

DOI: <https://doi.org/10.17816/OV64272>

Научная статья



Факторы риска развития макулярного отёка после витрэктомии у пациентов с регматогенной отслойкой сетчатки, осложнённой пролиферативной витреоретинопатией

© Э.В. Бойко^{1, 2, 3}, И.В. Хижняк¹, Я.В. Байбородов^{1, 2}

¹ Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова», Санкт-Петербург, Россия;

² Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия;

³ Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

Актуальность. Несмотря на значительные достижения в технологии хирургического лечения регматогенной отслойки сетчатки, сохраняется определённая доля пациентов с возникающим макулярным отёком на фоне тампонады силиконовым маслом.

Цель — на основе ретроспективного анализа клинично-инструментальных данных у пациентов с регматогенной отслойкой сетчатки, осложнённой пролиферативной витреоретинопатией, изучить предикторы развития макулярного отёка и разработать математическую модель его прогнозирования.

Материалы и методы. Для изучения факторов риска возникновения макулярного отёка были отобраны 64 пациента (64 глаза) с регматогенной отслойкой сетчатки, осложнённой пролиферативной витреоретинопатией степени СР 1–2-го типа, проведён ретроспективный анализ результатов хирургического лечения больных. Возраст пациентов варьировал от 30 до 81 года, среди них — 28 женщин и 36 мужчин. Во всех случаях при первичном обращении отслойка сетчатки распространялась на макулярную зону.

Результаты. С помощью регрессионного анализа были выделены два значимых фактора: сумма 8 меридианов поля зрения до операции ($p = 0,015$) и количество отслоённых квадрантов ($p = 0,021$). На основе выделенных факторов была получена модель прогнозирования возникновения макулярного отёка в послеоперационном периоде при хирургическом лечении регматогенной отслойки сетчатки.

Выводы. Результаты проведённого исследования позволили установить, что значимыми предоперационными факторами в развитии макулярного отёка при отслойках сетчатки с пролиферативной витреоретинопатией степени СР 1–2-го типа являются площадь отслоённой сетчатки и поле зрения по сумме 8 меридианов. Разработанная математическая модель, основанная на этих показателях, характеризуется высокой информативностью и позволяет прогнозировать возникновение макулярного отёка в послеоперационном периоде. Применение предложенной модели прогнозирования обуславливает дифференцированный подход к хирургической профилактике макулярного отёка и позволяет принять решение об удалении внутренней пограничной мембраны на дооперационном этапе.

Ключевые слова: отслойка сетчатки; факторы риска макулярного отёка; витрэктомия; пролиферативная витреоретинопатия.

Как цитировать:

Бойко Э.В., Хижняк И.В., Байбородов Я.В. Факторы риска развития макулярного отёка после витрэктомии у пациентов с регматогенной отслойкой сетчатки, осложнённой пролиферативной витреоретинопатией // Офтальмологические ведомости. 2021. Т. 14. № 3. С. 7–15. DOI: <https://doi.org/10.17816/OV64272>

DOI: <https://doi.org/10.17816/OV64272>

Scientific article

Macular edema risk factors after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment complicated by proliferative vitreoretinopathy

© Ernest V. Boyko^{1, 2, 3}, Igor V. Khizhnyak¹, Yaroslav V. Bayborodov^{1, 2}

¹ S.N. Fedorov National Medical Research Center "MNTK "Eye Microsurgery", Saint Petersburg, Russia;

² I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russia;

³ S.M. Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

BACKGROUND: Despite significant advances in the technology of surgical treatment of regmatogenous retinal detachment, a certain proportion of patients with emerging macular edema against the background of silicone oil tamponade remains.

AIM: To evaluate the risk factors of macular edema development and to work out a mathematical model for its prediction based on a retrospective analysis of clinical data of patients with rhegmatogenous retinal detachment complicated by proliferative vitreoretinopathy.

MATERIALS AND METHODS: A retrospective case series of 64 patients (64 eyes) with regmatogenous retinal detachment complicated by grade CP proliferative vitreoretinopathy who underwent primary retinal detachment repair. Patients were divided into two groups: with the presence of macular edema in the postoperative period and without it (32 patients in each group). In all cases, at the initial examination, retinal detachment involved the macular area.

RESULTS: Using regression analysis, two significant factors were identified: the sum of the 8 meridians of the visual field before surgery ($p = 0.015$) and the number of detached quadrants ($p = 0.021$). Based on the identified factors, a model for predicting macular edema occurrence in the postoperative period in the surgical treatment of regmatogenous retinal detachment was obtained.

CONCLUSIONS: The investigation results allowed establishing that the retinal detachment area and the sum of the 8 meridians of the visual field are significant pre-operative factors for macular edema development in retinal detachments with proliferative vitreoretinopathy of CP 1-2 degree. The developed mathematical model based on these indicators is characterized by significant information content and allows predicting macular edema occurrence in the postoperative period. The use of the proposed prognostic model determines a differentiated approach to surgical prevention of macular edema and allows making a decision on the removal of internal limiting membrane at the preoperative stage.

Keywords: retinal detachment; macular edema risk factors; vitrectomy; proliferative vitreoretinopathy.

To cite this article:

Boyko EV, Khizhnyak IV, Bayborodov YaV. Macular edema risk factors after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment complicated by proliferative vitreoretinopathy. *Ophthalmology Journal*. 2021;14(3):7-15. DOI: <https://doi.org/10.17816/OV64272>

Received: 29.03.2021

Accepted: 12.08.2021

Published: 29.09.2021

АКТУАЛЬНОСТЬ

За последние десятилетия технология хирургического лечения регматогенной отслойки сетчатки значительно эволюционировала. В настоящий момент большинство хирургов предпочитают витрэктомию эписклеральному пломбированию как метод лечения отслоившейся сетчатки, особенно в случаях, осложнённых выраженной пролиферативной витреоретинопатией.

