

УДК 617.736–007.281–073–084

## Прогнозирование развития фовеошизиса на основе анализа ОКТ-сканов макулярной области сетчатки. Часть I. Элементарный механизм накопления объемного механического напряжения в сетчатке

Н. А. Ульянова<sup>1</sup>, канд. мед. наук, К. С. Шакун<sup>2,3</sup>, канд. физ.-мат.наук<sup>1</sup> Одесский национальный медицинский университет<sup>2</sup> Одесская национальная морская академия;<sup>3</sup> Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова, Одесса (Украина)

E-mail: ulyanova@ukr.net

**Вступ.** В теперешній час механізми змін властивостей сітківки при формуванні фовеошизису детально не вивчені, відсутні математичні моделі розвитку фовеошизису.

**Мета:** розробити математичну модель зміни механічних властивостей сітківки при розвитку фовеошизису.

**Матеріал та методи.** Обстежено 7 хворих (14 очей) з високою осьовою міопією і міопічною макулопатією. Всім хворим проводили спектральну оптичну когерентну томографію на апараті «Soct Copernicus Optopol». Застосовані математичні методи теорії руйнування пружних та пружно-пластичних матеріалів.

**Результати.** У всіх пацієнтів з високою осьовою міопією на сканограмах виявлено наявність міопічного профілю заднього полюса ока, обумовлену задньою стафіломою, та зміни рельєфу і архітекτονіки сітківки в області макули. У зовнішніх шарах сітківки при фовеошизисі визначалися гіпоехогенні мікропорожнини різного розміру. Можливі причини появи і подальшого прогресування фовеошизису можна розділити на екстраретинальні і інтраретинальні. До екстраретинальних причин слід віднести наявність вітреоретинальних тракцій і задньої міопічної стафіломи. До інтраретинальних — появу мікропор в зовнішньому сітчастому шарі сітківки. При описі процесів, що відбуваються при фовеошизисі, були застосовані фізичні закони, що описують деформації і руйнування, які відбуваються в композитних матеріалах. Наявність мікропор в тканині сітківки при фовеошизисі призводить до концентрації значних механічних напружень, які тим істотніше будуть позначатися на пружнопластичних властивостях сітківки, чим вище їх концентрація. Обговорено природу зростання механічних напружень в сітківці при фовеошизисі. Наведений аналіз може лягти в основу визначення пластичних ефектів навколо мікропор, що надалі дозволить сформулювати конкретні кількісні критерії зростання мікропорожнин при фовеошизисі при заданих зовнішніх умовах.

**Ключевые слова:** сетчатка, фовеошизис, математическая модель, спектральная оптическая когерентная томография.

**Ключові слова:** сітківка, фовеошизис, математична модель, спектральна оптична когерентна томографія.

## Foveoschisis prediction based on analysis of macular retina OPT scan. Part 1. Elementary accumulation mechanism of volumetric mechanical stress in the retina

Ulyanova N. A.<sup>1</sup>, Shakun K. S.<sup>2,3</sup><sup>1</sup> Odessa National Medical University,<sup>2</sup> Odessa National Maritime Academy;<sup>3</sup> Odessa I. I. Mechnikov National University

**Introduction.** At present mechanisms of retinal property changes in foveoschisis have not been studied; there is no mathematical model of foveoschisis development.

**Purpose.** To develop a mathematical model of the mechanism of retinal property changes in foveoschisis.

**Material and methods.** We examined 7 patients (14 eyes) with high axial myopia and myopic maculopathy. All patients underwent a spectral optical coherence tomography. Mathematical methods in the theory of destruction of elastic and elastic-plastic materials were applied.

**Results.** There are posterior staphyloma and myopic foveoschisis diagnosed in all patients with high axial myopia. Potential causes of foveoschisis progressing can be divided into extraretinal and intraretinal ones. The extraretinal causes are the

**Key words:** retina, foveoschisis, mathematical model, spectral optical coherence tomography

*presence of vitreoretinal traction and posterior myopic staphyloma. The intraretinal causes are the appearance of micropores in the outer plexiform layer of the retina. In describing the processes occurring during foveoschisis there were applied physical laws describing the deformation and fracture occurring in composite materials. The presence of micropores in the retinal tissue in foveoschisis concentration leads to significant mechanical stress, which will be more substantial impact on the elastoplastic properties of the retina, the higher is their concentration. There was discussed the nature of the increase in stress in the retina in foveoschisis. The above analysis can be the basis excluding the effects of the plastic around the micropores, which will allow to formulate specific quantitative criteria in foveoschisis in future.*

