

DOI: <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2019-1-50-56>
УДК 617.713

Биоэлектрическая активность сетчатки после витрэктомии при витреомакулярном тракционном синдроме

Е.Н. Николаенко, А.Н. Куликов, В.В. Волков, В.Ф. Даниличев, Р.Л. Трояновский
ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург

РЕФЕРАТ

Цель. По данным электрофизиологического обследования провести сравнительный анализ динамики электрогенеза сетчатки после витрэктомии при витреомакулярном тракционном синдроме.

Материал и методы. 59 пациентам (59 глаз) с витреомакулярным тракционным синдромом выполнено электрофизиологическое обследование до операции и на 1-е, 3-и, 7-е, 14-е, 30-е, 60-е, 180-е сутки после витрэктомии. В зависимости от вида субстрата, тампонирующего витреальную полость, сформировано три группы пациентов: I – тампонада стерильным воздухом, II – тампонада газовой смесью, III – тампонада сбалансированным солевым раствором.

Результаты. Выявлено достоверное угнетение электрогенеза фоторецепторов и биполярных клеток на 1-е сутки после операции по сравнению с исходными данными в группе I, II и III ($p < 0,05$). В группе I, II, III нормализация всех электрофизиологических показателей отмечается к концу периода наблюдения. В группе II электрофизиологические показатели восстанавливаются в 2 раза медленнее по сравнению с группой I и III, вследствие угнетающего воздействия перфторпропана в составе тампонирующей смеси. В группе I, II и III электрогенез фоторецепторов восстанавливается в 2 раза быстрее, чем на уровне биполярных клеток.

Офтальмохирургия. 2019;1:50–56.

торпропана в составе тампонирующей смеси. В группе I, II и III электрогенез фоторецепторов восстанавливается в 2 раза быстрее, чем на уровне биполярных клеток.

Выводы. 1. Витрэктомия вызывает значимое обратимое угнетение биоэлектрической активности нейронов сетчатки. Продолжительность витрэктомии определяет степень депрессии биоэлектрической активности нейронов сетчатки в послеоперационном периоде. 2. Газовоздушная тампонада витреальной полости с перфторпропаном по сравнению с тампонадой стерильным воздухом и сбалансированным солевым раствором является значимым неблагоприятным фактором, влияющим на скорость восстановления биоэлектрической активности сетчатки после операции. 3. Витреомакулярный тракционный синдром характеризуется достоверным угнетением биоэлектрической активности колбочковой системы сетчатки.

Ключевые слова: витреомакулярный тракционный синдром, витрэктомия, электроретинограмма. ■

Авторы не имеют финансовых или имущественных интересов в упомянутых материале и методах.

ABSTRACT

Bioelectrical activity of the retina after vitrectomy for vitreomacular traction syndrome

E.N. Nikolaenko, A.N. Kulikov, V.V. Volkov, V.F. Danilichev, R.L. Troyanovskiy
Military Medical Academy named after S.M. Kirov, St. Petersburg

Purpose. According to the electrophysiological examination, a comparative analysis of the dynamics of electrogenesis of the retina after vitrectomy with vitreomacular traction syndrome.

Material and methods. 59 patients (59 eyes) with vitreomacular traction syndrome underwent electrophysiological examination before the operation and on the 1st, 3rd, 7th, 14th, 30th, 60th, 180th day after vitrectomy. Three groups of patients are formed depending on the type of tamponade of the vitreous chamber: I – air tamponade, II – gas tamponade, III – tamponade with balanced salt solution.

Results. Significant inhibition of the electrogenesis of photoreceptors and bipolar cells on the 1st day after surgery compared with baseline data in groups I, II and III ($p < 0.05$) was revealed. In group I, II, III, the normalization of all electrophysiological indicators is noted by the end of the observation period. In group II, the electrophysiological indicators are restored 2 times slower compared with group I and III, due to the inhibitory effects of perfluoropropane of the gas tamponade. In group

I, II, and III, electrogenesis of photoreceptors is restored 2 times faster than bipolar cells level.

Conclusion. 1. Vitrectomy causes a significant reversible inhibition of the bioelectrical activity of the retina. The duration of vitrectomy is a significant negative factor determining the degree of depression of the bioelectrical activity of the retina in the postop. 2. The gas tamponade with perfluoropropane of the vitreous chamber, compared with air and balanced salt solution, is a significant negative factor affecting the degree of inhibition of the bioelectrical activity of the retina after surgery. 3. Vitreomacular traction syndrome is characterized by a reliable inhibition of the retinal cone system bioelectrical activity.

Key words: vitreomacular traction syndrome, vitrectomy, electroretinogram. ■

No author has a financial or proprietary interest in any material or method mentioned.

Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery. 2019;1:50–56.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Патология центральной области сетчатки является одной из причин, значительно снижающих остроту зрения у социально активных пациентов, что приводит к ухудшению их качества жизни [1]. Одной из таких значимых причин является витреомаккулярный тракционный синдром (ВМТС), характеризующийся формированием тракций в макулярной зоне с возможным развитием отека и впоследствии образованием макулярного разрыва [2-4]. Общепринятой на сегодняшний день хирургической тактикой лечения является трансклиарная субтотальная витрэктомия (ВЭ) с удалением задней гиаловидной мембраны (ЗГМ), внутренней пограничной мембраны (ВПМ) и тампонадой витреальной полости рассасывающимися газами [5-7]. Однако функциональные исходы после ВЭ, несмотря на успешно проведенное хирургическое лечение ВМТС, иногда являются недостаточно удовлетворительными как для пациента, так и для хирурга [8, 9]. Возможной причиной угнетения функционального состояния сетчатки в послеоперационном периоде может быть влияние совокупности неблагоприятных факторов ВЭ, таких как: вибрационное воздействие наконечника витреотома при работе в непосредственной близости от ретиальной ткани, интраоперационное изменение внутриглазного давления, длительное орошение ретиальной ткани ирригационными растворами, введение и выведение заменителей стекловидного тела различных физико-химических характеристик, применение красителей для интраокулярной визуализации эпиретиальных мембран, удаления тракций, мембран и др. [10-13]. В доступной литературе встречается недостаточно данных об оценке влияния ВЭ при ВМТС на биоэлектрическую активность сетчатки [14, 15]. В связи с этим комплексная оценка воздействия ВЭ на функциональное состояние сетчатки по данным электрофизиологических методов исследования является актуальной научной задачей.

ЦЕЛЬ

По данным электрофизиологического обследования провести сравнительный анализ динамики электрогенеза сетчатки и зрительного нерва после витрэктомии при витреомаккулярном тракционном синдроме.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Критерии включения в исследование:

- пациенты с витреомаккулярным тракционным синдромом;
- выполнение трансклиарной трехпортовой витрэктомии 25G;
- соблюдение сроков электрофизиологического обследования.

Критерии исключения из исследования:

- наличие в анамнезе патологии, влияющей на биоэлектрическую активность сетчатки (диабетическая ретинопатия, ретиноваскулиты, глаукома, отслойка сетчатки, посттравматическая ретинопатия и др.);
- наличие интраоперационных осложнений, влияющих на биоэлектрическую активность сетчатки (ятрогенная отслойка сетчатки, обширные субмакулярные кровоизлияния, нарушение кровообращения в сетчатке и зрительном нерве и др.).

Обследовано 1194 пациента клиники офтальмологии, из них критериям включения соответствовало 59 пациентов (59 глаз – 28 женщин и 31 мужчина, средний возраст – 73,32±7,54 года).

Всем пациентам выполнялась стандартная трансклиарная субтотальная ВЭ 25G с использованием витрэктомической системы Accurus (Alcon, США), рабочая частота витреотома составляла в среднем 2500 резов в минуту, объем глазного яблока в ходе операции восполнялся раствором BSS (Alcon, США). Проводилось удаление ЗГМ, окрашивание внутренней пограничной мембраны красителем Membrane Blue (Dorc, Голландия) и ее удаление витреальным пинцетом. У 20 пациентов (20 глаз) операция была завершена тампонированием витреальной полости (ВП) стерильным воздухом, у 20 пациентов (20 глаз) – газовой-

душной смесью (СЗФ8 и стерильный воздух в соотношении 1/4), у 19 пациентов (19 глаз) – сбалансированным солевым раствором.

Всем пациентам выполняли исследование остроты зрения и электрофизиологическое обследование. Визометрия проводилась с помощью визометрических таблиц Сивцева по стандартной методике. Биоэлектрическую активность сетчатки оценивали с помощью общей электроретинографии (ОЭРГ), ритмической электроретинографии 30 Гц (РЭРГ 30 Гц). ОЭРГ и РЭРГ 30 Гц выполнялись на электрофизиологическом приборе Tomey EP-1000 Multifocal (Tomey Corporation, Япония).

Анализировали следующие электрофизиологические показатели:

- ОЭРГ: амплитуда волн А и В (мкВ), относительное (в %) изменение амплитуды волн А и В;
- РЭРГ 30 Гц: амплитуда РЭРГ (мкВ), относительное (в %) изменение амплитуды РЭРГ.

Исследование остроты зрения и электрофизиологическое обследование проводили перед ВЭ и на 1-е, 3-е, 7-е, 14-е, 30-е, 60-е, 180-е сутки после хирургического вмешательства.