Однако, несмотря на, казалось бы, полное удаление стекловидного тела вместе с гиалоидной мембраной, сохраняется определённая доля осложнений послеоперационного периода, одним из которых является макулярный отёк (МО) на фоне тампонады силиконовым маслом. По данным некоторых авторов, вероятность этого осложнения варьирует от 6 до 31 % в тех случаях, когда методом лечения отслойки сетчатки оказывалась витрэктомия [1–3]. Среди факторов риска данного осложнения авторы выделяют количество, размеры разрывов и их локализацию, а также степень распространённости пролиферативной витреоретинопатии (ПВР) [1, 3, 4].

В настоящее время патофизиологические аспекты возникновения МО после витрэктомии по поводу регматогенной отслойки сетчатки остаются не полностью изученными.

Цель — на основе ретроспективного анализа клинико-инструментальных данных у пациентов с регматогенной отслойкой сетчатки, осложнённой пролиферативной витреоретинопатией, изучить предикторы развития МО и разработать математическую модель его прогнозирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения факторов риска возникновения МО были отобраны 64 пациента (64 глаза) с регматогенной отслойкой сетчатки (ОС), осложнённой ПВР степени СР 1–2-го типа, проведён ретроспективный анализ результатов хирургического лечения больных. Исследуемую когорту составили 32 пациента с наличием МО в послеоперационном периоде (основная группа) и 32 — с его отсутствием (контрольная группа). Возраст пациентов варьировал от 30 до 81 года, среди них — 28 женщин и 36 мужчин. Во всех случаях при первичном обращении отслойка сетчатки распространялась на макулярную зону.

Критерии исключения: сахарный диабет, афакия, увеит, посттравматические состояния, сочетание отслойки сетчатки с макулярным разрывом, наличие катаракты, возрастная макулярная дегенерация, повторные ревизии витреальной полости с ретампонадой.

Помимо стандартного офтальмологического обследования всем пациентам в послеоперационном периоде проводили В-сканирование, оптическую когерентную томографию с оценкой толщины и объёма макулярной области сетчатки на аппарате Spectralis (Heidelberg Engineering, Германия).

Хирургическое вмешательство всем пациентам выполнено под масочным наркозом в объёме тотальной витрэктомии с использованием инструментов 25-го калибра в сочетании с круговым вдавлением склеры, лазерной коагуляцией в зоне разрывов, тампонады силиконовым маслом 1300 сСт. Все операции были выполнены одним хирургом. Силиконовое масло удаляли через 2,5–3,5 мес.

В послеоперационном периоде применяли местную терапию в виде инстилляций антибиотика (моксифлоксацина 0,5 %) 4 раза в день в течение 7 дней, дексаметазона 0,1 % 4 раза в день — 14 дней и бромфенака 0,09 % — 2 раза в день до 1 мес.

Клинико-инструментальный мониторинг осуществляли в первые трое суток после операции, перед удалением силиконового масла, в течение 1 мес. после удаления силиконового масла, либо в другие сроки при появлении жалоб. Длительность наблюдения в послеоперационном периоде — от 6 до 18 мес.

Статистическую обработку результатов исследования осуществляли при помощи программ Microsoft Excel 2016, Statistica. Различия считались достоверно значимыми при $p < 0,05$. Для оценки вероятности развития отёка у каждого пациента на основании дооперационных и ряда послеоперационных показателей использовали метод бинарной логистической регрессии. С целью изучения предикторов возникновения МО были оценены следующие факторы: пол, возраст, время существования отслойки сетчатки, максимальная корригированная острота зрения до и после операции, длина переднезадней оси, наличие собственного хрусталика или интраокулярной линзы, внутриглазное давление (P_T), поле зрения по сумме 8 меридианов, распространённость ПВР по квадрантам, количество отслоённых квадрантов, максимальная высота отслойки сетчатки, преобладание отслойки сетчатки в верхних или нижних квадрантах, количество разрывов и их локализация.

РЕЗУЛЬТАТЫ

У всех пациентов анатомический результат в виде полного прилегания сетчатки был достигнут после завершения однократной тампонады силиконовым маслом со средней продолжительностью $97,4 \pm 11,1$ дня. Установлено, что средний срок выявления МО в основной группе составил $48,8 \pm 26,2$ дня.

Как видно из данных табл. 1 по предоперационным показателям основная и контрольная группы не имели статистически достоверных отличий и были сопоставимы.

Данные клинических факторов, характеризующих отслойку сетчатки у пациентов исследуемых групп, представлены в табл. 2.

Как свидетельствуют данные табл. 2, обнаружена значимая зависимость вероятности появления МО от количества разрывов сетчатки ($p = 0,014$). Так, в контрольной группе наблюдали только единичные разрывы в 100 %

Таблица 1. Показатели исследуемых факторов и их значимость в группах пациентов с регматогенной отслойкой сетчатки в дооперационном периоде

Table 1. Indicators of the studied factors and their significance in groups of patients with regmatogenous retinal detachment in the preoperative period

Фактор	Контрольная группа, $M \pm m$ ($n = 32$)	Основная группа $M \pm m$ ($n = 32$)	Значимость проверки гипотезы об однородности групп, p	Уровень значимости, полученный в рамках модели БЛР, p
Возраст, лет	58,12 ± 13,26	60,52 ± 11,25	0,57	
Пол	Ж — 15, М — 17	Ж — 13, М — 19	0,75	
Длительность отслойки сетчатки, дни	52,53 ± 57,57	62,04 ± 53,66	0,34	
Максимальная корригированная острота зрения	0,08 ± 0,08	0,14 ± 0,18	0,40	>0,05
Длина переднезадней оси, мм	25,04 ± 1,96	24,66 ± 1,65	0,55	
Глубина передней камеры	3,87 ± 0,83	3,71 ± 0,69	0,64	
Внутриглазное давление (P_T), ммHg	14,18 ± 3,91	15,39 ± 3,66	0,81	
Факичный глаз	15	14	0,82	
Артифакичный глаз	17	18	0,82	

Примечание. $M \pm m$ — среднее значение и ошибка среднего; БЛР — бинарная логистическая регрессия.

