

## Электрогенез сетчатки и зрительного нерва после витрэктомии по поводу первичного полного макулярного разрыва



А.Н. Куликов



Е.Н. Николаенко



В.В. Волков



В.Ф. Даниличев

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации  
ул. Академина Лебедева, 6, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

### РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2019;16(1):46–55

**Цель:** изучить динамику электрофизиологических показателей сетчатки и зрительного нерва после витрэктомии по поводу полного макулярного разрыва. **Пациенты и методы.** Выполнено электрофизиологическое обследование 40 пациентов (40 глаз) до витрэктомии, на 1, 3, 7, 14, 30, 60, 180-е сутки после операции. В зависимости от тампонирующего стекловидную камеру субстрата сформировано три группы пациентов: I — тампонада стерильным воздухом, II — тампонада газозооной смесью, III — тампонада силиконовым маслом. **Результаты.** В группах I, II и III выявлено значимое угнетение электрогенеза сетчатки, зрительного нерва на 1-е сутки ( $p < 0,001$ ) после витрэктомии. В группе I, II, III нормализация всех электрофизиологических показателей отмечена к концу периода наблюдения, за исключением показателей колбочковой системы сетчатки и зрительного нерва в группе III. Электрофизиологические показатели восстанавливались в 2 раза медленнее у пациентов в группе II по сравнению с группой I вследствие угнетающего воздействия перфторпропана в составе тампонирующей смеси. В группах I, II электрогенез фоторецепторных клеток восстанавливался в 2 раза быстрее, чем на уровне биполярных клеток. **Выводы.** Витрэктомия вызывает значимое угнетение электрогенеза на уровне фоторецепторов, биполярных, ганглиозных клеток сетчатки. Длительность витрэктомии является значимым негативным фактором, определяющим степень угнетения электрогенеза сетчатки, зрительного нерва в послеоперационном периоде. Тампонада газозооной смесью с перфторпропаном и силиконовым маслом (в отличие от тампонады стерильным воздухом) является значимым неблагоприятным фактором, влияющим на степень угнетения электрогенеза сетчатки и зрительного нерва в послеоперационном периоде. Диаметр идиопатического макулярного разрыва является значимым фактором угнетения электрогенеза колбочковой системы сетчатки. Фоторецепторные клетки обладают более выраженной способностью к восстановлению, чем биполярные клетки.

**Ключевые слова:** витрэктомия, зрительные вызванные потенциалы, идиопатический макулярный разрыв, электроретинограмма, электрофосфен

**Для цитирования:** Куликов А.Н., Николаенко Е.Н., Волков В.В., Даниличев В.Ф. Электрогенез сетчатки и зрительного нерва после витрэктомии по поводу первичного полного макулярного разрыва. *Офтальмология*. 2019;16(1):46–55. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-1-46-55>

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

**Конфликт интересов отсутствует**



# Electrogenesis of Retina and Optic Nerve after Vitrectomy for the Primary Full-Thickness Macular Hole

A. N. Kulikov, E. N. Nikolaenko, V. V. Volkov, V. F. Danilichev

Medical Military Academy named after S.M. Kirov, Ministry of Defence of the Russian Federation  
Academica Lebedeva str., 6, St. Petersburg, 194044, Russian Federation

## ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2019;16(1):46–55

**Purpose.** To study the dynamics of electrophysiological parameters of the retina and optic nerve after vitrectomy for a primary full-thickness macular hole. **Patients and Methods.** Electrophysiological examination was performed in 40 patients (40 eyes) before vitrectomy, on the 1st, 3rd, 7th, 14th, 30th, 60th, 180th day after the operation. Three groups of patients were formed depending on the intraocular tamponade: the first group — air tamponade, the second group — gas (C3F8) tamponade, the third group — silicone oil tamponade. **Results.** In the first, second and third groups significant decrease in the retinal and optic nerve electrogenesis was revealed on the 1st day ( $p < 0.001$ ) after vitrectomy. By the end of observation period all electrophysiological indices in the first, second and third groups recover to normal levels, excluding the retinal cone system and optic nerve parameters in the third group. Electrophysiological indices recovered twice as slow in the second group, compared to the first group, due to C3F8 gas tamponade inhibitory effect. In the first and second groups the photoreceptors recovered twice as fast as bipolar cells. **Conclusions.** Vitrectomy causes significant inhibition of photoreceptors, bipolar and ganglion cells electrogenesis. The duration of vitrectomy is a significant negative factor determining retinal and optic nerve electrogenesis inhibition in the postop. Intraocular C3F8 gas, silicon oil tamponade (compared to air tamponade) is a significant adverse factor affecting retinal and optic nerve electrogenesis inhibition in the postop. The primary full-thickness macular hole diameter is a significant factor in inhibiting electrogenesis of the retinal cone system. Photoreceptors have a greater rehabilitation ability than bipolar cells.

**Keywords:** vitrectomy, visual evoked potentials, idiopathic macular hole, electroretinogram, electrophosphorus

**For citation:** Kulikov A.N., Nikolaenko E.N., Volkov V.V., Danilichev V.F. Electrogenesis of Retina and Optic Nerve after Vitrectomy for the Primary Full-Thickness Macular Hole. *Ophthalmology in Russia*. 2019;16(1):46–55. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-1-46-55>

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

**There is no conflict of interests**

## ВВЕДЕНИЕ

Идиопатический макулярный разрыв (ИМР) — патологическое состояние центральной области сетчатки, возникающее вследствие нарастающей тангенциальной витреоретинальной тракции в области фovea и встречается у лиц старше 55–60 лет, причем у женщин в 8 раз чаще, чем у мужчин [1, 2]. ИМР клинически проявляется выраженным резким снижением центрального зрения, наличием абсолютной центральной скотомы [3]. В настоящее время наиболее широко распространенным методом лечения ИМР является трансклиарная витрэктомия (ВЭ) с удалением внутренней пограничной мембраны (ВПМ) и тампонадой стекловидной камеры (СК) различными заместителями стекловидного тела [4–6].

Высокая информативность современной диагностической аппаратуры, разработка новых витрэктомических систем, совершенствование мануальных навыков хирурга, научные открытия в области этиологии и патогенеза заболеваний макулярной области, витреоретинального интерфейса, появление новых показаний к ВЭ способствуют увеличению количества выполняемых хирургических вмешательств [7, 8].

