

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-45-52>



# Клинико-функциональное состояние сетчатки после неадекватно проведенной лазеркоагуляции периферических витреохориоретинальных дистрофий. Сообщение 1. Электроретинография

В.В. Нероев, Г.Ю. Захарова, И.В. Цапенко, М.В. Зуева, Т.Д. Охочимская, Б.М. Магамадов

ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

**Цель работы** — оценить влияние неадекватной лазеркоагуляции (ЛК) при периферических витреохориоретинальных дистрофиях (ПВХРД) на клинико-функциональное состояние сетчатки. **Материал и методы.** Ганцфельд-электроретинограмму (ЭРГ) и мультифокальную ЭРГ (мфЭРГ) записали у 18 больных (32 глаза) в возрасте 20–62 года с ПВХРД, у которых при осмотре глазного дна были выявлены и задокументированы признаки неадекватно проведенной ЛК, такие как гиперкоагуляция, избыточное количество коагулятов при минимальных изменениях в сетчатке или массивная ЛК при нормальном глазном дне. **Результаты.** Доказано снижение функциональной активности макулярной области у больных с ПВХРД после массивной ЛК на периферии сетчатки. Описаны характерные признаки угнетения ганцфельд-ЭРГ и мфЭРГ, связанные с большим объемом ЛК у больных без истории хирургического лечения регматогенной отслойки сетчатки. Впервые предложен функциональный метод выявления риска развития и прогрессирования макулярной дисфункции, ассоциированной с массивной ЛК сетчатки, который включает снижение амплитуды волн максимальной ЭРГ и/или осцилляторных потенциалов на 30 % и более при параллельном снижении плотности Р1 в 1–3-м кольцах мфЭРГ на 30 % и более по сравнению с нормой. **Заключение.** Предложены электрофизиологические маркеры риска развития макулярной дисфункции, связанные с массивной ЛК сетчатки. Применение этих маркеров в клинике важно для прогноза риска развития патологических изменений макулярной области со снижением зрительных функций, выбора тактики лечения, а также для экспертной оценки избыточности объема проведенной ЛК сетчатки.

**Ключевые слова:** периферическая витреохориоретинальная дистрофия; макулярная дисфункция; ганцфельд-ЭРГ; мультифокальная ЭРГ; лазеркоагуляция сетчатки

**Конфликт интересов:** отсутствует.

**Прозрачность финансовой деятельности:** никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

**Для цитирования:** Нероев В.В., Захарова Г.Ю., Цапенко И.В., Зуева М.В. Охочимская Т.Д., Магамадов Б.М.

Клинико-функциональное состояние сетчатки после неадекватно проведенной лазеркоагуляции периферических витреохориоретинальных дистрофий. Сообщение 1. Электроретинография. Российский офтальмологический журнал. 2020; 13 (2) 45–52. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-45-52>

# Clinical and functional state of the retina after inadequate laser coagulation of peripheral vitreochorioretinal dystrophies. Part 1. Electroretinography

Vladimir V. Neroev, Galina Yu. Zakharova, Irina V. Tsapenko, Marina V. Zueva, Tatiana D. Okhotsimskaya, Biluhagh M. Magamadov

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia  
visionlab@yandex.ru

**Purpose** of our work was to evaluate the effect of inadequate laser coagulation (LC) of peripheral vitreochorioretinal dystrophy (PVCRD) on the clinical and functional state of the retina. **Material and methods.** Ganzfeld ERG and multifocal ERG (mfERG) were recorded in 18 patients (32 eyes) with PVCRD in which, upon examination of the fundus, signs of inadequate retinal LC were detected and documented, such as hypercoagulation, an excessively large number of coagulates with minimal changes in the retina, or massive LC at the normal fundus. **Results.** The functional activity of the macular region after massive LC at the periphery of the retina in patients with PVCRD was shown to be reduced. The characteristic signs of reduction of the ganzfeld ERG and mfERG associated with a large volume of LC of the retina in patients without a history of surgical treatment of rhegmatogenous retinal detachment are described. For the first time, a functional method has been proposed to identify the risk of development and progression of macular dysfunction associated with massive LC of the retina, which includes a decrease in the amplitude of the waves of the maximal ERG and / or oscillatory potentials by 30 % or more with a parallel decrease in the density P1 in 1–3 rings of mfERG by 30 % and more as compared to the norm. **Conclusion.** Electrophysiological markers of macular dysfunction development risk associated with massive LC of the retina are proposed. The use of these markers in the clinic is important for predicting the risk of pathological changes in the macular region involving a decrease in visual functions, the choice of treatment tactics, and expert assessment of the volume of retinal LC redundancy.

**Keywords:** peripheral vitreochorioretinal dystrophy; macular dysfunction; ganzfeld ERG; multifocal ERG; laser coagulation

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

**Financial disclosure:** No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

**For citation:** Neroev V.V., Zakharova G.Yu., Tsapenko I.V., Zueva M.V., Okhotsimskaya T.D., Magamadov B.M.

Clinical and functional state of the retina after inadequate laser coagulation of peripheral vitreochorioretinal dystrophies.

Part 1. Electroretinography. Russian ophthalmological journal. 2020; 13 (2): 45–52 (In Russian).

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-45-52>

Периферические витреохориоретинальные дистрофии (ПВХРД) являются основной причиной развития регматогенной отслойки сетчатки (РОС) [1–3]. Выделяют 3 наиболее опасных вида ПВХРД: решетчатая дистрофия, изолированные разрывы сетчатки и ретиношизис. По данным разных авторов, решетчатая дистрофия приводит к развитию РОС в 13,9–35 % случаев [4, 5], асимптоматические и симптоматические разрывы соответственно в 4,49–4,9 и в 35–47 % случаев [6–8], а ретиношизис — в 2,5–13,1 % случаев [9–11]. Признанным во всем мире методом лечения ПВХРД является лазеркоагуляция (ЛК) сетчатки, терапевтическая эффективность которой доказана в многочисленных исследованиях [7, 11–22] и варьирует от 75 до 100 % в зависимости от вида, локализации, распространенности и сопутствующих отягчающих факторов [23–25].