Таблица 2. Характеристика отслойки сетчатки пациентов исследуемых групп в дооперационном периоде

Table 2. Characteristics of retinal detachment in patients of the studied groups in the preoperative period

Показатель	Контрольная группа, $M \pm m$ ($n = 32$)	Основная группа $M \pm m$ ($n = 32$)	Значимость проверки гипотезы об однородности групп, p	Уровень значимости, полученный в рамках модели БЛР, p
Количество отслоённых квадрантов	2,94 ± 0,97	3,22 ± 0,74	0,43	0,021
Максимальная высота отслойки сетчатки, мм	4,59 ± 2,02	4,30 ± 1,70	0,83	>0,05
Распространённость ПВР, квадранты	1,47 ± 0,87	1,43 ± 0,66	0,87	>0,05
Поле зрения по сумме 8 меридианов, град.	174,41 ± 154,64	232,26 ± 127,09	0,21	0,015
Преобладание отслойки сетчатки:				
верхние квадранты	9 (28,13 %)	4 (12,50 %)	0,25	>0,05
нижние квадранты	23 (71,87 %)	28 (87,50 %)	0,25	>0,05
Локализация разрыва(ов):				
верхние квадранты	21 (65,62 %)	26 (81,25 %)	0,27	>0,05
нижние квадранты	11 (34,38 %)	6 (18,75 %)	0,27	>0,05
Количество разрывов сетчатки:				
единичный	32 (100 %)	22 (68,75 %)	0,014	>0,05
2 и более	0	10 (31,25 %)	0,014	>0,05

Примечание. $M \pm m$ — среднее значение и ошибка среднего; БЛР — бинарная логистическая регрессия, ПВР — пролиферативная витреоретинопатия.

случаев, в основной группе 10 пациентов (31,25 %) имели 2 или более разрывов.

Не выявлена зависимость от преимущественной локализации отслойки сетчатки (верхние или нижние квадранты), расположения периферических разрывов сетчатки (в верхних или нижних половинах), а также от количества отслоённых квадрантов, максимальной высоты отслойки сетчатки и распространённости ПВР по квадрантам ($p > 0,05$ во всех случаях).

Анализ функциональных результатов лечения пациентов с отслойкой сетчатки в исследуемых группах представлен в табл. 3.

Из представленных данных табл. 3 видно, что показатели максимальной корригированной остроты зрения, несмотря на то что в основной группе она была выше, и поле зрения по сумме 8 меридианов после операции в обеих группах статистически достоверно не различались ($p > 0,05$) и значительно превышали таковые до операции (табл. 1, 2). Оценка уровня внутриглазного давления исследуемых групп (в контрольной группе — 15,12 ± 2,89, в основной — 16,74 ± 3,20 мм рт. ст.) в послеоперационном периоде различий не выявила, $p = 0,11$.

Результаты морфометрического исследования отражены в табл. 4.

Таблица 3. Функциональные результаты исследуемых групп в послеоперационном периоде**Table 3.** Functional results of the studied groups in the postoperative period

Показатель	Контрольная группа, $M \pm m$ ($n = 32$)	Основная группа, $M \pm m$ ($n = 32$)	Достоверность послеоперационных показателей, p
Максимальная корригированная острота зрения	0,25 ± 0,10	0,32 ± 0,17	0,23
Поле зрения по сумме 8 меридианов, град	383,24 ± 67,73	378,26 ± 71,18	0,61

Примечание. $M \pm m$ — среднее значение и ошибка среднего.

Таблица 4. Морфометрические характеристики макулярной зоны исследуемых групп в послеоперационном периоде по данным оптической когерентной томографии**Table 4.** Morphometric characteristics of the macular zone of the studied groups in the postoperative period according to optical coherence tomography

Параметры	Контрольная группа, $M \pm m$ ($n = 32$)	Основная группа, $M \pm m$ ($n = 32$)	Достоверность показателей, p
Центральная толщина сетчатки, мкм	237,35 ± 29,72	346,78 ± 71,73	<0,0001
Объём макулярной сетчатки, мм ³	8,22 ± 0,87	9,75 ± 1,70	0,003

Примечание. $M \pm m$ — среднее значение и ошибка среднего.

Анализ максимальной высоты сетчатки в центре и объёма макулярной области по данным оптической когерентной томографии свидетельствуют, что группы значительно различаются как по объёму сетчатки в макулярной области, так и по высоте сетчатки в центре фовеолярной зоны (табл. 4).

Качественная оценка макулярной зоны основной группы показала наличие преимущественно диффузного отёка в 93,7 % случаев с наличием кистозных полостей (рис. 1).

В результате проведённого регрессионного анализа были выявлены значимые показатели — сумма 8 меридианов поля зрения до операции ($p = 0,015$) и количество отслоённых квадрантов ($p = 0,021$) (табл. 2).

Таким образом, была получена математическая модель прогнозирования вероятности макулярного отёка (ВМО):

$$BMO = 1 / (1 + 2,72^{-(-12,637 + 0,017 \cdot 8M + 2,978 \cdot N)}),$$

где $8M$ — сумма 8 меридианов поля зрения до операции, N — количество отслоённых квадрантов.