**Введение.** Проблема развития фовеосхизиса у пациентов с высокой осевой миопией в настоящее время приобретает все большую актуальность, что связано с расширением диагностических возможностей современных методов послойной визуализации сетчатки. Согласно данным литературы, миопический фовеосхизис диагностируется у 8,0–62,5 % пациентов с высокой осложненной миопией [12, 14].

По сути, фовеосхизис представляет собой расслоение сетчатки, которое наиболее часто происходит на уровне наружного сетчатого слоя (наружный ретиносхизис), с меньшей частотой данный процесс развивается во внутреннем сетчатом слое (срединный ретиносхизис) или под внутренней пограничной мембраной (внутренний ретиносхизис или отслойка внутренней пограничной мембраны) [7]. На начальных стадиях течение фовеосхизиса бессимптомное. Однако, как указывают некоторые авторы, клиническое течение данного состояния является достаточно непредсказуемым [9]. При развитии кистозных изменений сетчатки или ламеллярных разрывов возникает стойкое снижение центрального зрения. Также в литературе отмечено, что наличие миопического фовеосхизиса является фактором риска развития кистозного макулярного отека сетчатки после факохирургии [8] у пациентов с миопией и достоверно ухудшает функциональные результаты витреоретинальной хирургии у данной категории больных [11, 13].

Несмотря на то, что изменения, происходящие в сетчатке при фовеосхизисе, достаточно хорошо описаны, патогенез и последовательность механизмов формирования данных изменений в толще сетчатки в настоящее время по-прежнему не изучены. Следует отметить, что существуют работы, посвященные описанию биомеханики разрыва и последующего отслоения сетчатки [10]. Указанные работы чрезвычайно ценны с точки зрения оценки основных механических параметров тканей глаза, хотя нельзя не отметить фрагментарность информации о математической модели упругих свойств сетчатки. В работе Бауэра и соавт. [2] обсуждаются проблемы условий разрушения сосудисто-

го слоя при проведении циркулярных операций. Хотя в указанной работе не обсуждаются вопросы фовеосхизиса, общая идея применения механико-математического принципа из теории разрушения композитных материалов представляется физически ценной. С нашей точки зрения, данные подходы математического моделирования могут быть применены к описанию процессов, происходящих в сетчатке при формировании фовеосхизиса.

**Цель исследования.** Разработать математическую модель изменения механических свойств сетчатки при развитии фовеосхизиса.

### Материал и методы исследований

Под наблюдением в клинике на базе кафедры офтальмологии Одесского национального медицинского университета находилось 7 больных (4 женщины и 3 мужчины) в возрасте от 45 до 57 лет с двусторонней высокой осевой миопией и миопической макулопатией. Средний сферический эквивалент глаз составил  $(-11,2 \pm 0,5)$ . Переднезадний размер в среднем составлял  $(27,76 \pm 0,4)$  мм.

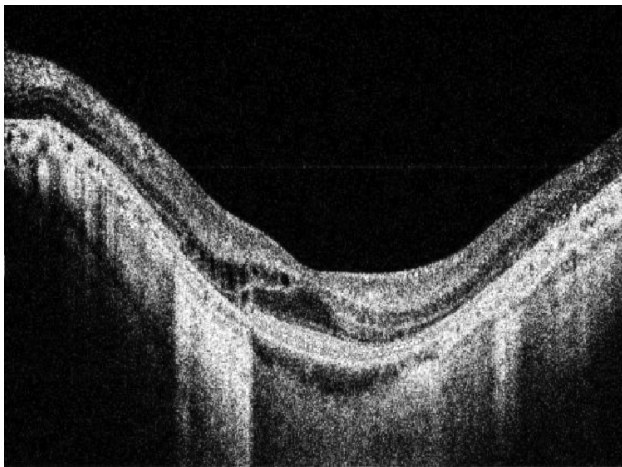
Всем больным проводилось стандартное офтальмологическое обследование. Изучение морфологических особенностей сетчатки выполняли методом спектральной оптической когерентной томографии на аппарате «Soct Copernicus Optopol» в режиме «Asterisk scanning program» и «3D scanning program» с последующим анализом по стандарту «Macular analysis». У всех пациентов с высокой осевой миопией была выражена задняя стафилома и диагностирован миопический фовеосхизис, у двух пациентов фовеосхизис носил билатеральный характер. При этом отмечался наружный фовеосхизис, что на сканограммах сопровождалось разрежением ткани сетчатки на уровне наружного сетчатого слоя, появлением гипозоногенных микропор. У одного из обследованных, помимо наружного фовеосхизиса, отмечена отслойка внутренней пограничной мембраны. Среди других изменений витреоретинального интерфейса у обследованных больных отмечено наличие отслойки задней гиаловидной мембраны и витреоретинальных тракций. В работе использованы математические методы теории разрушения упругих и упруго-пластических материалов.