Отметим, что зона ЛК сетчатки представляет собой область локального ожога с последующим формированием хориоретинального рубца, в связи с чем в результате повреждения пигментного эпителия в отдаленные сроки возможно развитие вторичных дистрофий и отслойки сетчатки, ограничение полей зрения и снижение сумеречного зрения [11, 20]. Поэтому необоснованное, а иногда и массивное проведение профилактической ЛК сетчатки при нормальном глазном дне или при благоприятно протекающих видах ПВХРД снижает

эффективность данного метода и может приводить к развитию осложнений. Актуальной в том числе остается проблема осложнений при проведении панретиальной лазерной фотокоагуляции при диабетической ретинопатии [26], несмотря на ее эффективность для регресса новообразованных сосудов. Отметим, что ЛК, проводимая в периферических отделах сетчатки, также деструктивна по своей сути и связана с побочными эффектами, касающимися периферической зрительной функции, темновой адаптации и ночного видения [27]. Известно, однако, что побочные эффекты включают не только ухудшение скотопического зрения, но и снижение центрального зрения и увеличение центральной толщины макулы, которые при диабете вторичны к макулярному отеку [28, 29]. Осложнения для макулярной области авторы связывали с мощностью и длительностью лазерного воздействия, при этом было отмечено, что после адекватного объема лазерного лечения макулярный отек не вызывался [30, 31]. Другие побочные эффекты панретиальной лазерной фотокоагуляции включали ухудшение цветового зрения [32–34] и контрастной чувствительности [27, 35, 36].

Наш опыт показывает, что у пациентов с ПВХРД, не осложненной разрывами сетчатки и РОС, исходно, до ЛК, по данным мультифокальной электроретинограммы (мфЭРГ), как правило, макулярная функция не нарушена. Более того,

при адекватно проведенной профилактической ЛК сетчатки нередко происходит временное увеличение активности в центральной сетчатке. С другой стороны, даже правильно выполненная массивная ЛК в разные сроки после ее проведения может приводить к угнетению функции, причем как в периферических отделах сетчатки, так и в макулярной области [37]. Поэтому для прогноза зрительных функций и выбора тактики лечения важно объективно оценивать риск макулярных осложнений, связанных с проведением массивной ЛК на периферии сетчатки. Кроме того, учитывая, что объем и режим ЛК при ПВХРД нередко бывают избыточными, неадекватными состоянию глазного дна, крайне важно знать, насколько опасно для функциональной активности сетчатки проведение ЛК в неоправданно массивном режиме.

В связи с этим **ЦЕЛЬЮ** нашей работы была оценка влияния неадекватной ЛК при ПВХРД на клинко-функциональное состояние сетчатки.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

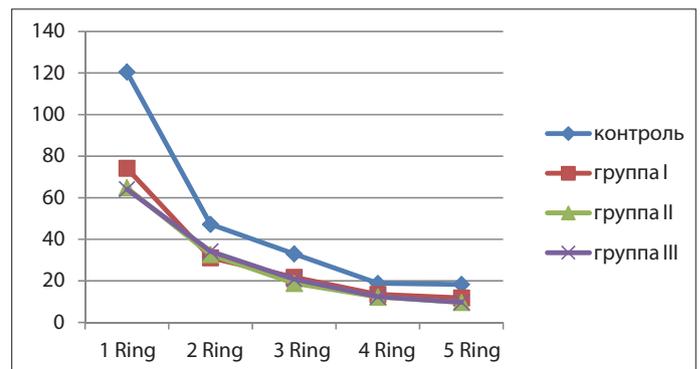
Обследованы 18 больных (32 глаза), в том числе 2 мужчин и 16 женщин, в возрасте от 20 до 62 лет (в среднем 35,5 года) с миопической рефракцией слабой (4 человека), средней (7 человек) и высокой степени (7 человек). Всем больным ранее была проведена ЛК сетчатки по месту жительства или в других медицинских учреждениях. При осмотре глазного дна выявлены и задокументированы признаки неадекватно проведенной ЛК, которые включали гиперкоагуляцию, избыточное количество коагулятов при минимальных изменениях в сетчатке или даже массивную ЛК при нормальном глазном дне. По результатам стандартного офтальмологического обследования пациенты были разделены на 3 группы по 6 человек в каждой. Группа I (11 глаз) включала больных с гиперэффектом ЛК сетчатки — с наличием множественных сливных пигментированных лазеркоагулятов большого размера. В группу II вошли пациенты (11 глаз), у которых ЛК была проведена в адекватном режиме, но с очень большим количеством коагулятов. В группу III (10 глаз) вошли пациенты с гиперэффектом ЛК и с очень большим количеством коагулятов. Контрольную группу составили 10 пациентов (11 глаз) с миопией слабой и средней степени без дистрофических изменений на глазном дне.

Электрофизиологические исследования, выполненные с помощью диагностической системы RETPort/scan21 (Roland Consult), включали регистрацию комплекса различных видов ганцфельд-ЭРГ на диффузные вспышки в скотопических и фотопических условиях по стандартам международного общества клинической электрофизиологии зрения ISCEV [38, 39]. Анализировали скотопическую ЭРГ на слабый стимул (палочковую ЭРГ), скотопическую ЭРГ на стандартную вспышку (максимальная или палочко-колбочковая ЭРГ), осцилляторные потенциалы (ОП), фотопические ответы (колбочковую ЭРГ и ритмическую ЭРГ (РЭРГ) на мелькания 30 Гц). Также по стандартам ISCEV [39] регистрировали мфЭРГ с использованием матрицы с 61 гексагональным стимулом для оценки топографии функциональных изменений в макулярной области и на средней периферии сетчатки. Анализировали плотность компонента P1 по 5 кольцам мфЭРГ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты электрофизиологических исследований представлены в таблицах 1, 2 и на рисунке 1.

Во всех группах больных стандартные колбочковая ЭРГ и РЭРГ на мелькания 30 Гц изменялись статистически незначимо и незначительно различались между группами.



