

МАКУЛЯРНЫЙ ОТЁК ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ РЕГМАТОГЕННОЙ ОТСЛОЙКИ СЕТЧАТКИ – ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Бойко Э.В.^{1,2,3},
Хижняк И.В.¹

¹ Санкт-Петербургский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России (192283, г. Санкт-Петербург,

ул. Ярослава Гашека, 21, Россия)

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России

(195067, г. Санкт-Петербург, Пискаревский просп., 47, Россия)

³ ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» (194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6, Россия)

Автор, ответственный за переписку:

Хижняк Игорь Валерьевич,

e-mail: igor.khizhnyak126@yandex.ru

РЕЗЮМЕ

Цель: разработать математическую модель прогнозирования макулярного отёка на основе информативности клинико-инструментальных предикторов его возникновения.

Материалы и методы. Для изучения факторов риска возникновения макулярного отёка были отобраны 64 пациента (64 глаза) с регматогенной отслойкой сетчатки (ОС), осложнённой пролиферативной витреоретинопатией (ПВР) степени Ср тип 1–2, 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 отслоенных 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. На основе анализа клинико-инструментальных показателей у пациентов с регматогенной отслойкой сетчатки разработана математическая модель, которая позволяет прогнозировать возникновение макулярного отёка в послеоперационном периоде.

Применение предложенной модели прогнозирования даёт возможность определить тактику лечения (пилинг внутренней пограничной мембраны) и прогнозировать появление макулярного отёка на дооперационном этапе.

Ключевые слова: регматогенная отслойка сетчатки, пролиферативная витреоретинопатия, макулярный отёк

Статья получена: 05.09.2021

Статья принята: 16.11.2021

Статья опубликована: 28.12.2021

Для цитирования: Бойко Э.В., Хижняк И.В. Макулярный отёк после хирургического лечения регматогенной отслойки сетчатки – возможности его прогнозирования. *Acta biomedica scientifica*. 2021; 6(6-1): 56-64. doi: 10.29413/ABS.2021-6-6-1.7

MACULAR EDEMA AFTER SURGICAL TREATMENT OF RHEGMATOGENOUS RETINAL DETACHMENT – THE POSSIBILITIES OF ITS PREDICTION

Boiko E.V.^{1,2,3},
Khizhnyak I.V.¹

¹ Saint Petersburg Branch
of S. Fyodorov Eye Microsurgery
Federal State Institution
(Yaroslava Gasheka str. 21,
Saint Petersburg 192283,
Russian Federation)

² North-Western State Medical
University named after I.I. Mechnikov
(Piskarevsky ave. 47, Saint Petersburg
195067, Russian Federation)

³ S.M. Kirov Military Medical Academy
(Akademika Lebedeva str. 6, Saint
Petersburg 194044,
Russian Federation)

Corresponding author:

Igor V. Khizhnyak,

e-mail: igor.khizhnyak126@yandex.ru

ABSTRACT

The aim: to develop a mathematical model for predicting macular edema based on the informativeness of clinical and instrumental predictors of its occurrence.

Materials and methods. To determine the risk factors for macular edema 64 patients (64 eyes) with macula-off rhegmatogenous retinal detachment complicated by proliferative vitreoretinopathy (grade Cp 1–2) were selected. A retrospective analysis of the surgical treatment results was carried out. The age of the patients ranged from 30 to 81 years (28 women and 36 men).

Results. Using regression analysis, two significant factors were identified: the sum of 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 was obtained for predicting the occurrence of macular edema in the postoperative period for the patients with rhegmatogenous retinal detachment.

Conclusion. Based on the analysis of clinical and instrumental indicators in patients with rhegmatogenous retinal detachment, a mathematical model has been developed that allows predicting the occurrence of macular edema in the postoperative period.

The application of the proposed prediction model makes it possible to determine the tactics of treatment (peeling of internal limiting membrane) and predict the appearance of macular edema at the preoperative stage.