Для статистического анализа использовали программный пакет MedCalc 18.4.1 (MedCalc Software). Нормальность распределения выборки оценивалась с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Все данные представлены как среднее ± стандартное отклонение. Первым этапом оценивалась статистическая значимость различий между группами с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA), вторым этапом проводилось попарное сравнение групп с поправкой Бонферрони ($p < 0,0125$) с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) [16]. Производился расчет коэффициента корреляции Спирмена и его достоверности [16]. Порогом статистической значимости считали $p < 0,001$.

Для корреспонденции:

Николаенко Евгения Николаевна, врач-офтальмолог диагностического отделения клиники офтальмологии.
ORCID ID: 0000-0002-9596-5504
E-mail: E.N.Nikolaenko@mail.ru

Таблица 1

Общая характеристика пациентов в основных и контрольной группах

Table 1

General characteristics of patients in main and control groups

Характеристика Characteristic		I группа First group	II группа Second group	III группа Third group	Контр. группа Control group
Возраст Age		75,2±7,3	77,3±5,4	78,7±6,2	74,1±8,5
Пол Gender	мужской male	11	10	10	34
	женский female	9	10	9	36
Вид тампонирующего субстрата Type of tamponade		Стерильный воздух Air	Газовоздушная смесь Gas	Сбалансированный солевой раствор BSS	-

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате статистической обработки определена нормальность распределения представленных данных.

Распределение пациентов по группам, полу, возрасту, виду тампонирующего витреальную полость субстрата представлено в табл. 1.

Динамика показателей визометрии в основных и контрольной группах представлена на рис. 1.

Во всех трех основных группах на 1-е сутки после операции выявлено достоверное ($p<0,0001$) снижение амплитудных параметров волн А и В ОЭРГ по сравнению с исходными

данными (рис. 2-5). С 3-х суток после ВЭ отмечалось постепенное увеличение амплитуды волн А и В ОЭРГ. Восстановление амплитудных параметров волны А до нормальных значений в группах I и III отмечалось на 7-е сутки после ВЭ, в группе II – на 14-е сутки после операции. Восстановление амплитудных параметров волны В до нормальных значений в группах I и III отмечалось на 14-е сутки после ВЭ, в группе II – на 30-е сутки после операции.

Во всех трех группах на 1-е сутки после операции выявлено достоверное ($p<0,0001$) снижение амплитудных параметров РЭРГ 30 Гц по сравнению с исходными данными

(рис. 6, 7). С 3-х суток после ВЭ отмечалась тенденция к восстановлению амплитуды РЭРГ 30 Гц. Нормализация амплитудных параметров РЭРГ в группах I и III выявлена на 14-е сутки после ВЭ, в группе II – на 30-е сутки после операции.

Амплитудные параметры волн А и В ОЭРГ, РЭРГ 30 Гц в контрольной группе характеризовались стабильностью и при этом отсутствием достоверных различий на всех сроках наблюдения ($p>0,05$).

По результатам сравнительного анализа исходных амплитудных параметров РЭРГ 30 Гц во всех группах выявлены следующие значимые закономерности:

- статистически достоверная разница амплитуды РЭРГ между первой группой и группой контроля ($p<0,0001$),
- статистически достоверная разница амплитуды РЭРГ между второй группой и группой контроля ($p<0,0001$),
- статистически достоверная разница амплитуды РЭРГ между третьей группой и группой контроля ($p<0,0001$).

На основе анализа протоколов оперативных вмешательств продолжительность ВЭ в среднем составила $42,7\pm 1,2$ минуты (в группе I – $44,1\pm 3,8$ минуты, в группе II – $42,2\pm 2,5$ минуты, в группе III – $41,9\pm 3,5$ минуты).

Методом корреляционного анализа выявлены сильные корреляции

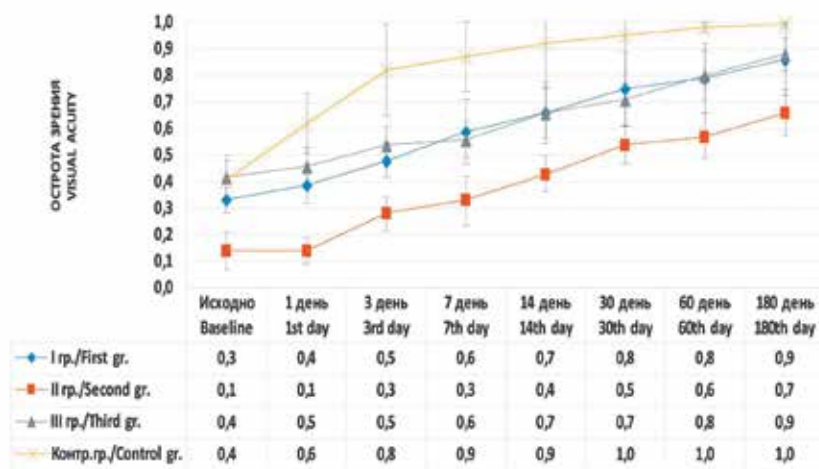


Рис. 1. Динамика остроты зрения во всех группах

Fig. 1. Dynamics of visual acuity in all groups

онные связи между такими показателями, как продолжительность ВЭ в минутах и различными электрофизиологическими показателями сетчатки в %.