Полученная математическая модель для оценки вероятности развития МО у пациента позволяет оценить тяжесть его состояния на основании данных, полученных до операции. Данная модель имеет чувствительность 84,6 %, специфичность — 81,8 %, точность теста — 83,3 %, что говорит о достаточной достоверности модели [5].

Для оценки прогностической ценности предложенной модели логистической регрессии был проведён ROC-анализ (от англ. Receiver Operator Characteristic). Качество прогноза определяется по площади

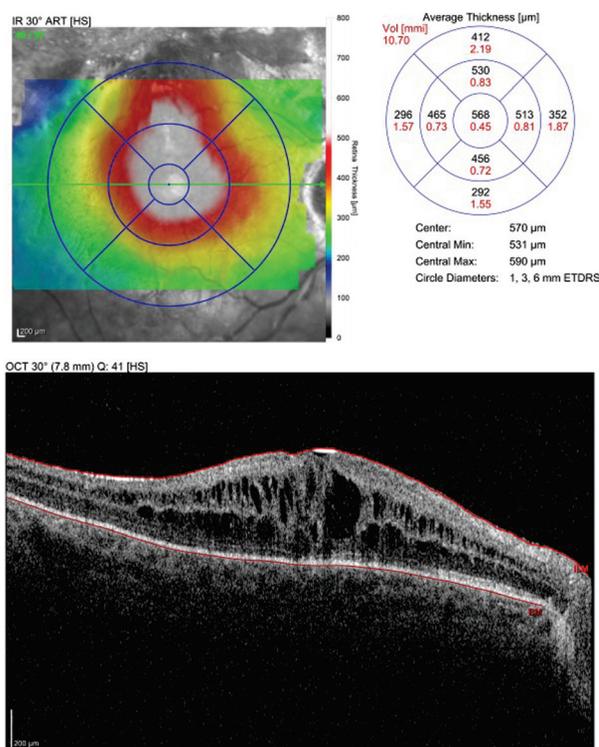


Рис. 1. Оптическая когерентная томограмма макулярной зоны пациентки И., 64 года, через 47 дней после операции. Отмечается выраженный кистозный макулярный отёк

Fig. 1. Optical coherence tomogram of the macular area of patient I., 64 years old, 47 days after surgery. Significant cystoid macular edema

под характеристической кривой, в нашем случае площадь под графиком составила 0,86 (рис. 2). При значениях от 0,8 до 0,9 качество модели определяется как очень хорошее [6].

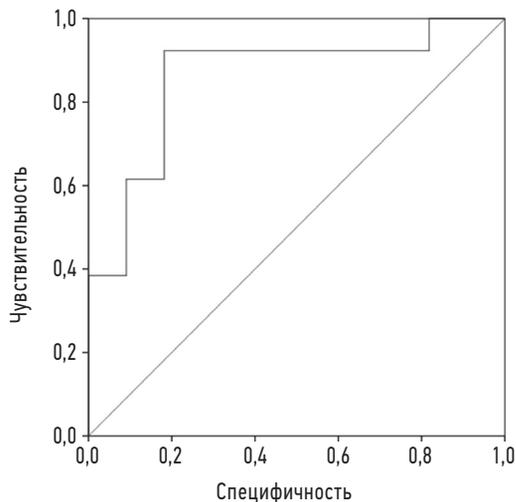


Рис. 2. ROC-кривая для предложенной модели
Fig. 2. ROC-curve for the proposed model

ОБСУЖДЕНИЕ

Не вызывает сомнения, что развитие МО после успешной хирургии регматогенной отслойки сетчатки, как и при любой другой патологии, является негативным фактором для функционального результата. Многочисленные публикации показывают, что удаление ВПМ во время витрэктомии по поводу регматогенной отслойки сетчатки снижает вероятность формирования МО [1, 7–12]. Однако удаление ВПМ становится достаточно травматичной процедурой для сетчатки, поскольку последняя является частью структуры мюллеровской клетки и может служить причиной снижения остроты зрения, появления метаморфозов, а также снижения чувствительности в центральных отделах сетчатки по данным микропериметрии [13–16]. Это определяет целесообразность изучения вопроса о необходимости удаления ВПМ [3, 17].

В настоящий момент активно обсуждаются факторы риска развития МО и эпиретинальных мембран при эндо-витреальном лечении отслоек сетчатки.

В своей работе Н. Kunikata и К. Nishida [18] показали, что вовлечение макулы в отслойку сетчатки уже является таким фактором. Более того, в некоторых исследованиях было показано, что длительная отслойка сетчатки, в том числе и центральных отделов, повышает риск возникновения макулярного отека [19, 13, 20]. Однако данные М.А. Blanco-Teijeiro и соавт. [21] показали обратную зависимость в группах с пилингом ВПМ и без него, время существования отслойки сетчатки являлось статистически незначимым фактором ($p = 0,141$). Результаты нашего исследования демонстрируют отсутствие зависимости риска МО от времени существования отслойки сетчатки ($p = 0,34$).

Другой значимый фактор риска формирования МО, по данным различных авторов, — количество периферических ретинальных разрывов [13, 20]. М.А. Blanco-Teijeiro и соавт. [21] показали, что наличие двух разрывов и более

служит фактором риска МО и эпиретинальной мембраны. R.C. Katiga и соавт. [17] в своей публикации объясняет механизм возникновения макулярного отека и образования эпиретинальных мембран миграцией клеток пигментного эпителия и других клеток-предшественников из субретинального пространства через разрывы сетчатки. В данном исследовании также была выявлена зависимость риска возникновения МО от количества периферических разрывов ($p = 0,014$), что, возможно, свидетельствует о более выраженной склонности к витреоретинальной пролиферации. Нельзя исключить, что наличие нескольких разрывов требует большего объема лазерной коагуляции, что может определять более выраженную воспалительную реакцию и было подтверждено отдельными отчетственными исследованиями [22].