Key words: rhegmatogenous retinal detachment, proliferative vitreoretinopathy, macular edema

Received: 05.09.2021
Accepted: 16.11.2021
Published: 28.12.2021

For citation: Boiko E.V., Khizhnyak I.V. Macular edema after surgical treatment of rhegmatogenous retinal detachment – the possibilities of its prediction. *Acta biomedica scientifica*. 2021; 6(6-1): 56-64. doi: 10.29413/ABS.2021-6.6-1.7

АКТУАЛЬНОСТЬ

Не вызывает сомнения, что развитие макулярного отёка после успешной хирургии регматогенной отслойки сетчатки, как и при любой другой патологии, является негативным фактором для функционального результата. На данном этапе развития офтальмохирургии большинство хирургов предпочитают витрэктомию эписклеральному пломбированию, как метод лечения отслоившейся сетчатки, особенно в случаях, осложнённых пролиферативной витреоретинопатией. Несмотря на, казалось бы, полное удаление стекловидного тела вместе с гиалюидной мембраной, сохраняется определённая доля осложнений послеоперационного периода, одним из которых является макулярный отёк 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 являлась витрэктомия [1–3].

Среди факторов риска макулярного отёка авторы выделяют количество, размеры разрывов и их локализацию, а также степень распространённости пролиферативной витреоретинопатии (ПВР) [1, 4–8]. Однако, на наш взгляд, не все вероятные факторы были рассмотрены в качестве потенциальных предикторов появления макулярного отёка [9, 10]. Таким образом, дальнейшее изучение более широкого спектра предоперационных показателей для прогнозирования макулярного отёка является актуальной задачей.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать математическую модель прогнозирования макулярного отёка на основе информативности клинико-инструментальных предикторов его возникновения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения факторов риска возникновения макулярного отёка были отобраны 64 пациента (64 глаза) с регматогенной отслойкой сетчатки (ОС), осложнённой пролиферативной витреоретинопатией (ПВР) степени Ср тип 1–2, проведён ретроспективный анализ результатов хирургического лечения больных. Исследуемую когорту составили 32 больных с наличием макулярного отёка в послеоперационном периоде (основная группа) и 32 человека с отсутствием макулярного отёка (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.

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

Помимо стандартного офтальмологического обследования всем пациентам проводили В-сканирование, оптическую когерентную томографию (ОКТ) в послеоперационном периоде 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 (моксифлоксацин 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 месяца.

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

Статистическая обработка результатов исследования осуществлялась при помощи программ Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corp., США) и Statistica (StatSoft Inc., США). Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Для оценки вероятности развития отёка у каждого пациента на основании дооперационных показателей и ряда послеоперационных показателей использовался метод бинарной логистической регрессии (БЛР). С целью изучения предикторов возникновения макулярного отёка были оценены следующие показатели: пол, возраст, время существования отслойки сетчатки, максимальная скорректированная острота зрения (МКОЗ) до и после операции, длина передне-задней оси (ПЗО), наличие собственного хрусталика или ИОЛ, внутриглазное давление (ВГД, p_T), поле зрения по сумме 8 меридианов, распространённость ПВР по квадрантам, количество отслоенных квадрантов, максимальная высота ОС, преобладание ОС в верхних или нижних квадрантах, количество разрывов и их локализация. Значения вышеуказанных показателей представлены в таблице 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ

У всех пациентов основной и контрольной групп положительный анатомический результат был достигнут после завершения однократной тампонады силиконовым маслом. Средняя продолжительность тампонады силиконовым маслом составила $97,4 \pm 11,1$ дня.

Анализ функциональных результатов лечения отслойки сетчатки в исследуемых группах показал, что статистически значимой разницы в показателях МКОЗ ($0,25 \pm 0,10$ в контрольной группе, $0,32 \pm 0,17$ – в основной; $p = 0,23$) и «поле зрения по сумме 8 меридианов» ($383,24 \pm 67,73$ – в контрольной группе,

ТАБЛИЦА 1
ПОКАЗАТЕЛИ ИССЛЕДУЕМЫХ ФАКТОРОВ
И ИХ ЗНАЧИМОСТЬ В ГРУППАХ ПАЦИЕНТОВ
С РЕГМАТОГЕННОЙ ОТСЛОЙКОЙ СЕТЧАТКИ
В ДООПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ

TABLE 1
PREOPERATIVE INDICATORS OF THE STUDIED FACTORS
AND THEIR SIGNIFICANCE IN GROUPS OF PATIENTS
WITH RHEGMATOGENOUS RETINAL DETACHMENT

Показатель	Контрольная группа (n = 32), среднее значение (M ± σ)	Основная группа (n = 32), среднее значение (M ± σ)
Возраст, лет	58,12 ± 13,26	60,52 ± 11,25
Пол, ж/м	15/17	13/19
Длительность отслойки сетчатки, дни	52,53 ± 57,57	62,04 ± 53,66
МКОЗ	0,08 ± 0,08	0,14 ± 0,18
ПЗО, мм	25,04 ± 1,96	24,66 ± 1,65
Глубина передней камеры	3,87 ± 0,83	3,71 ± 0,69
ВГД (p-), мм рт. ст.	14,18 ± 3,91	15,39 ± 3,66
Факичный глаз	15	14
Артифакичный глаз	17	18

Примечание. По предоперационным показателям основная и контрольная группы не имели статистически значимых отличий и были сопоставимы ($p > 0,05$).

378,26 ± 71,18 – в основной; $p = 0,61$) выявлено не было, и данные показатели значительно превышали значения до операции. Оценка уровня ВГД в послеоперационном периоде в исследуемых группах (контрольная группа – 15,12 ± 2,89 мм рт. ст., основная группа – 16,74 ± 3,20 мм рт. ст.) различий не выявила ($p = 0,11$).

Анализ морфометрических показателей по данным ОКТ показал, что высота макулярного отёка у пациентов основной группы составила 346,78 ± 71,73 мкм в центре, объём макулярной сетчатки – 9,75 ± 1,70 мм³, отёк характеризовался преимущественно диффузным типом (93,7%) и выявлялся в сроки 48,8 ± 26,2 дня. Исследуемые группы статистически значимо различаются как по объёму сетчатки в макулярной области ($p = 0,003$), так и по высоте сетчатки в центре фовеолярной зоны ($p < 0,0001$).

На рисунках 1–2 представлен клинический пример (пациент П., 72 года, отслойка сетчатки левого глаза 4 месяца, МКОЗ = 0,03).

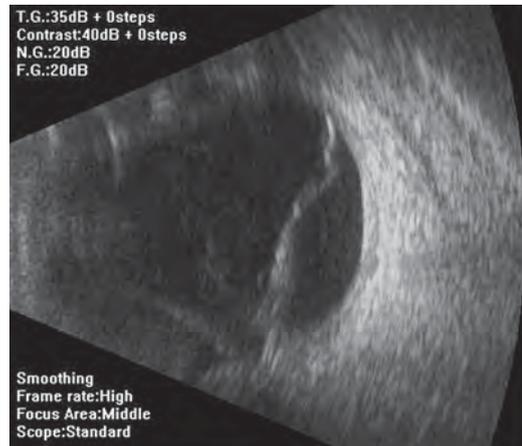


РИС. 1.
Ультразвуковая картина до операции

FIG. 1.
Ultrasound picture before surgery

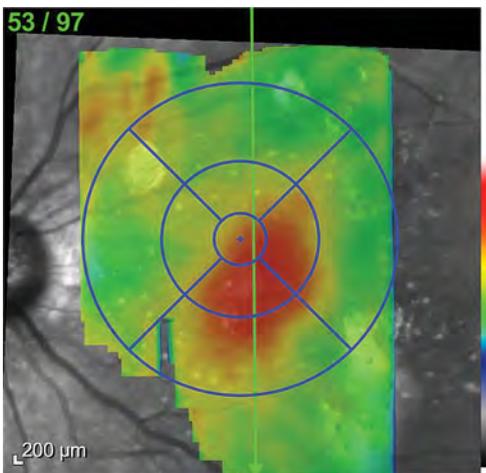


РИС. 2.
ОКТ-картина макулярной зоны через 54 дня после операции. Отмечается выраженный кистозный макулярный отёк