Результаты корреляционного анализа представлены в табл. 2.

На всех сроках наблюдения корреляционной зависимости между показателями визометрии и различными электрофизиологическими показателями не было выявлено.

ОБСУЖДЕНИЕ

После хирургического лечения в каждой из основных групп выявлено достоверное снижение биоэлектрического ответа сетчатки на 1-е сутки. Возможным объяснением угнетения электрогенеза является депрессивное воздействие ВЭ на функциональную активность нейронов сетчатки. По данным ряда авторов угнетение электрогенеза объясняется операционной травмой при удалении эпиретинальных и внутренней пограничной мембран вследствие механического воздействия на сетчатку как непосредственно витреоретинальными инструментами, так и опосредованно – тракциями [15]. В других работах зарубежных авторов аналогичные электроретинографические изменения в раннем послеоперационном периоде возникают вследствие химического влияния синтетических красителей, применяющихся интраоперационно для контрастирования патологических мембран [17-19]. Так же выявленную тенденцию подтверждает и ранее проведенная нами работа, в которой изучалось влияние ВЭ как совокупности потенциально неблагоприятных факторов на электрогенез сетчатки и зрительного нерва при дислокации ядра хрусталика или интраокулярной линзы в стекловидную камеру [20].

В послеоперационном периоде восстановление биоэлектрической активности сетчатки происходит с различной скоростью в разных группах.

При сравнении изменения амплитуды волн А и В относительно исходного уровня (в %) на 1-е сутки после ВЭ выявлено отсутствие ста-

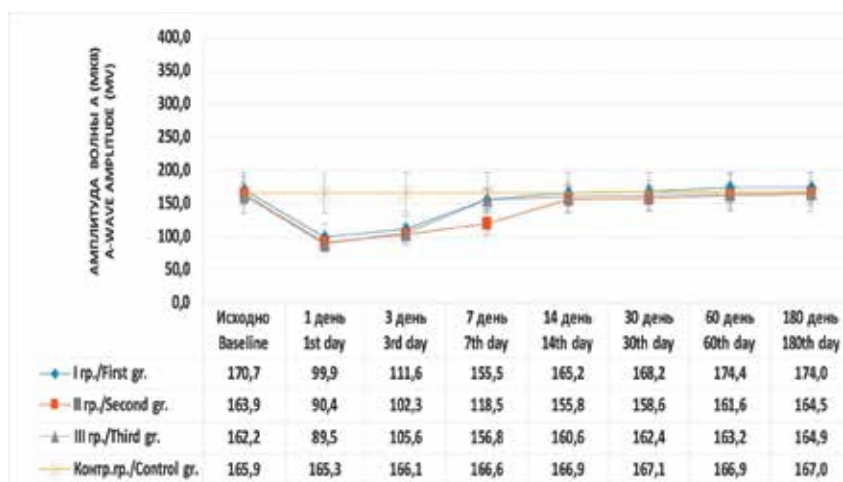


Рис. 2. Динамика амплитуды волны А ОЭРГ во всех группах, мкВ

Fig. 2. Dynamics of the A wave amplitude of the Full-field ERG in all groups, μV

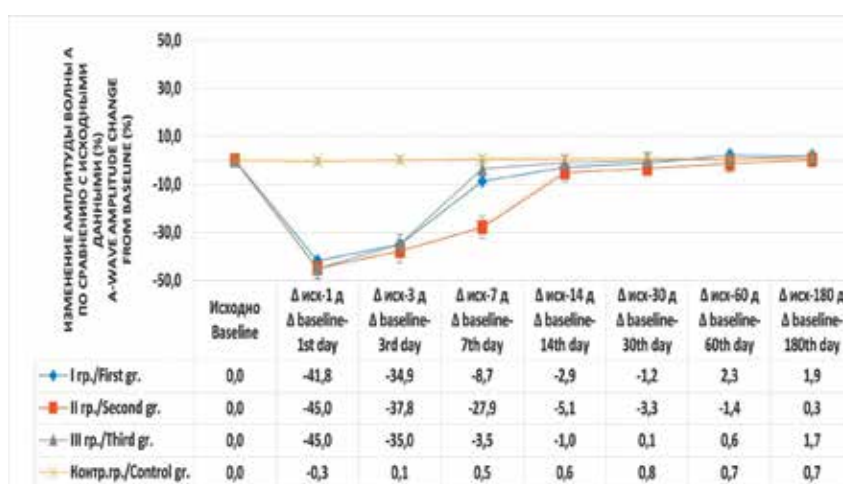


Рис. 3. Динамика относительного угнетения амплитуды волны А ОЭРГ во всех группах, %