При оценке влияния распространенности пролиферативной витреоретинопатии на риск развития МО не выявлено взаимосвязи ($p = 0,87$). В своем исследовании I. Chatziralli и соавт. [23] установили, что наличие ПВР представляется значимым фактором риска появления МО по сравнению с группой без ПВР. Однако исследование не учитывало степень распространенности по квадрантам. Вместе с тем такой критерий, как «количество отслоённых квадрантов», косвенно является значимым фактором развития ПВР по данным других авторов [24–26].

Оценка полученных данных с использованием регрессионного анализа установила высокую значимость такого показателя, как количество отслоённых квадрантов ($p = 0,021$). Вполне вероятно, что большая площадь отслоённой сетчатки приводит к более массивному высвобождению и миграции клеток пигментного эпителия из субретинального пространства, что обуславливает развитие макулярного отека [24].

Данное исследование, как и многочисленные публикации, показало, что такие факторы, как возраст, пол, максимальная корригированная острота зрения, длина переднезадней оси, внутриглазное давление, наличие собственного или искусственного хрусталика считаются статистически незначимыми в возникновении макулярного отека [13, 19–21, 27]. По данным R. Sella и соавт. [20], а также N. Shiraki и соавт. [28], расположение ретинальных разрывов и топография отслоённых квадрантов так же не являются статистически значимыми факторами в развитии МО, что подтверждено в нашем исследовании.

Основной целью данного исследования было создание математической модели для прогнозирования вероятности МО на дооперационном этапе. С помощью регрессионного анализа были выделены два значимых фактора: сумма 8 меридианов поля зрения до операции ($p = 0,015$) и количество отслоённых квадрантов ($p = 0,021$). На основе выделенных факторов была получена модель прогнозирования возникновения МО в послеоперационном периоде при хирургическом лечении регматогенной отслойки сетчатки. Показатели чувствительности (84,6 %), специфичности (81,8 %) и точности (83,3 %) подтверждают

достаточную достоверность данной прогностической модели. Проведённый ROC-анализ предложенной модели показал хорошее качество прогноза (0,86).

Казалось бы, поскольку количество отслоённых квадрантов и сумма полей зрения взаимосвязаны, можно было бы опираться только на один из факторов. Однако при создании модели логистической регрессии с принудительным включением только показателя «Поле зрения по сумме 8 меридианов» модель получается значимой ($p = 0,030$), но точность снизилась до 68,6 %, при этом чувствительность составила 80 %, а специфичность снизилась до 53,3 %. При принудительном включении в модель только показателя «Количество отслоённых квадрантов» модель получается незначимой ($p = 0,343$). Следовательно, в первоначально полученной модели фактор «Количество отслоённых квадрантов» дополняет фактор «Поле зрения по сумме 8 меридианов» и повышает качество прогноза. В своей работе H. Noda и соавт. [29] при сопоставлении данных микропериметрии и данных оптической когерентной томографии частично отслоённой макулярной области показали, что функция отслоённой сетчатки угасает постепенно. Вероятно, это объясняет большую значимость показателя «Поле зрения по сумме 8 меридианов».

Таким образом, стало возможным на дооперационном этапе применять дифференцированный подход к удалению ВПМ, как метода профилактики развития МО в хирургическом лечении регматогенной отслойки сетчатки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nam K.Y., Kim J.Y. Effect of internal limiting membrane peeling on the development of epiretinal membrane after pars plana vitrectomy for primary rhegmatogenous retinal detachment // *Retina*. 2015. Vol. 35. No. 5. P. 880–885. DOI: 10.1097/IAE.0000000000000421
2. Borowicz D., Nowomiejska K., Nowakowska D., et al. Functional and morphological results of treatment of macula-on and macula-off rhegmatogenous retinal detachment with pars plana vitrectomy and sulfur hexafluoride gas tamponade // *BMC Ophthalmol*. 2019. Vol. 19. No. 1. P. 118. DOI: 10.1186/s12886-019-1120-3
3. Poulsen C.D., Petersen M.P., Green A., et al. Fundus autofluorescence and spectral domain optical coherence tomography as predictors for long-term functional outcome in rhegmatogenous retinal detachment // *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2019. Vol. 257. No. 4. P. 715–723. DOI: 10.1007/s00417-018-04222-w
4. Сосновский С.В., Бойко Э.В., Харитоновна Н.Н. Обоснование и разработка системы количественной оценки тяжести пролиферативной витреоретинопатии // *Офтальмохирургия*. 2009. № 4. С. 25–29.
5. Патент РФ на изобретение № 2724009С1. Хижняк И.В., Бойко Э.В., Байбородов Я.В. Способ прогнозирования макулярного отёка после микроинвазивной витрэктомии по поводу отслойки сетчатки.
6. Трухачёва Н.В. Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 379 с.
7. Захаров В.Д., Шкворченко Д.О., Какунина С.А., и др. Хирургическое лечение регматогенной отслойки сетчатки методом эндовитреального вмешательства с пилингом внутренней пограничной мембраны // *Современные технологии в офтальмологии*. 2018. № 1. С. 138–141.
8. Шкворченко Д.О., Захаров В.Д., Какунина С.А., и др. Сравнительная оценка результатов хирургического лечения регматогенной отслойки сетчатки // *Офтальмохирургия*. 2015. № 4. С. 43–50.
9. Шкворченко Д.О., Захаров В.Д., Какунина С.А., и др. Анализ восстановления зрительных функций у пациентов с регматогенной отслойкой сетчатки после хирургического лечения методом однопортовой витрэктомии 25 G // *Катарактальная и рефракционная хирургия*. 2014. № 4. С. 51–54.
10. Heo M.S., Kim H.W., Lee J.E., et al. The clinical features of macular pucker formation after pars plana vitrectomy for primary rhegmatogenous retinal detachment repair // *Korean J Ophthalmol*. 2012. Vol. 26. No. 5. P. 355–361. DOI: 10.3341/kjo.2012.26.5.355
11. Tsilimbaris M.K., Chalkia A., Tsika C., et al. Clinical and spectral-domain optical coherence tomography findings of patients with incomplete visual recovery after anatomically successful retinal detachment surgery // *Journal of Ophthalmology*. 2015. Vol. 2015. ID420401. DOI: 10.1155/2015/420401
12. Gupta R.R., Iaboni D.S.M., Seamone M.E., Sarraf D. Inner, outer, and full-thickness retinal folds after rhegmatogenous retinal