**Рис. 1.** Сравнение профиля плотности P1-компонента (нВ/град) по кольцам мфЭРГ в группах больных и контроле  
**Fig. 1.** Comparison of the P1-component density profile (nV/deg) for mfERG rings in patients groups and controls

**Таблица 1.** Амплитуда а- и б-волн максимальной ЭРГ и второй волны осцилляторных потенциалов (ОП2) в исследуемых группах  
**Table 1.** The amplitude of the a- and b-waves of maximal ERG and OP2 in the studied groups

| Группы<br>Groups     | а-волна, мкВ<br>a-wave, $\mu$ V |            | б-волна, мкВ<br>b-wave, $\mu$ V |            | Индекс b/a, отн. ед.<br>Ratio b/a, relative units | ОП2, мкВ<br>OP2, $\mu$ V |           |
|----------------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|------------|---|--------------------------|-----------|
|                      | M                               | SD         | M                               | SD         |   | M                        | SD        |
| I                    | 120,5                           | $\pm$ 14,1 | 192,1                           | $\pm$ 21,3 | 1,56  | 35,6                     | $\pm$ 7,1 |
| II                   | 110,3                           | $\pm$ 9,4  | 176,3                           | $\pm$ 10,9 | 1,6   | 32,2                     | $\pm$ 3,6 |
| III                  | 99,5                            | $\pm$ 16,1 | 165,0                           | $\pm$ 29,2 | 1,66  | 33,9                     | $\pm$ 9,1 |
| Контроль<br>Controls | 148,96                          | $\pm$ 12,4 | 269,3                           | $\pm$ 11,4 | 1,81  | 53,6                     | $\pm$ 6,7 |

**Таблица 2.** Средние значения плотности P1-компонента (нВ/град) по кольцам (1–5 rings) мфЭРГ (M  $\pm$  m)  
**Table 2.** Average values of the P1 density (nV/deg) for the mfERG rings 1–5 (M  $\pm$  m)

| Группы<br>Groups     | 1 ring           | 2 ring         | 3 ring         | 4 ring         | 5 ring         |
|----------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| I                    | 72,20 $\pm$ 9,30 | 31,1 $\pm$ 4,2 | 21,7 $\pm$ 3,3 | 13,5 $\pm$ 2,6 | 11,8 $\pm$ 1,4 |
| II                   | 64,8 $\pm$ 9,1   | 32,7 $\pm$ 6,9 | 18,8 $\pm$ 2,5 | 12,2 $\pm$ 2,5 | 9,6 $\pm$ 0,8  |
| III                  | 64,1 $\pm$ 9,9   | 34,2 $\pm$ 5,0 | 20,8 $\pm$ 5,0 | 12,4 $\pm$ 1,7 | 9,7 $\pm$ 0,9  |
| Контроль<br>Controls | 120,5 $\pm$ 8,9  | 47,2 $\pm$ 5,1 | 33,0 $\pm$ 3,9 | 18,8 $\pm$ 1,4 | 18,3 $\pm$ 0,9 |

Изменения палочковой ЭРГ наблюдались у всех больных, но не были специфичны для избыточно массивной ЛК. Наиболее интересные результаты получены при сравнении параметров максимальной (смешанной, палочко-колбочковой) ЭРГ и мфЭРГ.

Из таблицы 1 следует, что проведение неадекватной ЛК во всех группах больных приводило к существенному угнетению амплитуды b-волны максимальной ЭРГ и ОП, а также снижению отношения амплитуды b-волны к амплитуде a-волны максимальной ЭРГ (индекс b/a), что может отражать изменения в сетчатке, связанные с ишемией.

Характер нарушений топографии функциональной активности сетчатки в макулярной области во всех группах представлен на рисунке 1 и в таблице 2.

Сравнение профиля плотности P1 по кольцам мфЭРГ в 3 группах больных и его профиля в контрольной группе свидетельствует о достоверном (на 30 % и более) угнетении P1-компонента в 1–3-м кольцах мфЭРГ, т. е. в зонах фовеа, пара- и перифовеа.

На рисунках 2 и 3 приводятся фото глазного дна субъекта контрольной группы с отсутствием патологических изменений на периферии сетчатки и его данные мфЭРГ для сравнения со специфическими изменениями сетчатки в I, II и III группах больных (рис. 4–11) после проведения неадекватной ЛК.

В I группе больных на одном глазу (рис. 4) при наличии маленькой зоны дистрофии «след улитки» большие

пигментированные лазеркоагуляты в несколько рядов занимали весь нижненаружный квадрант глазного дна.

На 6 глазах выявлены последствия проведенной массивной: от 4 до 6 рядов, практи-

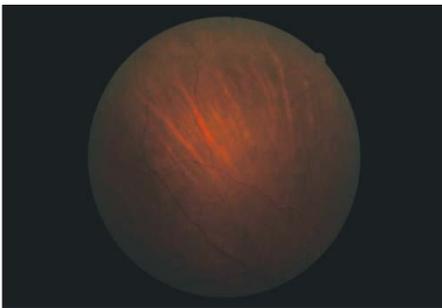
чески циркулярной ЛК с гиперэффектом при нормальном глазном дне. В 2 глазах вокруг дырчатых разрывов сетчатки выявлены сливные пигментированные лазеркоагуляты большого размера. У одного больного на 2 глазах была проведена массивная гиперкоагуляция вокруг атрофических очагов с пигментом, при этом в одном глазу через год из-за развития хориоидальной неоваскуляризации резко снизилось зрение с 1,0 до 0,3.

Несмотря на отдаленные сроки проведения электро-ретинографии, после ЛК сетчатки с гиперэффектом амплитуды a- и b-волн максимальной ЭРГ и ОП у этих пациентов были снижены в среднем до 80, 70 и 66 % значений группы контроля соответственно.

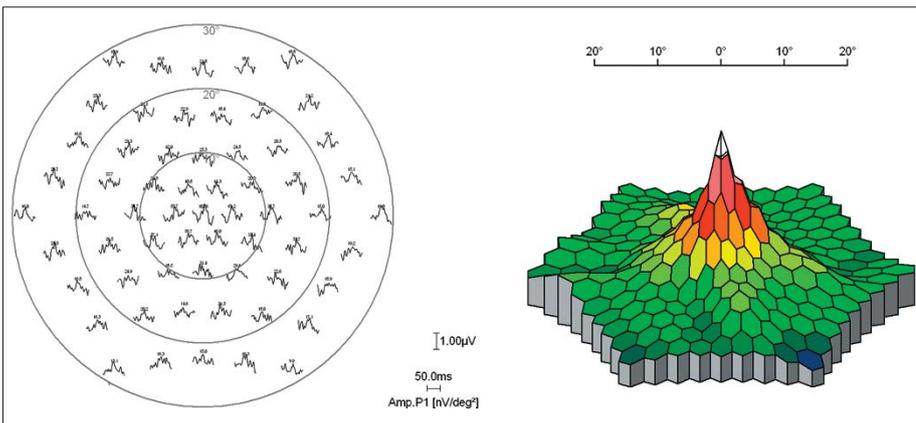
Изменения ОП, наиболее значительные для амплитуды второй волны осцилляторных потенциалов (ОП2), могут отражать ишемические изменения во внутренней сетчатке, вероятно, связанные с ухудшением ретикулярного кровотока после проведения гиперлазеркоагуляции. Редукция плотности P1 компонента до 62 % в центральном гексагоне и во 2-м и 3-м кольцах мфЭРГ — до 65–66 % показателей контрольной группы свидетельствует о снижении функциональной активности сетчатки не только на ее периферии, но и в зонах фовеа, пара- и перифовеа.

