

ческих и косметологических процедурах / В.А. Алексенко, А.А. Кузьмин, С.А. Филлист // Медицинская техника. – 2008. – №2. – С.42–43.

2. Компьютерная графика и мультимедиа. – 2006. – №4(14).

Алексенко Виктор Александрович

ГОУ ВПО «Курский государственный технический университет».

E-mail: SFilist@gmail.com.

305004, г Курск, ул. Челюскинцев 19, тел.: (4712)58-70-98.

Кафедра биомедицинской инженерии, аспирант.

Alexeenko Viktor Alexandrovich

SEI HVT «Kursk state technical university».

E-mail: SFilist@gmail.com.

Chelyuskintsev street 19, Kursk, 305004, Phone: (4712)58-70-98.

Department of Biomedical Engineering, post-graduate student.

Белобров Андрей Петрович

ГОУ ВПО «Курский государственный технический университет».

E-mail: SFilist@gmail.com.

305004, г Курск, ул. Челюскинцев 19, тел.: (4712)58-70-98.

Кафедра биомедицинской инженерии, аспирант.

Belobrov Andrey Petrovich

SEI HVT «Kursk state technical university».

E-mail: SFilist@gmail.com.

Chelyuskintsev street 19, Kursk, 305004, Russia, Phone: (4712)58-70-98.

Department of Biomedical Engineering, post-graduate student.

Жилин Валерий Вячеславович

Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора
Иванова И.И.

E-mail: SFilist@gmail.com.

305000, г. Курск, ул. К.Маркса 70, тел.: (4712)531330.

Доцент, к.т.н.

Zhilin Valery Vyacheslavovich

Kursk state agricultural academy named by professor Ivanov I.I.

E-mail: SFilist@gmail.com.

street K.Marksa 70, Kursk, 305000, Russia, Phone: (4712)531330.

Senior lecturer, Cand. Tech. Sci.

УДК 007:57+007:573

П.И. Бегун, Д.А. Рубашова

БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА СТРУКТУР ГЛАЗА

Приведены результаты исследований, отражающие возможности биомеханической системы. Проанализированы результаты вычислений, выявляющие причины погрешностей измерения тонометрического давления. Дано биомеханическое обоснование механизму развития открытоугольной глаукомы.

Биомеханическая система; компьютерное моделирование; диагностика; тонометрия; глаукома.

P.I. Begun, D.A. Rubashova

BIOMECHANICAL SYSTEM FOR ANALYZING EYE STRUCTURES

The author has demonstrated a study result that shows performance capabilities of biomechanical system. Computational results that diagnose cause of measurement accuracy were analyzed. Biomechanical proves of mechanisms of open-angle glaucoma was given.

Biomechanical system; computer modeling; diagnostic operation; tonometry; glaucoma.

Офтальмология, как никакая другая отрасль медицинской науки, достаточно хорошо оснащена технически и использует самые передовые достижения науки [1]. Современные способы изучения диагностической информации позволяют зафиксировать различные элементы поведения структур глазного яблока с привязкой во времени и пространстве. Информация, получаемая методами визуализации, в подавляющем большинстве случаев используется лишь частично. В то же время процессы, которые фиксируются этими методами, несут информацию, связанную с природой явлений, вызванных патологическим процессом. Возможности математического анализа физических взаимодействий, связанных с состоянием биологического объекта, и построения конкретной модели поведения лежат за пределами знания врача. Диагностика строится, в основном, на качественных оценках, и результаты зависят от опыта и интуиции врача-офтальмолога. Во всех принципиальных направлениях проблемы неотъемлемой частью является моделирование биологических объектов на основе биомеханики.