ВЫВОДЫ

1. Результаты проведённого исследования позволили установить, что значимыми предоперационными факторами в развитии макулярного отёка при отслойках сетчатки с ПВР Ср1-2 являются площадь отслоённой сетчатки и поле зрения по сумме 8 меридианов.

2. Разработанная математическая модель, основанная на показателях площади отслоённой сетчатки и поля зрения по сумме 8 меридианов, характеризуется высокой информативностью (чувствительность — 84,6 %, специфичность — 81,8 %, точность теста — 83,3 %) и позволяет прогнозировать возникновение МО в послеоперационном периоде.

3. Применение предложенной модели прогнозирования обуславливает дифференцированный подход к хирургической профилактике макулярного отёка и позволяет принять решение об удалении ВПМ на дооперационном этапе.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Не указан.

detachment repair: A review // *Surv Ophthalmol.* 2019. Vol. 64. No. 2. P. 135–161. DOI: 10.1016/j.survophthal.2018.10.007

13. Martinez-Castillo V., Boixadera A., Distefano L., et al. Epiretinal membrane after pars plana vitrectomy for primary pseudophakic or aphakic rhegmatogenous retinal detachment: incidence and outcomes // *Retina.* 2012. Vol. 32. No. 7. P. 1350–1355. DOI: 10.1097/IAE.0b013e318242b965

14. Clark A., Balducci N., Pichi F., et al. Swelling of the arcuate nerve fiber layer after internal limiting membrane peeling // *Retina.* 2012. Vol. 32. No. 8. P. 1608–1613. DOI: 10.1097/IAE.0b013e3182437e86

15. Pichi F., Lembo A., Morara M., et al. Early and late inner retinal changes after inner limiting membrane peeling // *Int Ophthalmol.* 2014. Vol. 34. No. 2. P. 437–446. DOI: 10.1007/s10792-013-9831-6

16. Eissa M.G.A.M., Abdelhakim M.A.S.E., Macky T.A., et al. Functional and structural outcomes of ILM peeling in uncomplicated macula-off RRD using microperimetry & en-face OCT // *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2018. Vol. 256. No. 2. P. 249–257. DOI: 10.1007/s00417-017-3875-7

17. Katira R.C., Zamani M., Berinstein D.M., Garfinkel R.A. Incidence and characteristics of macular pucker formation after primary retinal detachment repair by pars plana vitrectomy alone // *Retina.* 2008. Vol. 28. No. 5. P. 744–748. DOI: 10.1097/IAE.0b013e318162b031

18. Kunikata H., Nishida K. Visual outcome and complications of 25-gauge vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment; 84 consecutive cases // *Eye (Lond).* 2010. Vol. 24. No. 6. P. 1071–1077. DOI: 10.1038/eye.2010.41

19. Akiyama K., Fujinami K., Watanabe K., et al. Internal limiting membrane peeling to prevent post-vitrectomy epiretinal membrane development in retinal detachment // *Am J Ophthalmol.* 2016. Vol. 171. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.ajo.2016.08.015

20. Sella R., Sternfeld A., Budnik I., et al. Epiretinal membrane following pars plana vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment repair // *Int J Ophthalmol.* 2019. Vol. 12. No. 12. P. 1872–1877. DOI: 10.18240/ijo.2019.12.09

21. Blanco-Teijeiro M.J., Bande Rodriguez M., Mansilla Cuñarro R., et al. Effects of internal limiting membrane peeling during vitrectomy for macula-off primary rhegmatogenous retinal de-

tachment // *Eur J Ophthalmol.* 2018. Vol. 28. No. 6. P. 706–713. DOI: 10.1177/1120672117750055

22. Лыскин П.В., Захаров В.Д., Згоба М.И. Эндолазеркоагуляция в хирургии отслойки сетчатки как индуктор воспаления в аспекте изменения цитокинового профиля // *Практическая медицина.* 2017. Т. 2, № 9. С. 117–121.

