

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2021-14-4-60-64>



Спектрофлуориметрическое исследование зоны лимба у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой

В.В. Нероев¹, В.В. Гарькавенко^{2✉}, В.В. Салмин³

¹ ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105026, Россия

² КГБУЗ «Красноярская краевая офтальмологическая клиническая больница им. профессора П.Г. Макарова», ул. Никитина, д. 1в, Красноярск, 660011, Россия

³ ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого», ул. Партизана Железняка, д. 1, Красноярск, 660022, Россия

Цель работы — оценить гипоксические изменения конъюнктивы в зоне лимба у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) при длительных инстилляциях аналогов простагландинов. **Материал и методы.** Спектрофлуориметрическое исследование зоны лимба провели 202 пациентам в возрасте 56–87 лет с ПОУГ в развитой и далеко зашедшей стадиях. Пациенты были разделены на 2 группы: 1-ю группу составили пациенты в возрасте $69,4 \pm 10,3$ года, получавшие бета-блокаторы (ББ) и ингибиторы карбоангидразы (ИКА) в течение 5–10 мес, из них с развитой стадией ПОУГ было 39 (30,2 %) пациентов, с далеко зашедшей — 90 (69,7 %). Вторую группу составили пациенты в возрасте $72,3 \pm 9,4$ года, получавшие в течение 5–10 мес помимо ББ и ИКА еще и аналоги простагландинов (ПГ), из них с развитой стадией ПОУГ был 21 (28,7 %) пациент, с далеко зашедшей стадией — 52 (71,23 %). **Результаты.** У пациентов, использующих инстилляции ПГ, отношение интенсивности флуоресценции в области длин волн 410/520 нм $NADH/FAD$ ($0,352 \pm 0,043$) достоверно выше, чем у пациентов без такой терапии ($0,319 \pm 0,047$), что можно интерпретировать как гипоксическое состояние зоны лимба. **Заключение.** Спектрофлуориметрическое исследование пациентов с ПОУГ, принимающих аналоги ПГ, может быть полезно для выявления у них ишемии в зоне лимба, так как у этой категории пациентов велика вероятность формирования рубцовых изменений в области фильтрационной подушки в раннем послеоперационном периоде после антиглаукомных вмешательств.

Ключевые слова: глаукома; открытоугольная глаукома; флуоресценция; аналоги простагландинов

Конфликт интересов: отсутствует.

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

Для цитирования: Нероев В.В., Гарькавенко В.В., Салмин В.В. Спектрофлуориметрическое исследование зоны лимба у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой. Российский офтальмологический журнал. 2021; 14 (4): 60–4.

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2021-14-4-60-64>

A spectrofluorimetric study of the limbal area in patients with primary open-angle glaucoma

Vladimir V. Neroev¹, Viktor V. Gar'kavenko^{2✉}, Vladimir V. Salmin³

¹ Helmholtz National Medical Research Center for Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

² Makarov Ophthalmology Clinical Hospital, 1v, Nikitina St., Krasnoyarsk, 660011, Russia

³ Krasnoyarsk Voyno-Yasenetsky State Medical University, 1, Partizana Zhelezniaka St., Krasnoyarsk, 660022, Russia
victor-unique@yandex.ru

Purpose: to evaluate hypoxic changes in the limbus area conjunctiva of patients with primary open-angle glaucoma (POAG) treated with prolonged instillations of prostaglandin (PG) analogs. **Material and methods.** A spectrofluorimetric study of the limbus zone was carried out

in 202 patients aged 56–87 years with POAG in the developed and advanced stages, divided into 2 groups. Group 1 consisted of patients aged 69.4 ± 10.3 years who received beta-blockers (BB) and carbonic anhydrase inhibitors (ICA) for 5–10 months; of these, 39 (30.2 %) had a developed stage of POAG and 90 (69.7 %) had advanced POAG. Group 2, aged 72.3 ± 9.4 , received PG analogs, in addition to BB and ICA, for 5–10 months. In this group, 21 (28.7 %) patients had developed POAG and 52 (71.23 %) had advanced POAG. **Results.** The patients who received PG instillations showed a significantly higher ratio of fluorescence intensity in the wavelength range of 410/520 nm NADH/FAD (0.352 ± 0.043) than those receiving no such therapy (0.319 ± 0.047), which can be interpreted as a hypoxic state of the limbus area. **Conclusion.** Spectrofluorimetric testing of POAG patients taking PG analogs can be useful for detecting ischemia in the limbus area, because this category of patients are very likely to form cicatricial changes in the area of the filtration cushion in the early postoperative period after antiglaucomatous interventions.

