XXX Юбилейная Неделя науки СПбГТУ. Материалы межвузовской научной конференции. Ч. V:
С. 44-45, 2002.

УДК 617.7

С.А.Кузнецов (4 курс, каф. МПУ), Б.А.Смольников, к.ф.-м.н., проф.

БИОМЕХАНИКА ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ

В настоящее время в офтальмологии существует ряд проблем, для решения которых недостаточно использовать известные клинические и экспериментальные методы. Поэтому возникла необходимость использовать методы и идеи такой науки как биомеханика. В этой работе рассматривается с точки зрения биомеханики вращение глазного яблока.

Вращение глазного яблока обеспечивается следующими анатомическими элементами:

- нижняя прямая мышца – вращает глазное яблоко вниз;
- верхняя прямая мышца – вращает глазное яблоко вверх;
- латеральная прямая мышца – вращает глазное яблоко кнаружи;
- медиальная прямая мышца – вращает глазное яблоко внутрь;
- верхняя косая мышца – вращает глазное яблоко книзу и в сторону;
- нижняя косая мышца – вращает глазное яблоко кверху и в сторону;
- жировой слой – окружает глазное яблоко и не даёт ему двигаться поступательно.

В работе рассматривается устойчивость положения равновесия глазного яблока, которое в реальном глазу является неустойчивым. Рассматривается следующая модель: абсолютно твёрдый однородный шар висит на четырёх предварительно растянутых пружинах, которые прикреплены к абсолютно твёрдой стенке. Шар может совершать только вращательное движение. Косые мышцы в данной модели не моделируются, так как к глазному протезу они не пришиваются, а положение равновесия глазного протеза также является неустойчивым.

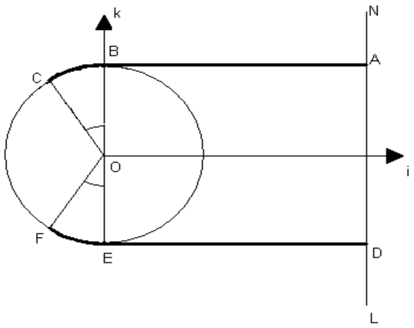

Рис.1

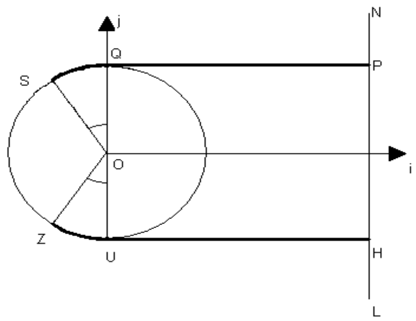

Рис.2

На рис.1 представлен вертикальный срез модели, где k и i – координатные оси; прямая LN – абсолютно твёрдая стенка; линия ABC – пружина, моделирующая верхнюю прямую мышцу, она прикреплена к шару в точке C; линия DEF – пружина, моделирующая нижнюю прямую мышцу, она прикреплена к шару в точке F; точка O – центр шара; углы COB и FOE равны $\theta = \dfrac{\pi}{6}$.

На рис.2 представлен горизонтальный срез модели. j и i – координатные оси, прямая LN – абсолютно твёрдая стенка, линия PQS – пружина, моделирующая медиальную прямую мышцу. Она прикреплена к шару в точке S. Линия HUZ – пружина, моделирующая латеральную прямую мышцу. Она прикреплена к шару в точке Z. Точка O – центр шара. Углы ZOU и SOQ равны $\theta = \dfrac{\pi}{6}$.

Радиус шара – R. длина нерастянутых пружин – $l = f \times R$, длина растянутых пружин – 3R, жёсткость пружин – c, начальная сила натяжения пружин – $F = c\,(3R-l)$. Угол поворота вокруг оси i - γ, угол поворота вокруг оси j - φ, угол поворота вокруг оси k - ψ.

Рассмотрим модель с неподвижной стенкой LN. Положение равновесия: $\gamma = \psi = \varphi = 0$. Потенциальная энергия П возле этого положения равновесия:

$$\Pi = \frac{1}{2}(\varphi^2 + \psi^2)a + \frac{1}{2}\gamma^2 b + \gamma(\varphi + \psi)d,$$

где $a = 2cR^2 - 2RF\sin(\theta) + \dfrac{2R^2F\sin^2(\theta)}{3R} = 2cR^2(1 - \dfrac{3-f}{2} + \dfrac{3-f}{12})$,

$$b = \frac{4FR^2\cos^2(\theta)}{3R} = cR^2(3-f),\ d = \frac{2FR^2\sin(2\theta)}{3R} = cR^2\frac{\sqrt{3}(3-f)}{3}.$$

$$\frac{\partial^2\Pi}{\partial\varphi^2} = a,\ \frac{\partial^2\Pi}{\partial\psi^2} = a,\ \frac{\partial^2\Pi}{\partial\gamma^2} = b,\ \frac{\partial^2\Pi}{\partial\varphi\partial\psi} = 0,\ \frac{\partial^2\Pi}{\partial\varphi\partial\gamma} = d,\ \frac{\partial^2\Pi}{\partial\psi\partial\gamma} = d.$$

Условие неустойчивости положения равновесия:

$$\begin{vmatrix} a & 0 & d \\ 0 & a & d \\ d & d & b \end{vmatrix} = a(ab - d^2) - ad^2 < 0.$$

Таким образом, $f \in (\frac{3}{5}; \frac{9}{7})$, $l \in (\frac{3}{5}R; \frac{9}{7}R)$.

Выводы. На основе построенной биомеханической модели из условия неустойчивости положения равновесия получено соотношение для параметров модели. В будущем планируется рассмотреть модель с вибрирующей стенкой и восстановлением за счёт этого устойчивости.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Каган И.И., Канюков В.Н. Клиническая анатомия органа зрения. – СПб.: Эскулап, 1999.