23. Chatziralli I., Theodossiadi G., Dimitriou E., et al. Macular edema after successful pars plana vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment: factors affecting edema development and considerations for treatment // *Ocul Immunol Inflamm.* 2019. Vol. 29. No. 1. P. 1–6. DOI: 10.1080/09273948.2019.1652330

24. Донцова Ю.А., Шишкин М.М. Оценка эффективности комбинированной хирургии регматогенной отслойки сетчатки, осложнённой пролиферативной витреоретинопатией, стадия С // *Современные технологии в офтальмологии.* 2020. № 1. С. 129–131. DOI: 10.25276/2312-4911-2020-2-129-131

25. Saber E.E., Bayoumy A.S.M., Elmohamady M.N., Faramawi H.M. Macular microstructure and visual acuity after macula-off retinal detachment repair by 23-gauge vitrectomy plus silicone endotamponade // *Clin Ophthalmol.* 2018. Vol. 12. P. 2005–2013. DOI: 10.2147/OPHTH.S181595

26. Jurišić D., Geber M.Z., Čavar I., Utrobičić D.K. Retinal Layers Measurements following Silicone Oil Tamponade for Retinal Detachment Surgery // *Semin Ophthalmol.* 2018. Vol. 33. No. 5. P. 711–718. DOI: 10.1080/08820538.2017.1417452

27. Foveau P., Leroy B., Berrod J.P., Conart J.B. Internal Limiting Membrane Peeling in Macula-off Retinal Detachment Complicated by Grade B Proliferative Vitreoretinopathy // *Am J Ophthalmol.* 2018. Vol. 191. P. 1–6. DOI: 10.1016/j.ajo.2018.03.037

28. Shiraki N., Sakimoto S., Sakaguchi H., et al. Vitrectomy without prone positioning for rhegmatogenous retinal detachments in eyes with inferior retinal breaks // *PLoS One.* 2018. Vol. 13. No. 1. P. e0191531. DOI: 10.1371/journal.pone.0191531

29. Noda H., Kimura S., Hosokawa M.M., et al. Effect of rhegmatogenous retinal detachment on preoperative and postoperative retinal sensitivities // *Scientific Reports.* 2020. Vol. 10. No. 1. ID21497. DOI: 10.1038/s41598-020-78693-5

REFERENCES

1. Nam KY, Kim JY. Effect of internal limiting membrane peeling on the development of epiretinal membrane after pars plana vitrectomy for primary rhegmatogenous retinal detachment // *Retina.* 2015. Vol. 35. No. 5. P. 880–885. DOI: 10.1097/IAE.0000000000000421

2. Borowicz D, Nowomiejska K, Nowakowska D, et al. Functional and morphological results of treatment of macula-on and macula-off rhegmatogenous retinal detachment with pars plana vitrectomy and sulfur hexafluoride gas tamponade // *BMC Ophthalmol.* 2019. Vol. 19. No. 1. P. 118. DOI: 10.1186/s12886-019-1120-3

3. Poulsen CD, Petersen MP, Green A, et al. Fundus autofluorescence and spectral domain optical coherence tomography as predictors for long-term functional outcome in rhegmatogenous retinal detachment // *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2019. Vol. 257. No. 4. P. 715–723. DOI: 10.1007/s00417-018-04222-w

4. Sosnovskii SV, Boiko EhV, Kharitonova NN. Obosnovanie i razrabotka sistemy kolichestvennoi otsenki tyazhesti proliferativnoi vitreoretinopatii. *Fyodorov journal of ophthalmic surgery.* 2009;(4): 25–29. (In Russ.)

5. Patent RUS № 2724009C1. Khizhnyak IV, Boiko EhV, Baiborodov YaV. *Sposob prognozirovaniya makulyarnogo oteka posle mikroinvazivnoi vitrehtomii po povodu otsloiki setchatki.* (In Russ.)

6. Trukhacheva NV. *Matematicheskaya statistika v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh s primeneniem paketa Statistica.* Moscow: Geotar-Media, 2013. 379 p. (In Russ.)

7. Zakharov VD, Shkvorchenko DO, Kakunina SA, et al. Khirurgicheskoe lechenie regmatogennoi otsloiki setchatki metodom ehndovitreal'nogo vmeshatel'stva s pilingom vnutrennei pogrannichnoi membrany. *Modern technologies in ophthalmology.* 2018(1): 138–141. (In Russ.)

8. Shkvorchenko DO, Zakharov VD, Kakunina SA, et al. Comparative estimation of surgical treatment results of rhegmatogenous retinal detachment. *Fyodorov journal of ophthalmic surgery.* 2015;(4):43–50. (In Russ.)

9. Shkvorchenko DO, Zakharov VD, Kakunina SA, et al. Analysis of visual functions recovery in patients with regmatogenous retinal detachment after surgical treatment by the method of the single-port

vitrectomy 25G. *Cataractal and refractive surgery*. 2014;(4):51–54. (In Russ.)

10. Heo MS, Kim HW, Lee JE, et al. The clinical features of macular pucker formation after pars plana vitrectomy for primary rhegmatogenous retinal detachment repair // *Korean J Ophthalmol*. 2012. Vol. 26. No. 5. P. 355–361. DOI: 10.3341/kjo.2012.26.5.355

11. Tsilimbaris MK, Chalkia A, Tsika C, et al. Clinical and spectral-domain optical coherence tomography findings of patients with incomplete visual recovery after anatomically successful retinal detachment surgery // *Journal of Ophthalmology*. 2015. Vol. 2015. ID420401. DOI: 10.1155/2015/420401

12. Gupta RR, Iaboni DSM, Seamone ME, Sarraf D. Inner, outer, and full-thickness retinal folds after rhegmatogenous retinal detachment repair: A review // *Surv Ophthalmol*. 2019. Vol. 64. No. 2. P. 135–161. DOI: 10.1016/j.survophthal.2018.10.007

13. Martinez-Castillo V, Boixadera A, Distefano L, et al. Epiretinal membrane after pars plana vitrectomy for primary pseudophakic or aphakic rhegmatogenous retinal detachment: incidence and outcomes // *Retina*. 2012. Vol. 32. No. 7. P. 1350–1355. DOI: 10.1097/IAE.0b013e318242b965

14. Clark A, Balducci N, Pichi F, et al. Swelling of the arcuate nerve fiber layer after internal limiting membrane peeling // *Retina*. 2012. Vol. 32. No. 8. P. 1608–1613. DOI: 10.1097/IAE.0b013e3182437e86