Наряду с очевидными преимуществами витреоретинальной технологии, позволяющей лечить заболевания, ранее считавшиеся неизлечимыми, ВЭ как хирургическая манипуляция сопровождается объективными неблагоприятными факторами, оказывающими

негативное влияние на сетчатку [9, 10]. К этим факторам относятся: высокочастотная вибрация наконечника витреотома, интенсивная эндоиллюминация светом различной длины волны, интраоперационное колебание внутриглазного давления, орошение сетчатки ирригационными растворами, введение и выведение заменителей стекловидного тела с различными физико-химическими характеристиками, воздействие красителей различного химического состава на сетчатку, механическое воздействие на сетчатку в виде удаления мембран, тракций и т. д. [11–13]. Нередко после проведенного хирургического лечения в полном объеме имеет место несоответствие между функциональными и анатомо-морфологическими показателями органа зрения [14, 15].

В доступной литературе работ, изучающих влияние ВЭ на биоэлектрическую активность сетчатки и зрительного нерва, обнаружено недостаточно.

**Цель исследования:** изучить динамику электрофизиологических показателей сетчатки и зрительного нерва после ВЭ по поводу полного макулярного разрыва.

## ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Критерии включения в исследование:

- пациенты с первичным полным макулярным разрывом (3–4-я стадия, J.D. Gass, 1988);
- выполнение стандартной трехпортовой ВЭ 25 Ga;
- достижение анатомического результата ВЭ — «закрытие» ИМР;

A. N. Kulikov, E. N. Nikolaenko, V. V. Volkov, V. F. Danilichev

Contact information: Nikolaenko Evgenia N. E.N.Nikolaenko@mail.ru

- отсутствие осложнений в послеоперационном периоде;
- соблюдение пациентом режима послеоперационного электрофизиологического мониторинга.

Критерии исключения из исследования:

- рецидив ИМР в послеоперационном периоде;
- наличие в анамнезе офтальмологической патологии, влияющей на электрофизиологические показатели сетчатки и зрительного нерва (закрытые и открытые травмы глаза, диабетическая ретинопатия, глаукома, отслойка сетчатки, посттромботическая ретинопатия и др.);
- наличие интраоперационных осложнений, влияющих на электрофизиологические показатели сетчатки и зрительного нерва (ятрогенная отслойка сетчатки, обширные субмакулярные кровоизлияния, нарушение кровообращения в сетчатке и зрительном нерве и др.).

С учетом критериев включения и исключения в исследование вошли 40 пациентов (40 глаз), 26 женщин и 14 мужчин, средний возраст —  $70,4 \pm 9,1$  года.

Методика хирургического вмешательства: трехпортовая трансклиарная субтотальная ВЭ 25 Ga с использованием витрэктомической системы Accurus (Alcon, США), частота реза витреотома до 2500 Гц, восполнение в ходе операции объема глазного яблока раствором BSS (Alcon, США), прокрашивание патологических мембран и внутренней пограничной мембраны красителем Membrane Blue (Dorc, Голландия). В зависимости от диаметра макулярного разрыва операцию завершали различными тампонирующими веществами: у 10 пациентов (10 глаз) использовали стерильный воздух, у 20 пациентов (20 глаз) — газоздушную смесь (СЗФ8 и стерильный воздух в соотношении 1/4), у 10 пациентов (10 глаз) — силиконовое масло (СМ) Oxane 5700 (Bausch & Lomb, США).

Всем пациентам выполняли визометрию и оценку биоэлектрической активности сетчатки и зрительного нерва с помощью комплекса объективных и субъективных электрофизиологических методов исследования. Оценка остроты зрения проводили с помощью таблицы Сивцева — Головина и набора корригирующих линз с оправой по стандартной методике. Объективные методы электрофизиологических исследований осуществляли с помощью прибора Tomey EP-1000 Multifocal (Tomey,

Япония), которые включали общую электроретинографию (ОЭРГ), ритмическую электроретинографию 30 Гц (РЭРГ 30 Гц), зрительные вызванные потенциалы на вспышку (в-ЗВП). Субъективные методы включали определение порога электрической чувствительности (ЭЧ) и критической частоты исчезновения фосфена (КЧИФ) и были выполнены с использованием электроофтальмостимулятора «ЭСОМ-КОМЕТ» (ООО МНПП «Нейрон», Россия). Исследования проводили перед ВЭ и на 1, 3, 7, 14, 30, 60 и 180-е сутки после операции.

Анализировали следующие электрофизиологические параметры:

- ОЭРГ: амплитуда волны А, В (мкВ), латентность волны А, В (мс), абсолютные изменения амплитуды волны А, В (мкВ), относительные изменения амплитуды волны А, В (%), абсолютные изменения латентности волны А, В (мс), относительные изменения латентности волны А, В (%);
- РЭРГ 30 Гц: амплитуда РЭРГ (мкВ), абсолютные изменения амплитуды РЭРГ (мкВ), относительные изменения амплитуды РЭРГ (%),
- в-ЗВП: латентность пика Р2 (мс), абсолютное изменение латентности пика Р2 (мс), относительное изменение латентности пика Р2 (%),
- ЭЧ: порог ЭЧ (мкА), абсолютное изменение показателей ЭЧ (мкА), относительное изменение показателей ЭЧ (%),
- КЧИФ: показатели КЧИФ (Гц), абсолютное изменение показателей КЧИФ (Гц), относительное изменение показателей КЧИФ (%).

Статистическую обработку данных выполняли с помощью статистического приложения MedCalc Software (определение коэффициента корреляции и его достоверности, t-критерия, непараметрического критерия Манна — Уитни), пакета анализа данных табличного процессора Microsoft Excel 2013 (опции описательной статистики).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Количество пациентов в группах, распределение пациентов по полу и возрасту, средний диаметр ИМР и вид тампонады СК представлен в таблице 1.

**Таблица 1.** Общая характеристика пациентов по группам

**Table 1.** General characteristics of patients in groups

Характеристика / Characteristic		I группа / First group	II группа / Second group	III группа / Third group
Возраст / Age		70,1 ± 10,6	72,4 ± 10,1	67,7 ± 6,8
Пол Gender	мужской/male	8	5	1
	женский/female	12	5	9
Стадия ИМР (J.D. Gass, 1988) Stage macular hole (J.D. Gass, 1988)		III	III	IV
Размер ИМР (ОКТ, мкм) Diameter macular hole (OCT, μm)		373,3 ± 45,5	509,8 ± 43,7	657,9 ± 109,8
Вид тампонирующего субстрата Type of tamponade		Стерильный воздух Air	Газоздушная смесь Gas	Силиконовое масло Silicone oil

Контрольная группа (70 человек — 70 глаз) была сформирована из пациентов, перенесших стандартную факоэмульсификацию с имплантацией интраокулярной линзы без осложнений.