Keywords: glaucoma; open-angle glaucoma; fluorescence; prostaglandin analogs

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., Garkavenko V.V., Salmin V.V. A spectrofluorimetric study of the limbal area in patients with primary open-angle glaucoma. Russian ophthalmological journal. 2021; 14(4): 60–4 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2021-14-4-60-64>

Первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ) является основной причиной необратимой слепоты в мире [1]. Наличие обширного арсенала антиглаукомных препаратов не всегда обеспечивает желаемые результаты у пациентов с ПОУГ, поэтому вторым этапом их лечения является проведение перфорирующих или неперфорирующих хирургических вмешательств с целью нормализации внутриглазного давления (ВГД) и предотвращения повреждения ганглиозных клеток сетчатки [2, 3]. В соответствии с IV изданием Европейского глаукомного руководства факторами риска рубцевания конъюнктивы при таких вмешательствах являются молодой возраст, воспалительные заболевания глаз, продолжительная местная медикаментозная терапия с использованием нескольких препаратов [4]. В настоящее время препаратами выбора в лечении ПОУГ являются аналоги простагландинов (ПГ) [5, 6], при этом многими авторами описано их побочное действие [7–9]. Одним из ярко выраженных побочных эффектов является гиперемия конъюнктивы преимущественно в области лимба, где, собственно, и идет формирование фильтрационной подушки [10]. Сообщается также, что аналоги ПГ вызывают негранулематозный и в меньшей степени гранулематозный передний увеит, поскольку предполагает-

ся, что активность ПГ стимулирует воспаление [11]. Кроме того, многие авторы считают, что выраженную инъекцию вызывает консервант — бензалкония хлорид (БАХ) [12, 13]. В то же время имеются данные о том, что различие в гиперемии конъюнктивы при применении аналогов ПГ с БАХ и без него клинически незначимо [14].

Для оценки изменений конъюнктивы и, в частности, зоны лимба мы предложили использовать методику спектрофлуориметрии, так как она может объективно оценить уровень окислительного стресса в живых тканях [15, 16]. N. Nimogi и соавт. [17], обследуя пациентов с ПОУГ, отметили корреляционную связь между показателями окислительного стресса кожи человека и показателями компьютерной периметрии (MD, PSD). Инъекция сосудов соответствует перераспределению кровотока, в результате чего возрастает риск ишемизирования и развития периваскулярных нарушений у пациентов с ПОУГ, что можно оценить, используя спектрофлуориметрические показатели NADH (никотинамидадениндинуклеотид фосфата) [18].

В процессе биохимических реакций в тканях меняется относительное содержание основных флуорофоров, харак-

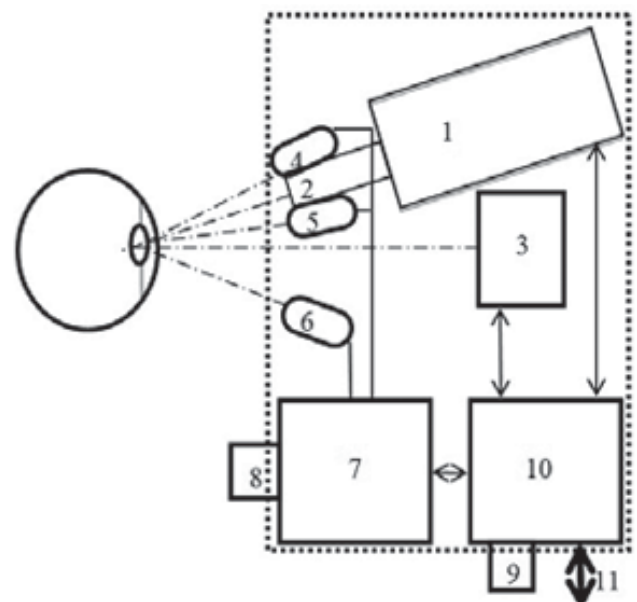
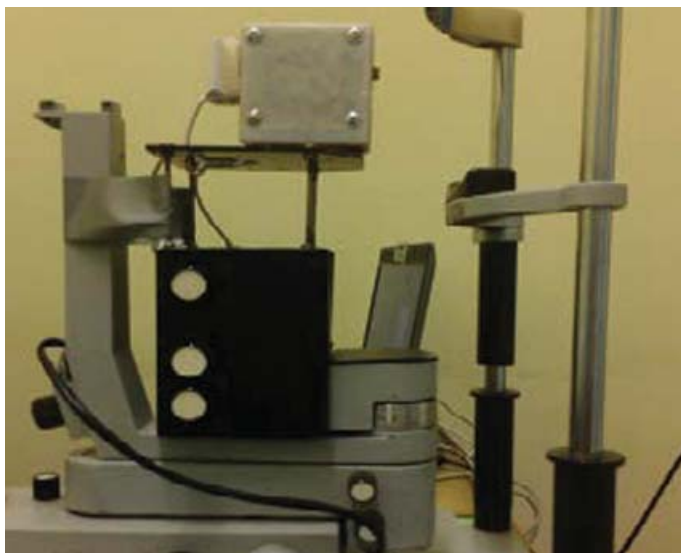


