глаза и разрабатывать более эффективные методы их лечения. Непосредственное измерение вязкости склеры вызывает затруднения и, в связи с этим, коэффициент вязкости игнорируется в большинстве существующих моделей. Тем не менее, склере присуща вязкоупругая реакция на приложенную нагрузку.

В данной магистерской диссертации обсуждается способ определения коэффициента сдвиговой вязкости склеры, основанный на сравнении результатов математического моделирования и экспериментальных данных, приведенных К.Е. Котляром, С.М. Бауэр, Н. Планге (РООФ, Москва, 2013) и основанных на дискретном измерении ВнутриГлазного Давления (ВГД) в течение нескольких минут после интравитреальной инъекции. Задача моделируется вязкоупругим сферическим слоем при центральносимметричной нагрузке (на внешнем радиусе задано нулевое давление, на внутреннем радиусе заданы перемещения, учитывающие величину объема жидкости, введенного при инъекции). Материал склеры предполагается линейным трансверсально-изотропным. Задача решается с помощью метода преобразования Лапласа, позволяющего свести решение дифференциального уравнения в частных производных к решению дифференциального уравнения с производными только по координате. Рассматриваются разные варианты постановки граничного условия на внутреннем радиусе сферического слоя. В первом случае предполагается, что введенный дополнительный объем жидкости сохраняется в стекловидном теле на протяжении времени проведения эксперимента, во втором учитывается гидродинамика внутриглазной жидкости. Зависимость объема внутриглазной жидкости от времени определяется несколькими способами на основании данных по тонографии, приведенных Г.А. Любимовым, И.Н. Моисеевой, А.А. Штейн, Е.Н. Иомдиной (Российский журнал биомеханики, 2012). Определяется значение коэффициента сдвиговой вязкости, при котором отклонение теоретических данных от экспериментальных минимально. Показано, что при учете обоих факторов: наличия вязкости и оттока внутриглазной жидкости, - теория лучше согласуется с экспериментом, чем при учете одного из них.

Annotation on English

Title: «The viscoelastic model of the sclera»

Author: K.P. Frolova

Scientific supervisor: E.N. Vilchevskaya

The modification of existing eye models and the creation of new ones, which take into account an increasing number of eyeball parameters, allow ophthalmologists to diagnose disorders of the eye and to correct them more rationally and qualitatively. The viscosity of the sclera is ignored in most existing models. The reason is that direct measurements of the sclera viscosity cause technical problems. However, the sclera has viscoelastic properties.

This master thesis investigates a method for determining the shear viscosity of the sclera based on a comparison of results from mathematical modeling with experimental data from discrete measurements of the IntraOcular Pressure (IOP) during several minutes after intravitreal injection (injection into the eyeball vitreous humor) obtained by K. Kotlyar, S. Bauer, N. Plange (Russian National Ophthalmic Forum, 2013). In order to model the IOP behavior we consider a viscoelastic spherical layer under a centrally symmetric load: an external pressure is absent; the displacement of the inner boundary is specified and takes the intravitreal injection volume into account. We suppose the material of the sclera to be linear transversally isotropic. We propose to find the time-dependent IOP by applying Laplace transforms. The advantage of this method is that the partial differential equation in space-time turns into a differential equation depends only on the radial coordinate in space-Laplace-time. This work investigates the underlying system of equations with two types of boundary condition for the inner radius displacement. In the first case we suppose that the eyeball volume is constant during the time of the experiment. In the second case the displacement of the inner boundary is caused by the intraocular fluid hydrodynamics. In order to determine the intraocular fluid volume time-dependence we turn to experimental data based on the tonography method and obtained by G.A. Lyubimov, I.N. Moiseeva, A.A. Stein, E.N. Iomdina, L.A. Nazarenko (Russian journal of biomechanics, 2012). We obtained the value of the shear viscosity of the sclera corresponds to the best coincidence between the experimental data and theoretical results. We showed that it is necessary to take into account both facts: the existing sclera viscosity and the existing intraocular fluid outflow, - to have the best coincidence between experimental and theoretical functions of the IOP.