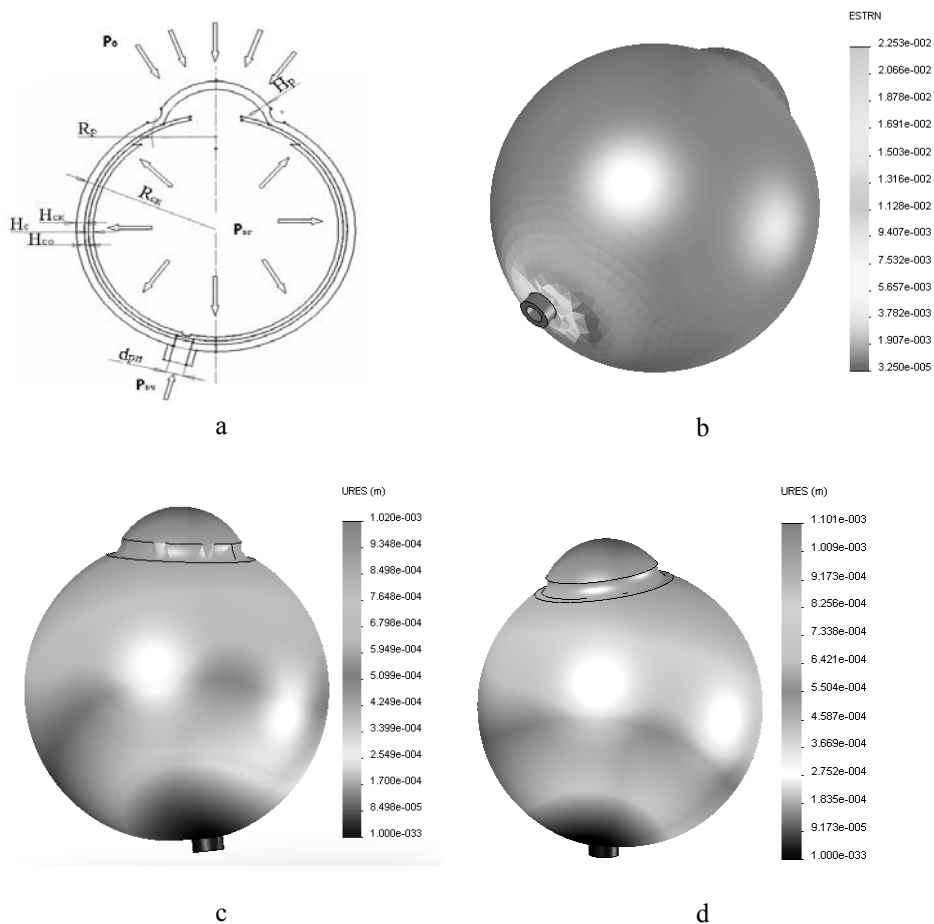
В основу биомеханической системы для анализа структур глаза положен интегральный компьютерный метод, позволяющий анализировать состояние структур биологических объектов в норме, патологии и при коррекции. Метод представляет собой симбиоз биомеханического компьютерного моделирования и анализа биологических структур по данным клинических исследований. Сложность геометрических форм исследуемых биологических объектов, неоднородность и анизотропия их конструктивных механических свойств предопределили построение математических моделей в рамках механики трехмерного тела и параметрических моделей, построенных в конечно-элементном пакете Cosmos Works, интегрированном в САД-систему Solid Works.

Гейдельбергский ретинальный томограф позволяет автоматически оценить по срезам топографию исследуемого участка глазного дна и строить трехмерное изображение исследуемого участка. Интерактивный программный пакет Mimics позволяет визуализировать и сегментировать изображения, полученные томографией, и строить на основе томограмм геометрические модели биологических объектов. В модели вводятся механические характеристики материала структур биологических объектов, исследованные *in vitro*, со статистической коррекцией на возраст и степень развития патологии.

Разрабатываемая биотехническая система для анализа структур глаза предназначена: 1) для анализа достоверности клинической диагностики; 2) выявления и обоснования причин развития патологии; 3) определения величины и характера воздействия на патологическую структуру при обеспечении минимально возможного повреждения структур глаза.