Рисунок. Малогабаритный офтальмологический спектрофлуориметр, установленный на штатив щелевой лампы

Figure. Compact ophthalmological spectrofluorimeter mounted on the slit lamp support

теризующихся собственной флуоресценцией. Основными флуорофорами тканей являются коллаген, эластин, NADH, флавопротеиды (FAD), аскорбиновая кислота, которые участвуют во всех окислительно-восстановительных процессах и реакциях восстановительного биосинтеза, поэтому любые сдвиги в клеточном метаболизме отражаются в динамике их свойств. Молекула NADH участвует в важнейших биохимических окислительно-восстановительных внутриклеточных процессах, таких как гликолиз, цикл Кребса, дыхание.

Спектрофлуориметрическая диагностика основана на регистрации флуоресценции эндо- и экзогенных флуорофоров. Исследование аутофлуоресценции осуществляется путем возбуждения ее излучением длиной волны 340 нм. Это связано с тем, что основной флуорофор NADH имеет пик поглощения на длине волны 340 нм [19]. С помощью спектрофлуориметрии доказано, что ношение мягких контактных линз влияет на ишемическое состояние зоны лимба [20]. На сегодняшний день разработана и запатентована методика диагностики пациентов с возрастной и осложненной катарактой при помощи офтальмологического спектрофлуориметра, на основе полученных данных можно оценить необходимое время ультразвукового воздействия на хрусталик [21]. Доказана безопасность разработанного малогабаритного офтальмологического спектрофлуориметра, светодиоды которого, подобно лазерным источникам, характеризуются высокой степенью монохроматичности излучения и обладают высокой яркостью. Данное устройство отвечает санитарным нормам и правилам эксплуатации лазеров (СанПин 5804-91), не оказывает воздействия на сетчатку глаза, что подтверждается отсутствием изменений электроретинограммы после его использования для спектрофлуориметрического диагностического обследования [22].

ЦЕЛЬ работы — оценить изменения зоны лимба у пациентов с ПОУГ на фоне длительных инстилляций аналогов ПГ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для персонифицированной оценки риска развития воспаления с формированием рубцовой фильтрационной подушки при хирургии глаукомы использовался анализ спектрофлуориметрических показателей с эмиссией от 410 до 440 нм (пики, характерные для коллагена и NADH). Увеличение этих показателей является свидетельством как ишемических нарушений (аккумуляция NADH в клетке из-за торможения митохондриального дыхания и гликолиза), так и стимуляции коллагенпродуцирующей активности фибробластов (индуцируется гипоксией). Спектрофлуориметрия проводилась по индивидуальной методике при помощи офтальмологического спектрофлуориметра, разработанного в НИИ молекулярной медицины и патобиохимии КГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, на базе КГБУЗ ККОКБ им. проф. П.Г. Макарова и [20, 21].

На функциональной схеме (рисунок) показан принцип работы офтальмологического спектрофлуориметра: информацию о спектрах получают с помощью спектрометра (1); излучение от исследуемого объекта поступает в спектрометр через конденсорную линзу (2); для визуального наблюдения за глазом пациента в состав прибора включена миниатюрная USB-видеокамера (3); для возбуждения флуоресценции используется диагональное излучение двумя светодиодами со скрещивающимися под острым углом пучками (4, 5); для удобства наведения системы на объект в условиях слабого освещения используется белый светодиод подсветки (6), дающий рассеянное излучение; для включения и выключения светодиодов, синхронных с запуском спектрометра,

Таблица. Показатели интенсивности флуоресценции в различных клинических группах

Table. Fluorescence intensity measures in different clinical groups

Показатели Parameters	1-я группа 1st group	2-я группа 2nd group	p
Количество пациентов Number of patients	129	73	
ВГД, мм рт. ст. Intraocular pressure, mm Hg	18,0 ± 2,7	19,0 ± 2,1	0,001
Среднее значение интенсивности флуоресценции Mean fluorescence intensity	0,319 ± 0,047	0,352 ± 0,043	0,0002

используется аппаратно-программное устройство управления светодиодами (7). Запуск сигнала запуска измерения осуществляется нажатием кнопки на рукоятке прибора (8) либо по команде с компьютера. Для удобства хранения информации (данные измерений, снимки с видеокамеры, программное обеспечение) используется модуль флэш-памяти (9) компьютера (10).