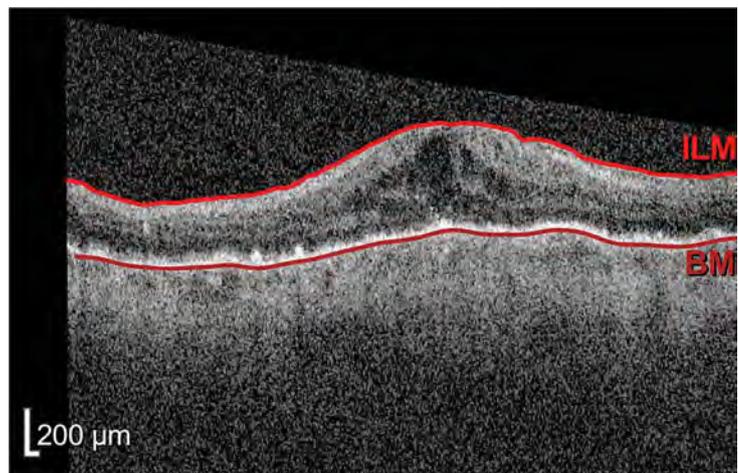


FIG. 2.
OCT of the macular area 54 days after surgery. Cystoid macular edema

Для разработки математической модели прогнозирования макулярного отёка был проведён поиск предикторов его возникновения на основе сравнительного анализа характеристик отслойки сетчатки в дооперационном периоде (табл. 2).

Как свидетельствуют данные, представленные в таблице 2, обнаружена значимая зависимость вероятности появления макулярного отёка от количества разрывов сетчатки ($p = 0,014$). Так, в контрольной группе наблюдали только единичные разрывы в 100 % случаев, в основной группе 10 пациентов (31,25 %) имели 2 или более разрывов. Преимущественная локализация отслойки сетчатки (верхние или нижние квадранты) и количество отслоенных квадрантов являются статистически не значимыми факторами ($p = 0,25$ и $p = 0,43$ соответственно). Анализ расположения периферических разрывов сетчатки (в верхних или нижних половинах) не выявил статистически значимой разницы ($p = 0,27$). Такие показатели как количество отслоенных квадрантов, максимальная высота отслойки сетчатки и распространённость ПВР по квадрантам также оказались незначимыми ($p > 0,05$ во всех случаях).

Проведённый регрессионный анализ выявил значимые показатели, которыми оказались сумма 8 меридианов поля зрения до операции ($p = 0,015$) и количество отслоенных квадрантов ($p = 0,021$) (табл. 2).

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

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

где: 8M – сумма 8 меридианов поля зрения до операции; N – количество отслоенных квадрантов.

Данная математическая модель прогнозирования вероятности развития МО у пациента позволяет оценить тяжесть его состояния на основании данных, которые возможно получить до операции. Модель имеет чувствительность 84,6 %, специфичность – 81,8 %, точность теста – 83,3 %, что говорит о её достаточной достоверности [11].

Для оценки прогностической ценности предложенной модели логистической регрессии был проведён ROC-анализ. Качество прогноза определяется по площади под характеристической кривой, в нашем случае площадь под графиком составила 0,86. При значениях от 0,8 до 0,9 качество модели определяется как «очень хорошее» [12].

ОБСУЖДЕНИЕ

Современный уровень эндовитреальной хирургии отслойки сетчатки в первую очередь преследует цель

ТАБЛИЦА 2
ХАРАКТЕРИСТИКА ОТСЛОЙКИ СЕТЧАТКИ ПАЦИЕНТОВ ИССЛЕДУЕМЫХ ГРУПП В ДООПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ

TABLE 2
PREOPERATIVE CHARACTERISTICS OF RETINAL DETACHMENT IN PATIENTS OF THE STUDIED GROUPS

Показатель	Контрольная группа (n = 32)	Основная группа (n = 32)	Статистическая значимость проверки гипотезы об однородности групп (p)	Уровень статистической значимости, полученный в рамках модели БЛР (p)
Количество отслоенных квадрантов (M ± σ)	2,94 ± 0,97	3,22 ± 0,74	0,43	0,021
Макс. высота ОС, мм (M ± σ)	4,59 ± 2,02	4,30 ± 1,70	0,83	> 0,05
Распространённость ПВР, квадранты (M ± σ)	1,47 ± 0,87	1,43 ± 0,66	0,87	> 0,05
Поле зрения по сумме 8 меридианов, град. (M ± σ)	174,41 ± 154,64	232,26 ± 127,09	0,21	0,015
Преобладание отслойки сетчатки, n (%)	верхние квадранты	4 (12,50 %)	0,25	> 0,05
	нижние квадранты	28 (87,50 %)	0,25	> 0,05
Локализация разрыва (-ов), n (%)	верхние квадранты	26 (81,25 %)	0,27	> 0,05
	нижние квадранты	11 (34,38 %)	0,27	> 0,05
Количество разрывов сетчатки, n (%)	единичный	22 (68,75 %)	0,014	> 0,05
	2 и более	10 (31,25 %)	0,014	> 0,05