1. В широко применяемых методиках клинической тонографии в России (по Маклакову) и в Европе, и в Америке (по Гольдману) при определении внутриглазного давления априори предусмотрено использование усредненных корректур на

толщину роговицы. Проведенные вычисления напряженно-деформированного состояния (НДС) при компрессии глазного яблока показывают, что на разницу тонометрического и внутриглазного давлений влияет не только толщина роговицы. При этом наибольшее влияние на эту величину оказывает жесткость склеры, лимба и диска зрительного нерва (ДЗН). Это иллюстрируют приведенные на рис. 1 эпюры деформаций и перемещений при компрессии глазного яблока. Содержательная модель (рис. 1, а) построена при следующих допущениях: 1) материалы сетчатки, сосудистой оболочки, склеры, роговицы и решетчатой пластинки (РП) однородные и изотропные с приведенными модулями нормальной упругости E_c , E_{co} , $E_{ск}$, E_r , E_{rp} и коэффициентом Пуассона ν ; 2) начальные напряжения в структурах глазного яблока отсутствуют; 3) приложены гидростатические давления: внутриглазное к внутренней поверхности сетчатки – $p_{вг}$, внутричерепное к наружной поверхности РП – $p_{вч}$, компрессионное – p_k к наружной поверхности роговицы; 4) толщины: сетчатки H_c , сосудистой оболочки H_{co} , склеры $H_{ск}$, роговицы H_r и решетчатой пластинки H_{rp} ; 5) внутренний диаметр сетчатки D_c , радиусы кривизны роговицы и РП R_p , R_{rp} , радиус решетчатой пластинки r_{rp} , высота и глубина лимба H_l , T_l .



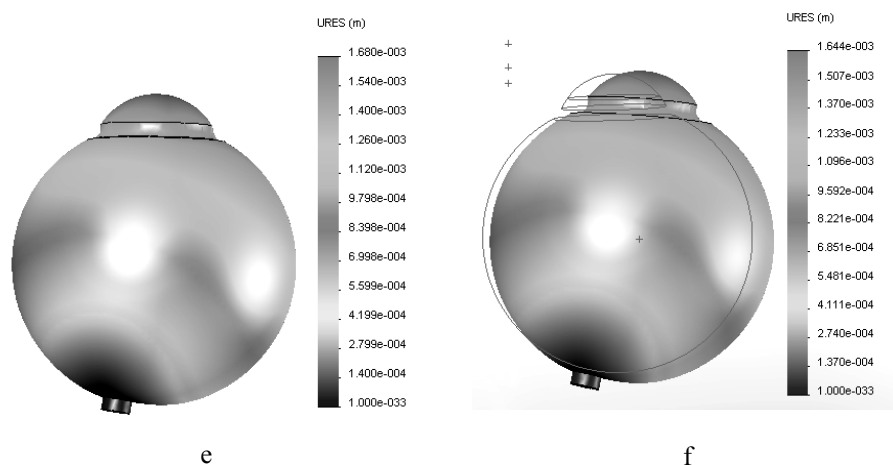


Рис. 1. Схема содержательной модели (а), эпюры деформаций (б) и перемещений глаза в норме (с) и эпюры перемещений в капсулах глаза при уменьшении толщин роговицы (д) и склеры (е) на 20 % и увеличении глубины лимба на 10 %

Геометрические модели построены в программе Solid Works, вычисления напряженно-деформированного состояния проведены в конечно-элементном пакете Cosmos Works при разбиении модели на 39 109 линейных тетраэдральных конечных элементов. Результаты вычислений деформаций и перемещений в структурах глазного яблока при компрессии (рис. 1, b – d) проведены при следующих геометрических параметрах и механических свойствах его структур: $H_c = 0,4$ мм, $H_{co} = 0,35$ мм, $H_{ск} = 0,7$ мм, $H_p = 0,77$ мм, $H_{rp} = 0,3$ мм; $R_{ск} = 12$ мм, $d_{rp} = 1,5$ мм, $R_p = 4,7$, $R_{rp} = 3$ мм, $E_c = 20$ кПа, $E_{co} = 477$ кПа, $E_{ск} = 30$ МПа, $E_p = 10,3$ МПа, $E_{rp} = 1,4$ МПа, $\nu = 0,4$, $r_{вч} = 10$ мм.рт.ст. Эпюры перемещений и напряжений построены при $r_{вг} = 15$ мм.рт.ст., $r_d = -r_k = 50; 75; 100; 150$ Па, $H_l = 1,5$ мм, $T_l = 0,4$ мм. Уменьшение толщин роговицы и склеры на 20 %, и увеличение глубины лимба на 10 % приводят к увеличению экстремальных перемещений в капсуле глаза соответственно на 10 %, 65 % и 61 %.