Fig. 3. Dynamics of the relative inhibition of the A wave amplitude of the Full-field ERG in all groups, %

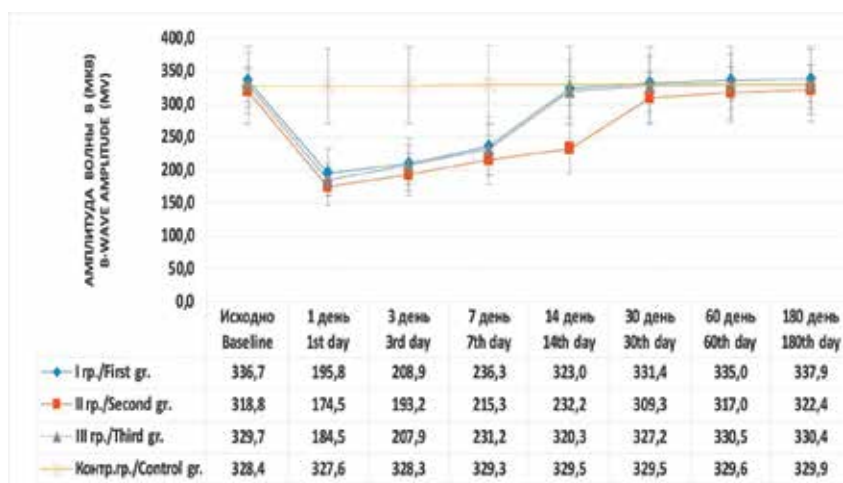


Рис. 4. Динамика амплитуды волны В ОЭРГ во всех группах, мкВ

Fig. 4. Dynamics of the B wave amplitude of the Full-field ERG in all groups, μV

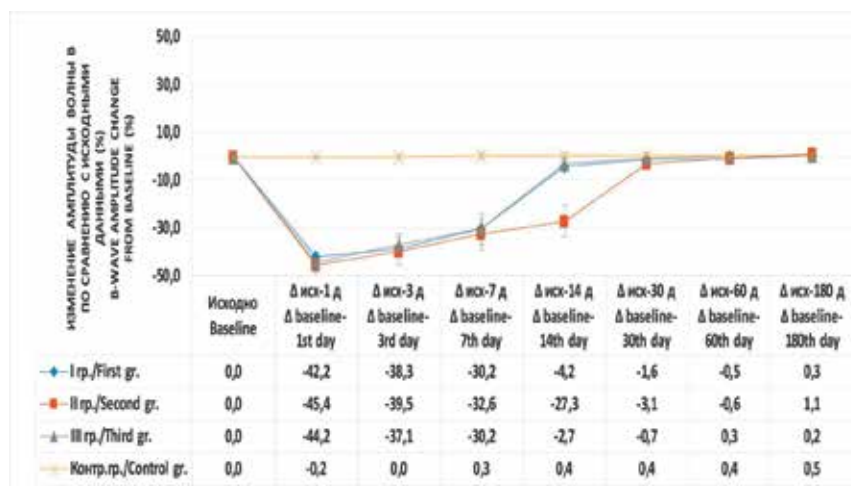


Рис. 5. Динамика относительного угнетения амплитуды волны В ОЭРГ во всех группах, %

Fig. 5. Dynamics of the relative inhibition of the B wave amplitude of the Full-field ERG in all groups, %