На рисунке 5 приводится пример мфЭРГ (соответствует главному дну на рисунке 4), демонстрирующий редукцию P1-компонента, прежде всего в 1–3-м кольцах мфЭРГ. В среднем у больных I группы нами выявлено умеренное снижение функциональной активности в макулярной области сетчатки. Снижение амплитуды b-волны ганцфельд максимальной ЭРГ и ОП говорит о нарушении функции периферических отделов сетчатки, что параллельно с угнетением мфЭРГ повышает также риск прогрессирования изменений в макулярной области, ассоциированных с массивной ЛК на периферии сетчатки.

Во II группе в 10 глазах с множественными зонами решетчатой дистрофии ЛК сетчатки была проведена в адекватном режиме, но с излишним количеством коагулятов (рис. 6). В одном глазу при нормальном глазном дне был проведен лазерный циркляж в 6 рядов, после чего через месяц у больной появились жалобы на «пятно в глазу».



**Рис. 2.** Глазное дно пациента с миопией без патологических изменений на периферии сетчатки  
**Fig. 2.** The fundus of the myopic patient without pathological changes in the retinal periphery



**Рис. 3.** МфЭРГ пациента с миопией без патологических изменений на периферии сетчатки (контрольная группа)  
**Fig. 3.** The mfERG of a myopic patient without pathological changes in the periphery of the retina (control group)



**Рис. 4.** Маленькая зона дистрофии «след улитки» соответственно 7 ч блокирована большими множественными пигментированными лазеркоагулятами, занимающими весь нижненаружный квадрант глазного дна  
**Fig. 4.** A small zone of dystrophy “snail track” corresponding to “7 hours” has been blocked by large multiple pigmented laser coagulants occupying the entire lower-outer quadrant of the fundus

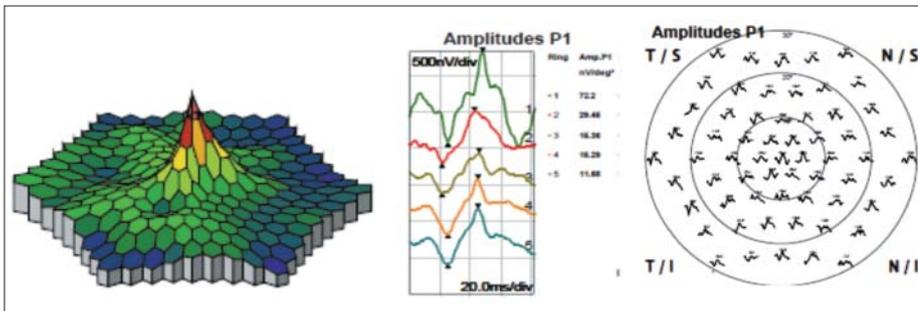
У пациентов этой группы выявлено угнетение по сравнению с контролем амплитуды а- и b-волн максимальной ганцфельд-ЭРГ в среднем до 78 и 60 % и ОП2 до 60 %. Плотность P1-компонента мфЭРГ в центральном гексагоне, 2-м и 3-м кольцах снижена соответственно до 40, 48 и 70 % от нормальных значений (рис. 7). Таким образом, выявлена выраженная макулярная дисфункция на фоне существенной потери функции периферической сетчатки. Резкое угнетение ОП говорит об ишемизации сетчатки, что в комплексе с данными ЭРГ и мфЭРГ указывает на высокий риск дальнейшего прогрессирования изменений в макулярной области, ассоциированных с массивной ЛК на ретинальной периферии, и риск снижения зрительных функций.

В III группе больных на 4 глазах был проведен лазерный циркуляр от 4 до 6 рядов с гиперэффектом при нормальном

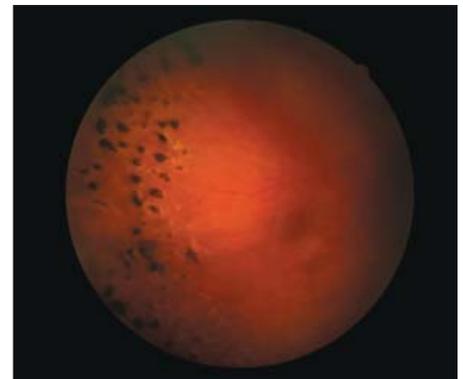
глазном дне, при этом в одном глазу проведено 7 сеансов ЛК (рис. 8, А, Б). На одном глазу при одной маленькой зоне решетчатой дистрофии был проведен лазерный циркуляр в 3–4 ряда с гиперэффектом.

У другого пациента с периферической локальной плоской отслойкой сетчатки проведена массивная ЛК с гиперэффектом со снижением зрения через месяц после нее. В 4 глазах после проведения операции по поводу РОС сетчатка прилегла на всем протяжении, однако дополнительно был сделан массивный лазерный циркуляр центральнее вала вдавления с гиперэффектом (рис. 9).

При электроретинографии по стандартам ISCEV в максимальной ЭРГ у некоторых больных амплитуда а- и b-волн была снижена до 26 и 35 % от нормы, а в среднем по группе амплитуда составляла 62–63 % значений контрольной

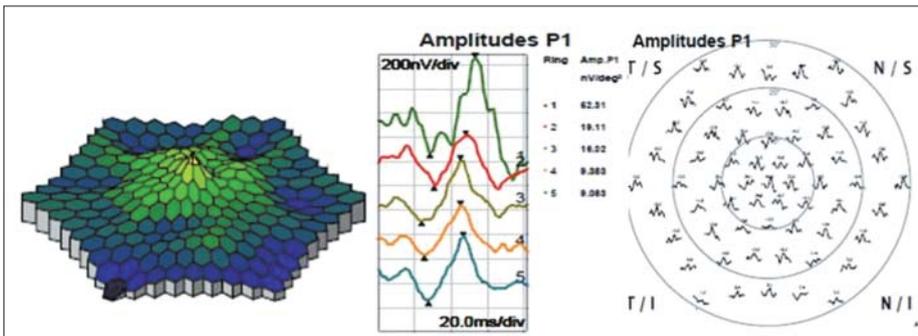


**Рис. 5.** МфЭРГ: плотность P1 снижена в центральном гексагоне, во 2-м и 3-м кольцах мфЭРГ  
**Fig. 5.** mfERG: the density of the P1 is reduced in the central hexagon, and in the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> mfERG rings