Динамика показателей остроты зрения во всех группах представлена на рис. 1.

Исходные показатели биоэлектrogenеза сетчатки и зрительного нерва в первой, второй, третьей, контрольной группе представлены на рисунках 2, 3, 8, 11, 14, 17.

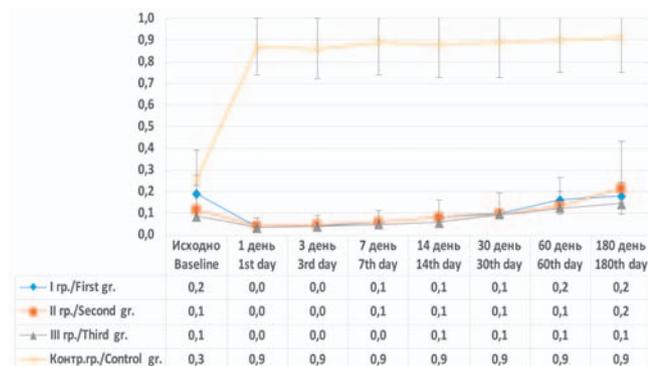


Рис. 1. Динамика остроты зрения во всех группах

Fig. 1. Dynamics of the visual acuity in all groups

В первой группе при оценке анализируемых параметров биоэлектrogenеза на уровне фоторецепторов и биполярных клеток на 1-е сутки после ВЭ выявлено значимое снижение амплитуды волны А и В ( $p < 0,001$ ) (рис. 2-7). С 3-х суток отмечалось увеличение амплитуды волн А и В. Нормализация показателей волны А выявлена к 7-м суткам, волны В — к 14-м суткам после ВЭ, данная тенденция сохранялась до конца периода наблюдения.

При оценке анализируемых параметров биоэлектrogenеза колбочковой системы сетчатки на 1-е сутки



Рис. 2. Динамика амплитуды волны А ОЭРГ, мкВ

Fig. 2. Dynamics of the A wave amplitude of the Full-field ERG,  $\mu V$

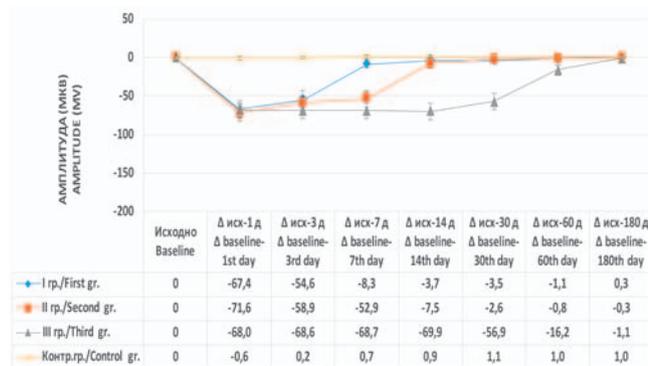


Рис. 3. Динамика амплитуды волны В ОЭРГ, мкВ

Fig. 3. Dynamics of the B wave amplitude of the Full-field ERG,  $\mu V$

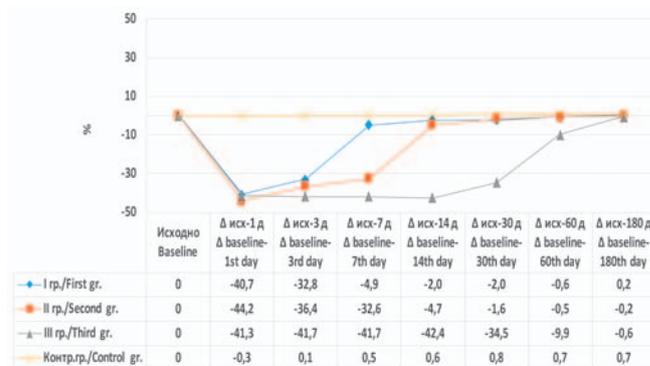


Рис. 4. Динамика абсолютного угнетения волны А ОЭРГ, мкВ

Fig. 4. Dynamics of the absolute inhibition of the A wave Full-field ERG,  $\mu V$

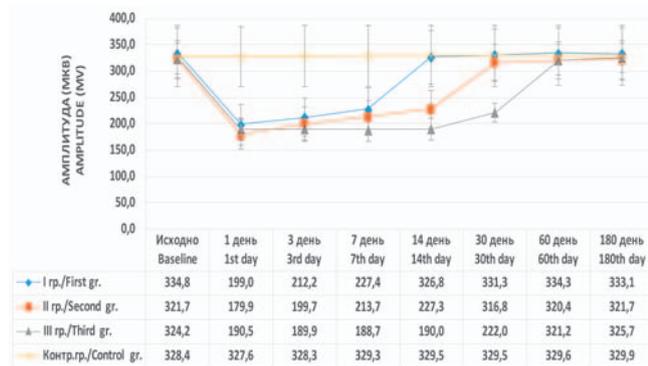


Рис. 5. Динамика абсолютного угнетения волны В ОЭРГ, мкВ

Fig 5. Dynamics of the absolute inhibition of the B wave Full-field ERG,  $\mu V$

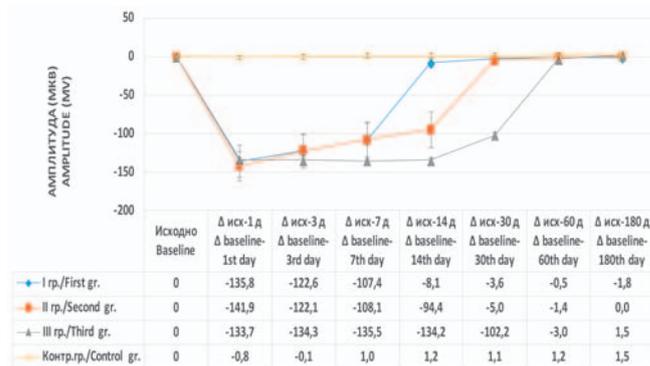


Рис. 6. Динамика относительного угнетения волны А ОЭРГ, %

Fig. 6. Dynamics of the relative inhibition of the A wave Full-field ERG, %

отмечалось достоверное снижение амплитуды РЭРГ ( $p < 0,001$ ) (рис. 8–10). С 3-х суток имело место постепенное увеличение амплитудных показателей РЭРГ, с 7-х суток после ВЭ — нормализация амплитудных показателей. Данная тенденция сохранялась до конца периода наблюдения.