2. В мире насчитывается около 67 – 70 млн человек, теряющих зрение от глаукомы, каждый десятый из которых уже ослеп. В развитых странах на долю открытоугольной глаукомы (ОУГ) приходится до 90 % общего числа всех ее форм. В России число больных ОУГ приблизилось к 1 млн человек [2]. Важнейшее значение имеет диагностика заболевания. При этом у ряда исследователей сохраняются сомнения относительно первичности глаукоматозного прогибания РП и лишь последующей атрофии аксонов зрительного нерва [2]. Традиционная диагностика состояния ДЗН по методу Армали отражает субъективный анализ офтальмологической картины глазного дна [2]. Кроме того, возникают большие сложности при анализе мега- и микродисков зрительного нерва и при эксцентричном прогибе РП.

Аксоны всех ганглиозных клеток сетчатки собираются у заднего полюса глаза в зрительный нерв, начальная часть которого – диск зрительного нерва (ДЗН). Они перегибаются при переходе из полости сетчатки в направлении ствола зрительного нерва и образуют в середине ДЗН углубление (рис. 2,а).

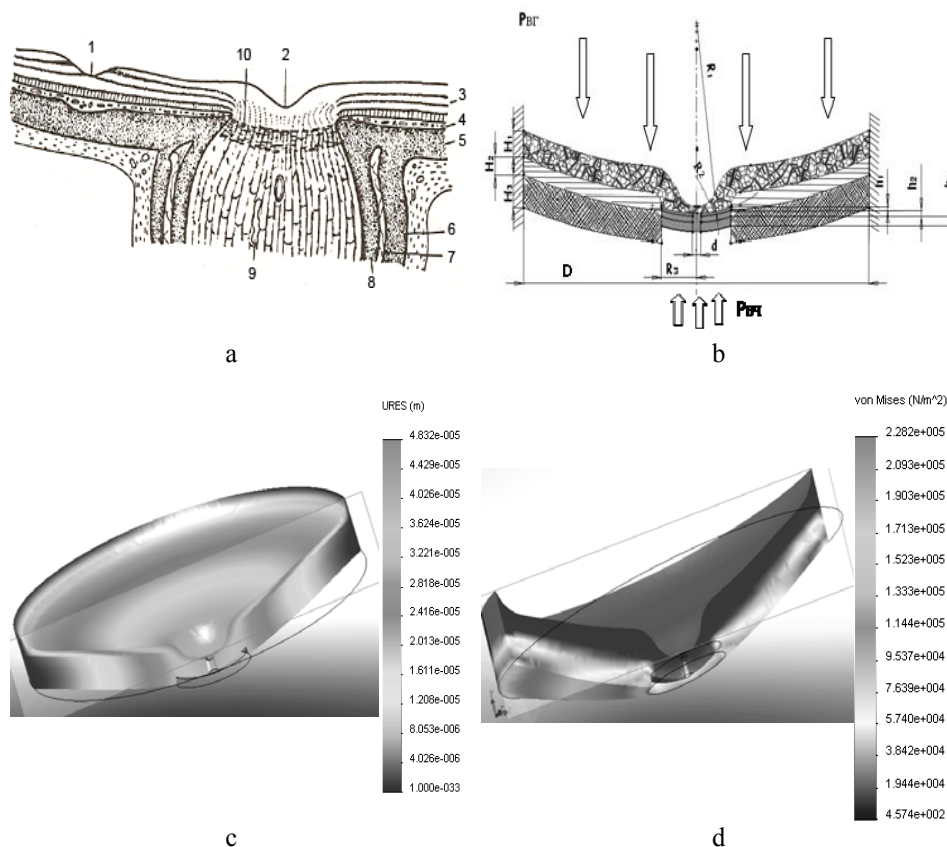


Рис. 2. Схема (а) и содержательная модель (b) диска зрительного нерва и эпюры перемещений (с) и напряжений (d) в структурах диска зрительного нерва:
 1 – макула сетчатки; 2 – физиологическая экскавация диска; 3 – сетчатка;
 4 – сосудистая оболочка; 5 – склера; 6 – твердая мозговая оболочка;
 7 – паутинная оболочка; 8 – мягкая оболочка; 9 – центральные сосуды сетчатки;
 10 – решетчатая пластинка