Примечание. БЛР – бинарная логистическая регрессия.

в виде функциональной реабилитации пациентов. Макулярный отёк, как наиболее частая причина низкого зрения после операции, является активно обсуждаемой проблемой, как и факторы риска его появления [1, 13–17].

Данное исследование, как и многочисленные публикации, показали, что такие факторы, как возраст, пол, МКОЗ, ПЗО, ВГД, наличие собственного или искусственного хрусталика, не являются статистически значимыми в возникновении макулярного отёка [1, 6, 16, 18, 19]. По данным N. Shiraki et al. (2018), а также R. Sella et al. (2019), расположение ретинальных разрывов и топография отслоенных квадрантов также не являются статистически значимыми факторами в развитии МО, что подтверждено в нашем исследовании [8, 19].

В своей работе H. Kunikata et al. (2010) показали, что вовлечение макулы в отслойку сетчатки уже является таким фактором [20]. Более того, в некоторых исследованиях было показано, что длительное время отслойки сетчатки, в том числе и центральных отделов, повышают риски возникновения макулярного отёка [1, 16, 19]. Однако данные M.J. Blanco-Teijeiro et al. (2018) показали обратную зависимость в группах с пилингом внутренней пограничной мембраны (ВПМ) и без него, время существования отслойки сетчатки являлось статистически не значимым фактором ($p = 0,141$) [6]. Результаты нашего исследования демонстрируют отсутствие зависимости риска МО от времени существования отслойки сетчатки ($p = 0,34$).

Анализ полученных данных с использованием регрессионного анализа установил высокую значимость такого показателя, как количество отслоенных квадрантов ($p = 0,021$). Вполне вероятно, что большая площадь отслоенной сетчатки приводит к более массивному высвобождению и миграции клеток пигментного эпителия из субретинального пространства, что обуславливает развитие макулярного отёка [21–23].

Другим значимым фактором риска формирования МО, по данным различных авторов, является количество периферических ретинальных разрывов [1, 19]. M.J. Blanco-Teijeiro et al. (2018) показали, что наличие двух и более разрывов являются фактором риска МО и ЭРМ [6]. R.C. Katira et al. (2008) в своей публикации объясняют механизм возникновения макулярного отёка и образования эпиретинальных мембран миграцией клеток пигментного эпителия и других клеток-предшественников из субретинального пространства через разрывы сетчатки [3]. 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 объёма лазерной коагуляции, что может определять более выраженную воспалительную реакцию, что было подтверждено отдельными отечественными исследованиями [14].

Оценка влияния распространённости пролиферативной витреоретинопатии на риск развития МО не выявила взаимосвязи между данными показателями ($p = 0,87$). В своём исследовании I. Chatziralli et al. (2019) установили, что наличие ПВР является значимым фак-

тором риска появления МО по сравнению с группой без ПВР [24]. Однако исследование не учитывало степень распространённости по квадрантам. Вместе с тем, такой критерий, как «количество отслоенных квадрантов», косвенно является значимым фактором развития ПВР, по данным других авторов [21, 25, 26].