При анализе динамики показателей функционального состояния зрительного нерва отмечалось достоверное увеличение ( $p < 0,001$ ) временных параметров пика Р2 в-ЗВП на 1-е сутки после операции (рис. 11–13). С 3-х суток после ВЭ имела место тенденция к восстановлению

скорости проведения нервного импульса (уменьшение пиковой латентности пика Р2 в-ЗВП). К 14-м суткам определялась нормализация временных параметров пика Р2 в-ЗВП.

При оценке анализируемых параметров функционального состояния внутренних слоев сетчатки выявлено достоверное увеличение порога ЭЧ на 1-е сутки послеоперационного наблюдения (рис. 14–16). С 3-х суток после ВЭ наблюдалось постепенное восстановление порога ЭЧ до исходных значений. К 7-м суткам наблюдения отмечалась

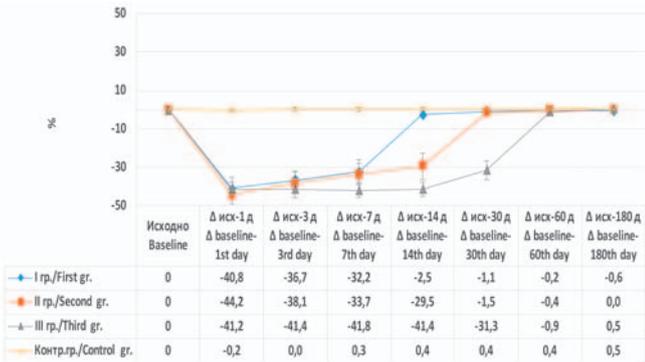


Рис. 7. Динамика относительного угнетения волны В ОЭРГ, %

Fig. 7. Dynamics of the relative inhibition of the B wave Full-field ERG, %

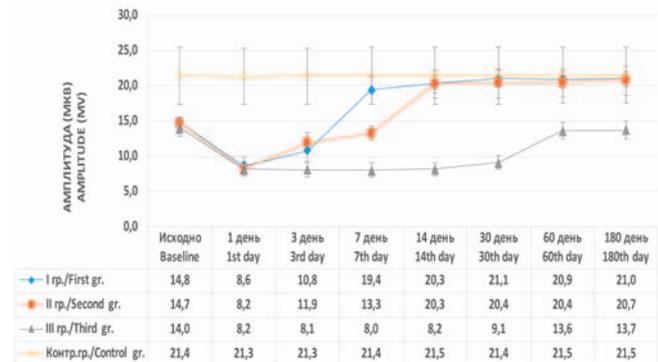


Рис. 8. Динамика амплитуды РЭРГ 30 Гц, мкВ

Fig. 8. Dynamics of the Flicker ERG 30 Hz amplitude, μV

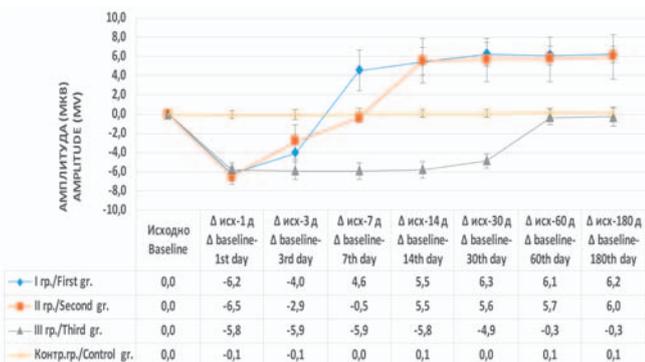


Рис. 9. Динамика абсолютного угнетения амплитуды РЭРГ 30 Гц, мкВ

Fig. 9. Dynamics of the absolute inhibition of the Flicker ERG 30 Hz amplitude, μV

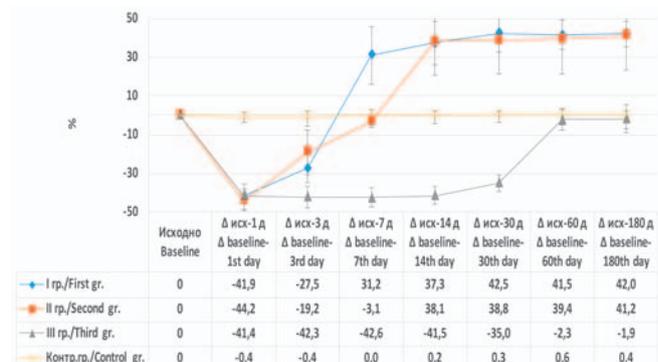


Рис. 10. Динамика относительного угнетения амплитуды РЭРГ 30 Гц, %

Fig. 10. Dynamics of the relative inhibition of the Flicker ERG 30 Hz amplitude, %

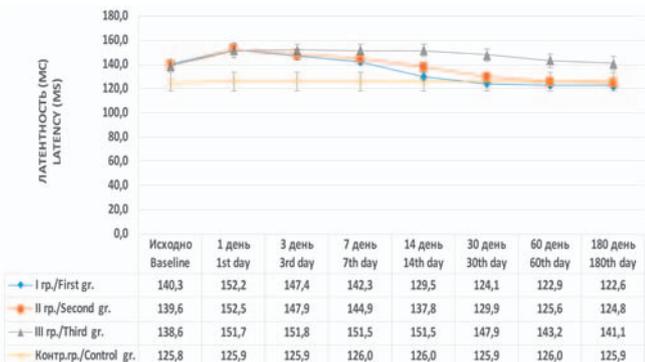


Рис. 11. Динамика латентности компонента Р2 в-ЗВП, мс

Fig. 11. Dynamics of the P2 flash VEP latency, ms

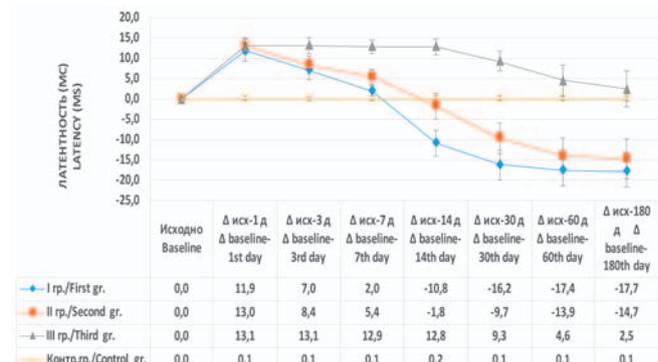


Рис. 12. Динамика абсолютного угнетения латентности компонента Р2 в-ЗВП, мс

Fig. 12. Dynamics of the absolute inhibition of the P2 flash VEP latency, ms

нормализация показателей порога ЭЧ. Данная тенденция сохранялась до конца периода наблюдения.