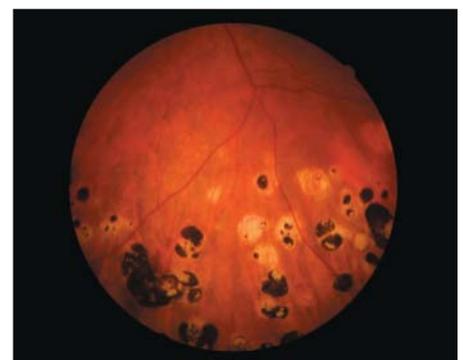
**Рис. 6.** Глазное дно: на периферии сетчатки без видимых клинически зон дистрофии циркулярно расположены множественные пигментированные лазеркоагуляты большого размера

**Fig. 6.** Fundus photography: at the retinal periphery, in the region without clinically visible dystrophy zones, multiple pigmented laser-coagulates of large size are circularly located



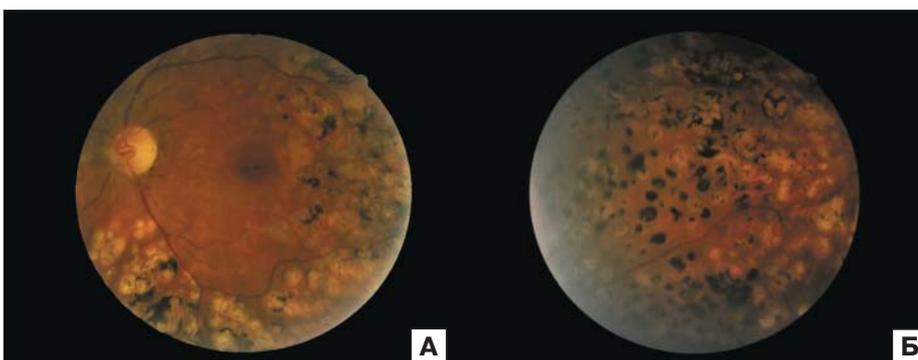
**Рис. 7.** Плотность P1 мфЭРГ от центрального гексагона и второго кольца снижена в 2 раза относительно нормы

**Fig. 7.** The P1 density of the mfERG from the central hexagon and the second ring is reduced by 2 times relative to the norm



**Рис. 9.** На глазном дне множественные пигментированные гиперлазеркоагуляты центральнее вала вдавления после операции по поводу отслойки сетчатки

**Fig. 9.** On the fundus, there are multiple pigmented hyper laser coagulates central to a scleral buckle after retinal detachment surgery



**Рис. 8.** Состояние глазного дна пациента после 7 сеансов ЛК сетчатки, проведенной при нормальном глазном дне (А, Б)

**Fig. 8.** The condition of the fundus of the patient after 7 sessions of laser coagulation of the retina that has been carried out in the eye with a normal fundus (A, B)

группы. Амплитуда ОП2 составляла 67–80 % нормальных значений. Плотность P1-компонента мфЭРГ в центральном гексагоне, 2-м и 3-м кольцах достигала в среднем 54, 69 и 57 % от нормы соответственно. Таким образом, изменения мфЭРГ говорят о резко выраженной макулярной дисфункции (рис. 10).

Кроме того, учитывая параллельное существенное угнетение функциональной активности периферических отделов сетчатки, судя по амплитуде а- и b-волн ганцфельд максимальной ЭРГ, такое сочетание признаков нарушения функции сетчатки говорит о высоком риске дальнейшего прогрессирования изменений макулярной области, ассоциированных с массивной ЛК на ретинальной периферии, и риске потери зрительных функций (рис. 11).

В среднем по группе III ЛК сетчатки с гиперэффектом и с очень большим количеством лазеркоагулятов приводила к существенному угнетению амплитуды прежде всего скотопической палочко-колбочковой ЭРГ на стандартную вспышку. В меньшей степени изменялись фотопические ответы сетчатки при ганцфельд-стимуляции. Изменения мфЭРГ в данной группе были наиболее значительны для зоны фовеа (рис. 10, 11).

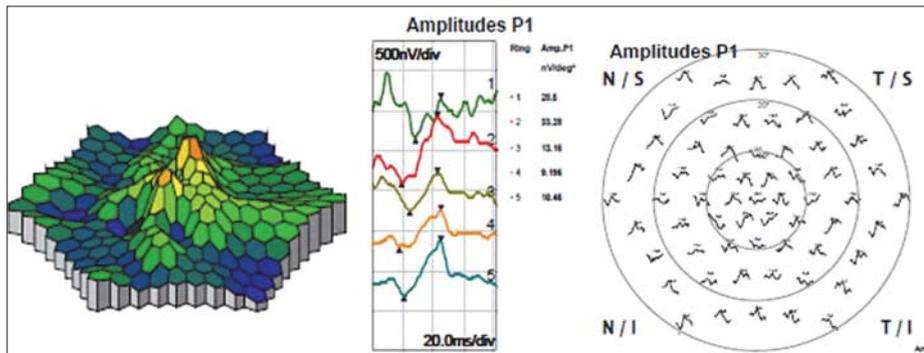
Таким образом, неадекватно проведенная ЛК сетчатки у больных с ПВХРД может приводить к существенному изменению функциональной активности фоторецепторов и нейронов внутреннего ядерного слоя сетчатки не только в зонах ее проведения на периферии, но и в центральной сетчатке с развитием патологических изменений в макулярной области в отдаленные сроки. Выявленные нарушения можно рассматривать как осложнения гиперлазеркоагуляции.

По нашим данным, наиболее выраженные изменения функциональной активности сетчатки в макулярной области характерны для проведения ЛК сетчатки с гиперэффектом и с очень большим количеством коагулятов.

В более ранней работе при изучении функциональных признаков прогрессирования ПВХРД у пациентов с перенесенной операцией по поводу РОС на одном глазу нами было обнаружено, что ЛК ПВХРД на парном глазу ухудшает функцию макулярной области этого глаза [37]. Существенно, что на парных глазах у больных с РОС еще до ЛК ПВХРД выявлялось статистически значимое снижение плотности P1 в центральном гексагоне мфЭРГ при сохранности P1 в остальных кольцах мультифокального ответа, а через 1–3 мес после ЛК происходило резкое угнетение P1 (более чем в 2 раза) во всех кольцах мультифокального ответа [37]. Эти наблюдения указывали на снижение функции макулярной области после ЛК, специфически связанное с осложненным течением прогрессирующей ПВХРД (на парных глазах с оперированной РОС), однако не оценивалось влияние массивности самой ЛК. С другой стороны, наши наблюдения показывают, что ЛК, проведенная на глазах с оперированной РОС, вызывает более значительное угнетение функциональной активности периферических отделов сетчатки, чем на глазах без отслойки и хирургического вмешательства. Таким образом, анализируя результаты предыдущих исследований, можно отметить, что сам факт проведения ЛК с угнетением функции периферической сетчатки может служить маркером риска поражения макулярной области, поскольку нередко с ней ассоциируется.