Всего обследовано 202 пациента с ПОУГ в возрасте 56–87 лет, в том числе 109 (53,96 %) женщин и 93 (46,03 %) мужчины, из них 60 (29,7 %) пациентов с развитой стадией ПОУГ и 142 (70,3 %) пациента с далеко зашедшей стадией.

Первую группу составили пациенты в возрасте 69,4 ± 10,3 года, 60 (46,5 %) мужчин и 69 (53,4 %) женщин, получавшие бета-блокаторы (ББ) и ингибиторы карбоангидразы (ИКА) в течение 5–10 мес, из них с развитой стадией ПОУГ было 39 (30,2 %) пациентов, с далеко зашедшей — 90 (69,7 %).

Вторую группу составили пациенты в возрасте 72,3 ± 9,4 года, 33 (45,2 %) мужчины и 40 (54,8 %) женщин, получавшие в течение 5–10 мес помимо ББ и ИКА еще и аналоги ПГ, из них с развитой стадией ПОУГ был 21 (28,7 %) пациент, с далеко зашедшей стадией — 52 (71,23 %).

Пациенты 1-й и 2-й групп были сопоставимы по полу, возрасту и стадиям глаукомной нейропатии.

Все пациенты были с компенсированным офтальмотонусом. Тонометрию проводили с помощью тонометра Маклакова массой 10 г. Среднее значение исходного ВГД составило 18,2 ± 3,4 мм рт. ст.

Статистический анализ результатов проведен на персональном компьютере при помощи Microsoft Office Excel 2010 и пакета прикладных программ Statistica v. 13.0 StatSoft Inc. (США) и SPSS 22 (IBM). Полученные выборки характеризуются как нормально распределенные, поэтому для них рассчитывали выборочное среднее и стандартное отклонение. Для сравнения нормально распределенных выборок использовали парный t-критерий Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании полученных нормированных на среднее значение спектров флуоресценции при ультрафиолетовом возбуждении (375 нм) зоны лимба в исследованных группах получен спектр t-критерия. Найденные реперные длины волн для спектров, нормированных на среднее значение, соответствуют коллагену и связанному NADH 410-420 нм и FAD 525 нм.

Для оценки влияния предполагаемого действия аналогов ПГ мы использовали критерий $h_a = I_{410}/I_{525}$ — отношение интенсивностей флуоресценции на длинах волн 410 и 525 нм.

В таблице приведены данные t-теста для указанного критерия при сравнении 1-й (без использования аналогов ПГ) и 2-й (с использованием аналогов ПГ) группы.

Уровень ВГД в 1-й и 2-й группах на момент спектрофлуориметрического исследования был компенсированным ($18,0 \pm 2,7$ и $19,0 \pm 2,1$ соответственно).

Как видно из таблицы, во 2-й группе отношение интенсивности флуоресценции в области длин волн 410/520 нм NADH/FAD выше, чем в 1-й, что можно интерпретировать как гипоксическое состояние зоны лимба у пациентов, применяющих аналоги ПГ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спектрофлуориметрическое исследование пациентов с ПОУГ, принимающих аналоги ПГ, может быть полезно для выявления у них ишемии в зоне лимба, так как у этой категории пациентов велика вероятность формирования рубцовых изменений в области фильтрационной подушки в раннем послеоперационном периоде после антиглаукомных вмешательств.