При анализе динамики функционального состояния папилломакулярного пучка зрительного нерва выявлено достоверное снижение показателей КЧИФ на 1-е сутки послеоперационного наблюдения (рис. 17–19). С 14-х суток после ВЭ отмечалась нормализация показателей КЧИФ. Данная тенденция сохранялась до конца периода наблюдения.

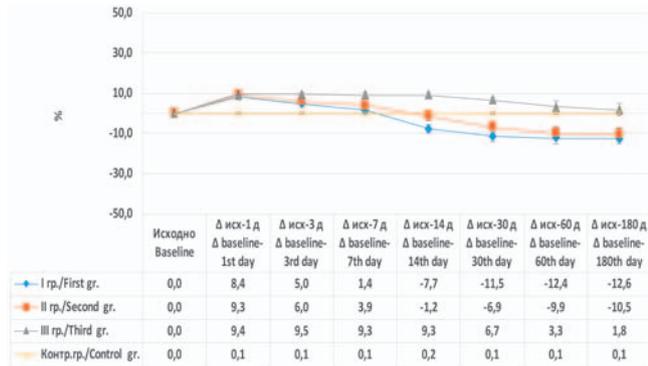


Рис. 13. Динамика относительного угнетения латентности компонента P2 в-ЗВП, %

Fig. 13. Dynamics of the relative inhibition of the P2 flash VEP latency, %

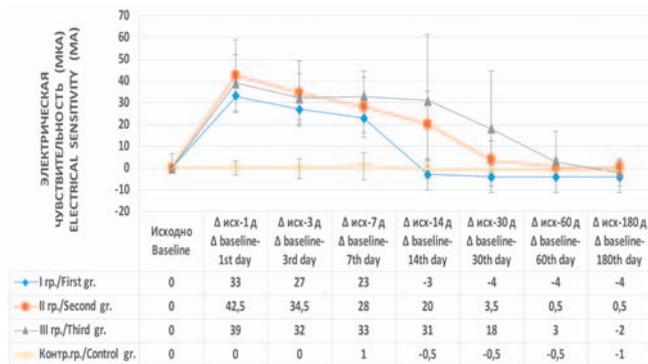


Рис. 15. Динамика абсолютного угнетения электрической чувствительности, мкА

Fig. 15. Dynamics of the absolute inhibition of the electrical sensitivity, μA

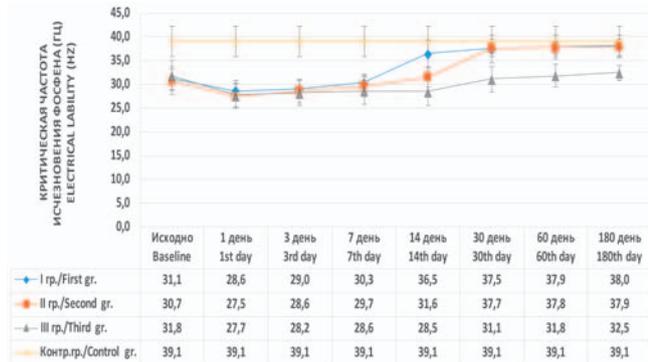


Рис. 17. Динамика критической частоты исчезновения фосфена, Гц

Fig. 17. Dynamics of the electrical lability, Hz

Во второй группе при оценке анализируемых параметров биоэлектrogenеза на уровне фоторецепторов и биполярных клеток на 1-е сутки после ВЭ выявлено значимое снижение амплитуды волн А и В ( $p < 0,001$ ) (рис. 2–7). С 3-х суток отмечалось увеличение амплитудных показателей волн А и В. Нормализация показателей волны А выявлена к 14-м суткам, волны В — к 30-м суткам после ВЭ. Данная тенденция сохранялась до конца периода наблюдения.

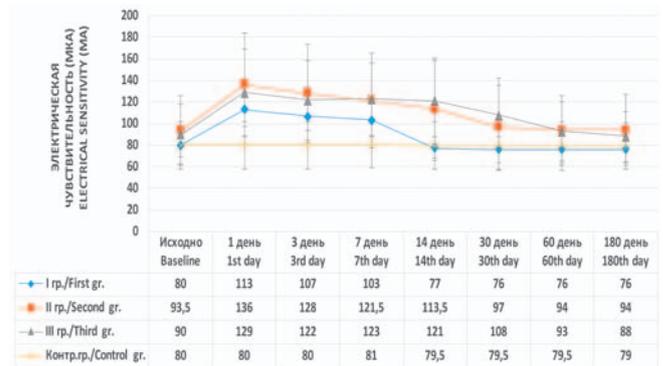


Рис. 14. Динамика электрической чувствительности, мкА

Fig. 14. Dynamics of the electrical sensitivity, μA

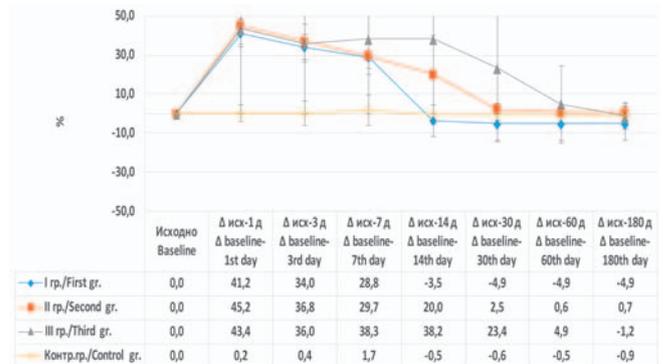


Рис. 16. Динамика относительного угнетения электрической чувствительности, %

Fig. 16. Dynamics of the relative inhibition of the electrical sensitivity, %

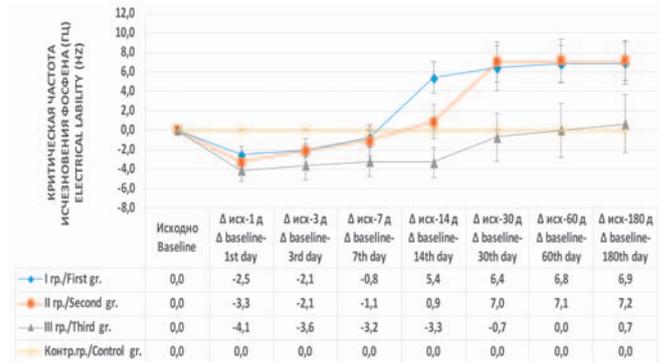
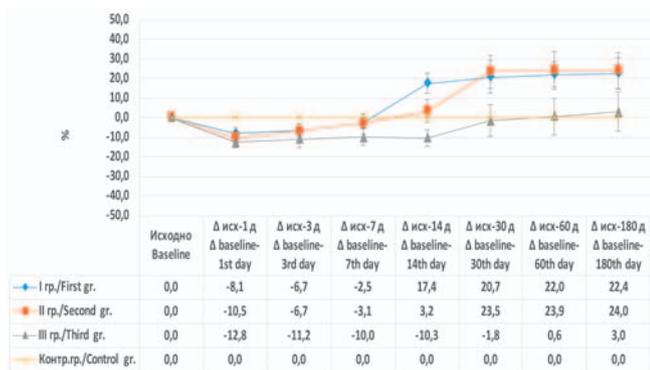