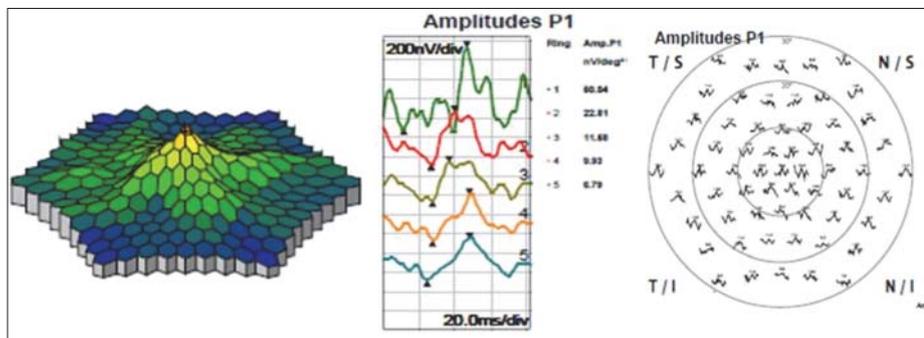
В данном исследовании на 18 глазах нами обнаружено, что сочетание значительного угнетения функции сетчатки по данным ганцфельд-ЭРГ и мфЭРГ характерно для массивной ЛК при ПВХРД с риском негативного эффекта для макулы. Результаты исследования показывают, что по тяжести этих изменений можно прогнозировать развитие и прогрессирование макулярной дисфункции с риском снижения зрения при избыточно массивной ЛК на периферии сетчатки. Основываясь на анализе степени выявленных изменений мфЭРГ и усугублении этих изменений при наблюдениях пациентов в динамике, мы полагаем, что критерием риска макулярной дисфункции, ассоциированной с массивной ЛК, можно считать сочетанное угнетение а- и b-волн ганцфельд максимальной ЭРГ и/или ОП (прежде всего осцилляции ОП2) и плотности P1 мфЭРГ в 1–3-м кольцах ответа на 30 % и более по сравнению с нормальными значениями.

Отметим, что после ЛК в периферических областях сетчатки жалобы на снижение зрения обычно отсутствуют и изменения в макулярной области не визуализируются, поэтому до настоящего времени отсутствовали рекомендации по регистрации мфЭРГ для мониторинга побочных эффектов массивной ЛК, проводимой вне зоны макулы. Более



**Рис. 10.** Пример мфЭРГ в III группе: значительная редукция плотности P1 в центральном гексагоне и 2–3-м кольцах мфЭРГ

**Fig. 10.** The example of mfERG in the group III: the significant reduction in the P1 density in the central hexagon and in the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> rings of the mfERG



**Рис. 11.** Пример мфЭРГ в группе III: выраженная макулярная дисфункция — плотность P1 в центральном гексагоне снижена до 50 % от нормы

**Fig. 11.** The example of mfERG in the group III: severe macular dysfunction – the P1 density in the central hexagon is reduced up to 50% of the norm

того, если после ЛК резкое снижение мфЭРГ будет выявляться на фоне небольшого угнетения общей ЭРГ, такое сочетание признаков функциональных изменений, скорее, следует рассматривать как прямое показание к дополнительному обследованию с целью уточнения причины потери функции центральной сетчатки, которая может объясняться иными факторами, не связанными с ЛК на периферии сетчатки. Таким образом, в данной работе нами впервые предложены специфические функциональные маркеры для объективной оценки риска развития изменений в макулярной области после массивной ЛК в периферических отделах сетчатки. Применение этих ЭФИ-маркеров в клинике может иметь практическое значение для прогноза снижения зрительных функций и выбора лечения больных, перенесших неадекватную массивную ЛК, а также для экспертной оценки избыточности объема проведенной ЛК сетчатки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Доказано ухудшение функциональной активности макулярной области при отсутствии офтальмоскопически видимых изменений после массивной ЛК ПВХРД. Описаны характерные признаки угнетения ганцфельд-ЭРГ и мфЭРГ, ассоциированные с большим объемом ЛК ПВХРД. Предложен функциональный маркер для выявления риска развития и прогрессирования макулярной дисфункции. Для этого предлагается пациентам с ПВХРД после перенесенной массивной ЛК в любой отрезок времени, прошедший после нее, проводить регистрацию мфЭРГ и ганцфельд-ЭРГ и сопоставлять степень выявленных изменений. Сочетанное угнетение а- и в-волн ганцфельд максимальной ЭРГ и/или ОП и снижение плотности Р1 мфЭРГ в 1–3-м кольцах ответа на 30 % и более по сравнению с нормой позволяют определить риск макулярной дисфункции с возможной последующей манифестацией осложнений в этой зоне, связанных с массивной ЛК сетчатки.