Главной целью данного исследования было создание математической модели прогнозирования вероятности макулярного отёка на дооперационном этапе. С помощью регрессионного анализа были выделены два значимых фактора: сумма 8 меридианов поля зрения до операции ($p = 0,015$) и количество отслоенных квадрантов ($p = 0,021$). На основе выделенных факторов была получена модель прогнозирования возникновения макулярного отёка 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 отслоенных 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 снижается до 68,6 %, при этом чувствительность составляет 80 %, а специфичность снижается до 53,3 %. При принудительном включении в модель только показателя «Количество отслоенных квадрантов» модель получается незначимой ($p = 0,343$). Следовательно, в первоначально полученной модели фактор «Количество отслоенных квадрантов» является дополняющим «Поле зрения по сумме 8 меридианов» и повышающим качество прогноза. В своей работе H. Noda et al. (2020) при сопоставлении данных микропериметрии и ОКТ-картины частично отслоенной макулярной области показали, что функции отслоенной сетчатки угасают постепенно [27]. 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 метод профилактики развития макулярного отёка в хирургическом лечении регматогенной отслойки сетчатки.

ВЫВОДЫ

На основе анализа клинико-инструментальных показателей у пациентов с регматогенной отслойкой сетчатки разработана математическая модель, которая позволяет прогнозировать возникновение макулярного отёка в послеоперационном периоде. Применение предложенной модели прогнозирования даёт возможность определить тактику лечения (пилинг ВПМ) и прогнозировать появление макулярного отёка на дооперационном этапе.

Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Martinez-Castillo V, Boixadera A, Distefano L, Zapata M, García-Arumí J. Epiretinal membrane after pars plana vitrectomy for primary pseudophakic or aphakic rhegmatogenous retinal detachment: Incidence and outcomes. *Retina*. 2012; 32(7): 1350-1355. doi: 10.1097/IAE.0b013e318242b965
2. Poulsen CD, Petersen MP, Green A, Peto T, Grauslund J. 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; 257(4): 715-723. doi: 10.1007/s00417-018-04222-w
3. 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; 28(5): 744-748. doi: 10.1097/IAE.0b013e318162b031
4. Pichi F, Lembo A, Morara M, Veronese C, Alkabes M, Nucci P, et al. Early and late inner retinal changes after inner limiting membrane peeling. *Int Ophthalmol*. 2014; 34(2): 437-446. doi: 10.1007/s10792-013-9831-6
5. Tsilimbaris MK, Chalkia A, Tsika C, Anastasakis A, Kontadakis GA. Clinical and spectral-domain optical coherence tomography findings of patients with incomplete visual recovery after anatomically successful retinal detachment surgery. *J Ophthalmol*. 2015; 2015: 420401. doi: 10.1155/2015/420401
6. Blanco-Teijeiro MJ, Bande Rodriguez M, Mansilla Cuñarro R, Paniagua Fernández L, Ruiz-Oliva Ruiz F, Piñeiro Ces A. Effects of internal limiting membrane peeling during vitrectomy for macula-off primary rhegmatogenous retinal detachment. *Eur J Ophthalmol*. 2018; 28(6): 706-713. doi: 10.1177/1120672117750055
7. Steel DH, Jousseaume AM, Wong D. ILM peeling in rhegmatogenous retinal detachment; does it improve the outcome? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2018; 256(2): 247-248. doi: 10.1007/s00417-017-3876-6
8. Shiraki N, Sakimoto S, Sakaguchi H, Nishida K, Nishida K, Kamei M. Vitrectomy without prone positioning for rhegmatogenous retinal detachments in eyes with inferior retinal breaks. *PLoS One*. 2018; 13(1): e0191531. doi: 10.1371/journal.pone.0191531
9. Theodosiadis PG, Theodosiadis GP, Charonis A, Emfietzoglou I, Grigoropoulos VG, Liarakos VS. The photoreceptor layer as a prognostic factor for visual acuity in the secondary epiretinal membrane after retinal detachment surgery: Imaging analysis by spectral-domain optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol*. 2011; 151(6): 973-980. doi: 10.1016/j.ajo.2010.12.014