Рис. 18. Динамика абсолютного угнетения критической частоты исчезновения фосфена, Гц

Fig. 18. Dynamics of the absolute inhibition of the electrical lability, Hz



**Рис. 19.** Динамика относительного угнетения критической частоты исчезновения фосфена, %

**Fig. 19.** Dynamics of the relative inhibition of the electrical lability, %

При оценке анализируемых параметров биоэлектротрогенеза колбочковой системы сетчатки на 1-е сутки отмечалось достоверное снижение амплитуды РЭРГ ( $p < 0,001$ ) (рис. 8–10), с 3-х суток — постепенное увеличение амплитудных показателей РЭРГ (восстановление электрогенеза колбочковой системы сетчатки). С 14-х суток после ВЭ наблюдалась нормализация амплитудных показателей. Данная тенденция сохранялась до конца периода наблюдения.

При анализе динамики показателей функционального состояния зрительного нерва отмечалось достоверное увеличение ( $p < 0,001$ ) временных параметров пика Р2 в-ЗВП на 1-е сутки после операции (рис. 11–13). С 3-х суток после ВЭ имела место тенденция восстановления скорости проведения нервного импульса (уменьшение пиковой латентности пика Р2 в-ЗВП). К 30-м суткам определялась нормализация временных параметров пика Р2 в-ЗВП.

При оценке анализируемых параметров функционального состояния внутренних слоев сетчатки отмечалось достоверное увеличение порога ЭЧ на 1-е сутки послеоперационного наблюдения (рис. 14–16). С 3-х суток после ВЭ наблюдалось постепенное восстановление порога ЭЧ до исходных значений, к 14-м суткам наблюдения — нормализация показателей порога ЭЧ. Данная тенденция сохранялась до конца периода наблюдения.

При анализе динамики функционального состояния папилломакулярного пучка зрительного нерва отмечалось достоверное снижение показателей КЧИФ на 1-е сутки послеоперационного наблюдения (рис. 17–19). С 30-х суток после ВЭ имела место нормализация показателей КЧИФ, данная тенденция сохранялась до конца периода наблюдения.

В третьей группе при оценке анализируемых параметров биоэлектротрогенеза на уровне фоторецепторов, биполярных клеток на 1-е сутки после ВЭ выявлено значимое снижение амплитуды волны А и В ( $p < 0,001$ ) (рис. 2–7). После выведения СМ (на 30-е сутки) отмечалось увеличение амплитудных показателей волн А и В. Нормализация показателей волн А и В выявлена к концу периода наблюдения.

При оценке анализируемых параметров биоэлектротрогенеза колбочковой системы сетчатки на 1-е сутки отмечалось достоверное снижение амплитуды РЭРГ ( $p < 0,001$ ) (рис. 8–10). После выведения СМ (на 30-е сутки) выявлено увеличение амплитудных показателей РЭРГ до исходных значений.

При анализе динамики показателей функционального состояния зрительного нерва отмечалось достоверное увеличение временных параметров пика Р2 в-ЗВП на 1-е сутки после операции ( $p < 0,001$ ) (рис. 11–13). После выведения СМ (на 30-е сутки) определялось уменьшение временных параметров пика Р2 в-ЗВП до исходных значений.

При оценке анализируемых параметров функционального состояния внутренних слоев сетчатки отмечалось достоверное увеличение порога ЭЧ на 1-е сутки послеоперационного наблюдения ( $p < 0,001$ ) (рис. 14–16). После выведения СМ выявлена нормализация показателей порога ЭЧ. Данная тенденция сохранялась до конца периода наблюдения.

При анализе динамики функционального состояния папилломакулярного пучка зрительного нерва имело место достоверное снижение показателей КЧИФ на 1-е сутки послеоперационного наблюдения ( $p < 0,05$ ) (рис. 17–19). После выведения СМ выявлено увеличение показателей КЧИФ до исходного уровня. Данная тенденция сохранялась до конца периода наблюдения.

В контрольной группе амплитуды волн А, В ОЭРГ, амплитуда РЭРГ 30 Гц, латентность пика Р2 в-ЗВП, показатели электрофосфена характеризовались незначительными колебаниями в течение всего периода наблюдения с отсутствием достоверных различий на каждом сроке наблюдения.

Временные показатели волн А и В ОЭРГ четырех групп характеризовались стабильностью, отсутствием достоверных различий на всех сроках наблюдения.

При сравнительном анализе исходных показателей амплитудных параметров РЭРГ 30 Гц в четырех группах выявлена статистически достоверная разница амплитуды РЭРГ между первой, второй, третьей группой и группой контроля ( $p < 0,001$ ).

При сравнительном анализе исходных показателей временных параметров в-ЗВП в четырех группах выявлена статистически достоверная разница латентности пика Р2 в-ЗВП между первой второй, третьей группой и группой контроля.

При сравнительном анализе исходных показателей КЧИФ в четырех группах выявлена статистически достоверная разница показателей КЧИФ между первой, второй, третьей группой и группой контроля ( $p < 0,001$ ).

Длительность витректомии в среднем в трех основных группах составляла  $42,1 \pm 5,1$  минуты.

Методом корреляционного анализа показаны следующие значимые зависимости ( $p < 0,001$ ):

- прямая сильная корреляционная связь между длительностью витректомии в минутах и относительным угнетением амплитуды волны А (коэффициент корреляции = 0,98 ( $p < 0,001$ ));

- прямая сильная корреляционная связь между длительностью витрэктомии в минутах и относительным угнетением амплитуды волны В (коэффициент корреляции = 0,92 ( $p < 0,001$ ));
- прямая сильная корреляционная связь между длительностью витрэктомии в минутах и относительным угнетением амплитуды РЭРГ 30 Гц (коэффициент корреляции = 0,92 ( $p < 0,001$ ));
- прямая сильная корреляционная связь между длительностью витрэктомии в минутах и относительным угнетением латентности пика Р2 (коэффициент корреляции = 0,75 ( $p < 0,001$ ));
- прямая средней силы корреляционная связь между длительностью витрэктомии в минутах и относительным угнетением показателей ЭЧ (коэффициент корреляции = 0,84 ( $p < 0,001$ ));
- обратная средней силы корреляционная связь между диаметром макулярного разрыва в микрометрах и степенью угнетения исходной амплитуды РЭРГ 30 Гц (коэффициент корреляции = 0,62 ( $p < 0,001$ )).