Литература/References

1. Flaxman S.R., Bourne R.R.A., Resnikoff S., et al. Global causes of blindness and distance vision impairment 1990–2020: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob. Health.* 2017; 5 (12): e1221–e1234. doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30393-5
2. Watson P.G., Jakeman C., Ozturk M., et al. The complications of trabeculectomy (a 20-year follow-up). *Eye.* 1990; 4: 425–438. doi: 10.1038/eye.1990.54
3. Lim K.S., Allan B.D.S., Lloyd A.W., Muir A., Khaw P.T. Glaucoma drainage devices: past, present, and future. *Br. J. Ophthalmol.* 1998; 82:1083–1089.
4. European Glaucoma Society. Terminology and guidelines for glaucoma. 4th edition ed: Savona, Italy, PubliComm; 2014.
5. Li T., Lindsley K., Rouse B., et al. Comparative effectiveness of first-line medications for primary open-angle glaucoma: a systematic review and network meta-analysis. *Ophthalmology.* 2016; 123: 129–140.
6. Еричев В.П., Петров С.Ю., Козлова И.В., Волжанин А.В., Мураховская Ю.К. Эффективность и безопасность применения биматопроста в стартовой гипотензивной терапии при первичной открытоугольной глаукоме. *Национальный журнал глаукома.* 2019;18 (1): 33–8. [Erichew V.P., Petrov S.Yu., Kozlova I.V., Volzhanin A.V., Murakhovskaya Yu.K. Bimatoprost efficacy and safety as an initial hypotensive therapy in primary open-angle glaucoma. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma.* 2019; 18 (1): 33–8 (in Russian)]. https://doi.org/10.25700/NJG.2019.01.05
7. Arcieri E.S., Santana A., Rocha F.N., et al. Blood-aqueous barrier changes after the use of prostaglandin analogues in patients with pseudophakia and aphakia: a 6-month randomized trial. *Arch. Ophthalmol.* 2005 Feb; 123 (2): 186–92. doi: 10.1001/archoph.123.2.186
8. Feldman R.M. Conjunctival hyperemia and the use of topical prostaglandins in glaucoma and ocular hypertension. *J. Ocul. Pharmacol. Ther.* 2003 Feb; 19 (1): 23–35. doi: 10.1089/108076803762718088
9. Казанова С.Ю. Побочные эффекты аналогов простагландинов, используемых в офтальмологической практике. *Российский офтальмологический журнал.* 2021; 14 (2): 85–9. [Kazanova S.Yu. Adverse effects of prostaglandin analogues used in ophthalmological practice. *Russian ophthalmological journal.* 2021; 14 (2): 85–9 (in Russian)]. https://doi.org/10.21516/2072-0076-2021-14-2-85-89
10. Петров С.Ю., Ловпаче Дж.Н., Лоскутов И.А., Сафонова Д.М. Влияние местной гипотензивной терапии на состояние тканей переднего отрезка глаза и исход фистулизирующей хирургии глауком. *Офтальмологические ведомости.* 2017; 10 (4): 41–7. [Petrov S.Yu., Lovpache Dzh. N., Loskutov I.A., Safronova D.M. The influence of local IOP-lowering therapy on the anterior segment tissues and outcome of glaucoma filtering surgery. *Oftal'mologicheskie vedomosti.* 2017; 10 (4): 41–7 (in Russian)]. doi: 10.17816/OVI0441-47
11. Chiam P. Travoprost induced granulomatous anterior uveitis. *Case Rep. Ophthalmol. Med.* 2011; 2011: 507073. https://doi.org/10.1155/2011/507073
12. Peace J., Ahlberg P., Wagner M., et al. Polyquaternium-1-preserved travoprost 0.003% or benzalkonium chloride-preserved travoprost 0.004% for glaucoma and ocular hypertension. *Am. J. Ophthalmol.* 2015 Aug; 160 (2): 266–74.e1. doi: 10.1016/j.ajo.2015.04.041
13. Walimbe T., Chelerkar V., Bhagat P., et al. Effect of benzalkonium chloride free latanoprost ophthalmic solution on ocular surface in patients with glaucoma. *Clin. Ophthalmol.* 2016 May 9; 10: 821–7. doi: 10.2147/OPTH.S102976
14. Hornubia F., Garcia-Sanchez J., Polo V., et al. Conjunctival hyperaemia with the use of latanoprost versus other prostaglandin analogues in patients with ocular hypertension or glaucoma: a meta-analysis of randomised clinical trials. *Br. J. Ophthalmol.* 2009; 93 (3): 316–321. doi: 10.1136/bjo.2007.135111
15. Vladimirova E.S., Salmin V.V., Salmina A.B., et al. Fluorescence diagnosis of the status of the human lens in vivo. *Journal of Applied Spectroscopy.* 2012; 79 (1): 126–130. doi: 10.20333/25000136-2014-1-39-43
16. Salmin V.V., Lazarenko V.I., Salmina A.B., Hovalyg M.Sh., Vladimirova E.S. Diagnostics of the cornea pathology by the laser-fluorescence spectroscopy method. *Journal of Applied Spectroscopy.* 2012; 4: 646–50. doi: 10.1007/s10812-012-9649-4
17. Himori N., Kunikata H., Kawasaki R., et al. The association between skin autofluorescence and mean deviation in patients with open-angle glaucoma. *Br. J. Ophthalmol.* 2017; 101: 233–8. doi: 10.1136/bjophthalmol-2016-309504
18. Himori N., Kunikata H., Shiga Y., et al. The association between systemic oxidative stress and ocular blood flow in patients with normal-tension glaucoma. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2016; 254 (2): 333–41. doi: 10.1007/s00417-015-3203-z
19. Владимиров Е.С., Салмин В.В., Салмина А.Б. Флуоресцентная диагностика состояния хрусталика человека in vivo. *Журнал прикладной спектроскопии.* 2012; 79 (1): 136–40. [Vladimirova E.S., Salmin V.V., Salmina A.B. Fluorescent diagnostics of a condition of a human crystalline lens in vivo. *Journal of applied spectroscopy.* 2012; 79 (1): 136–40 (in Russian)].
20. Salmin V., Gar'kavenko V., Levchenko J. et al. UVA-induced autofluorescence spectroscopy in ophthalmology. In: Asia Communications and Photonics Conference 2014; OSA Technical Digest (online), paper ATh3A.203. doi: 10.1364/ACPC.2014.ATh3A.203
21. Гарькавенко В.В., Салмин В.В., Лазаренко В.И. и др. Определение тактики хирургии катаракты на основании данных спектрофлуориметрического исследования хрусталика. *Российский офтальмологический журнал.* 2017; 10 (4): 16–9. [Gar'kavenko V.V., Salmin V.V., Lazarenko V.I., et al. Choosing the cataract surgery approach on the basis of spectrofluorometric examination of the of lens. *Russian ophthalmological journal.* 2017; 10 (4): 16–9 (in Russian)]. doi: 10.21516/2072-0076-2017-10-4-16-19
22. Нероев В.В., Гарькавенко В.В., Шапиро Л.А., Салмин В.В. Оценка состояния электрогенеза сетчатки при ультрафиолетовом спектрофлуориметрическом исследовании глаза. *Российский офтальмологический журнал.* 2020; 13 (2): 41–4. [Neroev V.V., Gar'kavenko V.V., Shapiro L.A., Salmin V.V. Assessment of retina electrogenesis in ultraviolet spectrofluorimetry of the eye. *Russian ophthalmological journal.* 2020; 13 (2): 41–4 (in Russian)]. https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-41-44