### Результаты и их обсуждение

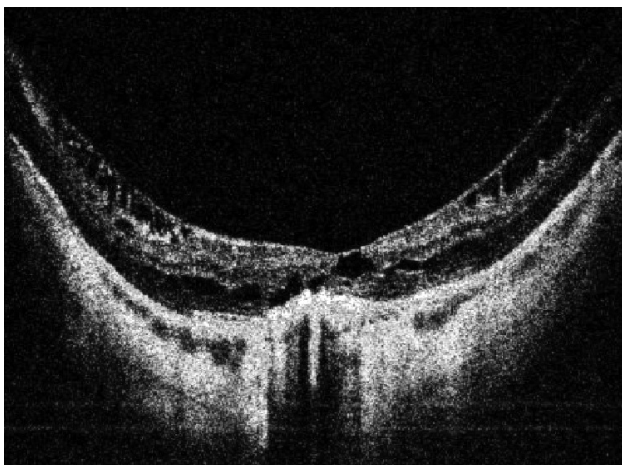
У всех пациентов с высокой осевой миопией на сканограммах отмечен миопический профиль заднего полюса глаза, обусловленный миопической стафилемой. Это, в свою очередь, оказывало влия-

ние на рельеф и архитектуру сетчатки в области макулы. В наружных слоях сетчатки были выявлены гипозоногенные микрополости различного размера (рис. 1, 2).

Природа образования микрополостей может быть различной — механической (в случае ударных напряжений, тракций) или биологической (например в случае нарушения трофики сетчатки). Данная проблема может составить тему отдельного исследования, мы же покажем, что появление микрополостей в объеме сетчатки может способствовать дальнейшему прогрессированию фовеосизиса, а именно образованию новых микрополостей и увеличению их размера. Изучение закономерностей



**Рис. 1.** Сканограмма области макулы сетчатки пациента К., 51 г., миопия (-10,5<sup>D</sup>), переднезадний размер глаза 27,8 мм. Миопический профиль заднего полюса глаза, очаговая атрофия пигментного эпителия сетчатки. Начальные проявления фовеосизиса.

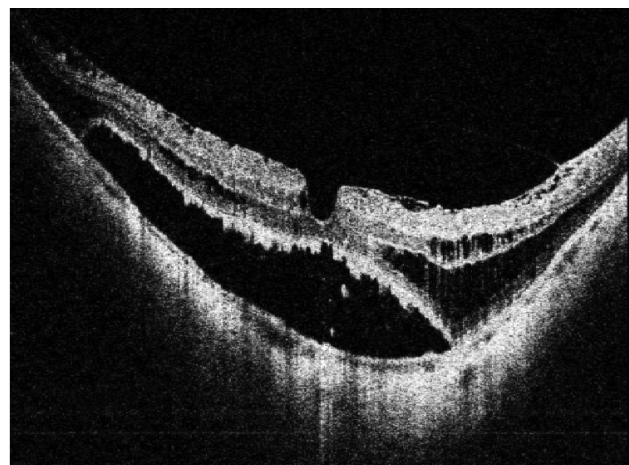


**Рис. 2.** Сканограмма области макулы сетчатки пациентки Г., 53 л., миопия (-14,0<sup>D</sup>), переднезадний размер глаза 28,8 мм. Миопический профиль заднего полюса глаза, очаговая атрофия пигментного эпителия сетчатки, скрытая субретинальная неоваскуляризация, фовеосизис, эпиретинальная мембрана.