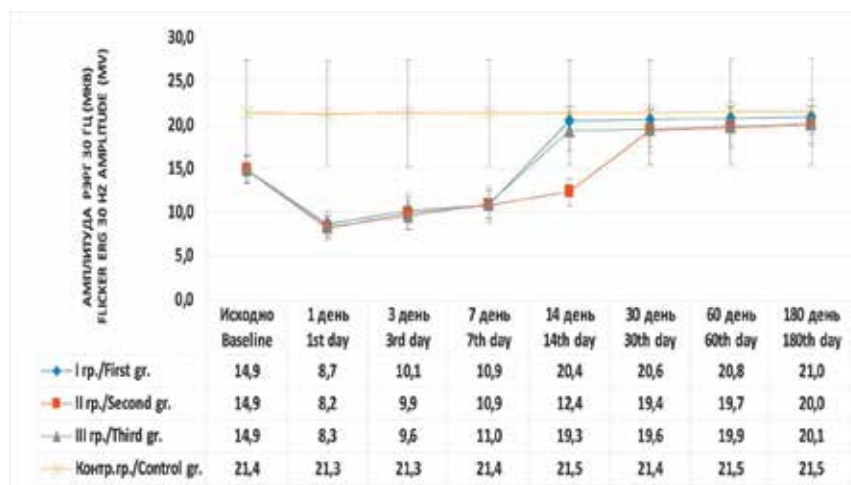


Рис. 6. Динамика амплитуды РЭРГ 30 Гц во всех группах, мкВ

Fig. 6. Dynamics of the amplitude Flicker ERG in all groups, μV

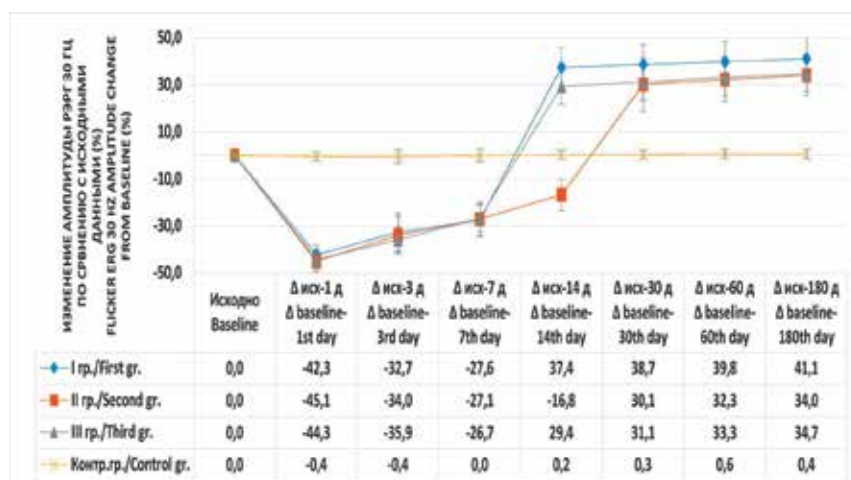


Рис. 7. Динамика относительного угнетения амплитуды РЭРГ 30 Гц во всех группах, %

Fig. 7. Dynamics of the relative inhibition of the amplitude Flicker ERG in all groups, %

статистически достоверного различия между тремя основными группами, т.е. депрессия электрогенеза на уровне фоторецепторного слоя и биполярных клеток вследствие хирургического воздействия одинаковая независимо от вида тампонирующего ВП агента. Изменение амплитуды волны А начиная с 3-го дня и амплитуды волны В с 7-го дня послеоперационного периода при тампонаде ВП стерильным воздухом в группах I и III достоверно меньше, чем при газовоздушной тампонаде в группе II. Значимость различий между этими показателями в группах сохраняется на 7-е сутки для волны А и на 14-е сутки послеоперационного периода для волны В соответственно.

Учитывая равный объем операционной травмы, отсутствие статистически значимых различий длительности ВЭ между тремя группами, выявленные отличия в сроках восстановления биоэлектрической активности по данным ОЭРГ и РЭРГ 30 Гц между группами I, III и группой II, вероятно, связаны с реализацией патологического воздействия перфторпропана в составе газовоздушной смеси, тампонирующей ВП. Аналогичные электроретинографические изменения при восстановлении электрогенеза сетчатки отмечены в работах, посвященных электрофизиологической оценке влияния различных типов тампонад ВП (силиконовое масло, разные виды газообразных и жидких перфторорганических соединений) на восстановление нейрональной активности сетчатки [21, 22].

Различия в сроках восстановления нейронов фоторецепторного слоя и биполярных клеток объясняются более ранней активацией механизмов восстановления у фоторецепторов на молекулярном, биохимическом и клеточном уровнях, с одной стороны, а также более выраженной устойчивости к повреждающим факторам, с другой стороны [23].

Исходное угнетение биоэлектрической активности колбочковой системы сетчатки во всех трех группах связано с наличием патологического процесса с вовлечением фоторецепторного слоя в центральной области сетчатки, что подтверждают

Таблица 2

Значение коэффициента корреляции между длительностью витрэктомии и различными электрофизиологическими показателями в целом в трех группах

Table 2

The value of the correlation coefficient between the duration of vitrectomy and various electrophysiological parameters in whole at three groups

Исследуемые величины Investigated values	Корреляционная связь Correlation		Коэффициент корреляции Correlation coefficient
	вид type	сила strength	
† ВЭ*/Δ амплитуды волны А ОЭРГ** † PPV*/Δ A wave amplitude ERG	прямая positive	сильная strong	0,92 (p<0.0001)
† ВЭ*/Δ амплитуды волны В ОЭРГ** † PPV*/Δ B wave amplitude ERG**			0,98 (p<0.0001)
† ВЭ*/Δ амплитуды РЭРГ 30 Гц** † PPV*/Δ amplitude FERG**			0,91 (p<0.0001)

* время ВЭ в минутах; ** разница между показателем на 1-е сутки после ВЭ и исходным значением в %.

* duration of PPV in minutes; ** the difference between the 1st day after PPV and baseline in %.

работы как отечественных, так и зарубежных исследователей [24, 25].