### Литература/References

1. Robertson D. M., Norton E. W. Long-term follow-up of treated retinal breaks. *Am J. Ophthalmol.* 1973; 75 (3): 395–404. doi: 10.1016/0002-9394(73)91148-3
2. Algvere P.V., Jahnberg P., Textorius O. The Swedish Retinal Detachment Register, I: a database for epidemiological and clinical studies. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 1999; 237: 37–44. doi: 10.1007/s004170050208
3. Mitry D., Charteris D.G., Yorston D., et al. The epidemiology and socioeconomic associations of retinal detachment in Scotland: a two-year prospective population-based study. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2010; 51 (10): 4963–8. doi: 10.1167/iovs.10-5400
4. Lewis H. Peripheral retinal degenerations and the risk of retinal detachment. *Am. J. Ophthalmol.* 2003; 136 (1): 155–60. doi: 10.1016/s0002-9394(03)00144-2
5. Бойко Э.В., Суетов А.А., Мальцев Д.С. Решетчатая дегенерация сетчатки. *Вестник офтальмологии.* 2014; (2): 77–82. [Boiko E.V., Suetov A.A., Maltsev D.S. Lattice degeneration of the retina. *Vestnik oftal'mologii.* 2014; (2): 77–82 (in Russian)].
6. Davis M.D. Natural history of retinal breaks without detachment. *Arch. Ophthalmol.* 1974; 92 (3): 183–94. doi: 10.1001/archoph.1974.01010010191001
7. Blindbaek S., Grauslund J. Prophylactic treatment of retinal breaks – a systematic review. *Acta Ophthalmol.* 2014; 93 (1): 3–8. <https://doi.org/10.1111/aos.12447>
8. Conart J.B., Baron D., Berrod J.P. Degenerative lesions of the peripheral retina. *J. Fr. Ophthalmol.* 2014; 37 (1): 73–80. doi: 10.1016/j.jfo.2013.09.001
9. Hagler W.S., Woldoff H.S. Retinal detachment in relation to senile retinoschisis. *Trans. Am. Acad. Ophthalmol. Otolaryngol.* 1973; 77 (2): 99–113.
10. Byer N.E. Long-term natural history study of senile retinoschisis with implications for management. *Ophthalmology.* 1986; 93 (9): 1127–37. doi: 10.1016/s0161-6420(86)33601-7
11. Луковская Н.Г., Астахов Ю.С. Ретиношизис. Этиопатогенез, диагностика, клиника, лечение. Санкт-Петербург; 2008. [Lukovskaya N.G., Astakhov Yu.S. Retinoschisis. Etiopathogenesis, diagnosis, clinic, treatment. Sankt-Peterburg; 2008 (in Russian)].
12. Kanski J.J., Daniel R. Prophylaxis of retinal detachment. *Am. J. Ophthalmol.* 1975; 79 (2): 197–205. doi: 10.1016/0002-9394(75)90072-0
13. Kazahaya M. Prophylaxis of retinal detachment. *Semin. Ophthalmology.* 1995; 10 (1): 79–86. doi: 10.3109/08820539509059983
14. Meyer-Schwickerath G., Fried M. Prophylaxis of retinal detachment. *Trans Ophthalmol. Soc. UK.* 1980; 100 (Pt 1): 56–65.
15. Саксонова Е.О., Захарова Г.Ю., Платова Л.А. и др. Профилактика отслойки сетчатой оболочки у больных с периферическими витреохориоретинальными дистрофиями. *Офтальмологический журнал.* 1983; (3): 151–4. [Sacsonova E.O., Zakharova G.Yu., Platova L.A., et al. Prevention of retinal detachment in patients with peripheral vitreochorioretinal dystrophies. *Oftal'mologicheskij zhurnal (Ukraine).* 1983; (3): 151–4 (in Russian)].
16. Adrean S.D., Elliott D., Detroit M.D. Prophylaxis for Retinal Detachment. *Review of Ophthalmology.* 2005. Published 2005. 15 (July). Available at <https://www.reviewofophthalmology.com/article/prophylaxis-for-retinal-detachment>
17. Liu C.-C., Liou S.-W., Woung L.-C. Long-Term results of laser photocoagulation for peripheral retinal pathologies in one teaching hospital of Taiwan. *ARVO Annual Meeting Abstract. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2008; 49: 5224.
18. Велюева И.А., Ильина Т.С., Прививкова Е.А. и др. Эффективность лазерной коагуляции в лечении регматогенной отслойки сетчатки. *Вестник офтальмологии.* 2010; 5: 40–3. [Velieva I.A., Ilyina T.S., Privivkova E.A., et al. The effectiveness of laser coagulation in the treatment of regmatogenous retinal detachment. *Vestnik oftal'mologii.* 2010; 5: 40–3 (in Russian)].
19. Морхам М.В., Марченко Л.Н., Морхам В.И. Профилактическая лазерная коагуляция при изменениях периферических отделов сетчатки (обзор литературы). *Офтальмология. Восточная Европа.* 2011; 4 (11): 85–92. [Morkhat M.V., Marchenko L.N., Morkhat V.I. Preventive laser coagulation with changes in the peripheral parts of the retina (literature review). *Ophthalmology. Eastern Europe (Minsk).* 2011; 4 (11): 85–92 (in Russian)].
20. Шаимова В.А., ред. Периферические дистрофии сетчатки. Оптическая когерентная томография. Лазерная коагуляция сетчатки: атлас. Санкт-Петербург; 2015. [Shaimova V.A. ed. Peripheral dystrophy of the retina. Optical coherence tomography. Laser retinal coagulation: atlas. Sankt-Petersburg; 2015 (in Russian)].
21. Шаимов Р.Б., Шаимова В.А., Шаимов Т.Б., Галин А.Ю., Семенова Л.Е. Профилактическая лазерная коагуляция сетчатки при периферических ретиальных разрывах (разработка показаний по результатам ОКТ). Современные технологии лечения витреоретинальной патологии. 2016; 1 (9): 238–40. [Shaimov R.B., Shaimova V.A., Shaimov T. B., Galin A. Yu., Semenova L. E. Preventive laser coagulation of the retina in peripheral retinal ruptures (development of indications based on OCT results). *Sovremennyye tekhnologii lecheniya vitreoretinal'noj patologii.* 2016; 1 (9): 238–40 (in Russian)].
22. Verhoeckx J.S.N., van Eten P.G., Wubbels R.J., van Meurs J.C., van Overdam K.A. Prophylactic laser treatment to decrease the incidence of retinal detachment in fellow eyes of idiopathic giant retinal tears. *Retina.* 2019 Mar 6. doi: 10.1097/IAE.0000000000002494
23. Bloome M.A., Garcia C.A. Manual of retina and choroidal dystrophies. Appleton-Crofts: New York; 1982.
24. Avitabile T., Bonfigli V., Reibaldi M., Torrisi B., Reibaldi A. Prophylactic treatment of the fellow eye of patients with retinal detachment: a retrospective study. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2004; 242 (3): 191–6. doi: 10.1007/s00417-003-0783-9
25. Большунов А.В., Ильина Т.С., Прививкова Е.А. Лазерная профилактика и лечение отслоек сетчатки. В кн.: А.В. Большунов, ред. Вопросы лазерной офтальмологии. Москва; 2013: 186–95. [Bolshunov A.V., Ilyina T.S., Privivkova E.A. Laser prophylaxis and treatment of retinal detachments. In the book: A. Bolshunov, ed. Questions of laser ophthalmology. Moscow; 2013: 186–95 (in Russian)].
26. Mukhtar A., Khan M.S., Junejo M., Ishaq M., Akbar B. Effect of pan retinal photocoagulation on central macular thickness and visual acuity in proliferative diabetic retinopathy. *Pak. J. Med. Sci.* 2016; 32 (1): 221–4. doi: <http://dx.doi.org/10.12669/pjms.321.8758>
27. Deschler E.K., Sun J.K., Silva P.S. Side-effects and complications of laser treatment in diabetic retinal disease. *Semin. Ophthalmol.* 2014; 29 (5–6): 290–300. doi: 10.3109/08820538.2014.959198
28. Henricsson M., Hejil A. The effect of panretinal laser photocoagulation on visual acuity, visual fields and on subjective visual impairment in preproliferative and early proliferative diabetic retinopathy. *Acta Ophthalmol. (Copenh).* 1994; 72 (5): 570–5. doi: 10.1111/j.1755-3768.1994.tb07181.x
29. Shimura M., Yasuda K., Nakazawa T., et al. Panretinal photocoagulation induces pro-inflammatory cytokines and macular thickening in high-risk proliferative diabetic retinopathy. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2009; 247 (12): 1617–24. doi: 10.1007/s00417-009-1147-x
30. Muqit M.M., Marcellino G.R., Henson D.B., Fenerty C.H., Stanga P.E. Randomized clinical trial to evaluate the effects of Pascal panretinal photocoagulation on macular nerve fiber layer: Manchester Pascal study report 3. *Retina.* 2011; 31 (8): 1699–707. doi: 10.1097/IAE.0b013e318207d188
31. Muqit M.M., Young L.B., McKenzie R., et al. Pilot randomized clinical trial of Pascal Targeted Retinal versus variable fluence Panretinal 20ms laser in diabetic retinopathy: PETER PAN study. *Br. J. Ophthalmol.* 2013; 97 (2): 220–7. doi: 10.1136/bjophthalmol-2012-302189