процесса образования микрополостей позволит сформулировать аналитическое выражение критического параметра, по превышении которого процесс дальнейшего расслоения будет носить прогрессирующий характер.

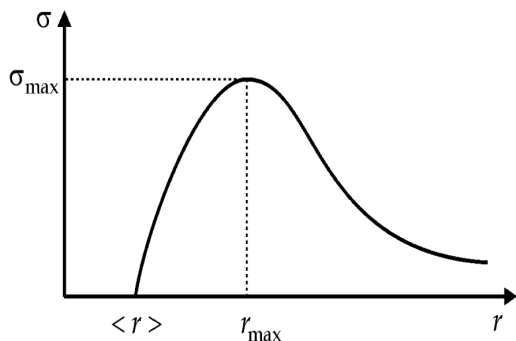
Сетчатка состоит из нескольких слоев, неоднородных по своему строению и физическим свойствам. Следовательно к сетчатке, теоретически, могут быть применены физические законы, описывающие деформации и разрушения происходящие в композитных материалах. Как следует из теории разрушения материалов [1], образованию разломов предшествует стадия накопления поверхностной энергии в большом количестве микротрещин внутри объема образца. При достижении некоторого критического размера микротрещины процесс приобретает быстро нарастающий характер, приводящий к конгломерации микротрещин и образованию макроскопического разлома. Следует особо отметить некоторую общность в картине такого механизма разрушения и общей клинической картине фовеосизиса. Начальная и промежуточная стадии роста микротрещин слабо сказываются на изменении макроскопических параметров материала — начальная стадия фовеосизиса может проходить у больного незамеченной. Напротив, конечная фаза, приводящая к разрушению, происходит быстро при сравнительно малых значениях внешнего влияния. Применительно к клинике это сопровождается формированием разрывов сетчатки, центральной отслойки (рис. 3).

Сохранение формы твердого тела, в данном случае сетчатки, объясняется равновесным межмолекулярным взаимодействием. Рассмотрим взаимодействие двух соседних слоев сетчатки или двух



**Рис. 3.** Сканограмма области макулы сетчатки пациентки Г., 53 л., миопия (-15,5<sup>D</sup>), переднезадний размер глаза 29,1 мм. Миопический профиль заднего полюса глаза, фовеосизис, ламеллярный разрыв сетчатки, эпиретинальная мембрана. Центральная отслойка нейроэпителия.

участков в пределах одного слоя. Зависимость механического напряжения, возникающего в результате смещения слоев на некоторое расстояние  $r$ , будет иметь вид (рис. 4) [5].



**Рис. 4.** Зависимость механического напряжения в толще сетчатки, возникающего в результате смещения ее слоев.  $\sigma$  — механическое напряжение,  $r$  — расстояние относительно смещения соседних слоев сетчатки.

Здесь  $\langle r \rangle$  — среднее равновесное межмолекулярное расстояние;  $r_{max}$  — максимальное расстояние между слоями/участками, после которого начинается разрыв (разрушение ткани сетчатки);  $\sigma$  — механическое напряжение ( $\sigma = F/S$ ), где  $F$  нормальная сила, приложенная к площади  $S$ .

Произведем оценку напряжения на разрыв  $\sigma_{max}$ . Для этого по аналогии с [12] будем описывать фрагмент зависимости  $\sigma(r)$ , где  $r \in [\langle r \rangle, r_{max}]$  синусоидой вида:

$$\sigma = \sigma_{max} \sin 2\pi \frac{r - \langle r \rangle}{\langle r \rangle} \quad (1)$$

В силу определения модуля Юнга (численно равен углу наклона касательной к кривой напряжения (рис. 4) в точке  $r = \langle r \rangle$ ) [13]  $E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \Big|_{\varepsilon=0}$ , получим

$$E = \sigma_{max} \frac{d}{d\varepsilon} \sin 2\pi\varepsilon = 2\pi\sigma_{max} \cos 2\pi\varepsilon \Big|_{\varepsilon=0} = 2\pi\sigma_{max} \cdot (2)$$