Вклад авторов работу: В.В. Нероев — научный консультант; В.В. Гарькавенко — исследование пациентов, написание статьи; В.В. Салмин — разработка спектрофлуориметра, разработка методики исследования.

Author's contribution: V.V. Neroev — scientific supervisor; V.V. Gar'kavenko — examination of the patients, writing of the article; V.V. Salmin — development of the spectrofluorimeter and the research technique.

Поступила: 19.03.2021. Переработана: 22.03.2021. Принята к печати: 26.03.2021
Originally received: 19.03.2021. Final revision: 22.03.2021. Accepted: 26.03.2021

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России,
ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105026, Россия

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

КГБУЗ «Красноярская краевая офтальмологическая клиническая
больница им. профессора П.Г. Макарова», ул. Никитина, д. 1в, Крас-
ноярск, 660011, Россия

Виктор Валерьевич Гарькавенко — канд. мед. наук, заведующий
2-м микрохирургическим отделением

ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский универси-
тет им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого», ул. Партизана Желез-
няка, д. 1, Красноярск, 660022, Россия

Владимир Валерьевич Салмин — д-р физ.-мат. наук, доцент, заве-
дующий кафедрой медицинской и биологической физики

Для контактов: Виктор Валерьевич Гарькавенко,
victor-unique@yandex.ru

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

Vladimir V. Neroev — academician of RAS, Dr. of Med. Sci., professor,
director

*Makarov Ophthalmology Clinical Hospital, 1v, Nikitina St., Krasnoyarsk,
660011, Russia*

Victor V. Gar'kavenko — Cand. of Med. Sci., head of ophthalmological
department

*Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voino-
Yasenetsky, 1, Partizana Zhelezniaka St., Krasnoyarsk, 660022, Russia*

Vladimir V. Salmin — Dr. of Phys-Math. Sci., associate professor, head
of chair of medical and biological physics

Contact information: Victor V. Gar'kavenko,
victor-unique@yandex.ru