Основная опорная анатомическая структура ДЗН – решетчатая пластинка, через которую проходят нервные волокна. РП – самое слабое место в капсуле глаза. Составляющие ее пластинки перфорированы и по всей толщине образуют систему микроканалцев. Через эти разнокалиберные каналца из полости глаза в полость зрительного нерва выходят около $1,2 \cdot 10^6$ аксонов, упакованных в 700 – 1 000 пучков. Прогиб решетчатой пластинки и экскавация диска зрительного нерва, сдвиг и деформация каналцев приводят к сдавливанию и в дальнейшем к атрофии нервных волокон и к нарушению их нормального функционирования.

В [3] приведены результаты исследования НДС в структурах ДЗН с круглой трехслойной однородной по слоям перфорированной РП. В дополнение к допущениям при моделировании капсулы глазного яблока, при построении содержательной модели ДЗН (рис. 2,а и b) введены следующие: 1) в центре РП находится отверстие (радиус отверстия $r_a = 0,9$ мм), через которое проходит центральный артериальный сосуд; 2) РП представлена перфорированной трехслойной пластиной с

толщиной слоев $h_1=0,05$ мм, $h_2=0,1$ мм, $h_3=0,15$ мм; 2) материал слоев пластины сплошной, однородный, изотропный; 3) модули нормальной упругости $E_1 = 1,1$ МПа, $E_2 = 1,3$ МПа, $E_3 = 1,7$ МПа; 4) участок капсулы глазного яблока с диаметром D , в котором находится ДЗН, жестко закреплен по наружному контуру. Результаты вычислений НДС в структурах ДЗН приведены на рис. 2, с и d. При атрофии нервных волокон между пучками аксонов и поверхностями микроканалцев возникают зазоры. Конструктивная жесткость системы РП – аксоны снижается (рис. 3, а и b).

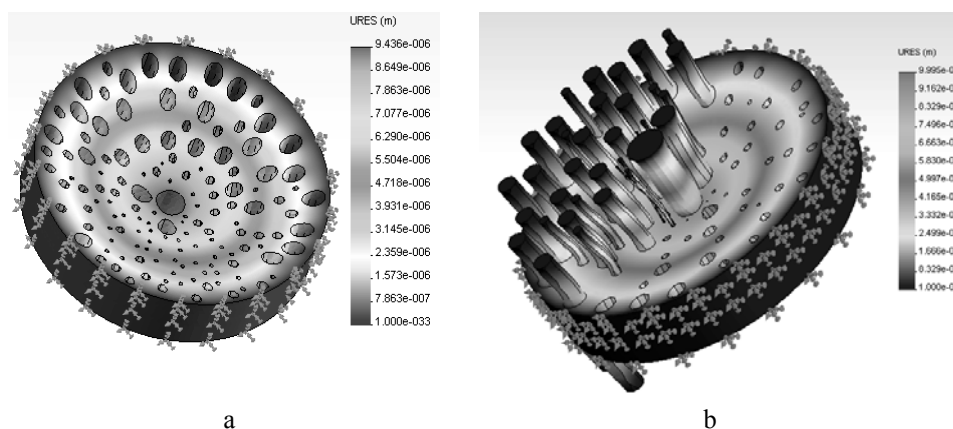


Рис. 3. Эпюры перемещений решетчатой пластины с нервными волокнами: а – атрофированными, б – неатрофированными