Здесь мы учли, что относительная деформация  $\varepsilon = \frac{r - \langle r \rangle}{\langle r \rangle}$ . Тогда

$$\sigma_{max} = \frac{E}{2\pi} \quad (3)$$

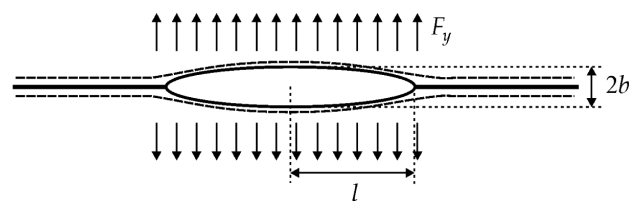
Зная модуль Юнга  $E$ , например используя данные из работы [14], выражение (3) можно использовать для оценки критического механического воздействия для образования первичных микропор в объеме сетчатки.

Следует отметить, что исходя из теории материалов, использование подобного механизма оценки напряжений часто приводит к сильно завышенным значениям. Это объясняется тем, что в материале всегда присутствуют дефекты, сильно понижающие прочностные свойства образца. И хотя подобное за-

мечание справедливо, в первую очередь, для хрупких материалов с использованием «идеального» значения  $E$ , следует признать, что выражение (3) может служить лишь для ориентировочной оценки порядка величины механических напряжений, т.к. упругие свойства сетчатки в значительной степени индивидуальны в силу индивидуального биологического состояния ткани.

Следует отметить, что формирование механических напряжений обеспечивается витреальными тракциями и миопической деформацией заднего полюса глаза при высокой осевой миопии. К сожалению, современные возможности ОКТ позволяют лишь констатировать факт наличия тракции, но не позволяют измерить силу воздействия тракции на разрыв сетчатки. Точно так же с помощью методов визуализации заднего отдела глаза (ОКТ, УЗ-сканирование) можно выявить заднюю стафилому, но определить степень ее влияния на архитектуру сетчатки в области макулы не представляется возможным.

Для лучшего понимания степени влияния микропор на распределение механических напряжений в объеме сетчатки рассмотрим вопрос об осевой зависимости напряжений  $\sigma_y$  в плоскости произвольно выбранного сечения. Применительно к сетчатке возникновение микрополостей в наружном сетчатом слое изменяет архитектуру сетчатки, взаимоотношение между ее слоями. Предположим, что в результате некоторого внешнего влияния соседние слои сетчатки (или соседние участки слоя) разошлись, что привело к формированию некоторой микрополости, сечение которой имеет квазиэллиптическую форму, линейные размеры которой задаются полуосями  $l$  и  $b$  (рис. 5). Изучение преобладающих форм микрополостей подтверждает справедливость этого предположения.



**Рис. 5.** Принципиальный вид нагружения микрополости в толще сетчатки.  $F_y$  — силы, приводящие к образованию микрополости,  $l, b$  — линейные размеры микрополости.

Очевидно зависимость  $y$ -компоненты тензора напряжений  $\sigma_y(x)$  может быть получена на основе анализа линейного закона Гука  $d\sigma_y = E d\varepsilon_y = E \frac{dy}{y}$ . Закон Гука это линейный закон упругости, строго выполняемый только для идеально упругих тел. Закон математически устанавливает тот факт, что величина относительной деформации растет прямо пропорционально значению приложенного ме-

ханического напряжения. Так как граница раздела пора-среда описывается уравнением:

$$\frac{y^2}{b^2} + \frac{x^2}{l^2} = 1, \quad (4)$$

(где  $y, x$  — это координаты вдоль малой и большой полуоси микрополости соответственно,  $l, b$  — как и ранее большая и малая полуось микрополости), то

$$dy = -\frac{bx dx}{l^2 \left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right)^{1/2}}. \quad (5)$$

И следовательно,

$$\sigma_y = \frac{E}{l^2} \int \frac{x dx}{\left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right)} = -\frac{E}{2} \ln \left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right). \quad (6)$$

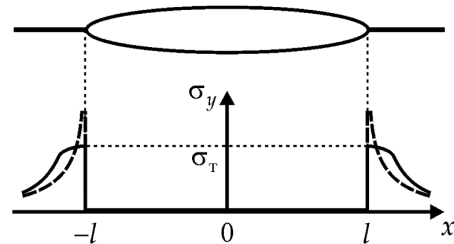
где  $\sigma_y$  — это механическое напряжение вдоль малой полуоси микрополости,  $x$  — координата вдоль большой полуоси микрополости.