32. *Birch J., Hamilton A.M.* Xenon arc and argon laser photocoagulation in the treatment of diabetic disc neovascularization: Part 2. Effect on colour vision. *Trans Ophthalmol. Soc. UK.* 1981; 101 (1): 93–9.
33. Early photocoagulation for diabetic retinopathy: ETDRS report number 9. Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group. *Ophthalmology.* 1991; 98 (5): 766–85.
34. *Khosla P.K., Rao V., Tewari H.K., Kumar A.* Contrast sensitivity in diabetic retinopathy after panretinal photocoagulation. *Ophthalmic Surg.* 1994; 25 (8): 516–20.
35. *Higgins K.E., Meyers S.M., Jaffe M.J., et al.* Temporary loss of foveal contrast sensitivity associated with panretinal photocoagulation. *Arch. Ophthalmol.* 1986; 104 (7): 997–1003. doi: 10.1001/archoph.1986.01050190055039
36. *Lövestam-Adrian M., Svendenius N., Agardh E.* Contrast sensitivity and visual recovery time in diabetic patients treated with panretinal photocoagulation. *Acta Ophthalmol. Scand.* 2000; 78 (6): 672–6. doi: 10.1034/j.1600-0420.2000.078006672.x
37. *Нероев В.В., Цапенко И.В., Захарова Г.Ю., Кондратьева Ю.П., Зуева М.В.* Изменение макулярной функции парного глаза у больных с регматогенной отслойкой сетчатки и периферическими витреохориоретинальными дистрофиями после проведения лазерной коагуляции сетчатки. *Бюллетень СО РАМН.* 2014; 34 (3): 76–80. [*Neroev V.V., Tsapenko I.V., Zakharova G.Yu., Kondratyeva Yu.P., Zueva M.V.* Change in the macular function of the paired eye in patients with regmatogenous retinal detachment and peripheral vitreochorioretinal dystrophies after laser retinal coagulation. *Bulletin SB RAMN.* 2014; 34 (3): 76–80 (in Russian)].
38. *McCulloch D.L., Marmor M.F., Brigell M.G., et al.* ISCEV Standard for full-field clinical electroretinography (2015 update). *Doc. Ophthalmol.* 2015; 130: 1–12. doi:10.1007/s10633-014-9473-7
39. *Hood D.C., Bach M., Brigell M., et al.* ISCEV standard for clinical multifocal electroretinography (mfERG) (2011 edition). *Doc. Ophthalmol.* 2012; 124: 1–13. doi: 10.1007/s10633-011-9296-8

**Вклад авторов в работу:** В.В. Нероев — дизайн исследования, научное редактирование; Г.Ю. Захарова — анализ литературы, написание текста; И.В. Цапенко — концепция исследования, сбор материала, анализ данных; М.В. Зуева — концепция исследования, анализ литературы, написание текста; Т.Д. Охотимская — сбор материала, анализ данных; Б.М. Магамадов — сбор материала, анализ данных.

Поступила: 27.12.2019

Переработана: 15.01.2020

Принята к печати: 20.01.2020

Originally received: 27.12.2019

Final revision: 15.01.2020

Accepted: 20.01.2020

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

«НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногызская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

**Владимир Владимирович Нероев** — академик РАН, д-р мед. наук, профессор, директор

**Галина Юрьевна Захарова** — канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник отдела патологии сетчатки и зрительного нерва

**Ирина Владимировна Цапенко** — канд. биол. наук, старший научный сотрудник отдела клинической физиологии зрения им. С.В. Кравкова

**Марина Владимировна Зуева** — д-р биол. наук, профессор, начальник отдела клинической физиологии зрения им. С.В. Кравкова

**Татьяна Дмитриевна Охотимская** — канд. мед. наук, врач-офтальмолог отдела патологии сетчатки и зрительного нерва

**Билухаж Мовлидович Магамадов** — аспирант отдела патологии сетчатки и зрительного нерва

**Для контактов:** Марина Владимировна Зуева, visionlab@yandex.ru;

Галина Юрьевна Захарова, guzakharova@gmail.com

*Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia*

**Vladimir V. Neroev** — Academician of RAS, Dr of Med. Sci., Professor, director

**Galina Yu. Zakharova** — Cand. of Med. Sci., leading researcher, department of the retina and optic nerve pathology

**Irina V. Tsapenko** — Cand. of Biol. Sci., senior researcher, department of clinical physiology of vision named after S.V. Kravkov

**Marina V. Zueva** — Dr of Biol. Sci., Professor, head of the department of clinical physiology of vision named after S.V. Kravkov

**Tatiana D. Okhotsimskaya** — Cand. of Med. Sci., ophthalmologist, department of the retina and optic nerve pathology

**Biluhagh M. Magamadov** — PhD student, department of the retina and optic nerve pathology

**Contact information:** Marina M. Zueva, visionlab@yandex.ru;

Galina Yu. Zakharova, guzakharova@gmail.com