Основанная на симбиозе клинических исследований и компьютерного моделирования биотехническая система для анализа структур глаза позволяет анализировать состояние структур глазного яблока в норме, патологии и при коррекции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Современная офтальмология: Руководство. 2-е изд. / Под ред. В.Ф. Даниличева. – СПб.: Питер, 2009. – 688 с.
2. Волков В.В. Глаукома остроугольная. – М.: ООО “Медицинское информационное агентство”, 2008. – 352 с.
3. Бегун П.И. Компьютерное моделирование и исследование состояния структур решетчатой пластинки склеры глаза в норме и при патологиях / П.И. Бегун, Д.А. Рубашова, О.А. Дубинина // Ежегодная Всероссийская научная школа «Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине 2009». – Саратов, 2009. – С. 42 – 45.

Бегун Петр Иосифович

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ».

E-mail: begun@fromgu.com.

195297, г. Санкт-Петербург, Светлановский пр., 74/1-64, тел.:(812) 5582246.

Зам. зав. кафедрой ПМИГ, профессор, д.т.н.

Begun Peter Iosifovitch

Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI».

E-mail: begun@fromru.com.

Svetlanovskiy pr. 74, bldg. 1, ap. 64, S. Petersburg, 195297, Russia, Phone: (812)5582246.

Department of applied mechanics and engineering graphics, vice director, Prof., Doctor of technics.

Рубашова Дарья Александровна

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ».
E-mail: rubashovad@bk.ru.
С. Петербург, Пискаревский пр., д. 159/8-43, тел.: (960)2406233.
Магистр.

Rubashova Daria Alexandrovna

Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI».
E-mail: rubashovad@bk.ru.
Piskarevsky prjspekt, 159, bldg. 8, ap. 43, Saint Peresburg, Russia, Phone: (960)2406233.
Master.

УДК 681

О.Г. Берестнева, К.А. Шаропин, А.В. Старикова

**ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО
ТЕСТИРОВАНИЯ В МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

В статье рассмотрены вопросы организации компьютерного психодиагностического тестирования в медицинских информационных системах. Представлена универсальная подсистема компьютерного тестирования, позволяющая проводить тестирование в режиме on-line, автоматическую обработку результатов и их хранение в базе данных.

Система компьютерного тестирования; психодиагностика в медицине; медицинские информационные системы.

O.G. Berestneva, K.A. Sharopin, A.V. Starikova

**ORGANIZATION OF COMPUTER PSYCHOLOGICAL TESTING IN THE
MEDICINE INFORMATION SYSTEMS¹**

In the article considered questions of organization computer psychological testing in the medicine information systems. Presented universal sub-system of the computer testing, which allowed to test on-line, automatic processing of the results and storing them in data base.

System of the computer testing; phycho-diagnostics in medicine; medical information systems.

В настоящее время психодиагностика широко используется как в соматической медицине, так и в психиатрии и тенденцией сближения клинической психологии и психиатрии во всех её основных направлениях (А.Б. Холмогорова; Г.В. Залевский), т.е. многие авторы рассматривают психодиагностику как одну из отраслей психологии в медицинской практике.

В связи с этим актуальными являются вопросы стандартизации и адаптации методик, их надежности, валидности и соотношение принципов математической обработки в психодиагностике и экспериментальной психологии с принципами доказательной медицины. Особо следует отметить работу Л.Н. Собчик [1], в кото-

¹ Работа частично поддержана РГНФ 07-06-12143в и РФФИ 08-06-00-313а.