Как видно из формулы (6), механическое напряжение принимает бесконечные значения на профиле области ( $x = l$ ), что вполне коррелирует с результатами, приведенными в работах [1, 6]. То есть, механическое напряжение растет по мере приближения к границе микрополости. Следует конечно отметить, что сингулярность типа (6) свидетельствует лишь о накоплении напряжений вблизи конца микропоры при этом не имея непосредственного физического смысла, что обусловлено отсутствием учета эффектов пластичности.

В действительности картина распределения напряжений должна быть такой, как изображено на рис. 6. Смещение реальной зависимости  $\sigma(x)$  (сплошная линия) от идеально упругой (пунктир) следует из закона сохранения энергии, т.к. площадь под кривой  $\sigma(x)$  пропорциональна работе сил деформации.

Следует отметить, что в природе не существует единого закона Гука, который бы описывал все стадии деформации. Для того чтобы внести в описание зависимости  $\sigma_y(x)$  математическую строгость, необходимо было бы при получении выражения (6) комбинировать линейную и нелинейную формы закона Гука с наложением соответствующего выражения совместности, что сопряжено с аналитическими трудностями, зачастую неразрешимыми. Поэтому в данном случае мы ограничимся каче-

ственными рассуждениями на основе физической очевидной картины нагружений (см. рис. 6).



**Рис. 6.** Распределение механических напряжений в объеме и окрестности микропоры. Пунктиром указано распределение напряжений согласно теоретическому выражению (6). Сплошная линия соответствует физически правильной зависимости с учетом эффектов пластической деформации,  $\sigma_T$  — механическое напряжение, соответствующее пределу текучести.

### Выводы

1. Возможные причины появления и дальнейшего прогрессирования фовеошизиса можно разделить на экстраретинальные и интратретинальные. К экстраретинальным причинам следует отнести наличие витреоретинальных тракций и задней миопической стафиломы. К интратретинальным — появление микропор в наружном сетчатом слое сетчатки.

2. Наличие микропор в объеме ткани сетчатки приводит к концентрации значительных механических напряжений, которые будут тем существеннее сказываться на упругопластических свойствах сетчатки, чем выше их концентрация.

3. Обсуждена природа возрастания механических напряжений (выражение (6) по тексту). Приведенный анализ может лечь в основу учета пластических эффектов в окрестности микропор, что позволит сформулировать в дальнейшем конкретные количественные критерии роста микрополостей при заданных внешних условиях.

**Перспективы дальнейших исследований.** Для получения исчерпывающего и научно обоснованного ответа на вопрос о критическом значении концентрации микропор, а также их предельных размерах необходимо решать задачу о скорости роста поры произвольной формы в рамках модели нелинейной упругопластической среды. В следующем сообщении будет рассмотрен процесс роста микрополости в толще сетчатки при фовеошизисе.

### Литература

1. Астафьев В. И. Нелинейная механика разрушения / В. И. Астафьев, Ю. Н. Радаев, Л. В. Степанова. — Самара: Самарский Университет, 2001. — 562 с.
2. Бауэр С. М. Простейшие модели теории оболочек и пластин в офтальмологии / С. М. Бауэр, Б. А. Зимин,

П. Е. Товстик. — СПб.: Издательство С.-Петербург. университета, 2000. — 92 с.

3. Иомдина Е. Н. Механические свойства тканей глаза человека / Е. Н. Иомдина // Современные проблемы биомеханики. — Вып. 11. — Изд-во МГУ, 2006. — С. 183–200.

