

УДК 617.7

Е.М.Фёдорова (4 курс, каф. МПУ), Б.А.Смольников, к.ф.-м.н., проф.

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ ГЛАЗА

В современной офтальмологии назрела необходимость проведения биомеханических исследований процессов течения и оттока внутриглазной жидкости (ВГЖ).

Согласно существующей в офтальмологии теории оттока «в первом приближении глазное яблоко можно рассматривать как сферической формы резервуар, заполненный жидким несжимаемым содержимым, а внутриглазное давление обусловлено действием упругих сил, возникающих в наружной оболочке глаза при ее растяжении» [1].

ВГЖ продуцируется в средней камере глаза отростками цилиарного тела (ЦТ) и оттекает в конечном счете через сложно устроенную дренажную систему. В данной работе будем рассматривать как основной элемент оттока дренажной системы — Шлеммов канал (ШК), т.к. доля этого пути оттока составляет около 80%. Отток внутриглазной жидкости обусловлен разницей давлений в средней и передней камере глазного яблока: «давление в среднем отрезке глазного яблока слегка выше, чем в переднем» [1, 2]. Перепад давлений между этими камерами определяет среднее значение скорости течения ВГЖ и может изменяться в значительных пределах.

Целью настоящей работы является оценка этой скорости в зависимости от скоростей образования и удаления ВГЖ из глаза.

Для осуществления полноценных процессов метаболизма во внутриглазных структурах необходимо сохранение постоянного объема ВГЖ и наличие её задержки на определенное время для проникновения в различные зоны глаза. Обеспечивает этот дренаж склера, которая работает как своеобразный насос, всасывающий и выталкивающий наружу внутриглазную жидкость. Этот режим можно назвать “дыханием склеры”.

Рассматриваем упрощенную плоскую модель течения ВГЖ, не учитывающую температурный фактор, вязкость ВГЖ а также точной геометрии глаза. Стекловидное тело и хрусталик выполняют роль поршня, двигаясь вперед-назад при сокращении склеры. Внутриглазную жидкость считаем идеальной, а течение ВГЖ в глазном яблоке — ламинарным.

Для нахождения поля скоростей используем условие несжимаемости жидкости $\operatorname{div} \underline{V} = 0$ и условие безвихревого движения жидкости $\operatorname{rot} \underline{V} = 0$.

Исучаемая модель глазного яблока представляет собой круговую область с внутренними элементами, обтекаемая жидкостью при соответствующих граничных условиях. На линиях

$$x = 0, y \geq c, c = \sqrt{R^2 - a_0^2} \text{ и при } (x + a_0)^2 + y^2 = R^2, x \geq 0, \varphi = \operatorname{arctg} \frac{y}{x} \in [0, \frac{\pi}{2}] \Rightarrow$$

$$\underline{V} = U_0 \cdot \underline{i}.$$

$$\text{На } x^2 + y^2 = R^2 \text{ при } \varphi = \operatorname{arctg} \frac{y}{x} \in [0, \alpha_1) \cup (\alpha_4, \frac{\pi}{2}] \text{ должно выполняться условие непроницаемости: } V_n = \underline{V} \cdot \underline{n} = 0 \Rightarrow V_n = u \cdot x + v \cdot y = 0; \text{ при } \varphi = \operatorname{arctg} \frac{y}{x} \in [\alpha_3, \alpha_4] \text{ условие втока}$$

$$\text{V}_n = \underline{V} \cdot \underline{n} = 0 \Rightarrow V_n = u \cdot x + v \cdot y = 0; \text{ при } \varphi = \operatorname{arctg} \frac{y}{x} \in [\alpha_3, \alpha_4] \text{ условие втока}$$

$$V_n = -V_0 \cdot \underline{n}, \underline{n} = x\underline{i} + y\underline{j}; \text{ при } \varphi = \operatorname{arctg} \frac{y}{x} \in [\alpha_1, \alpha_2] \text{ условие стока } V_n = V_0 \cdot \underline{n}, \underline{n} = x\underline{i} + y\underline{j}.$$

На линиях $x = a_1, x = a_2, y \geq h$ должно выполняться условие $V_n = \underline{V} \cdot \underline{n} = 0, u = 0 \Rightarrow \underline{V} = v \underline{j}$. Также $V_n = u \cdot (x - d) + v \cdot (y + h) = 0$ при $(x - d)^2 + (y + h)^2 = R_r^2, y \in [h - R_r, h]$, где $d = \frac{a_1 + a_2}{2}, R_r = \frac{a_2 - a_1}{2}$. При $y = 0, x \geq R_x - a_0, v = 0 \Rightarrow \underline{V} = u \underline{i}$.

В данных формулах R_r - радиус радужки, R - радиус склеры, R_x - радиус кривизны хрусталика, a_0, a_1, a_2, h - заданные величины.

Выводы. Модель позволяет получить поле скоростей в зависимости от величины скорости втекающей и вытекающей ВГЖ V_0 , величин углов, показывающих расположение втока (ЦТ) и стока внутриглазной жидкости (ШК), а также их размеров.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Нестеров А.П., Бунин А.Я., Кацнельсон Л.А. Внутриглазное давление. М.: Наука, 1974.
2. Светлова О.В. Биомеханические особенности взаимодействия основных путей оттока внутриглазной жидкости в норме и при открытоугольной глаукоме // Биомеханика глаза.- М.: Изд-во МНИИ ГБ им. Гельмгольца, 2001.- С. 95-107.