ВЫВОДЫ

1. Витрэктомия по поводу витреомакулярного тракционного синдрома вызывает значимое обратимое угнетение биоэлектрической активности нейронов сетчатки.

2. Продолжительность витрэктомии определяет степень депрессии биоэлектрической активности нейронов сетчатки в послеоперационном периоде.

3. Газовоздушная тампонада витреальной полости с перфторпропаном по сравнению с тампонадой стерильным воздухом и сбалансированным солевым раствором является значимым неблагоприятным фактором, влияющим на скорость восстановления биоэлектрической активности сетчатки после операции.

4. По результатам наших исследований фоторецепторы характеризуются более высоким реабилитационным потенциалом по сравнению с биполярными клетками.

5. Витреомакулярный тракционный синдром характеризуется достоверным угнетением биоэлектрической активности колбочковой системы сетчатки (по данным РЭРГ 30 Гц).

ЛИТЕРАТУРА

1. Либман Е.С., Калеева Э.В., Рязанов Д.П. Комплексная характеристика инвалидности вследствие офтальмологии в Российской Федерации. Российская офтальмология. 2012;5: 24-26. [Libman E.S., Kaleyeva E.V., Ryazanov D.P. Kompleksnaya harakteristika invalidnosti vsledstvie oftalmologii v rossiyskoy federacii. Rossiyskaya oftalmologiya. 2012;5: 24-26. (In Russ.)]
2. 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. Oftal'mokhirurgiya. 2014;4: 109-114. (In Russ.)] Available from: <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2014-4-109-114>.
3. Шкворченко Д.О., Захаров В.Д., Русановская А.В. и др. Современные аспекты диагностики и лечения витреомакулярного тракционного синдрома. (Обзор литературы). Вестник оренбургского государственного университета. 2013;4:303-306. [Shkvorchenko D.O., Zakharov V.D., Rusanovskaya A.V. et al. Modern aspects of diagnosis and treatment of vitreomacular traction syndrome. Vestnik of the Orenburg State University. 2013;4:303-306. (In Russ.)]
4. Frumar K.D., Gregor Z.J., Carter R.M., Arden G.B. Electoretinographic changes after vitrectomy and intraocular tamponade. Retina. 1985;5:16-21.
5. Балашевич Л.И., Байбородов Я.В., Жоголев К.С. Хирургическое лечение патологии витреомакулярного интерфейса. обзор литературы в вопросах и ответах. Офтальмохирургия. 2015;2:80-85. [Balashevich L.I., Baiborodov J.V., Zogolev K.S. Surgical treatment of the vitreo-macular interface pathology. Review of the foreign literature in questions and answers. Oftal'mokhirurgiya. 2015;2:80-86. (In Russ.)] Available from: <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2015-2-80-86>.
6. Шкворченко Д.О., Захаров В.Д., Русановская А.В. и др. Сравнительный анализ хирургического лечения витреофовеолярного тракционного синдрома. Офтальмологические ведомости. 2014;7:28-33. [Shkvorchenko D.O., Zakharov V.D., Rusanovskaya A.V. et al. Comparative analysis of vitreofoveolar traction syndrome surgical treatment. Oftal'mologicheskie vedomosti. 2014;7(3):28-33. (In Russ.)] Available from: <https://doi.org/10.17816/OV2014328-33>.
7. Kovacevic D., Markusic V. Pars plana vitrectomy for vitreomacular traction syndrome. Coll Antropol. 2013;37(1):271-273.
8. Николаенко Е.Н., Сосновский С.В., Куликов А.Н. Влияние продолжительности витрэк-

томии на угнетение биоэлектрической активности сетчатки в послеоперационном периоде. Современные технологии в офтальмологии. 2016;1:158-161. [Nikolaenko E.N., Sosnovskii S.V., Kulikov A.N. Vliyaniye prodolzhitel'nosti vitrektomii na ugnetenie bioelektricheskoy aktivnosti setchatki v posleoperacionnom periode. Sovremennye tekhnologii v oftalmologii. 2016;1:158-161. (In Russ.)]

9. Li H.H., Liao X., Xie C.L., Gao X.R., Wang H., Wang F. Intraoperative risk factors associated with visual acuity outcomes of pars plana vitrectomy in idiopathic epiretinal membrane. Zhonghua Yan Ke Za Zhi. 2017;53(5):344-351. Available from: <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2017.05.006>.

10. Казиев С.Н., Борзенко С.А., Сабурова И.Н. и др. Эндоиллюминация в ходе витреальной хирургии – эволюция вопроса и особенности применения на современном этапе. Практическая медицина. 2013;1-3(70):10-12. [Kaziev S.N., Borzenok S.A., Saburina I.N. et al. Endoillumination in the course of vitreal surgery -history of the issue and administration details in the modern period. Prakticheskaya meditsina. 2013;1-3(70):10-12. (In Russ.)]