4. Качанов Л. М. Основы теории пластичности / Л. М. Качанов. — М.: Наука, 1969. — 420 с.
5. Пестриров В. М. Механика разрушения твердых тел / В. М. Пестриров, Е. М. Морозов. — С.-Пб.: Профессия, 2002. — 320 с.
6. Работнов Ю. Н. Введение в механику разрушения / Ю. Н. Работнов. — М.: Наука, 1987. — 80 с.
7. Стебнев В. С. Результаты витреоретинальной хирургии фовеосхизиса / В. С. Стебнев, В. М. Малов, С. Д. Стебнев // Вестник ОГУ. — 2012. — № 12. — С. 191–193.
8. A comparative study of complications of cataract surgery with phacoemulsification in eyes with high and normal axial length / H. Fesharaki, A. Peyman, M. Rowshandel [et al.] // Adv. Biomed. Res. — 2012. — Vol. 1:67. Published online Oct 31, 2012. doi:10.4103/2277–9175.102971.
9. Foveoschisis in highly myopic eyes: clinical and tomographic features / A. Maalej, C. Wäthek, A. Khallouli [et al.] // J. Fr. Ophthalmol. — 2014. — Vol. 37, № 1. — P. 42–46.
10. Jones I. L. Mathematical modelling of the elastic properties of retina: a determination of Young's modulus / I. L. Jones, M. Warner, J. D. Stevens // Eye. — 1992. — Vol. 6. — P. 556–559.
11. Müller B. Myopic traction maculopathy — vitreoretinal traction syndrome in high myopic eyes and posterior staphyloma / Müller B., A. M. Jousseaume // Klin. Monbl. Augenheilkd. — 2011. — Vol. 228, № 9. P. 771–779.
12. Natural course and surgical management of high myopic foveoschisis / A. Rey, I. Jürgens, X. Maseras, M. Carbajal // Ophthalmologica. — 2014. — Vol. 231, № 1. P. 45–50.
13. Sayanagi K. Reoperation for persistent myopic foveoschisis after primary vitrectomy / K. Sayanagi, Y. Ikuno, Y. Tano // Am. J. Ophthalmol. — 2006. — Vol. 141, № 2. P. 414–417.
14. Wu P. Factors associated with foveoschisis and foveal detachment without macular hole in high myopia / P. Wu, Y. Chen, C. Chen [et al.] // Eye. — 2009. — Vol. 23, № 2. — P. 356–361.

Поступила 08.05.2014

### Литература

1. Astafiev VI, Radayev YU, Stepanova LV. Nonlinear fracture mechanics. Samara: Samarskii Universitet; 2001. 562 p.
2. Bauer SM, Zimin BA, Tovstik PE. The simplest models in the theory of coats and plates in ophthalmology. SPb.: Izdatelstvo S.-Peterb. Universiteta; 2000. 92 p.
3. Iomdina EN. Mechanical properties of tissues of the human eye. Modern problems of biomechanics. Issue 11. Izd-vo MGU; 2006. 183–200.
4. Kachanov LM. Fundamentals of the plasticity theory. M.: Nauka; 1969. 420 p.
5. Pestrirov VM, Morozov EM. Fracture Mechanics of Solids. S.-Pb.: Professia; 2002. 320 p.
6. Rabotnov YuN. Introduction to fracture mechanics. M.: Nauka; 1987. 80 p.
7. Stebnev VC, Malov VM, Stebnev SD. Стебнев В. С. Results of vitreoretinal surgery for foveoschisis. Vestnik OGU. 2012;12:191–3. Russian.
8. Fesharaki H, Peyman A, Rowshandel M et al. A comparative study of complications of cataract surgery with phacoemulsification in eyes with high and normal axial length. Adv. Biomed. Res. 2012;1:67. Published online Oct 31, 2012. doi:10.4103/2277–9175.102971.
9. Maalej A, Wäthek C, Khallouli A et al. Foveoschisis in highly myopic eyes: clinical and tomographic features. J. Fr. Ophthalmol. 2014;37(1):42–6.
10. Jones IL, Warner M, Stevens JD. Mathematical modelling of the elastic properties of retina: a determination of Young's modulus. Eye. 1992;6:556–9.
11. Müller B, Jousseaume AM. Myopic traction maculopathy — vitreoretinal traction syndrome in high myopic eyes and posterior staphyloma. Klin. Monbl. Augenheilkd. 2011;228(9):771–9.
12. Rey A, Jürgens I, Maseras X, Carbajal M. Natural course and surgical management of high myopic foveoschisis. Ophthalmologica. 2014;231(1):45–50.
13. Sayanagi K, Ikuno Y, Tano Y. Reoperation for persistent myopic foveoschisis after primary vitrectomy. Am. J. Ophthalmol. 2006;141(2):414–7.
14. Wu P, Chen Y, Chen C et al. Factors associated with foveoschisis and foveal detachment without macular hole in high myopia. Eye. 2009;23(2):356–61.

Received 08.05.2014