Между данными визометрии и различными электрофизиологическими показателями значимых корреляционных зависимостей выявлено не было на всех сроках наблюдения.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Для всех трех групп характерно снижение амплитуды волны А на 1-е сутки после ВЭ. Сроки восстановления различных электрофизиологических показателей до нормальных значений, т.е. исчезновение достоверных значимых различий между показателями основных групп, представлены в таблице 2.

Выявленная разница в сроках восстановления электрофизиологических показателей в группе I и группе II позволяет предположить угнетающее действие перфторпропана в составе газовой смеси, применяемой при тампонаде стекловидной камеры при завершении операции. В группе III депрессия биоэлектрической

активности на уровне фоторецепторов, биполярных и ганглиозных клеток в послеоперационном периоде, по-видимому, обусловлена наличием силиконового масла в стекловидной камере после завершения ВЭ. Однако после завершения силиконовой тампонады (на 30-е сутки) отмечалось достоверное увеличение амплитудных показателей ОЭРГ к 60-м суткам с момента первой операции, уменьшение порога ЭЧ на 30-е сутки по сравнению с исходными данными.

Выявленное исходное угнетение электрогенеза колбочковой системы сетчатки во всех трех группах, по данным ряда авторов [9], вызвано, вероятно, наличием патологического процесса в макулярной области сетчатки. В группе III к концу периода наблюдения не отмечалось восстановления амплитуды РЭРГ 30 Гц до нормальных значений.

В группе III исходно функциональная активность ганглиозных клеток, в том числе и волокон зрительного нерва центральной ориентации (папилломакулярный пучок), достоверно снижена по сравнению с нормальными значениями до хирургического вмешательства по поводу макулярного разрыва. При этом она не восстанавливалась и к концу периода наблюдения.

## ВЫВОДЫ

1. ВЭ вызывает значимое угнетение электрогенеза на уровне фоторецепторов, биполярных и ганглиозных клеток сетчатки.

2. Длительность ВЭ является значимым негативным фактором, определяющим степень угнетения электрогенеза сетчатки и зрительного нерва в послеоперационном периоде.

3. Тампонада СК газовой смесью с перфторпропаном и СМ (в отличие от тампонады стерильным воздухом) является значимым неблагоприятным фактором, влияющим на скорость восстановления электрогенеза сетчатки и зрительного нерва в послеоперационном периоде.

**Таблица 2.** Сроки восстановления электрогенеза сетчатки и зрительного нерва в группах

**Table 2.** The recovery time of optic nerve and retina electrogenesis in groups

Электрофизиологический показатель Electrophysiological index	Группа I First group	Группа II Second group	Группа III Third group
Волна А ОЭРГ A wave Full-field ERG	7-е сутки 7th day	14-е сутки 14th day	60-е сутки 60th day
Волна В ОЭРГ B wave Full-field ERG	14-е сутки 14th day	30-е сутки 30th day	60-е сутки 60th day
РЭРГ 30 Гц Flicker ERG 30 Hz	7-е сутки 7th day	14-е сутки 14th day	.*
Пик Р2 в-ЗВП Peak P2 flash VEP	14-е сутки 14th day	30-е сутки 30th day	.*
ЭЧ Electrical sensitivity	7-е сутки 7th day	14-е сутки 14th day	30-е сутки 30th day
КЧИФ Electrical lability	14-е сутки 14th day	30-е сутки 30th day	.*

Примечание. .\* — указанные параметры не восстановились до нормальных значений к концу периода наблюдения.

4. Диаметр ИМР является значимым фактором угнетения электрогенеза колбочковой системы сетчатки.
5. Фоторецепторные клетки обладают более выраженной способностью к восстановлению, чем биполярные клетки.

### УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Куликов А.Н. — концепция и дизайн исследования, контроль за выполнением всех этапов исследования, конечная редакция текста статьи;  
Николаенко Е.Н. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста статьи, подготовка иллюстраций;  
Волков В.В. — конечная редакция текста статьи;  
Даниличев В.Ф. — конечная редакция текста статьи.

### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Лыскин П.В., Захаров В.Д., Лозинская О.Л. Патогенез и лечение идиопатических макулярных разрывов. Эволюция вопроса. *Офтальмохирургия*. 2010;3:52–55. [Lyskin P.V., Zaharov V.D., Lozinskaya O.L. Idiopathic macular holes' pathogenesis and treatment. Evolution of the question (literature review). *Ophthalmosurgery = Oftalmohirurgija*. 2010;3:52–55 (In Russ.).]
- Тахчиди, Х.П., Захаров В.Д., Лыскин П.В., Лозинская О.Л. «Невидимые» причины идиопатических макулярных разрывов. *Офтальмохирургия*. 2009;1:21–23. [Takhchidi Kh.P., Zakharov V.D., Lyskin P.V., Lozinskaya O.L. Possible reasons of idiopathic macular holes. *Ophthalmosurgery = Oftalmohirurgija*. 2009;1:21–23 (In Russ.).]
- Балашевич Л.И., Байбородов Я.В., Жоголев К.С. Патология витреомакулярного интерфейса. Обзор литературы в вопросах и ответах. *Офтальмохирургия*. 2014;4:109–114. [Balashevich L.I., Baiborodov J.V., Zogolev K.S. Vitreomacular interface pathology. Review of foreign literature in questions and answers. *Ophthalmosurgery = Oftalmohirurgija*. 2014;4:109–114 (In Russ.).]
- Бикбов М.М., Алтынбаев У.Р., Гильманшин Т.Р., Чернов М.С. Выбор способа интраоперационного закрытия идиопатического макулярного разрыва большого диаметра. *Офтальмохирургия*. 2010;1:25–28. [Bikbov M.M., Altynbayev U.R., Gilmanshin T.R., Chernov M.S. Selecting the method of intraoperative closing of large idiopathic macular hole. *Ophthalmosurgery = Oftalmohirurgija*. 2010;1:25–28 (In Russ.).]
- Christersen U.C. Value of internal limiting membrane peeling in surgery for idiopathic macular hole and the correlation between function and retinal morphology. *Acta Ophthalmol*. 2009;2:1–23. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2009.01777.x
- Nakagomi T., Goto T., Tateno Y., Oshiro T., Iijima H. Macular slippage after macular hole surgery with internal limiting membrane peeling. *Curr Eye Res*. 2013;38(12):1255–1260. DOI: 10.3109/02713683.2013.811261
- Жигулин А.В. Сравнительный анализ хирургического лечения макулярных разрывов большого диаметра. *Современные технологии в офтальмологии*. 2017;2:73–74. [Zhigulin A.V. Comparative analysis of large diameter macular tears surgical treatment. Modern technologies in ophthalmology = *Sovremennye tehnologii v oftalmologii*. 2017;2:73–74 (In Russ.).]
- Самойлов А.Н., Хайбрахманов Т.Р., Фазлеева Г.А., Самойлова П.А. Идиопатический макулярный разрыв: история и современное состояние проблемы. *Вестник офтальмологии*. 2017;133(6):131–137. [Samoylov A.N., Khaibrakhmanov T.R., Fazleeva G.A., Samoylova P.A. Idiopathic macular hole: history and status quo review // *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii*. 2017;133(6):131–137 (In Russ.).] DOI: 10.17116/oftalma20171336131-137
- Нероев В.В., Зуева М.В., Бычков П.А., Цапенко И.В., Сарыгина О.И., Илюхин П.А., Семенова Н.А. Динамика функциональной активности сетчатки при хирургическом закрытии идиопатических макулярных разрывов. *Офтальмологические ведомости*. 2013;6(4):21–27. [Neroev V.V., Zueva M.V., Bichkov P.A., Tsapenko I.V., Sarygina O.I., Ilyukhin P.A., Semenova N.A. ERG assessment of the functional activity of the retina in following the surgical closure of idiopathic macular holes. *Ophthalmic statements = Oftalmologicheskie vedomosti*. 2013;6(4):21–27 (In Russ.).]
- Sebag J. The vitreoretinal interface and its role in the pathogenesis of vitreomaculopathies. *Ophthalmology*. 2015;112(1):10–19. DOI: 10.1007/s00347-014-3048-6
- Aydin B., Dinç E., Yilmaz S.N., Altıparmak U.E., Yülek F., Ertekin S., Yilmaz M., Yakın M. Retinal endoilluminator toxicity of xenon and light-emitting diode (LED) light source: rabbit model. *Cutan Ocul Toxicol*. 2014;33(3):192–196. DOI: 10.3109/15569527.2013.832282
- Ejstrup R., Cour M.L., Heegaard S., Kiilgaard J.F. Toxicity profiles of subretinal indocyanine green, Brilliant Blue G, and triamcinolone acetonide: a comparative



Система офтальмологическая CENTURION® Vision System

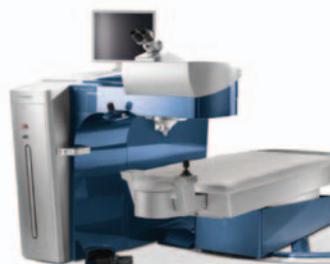


Система 3D визуализации NGENUITY®



## Хирургическое, диагностическое оборудование и расходные материалы для офтальмологии

Система офтальмологическая лазерная фемтосекундная WaveLight® FS200



Система офтальмологическая CONSTELLATION® Vision System



- study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2012;250(5):669–677. DOI: 10.1007/s00417-011-1886-3
13. Farah M.E., Maia M., Penha F.M., Rodrigues E.B. The Use of Vital Dyes during Vitreoretinal Surgery — Chromovitrectomy. *Dev. Ophthalmol.* 2016;55:365–375. DOI: 10.1159/000438963
14. Шпак А.А., Шкворченко Д.О., Шарафетдинов И.Х., Огородникова С.Н., Юханова О.А. Изменения макулярной области после эндовитреального вмешательства по поводу идиопатического макулярного разрыва. *Офтальмохирургия.* 2013;4:78–81. [Shpak A.A., Shkvorchenko D.O., Sharafetdinov I.Kh., Ogorodnikova S.N., Yuhanova O.A. Macular microstructure changes after endovitrear macular hole surgery. *Ophthalmosurgery = Oftal'mohirurgija.* 2013;4:78–81 (In Russ.)].
15. Байбородов Я.В., Жоголев К.С., Хижняк И.В. Темпы восстановления остроты зрения после хирургического лечения макулярных разрывов с интраоперационным применением оптической когерентной томографии и различных методов визуализации внутренней пограничной мембраны. *Вестник офтальмологии.* 2017;133(6):90–98. [Bayborodov Y.V., Zhogolev K.S., Khiznyak I.V. Rate of visual recovery after macular hole surgery with intraoperative optical coherence tomography and visualization of the internal limiting membrane. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii.* 2017;133(6):90–98 (In Russ.)]. DOI: 10.17116/oftalma2017133690-98

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации  
Куликов Алексей Николаевич  
доктор медицинских наук, доцент, начальник кафедры офтальмологии  
ул. Академика Лебедева, 6, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация  
orcid.org/0000-0002-5274-6993

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации  
Николаенко Евгения Николаевна  
врач-офтальмолог диагностического отделения клиники офтальмологии  
ул. Академика Лебедева, 6, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация  
orcid.org/0000-0002-9596-5504

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации  
Волков Вениамин Васильевич  
доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии  
ул. Академика Лебедева, 6, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация  
orcid.org/0000-0002-1153-8418

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации  
Даниличев Владимир Федорович  
доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии  
ул. Академика Лебедева, 6, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация  
orcid.org/0000-0003-3315-3735

## ABOUT THE AUTHORS

Medical Military Academy named after S.M. Kirov  
Kulikov Alexey N.  
MD, professor, head of the Ophthalmology Department  
Academica Lebedeva str., 6, St. Petersburg, 194044, Russia  
orcid.org/0000-0002-5274-6993

Medical Military Academy named after S.M. Kirov  
Nikolaenko Evgeniia N.  
ophthalmologist, diagnostic department  
Academica Lebedeva str., 6, St. Petersburg, 194044, Russia  
orcid.org/0000-0002-9596-5504

Medical Military Academy named after S.M. Kirov  
Volkov Veniamin V.  
MD, professor of the Ophthalmology Department  
Academica Lebedeva str., 6, St. Petersburg, 194044, Russia  
orcid.org/0000-0002-1153-8418

Medical Military Academy named after S.M. Kirov  
Danilichev Vladimir F.  
MD, professor of the Ophthalmology Department  
Academica Lebedeva str., 6, St. Petersburg, 194044, Russia  
orcid.org/0000-0003-3315-3735