15. Pichi F, Lembo A, Morara M, et al. Early and late inner retinal changes after inner limiting membrane peeling // *Int Ophthalmol*. 2014. Vol. 34. No. 2. P. 437–446. DOI: 10.1007/s10792-013-9831-6

16. Eissa MGAM, Abdelhakim MASE, Macky TA, et al. Functional and structural outcomes of ILM peeling in uncomplicated macula-off RRD using microperimetry & en-face OCT // *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2018. Vol. 256. No. 2. P. 249–257. DOI: 10.1007/s00417-017-3875-7

17. Katira RC, Zamani M, Berinstein DM, Garfinkel RA. Incidence and characteristics of macular pucker formation after primary retinal detachment repair by pars plana vitrectomy alone // *Retina*. 2008. Vol. 28. No. 5. P. 744–748. DOI: 10.1097/IAE.0b013e318182b031

18. Kunikata H, Nishida K. Visual outcome and complications of 25-gauge vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment; 84 consecutive cases // *Eye (Lond)*. 2010. Vol. 24. No. 6. P. 1071–1077. DOI: 10.1038/eye.2010.41

19. Akiyama K, Fujinami K, Watanabe K, et al. Internal limiting membrane peeling to prevent post-vitrectomy epiretinal membrane development in retinal detachment // *Am J Ophthalmol*. 2016. Vol. 171. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.ajo.2016.08.015

20. Sella R, Sternfeld A, Budnik I, et al. Epiretinal membrane following pars plana vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment repair // *Int J Ophthalmol*. 2019. Vol. 12. No. 12. P. 1872–1877. DOI: 10.18240/ijo.2019.12.09

21. Blanco-Teijeiro MJ, Bande Rodriguez M, Mansilla Cuñarro R, et al. Effects of internal limiting membrane peeling during vitrectomy for macula-off primary rhegmatogenous retinal detachment // *Eur J Ophthalmol*. 2018. Vol. 28. No. 6. P. 706–713. DOI: 10.1177/1120672117750055

22. Lyskin PV, Zakharov VD, Zgoba MI. Endolaser photocoagulation in retinal detachment surgery, as an inducer of inflammation and changes in the cytokine profile. *Practical medicine*. 2017;2(9):117–121. (In Russ.)

23. Chatziralli I, Theodossiadis G, Dimitriou E, et al. Macular edema after successful pars plana vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment: factors affecting edema development and considerations for treatment // *Ocul Immunol Inflamm*. 2019. Vol. 29. No. 1. P. 1–6. DOI: 10.1080/09273948.2019.1652330

24. Dontsova JA, Shishkin MM. Evaluation of the effectiveness of combined surgery of regmatogenous retinal detachment complicated by proliferative vitreoretinopathy, stage C. *Modern technologies in ophthalmology*. 2020;(1):129–131. (In Russ.) DOI: 10.25276/2312-4911-2020-2-129-131

25. Saber EE, Bayoumy ASM, Elmohamady MN, Faramawi HM. Macular microstructure and visual acuity after macula-off retinal detachment repair by 23-gauge vitrectomy plus silicone endotamponade // *Clin Ophthalmol*. 2018. Vol. 12. P. 2005–2013. DOI: 10.2147/OPHTH.S181595

26. Jurišić D, Geber MZ, Čavar I, Utrobičić DK. Retinal Layers Measurements following Silicone Oil Tamponade for Retinal Detachment Surgery // *Semin Ophthalmol*. 2018. Vol. 33. No. 5. P. 711–718. DOI: 10.1080/08820538.2017.1417452

27. Foveau P, Leroy B, Berrod JP, Conart JB. Internal Limiting Membrane Peeling in Macula-off Retinal Detachment Complicated by Grade B Proliferative Vitreoretinopathy // *Am J Ophthalmol*. 2018. Vol. 191. P. 1–6. DOI: 10.1016/j.ajo.2018.03.037

28. Shiraki N, Sakimoto S, Sakaguchi H, et al. Vitrectomy without prone positioning for rhegmatogenous retinal detachments in eyes with inferior retinal breaks // *PLoS One*. 2018. Vol. 13. No. 1. P. e0191531. DOI: 10.1371/journal.pone.0191531

29. Noda H, Kimura S, Hosokawa MM, et al. Effect of rhegmatogenous retinal detachment on preoperative and postoperative retinal sensitivities // *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10. No. 1. ID21497. DOI: 10.1038/s41598-020-78693-5

ОБ АВТОРАХ

*Игорь Валерьевич Хижняк, врач-офтальмолог;
адрес: Россия, 192283, Санкт-Петербург, ул. Ярослава Гашека, д. 21;
ORCID: orcid.org/0000-0002-1785-7794;
eLibrary SPIN: 3711-7703; e-mail: Igor.Khizhnyak126@yandex.ru

Эрнест Витальевич Бойко, д-р мед. наук, профессор;
eLibrary SPIN 7589-2512; e-mail: boiko@mntk.spb.ru

Ярослав Владимирович Байбородов, канд. мед. наук;
eLibrary SPIN: 2702-4365; e-mail: yaroslavvitsug@rambler.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

AUTHORS' INFO

*Igor V. Khizhnyak, ophthalmologist;
address: 21, Yaroslava Gasheka str., 192283, Saint Petersburg,
Russia; ORCID: orcid.org/0000-0002-1785-7794;
eLibrary SPIN: 3711-7703; e-mail: Igor.Khizhnyak126@yandex.ru

Ernest V. Boyko, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;
eLibrary SPIN 7589-2512; e-mail: boiko@mntk.spb.ru

Yaroslav V. Bayborodov, Cand. Sci. (Med.);
eLibrary SPIN: 2702-4365; e-mail: yaroslavvitsug@rambler.ru