11. Abdei Dayem H., Hartzer M., Williams G., Ferrone P. The Effect of Vitrectomy infusion solutions on postoperative electroretinography and retina histology. BMJ Open Ophthalmol. 2017;1(1):25-32. e000004. Available from: <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2016-000004>.

12. Heilweil G., Komarowska I., Zemel E. et al. Normal physiological and pathophysiological effects of trypan blue on the retinas of albino rabbits. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2010;51(8):4187-4194. Available from: <https://doi.org/10.1167/iov.09-4675>.

13. Kim N.K., Kim C.Y., Choi M.J. et al. Effects of low-intensity ultrasound on oxidative damage in retinal pigment epithelial cells in vitro. Itrasound Med. Biol. 2015;41(5):1363-1371. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2014.12.065>.

14. Bottos J., Elizalde J., Rodrigues E.B. et al. Vitreomacular traction syndrome: postoperative functional and anatomic outcomes. Ophthalmic Surg. Lasers Imaging Retina. 2015;46(2):235-242. Available from: <https://doi.org/10.3928/23258160-20150213-14>.

15. Niwa T., Terasaki H., Kondo M. et al. Function and morphology of macula before and after removal of idiopathic epiretinal membrane. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2003;44(4):1652-1656.

16. Шпак А.А. Вопросы статистического анализа в российских офтальмологических журналах. Офтальмохирургия. 2016;1:73-77. [Shpak A.A. Issues of the statistical analysis in the Russian ophthalmic journals. Oftal'mokhirurgiya. 2016;1:73-77. (In Russ.)]

Available from: <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2016-1-73-77>.

17. Almeida FP, De Lucca A.C., Scott I.U. et al. Accidental subretinal brilliant blue G migration during internal limiting membrane peeling surgery. JAMA Ophthalmol. 2015;133(1):85-88. Available from: <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2014.3869>.

18. Machida S., Nishimura T., Ohzeki T. et al. Comparisons of focal macular electroretinograms after indocyanine green-, brilliant blue G-, or triamcinolone acetate-assisted macular hole surgery. Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 2017;255(3):485-492. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00417-016-3478-8>.

19. Ueno S., Kondo M., Piao C.H. et al. Selective amplitude reduction of the PhNR after macular hole surgery: ganglion cell damage related to ICG-assisted ILM peeling and gas tamponade. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2006;47(8):3545-3549.

20. Куликов А.Н., Сосновский С.В., Николаенко Е.Н. Анализ динамики электрогенеза сетчатки

и зрительного нерва после витрэктомии по поводу осложненной хирургии катаракты. Офтальмологические ведомости. 2018;11(3):34-47. [Nikolaenko EN, Sosnovskii SV, Kulikov AN. Analysis of retinal and optic nerve electrogenesis dynamics after vitrectomy for complicated cataract surgery. Oftal'mologicheskie vedomosti. 2018;11(3):34-47. (In Russ.)] Available from: <https://doi.org/10.17816/OV11334-47>.

21. Куликов А.Н. Экспериментальное изучение высокочастотных жидких перфторорганических соединений при интравитреальном введении: Дис. ... канд. мед. наук. Санкт-Петербург; 1997. [Kulikov AN. Eksperimentalnoe izuchenie vysokochistyh zhidkikh perftororganicheskikh soedineniy pri intravitrealnom vvedenii: dissertation. Sankt-Peterburg; 1997. (In Russ.)]

22. Karkanová M., Vlková E., Dosková H., Kolár P. The influence of the idiopathic macular hole (IMH) surgery with the ILM peeling and gas tamponade on the electrical function of the retina. Cesk Slov Oftalmol. 2010;66(2):84-88.

23. Jones B.W., Marc R.E., Pfeiffer R.L. The Organization of the Retina and Visual System. Salt Lake City: University of Utah Health Sciences Center. 2016;248.

24. Зольникова И.В., Рогатина Е.В., Егорова И.В. Электроретинографические и морфометрические симптомы колбочковой дисфункции. Вестник новых медицинских технологий. 2011;18(2):406-409. [Zolnikova I.V., Rogatina Ye.V., Yegorova I.V. Electrographic and morphometric symptoms of conus dysfunction. J. New Med. Technol. 2011;18(2):406-409. (In Russ.)]

25. Lubiński W., Gosiński W., Krzystolik K. et al. Assessment of macular function, structure and predictive value of pattern electroretinogram parameters for postoperative visual acuity in patients with idiopathic epimacular membrane. Doc. Ophthalmol. 2016;133(1):21-30. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10633-016-9543-0>.

Поступила 28.10.2018



Новые технологии
в офтальмологии
New technologies
in ophthalmology 2019

www.ophtalmologi.ru • Russia, Kazan • 11-12 april, 2019

11-12 апреля 2019
г. Казань, ул. Ершова 1а, ГТРК «Корстон»