10. Heo MS, Kim HW, Lee JE, Lee SJ, Yun IH. The clinical features of macular pucker formation after pars plana vitrectomy for primary rhegmatogenous retinal detachment repair. *Korean J Ophthalmol*. 2012; 26(5): 355-361. doi: 10.3341/kjo.2012.26.5.355
11. Хижняк И.В., Бойко Э.В., Байбородов Я.В. *Способ прогнозирования развития макулярного отёка после микроинвазивной витрэктомии по поводу отслойки сетчатки*: Патент № 2724009 Рос. Федерация; МПК А61В 5/00 (2006.01); заявитель и патентообладатель ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России. № 2019136968; заявл. 19.11.2019; опубл. 18.06.2020. 2020; (17).
12. Трухачёва Н.В. *Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2013.
13. Шкворченко Д.О., Захаров В.Д., Какунина С.А. Белоусова Е.В., Русановская А.В., Норман К.С. Анализ восстановления зрительных функций у пациентов с регматогенной отслойкой сетчатки после хирургического лечения методом однопортовой витрэктомии 25 G. *Катарактальная и рефракционная хирургия*. 2014; 14(4): 51-54.
14. 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; 9(110), Т. 2: 117-121.
15. 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; 35(5): 880-885. doi: 10.1097/IAE.0000000000000421
16. Akiyama K, Fujinami K, Watanabe K, Tsunoda K, Noda T. Internal limiting membrane peeling to prevent post-vitrectomy epiretinal membrane development in retinal detachment. *Am J Ophthalmol*. 2016; 171: 1-10. doi: 10.1016/j.ajo.2016.08.015
17. Borowicz D, Nowomiejska K, Nowakowska D, Brzozowska A, D Toro M, Avitabile T, 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; 19(1): 118. doi: 10.1186/s12886-019-1120-3
18. 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; 191: 1-6. doi: 10.1016/j.ajo.2018.03.037
19. Sella R, Sternfeld A, Budnik I, Axer-Siegel R, Ehrlich R. Epiretinal membrane following pars plana vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment repair. *Int J Ophthalmol*. 2019; 12(12): 1872-1877. doi: 10.18240/ijo.2019.12.09
20. Kunikata H, Nishida K. Visual outcome and complications of 25-gauge vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment; 84 consecutive cases. *Eye (Lond)*. 2010; 24(6): 1071-1077. doi: 10.1038/eye.2010.41
21. Донцова Ю.А., Шишкин М.М. Оценка эффективности комбинированной хирургии регматогенной отслойки сетчатки, осложнённой пролиферативной витреоретинопатией, стадия С. *Современные технологии в офтальмологии*. 2020; 1(32): 129-131. doi: 10.25276/2312-4911-2020-2-129-131
22. Clark A, Balducci N, Pichi F, Veronese C, Morara M, Torrazza C, et al. Swelling of the arcuate nerve fiber layer after internal limiting membrane peeling. *Retina*. 2012; 32(8): 1608-1613. doi: 10.1097/IAE.0b013e3182437e86
23. 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; 64(2): 135-161. doi: 10.1016/j.survophthal.2018.10.007
24. Chatziralli I, Theodosiadis G, Dimitriou E, Kazantzis D, Theodosiadis P. Macular edema after successful pars plana vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment: Factors affecting edema development and considerations for treatment. *Ocul Immunol Inflamm*. 2021; 29(1): 187-192. doi: 10.1080/09273948.2019.1652330

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; 12: 2005-2013. doi: 10.2147/OPHT. S181595

26. Jurišić D, Geber MZ, Čavar I, Utrobičić DK. Retinal layers measurements following silicone oil tamponade for retinal detachment surgery. *Semin Ophthalmol.* 2018; 33(5): 711-718. doi: 10.1080/08820538.2017.1417452

27. Noda H, Kimura S, Hosokawa MM, Shiode Y, Doi S, Takahashi K, et al. Effect of rhegmatogenous retinal detachment on preoperative and postoperative retinal sensitivities. *Sci Rep.* 2020; 10(1): 21497. doi: 10.1038/s41598-020-78693-5

REFERENCES

1. Martinez-Castillo V, Boixadera A, Distefano L, Zapata M, García-Arumí J. Epiretinal membrane after pars plana vitrectomy for primary pseudophakic or aphakic rhegmatogenous retinal detachment: Incidence and outcomes. *Retina.* 2012; 32(7): 1350-1355. doi: 10.1097/IAE.0b013e318242b965

2. Poulsen CD, Petersen MP, Green A, Peto T, Grauslund J. 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; 257(4): 715-723. doi: 10.1007/s00417-018-04222-w

3. 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; 28(5): 744-748. doi: 10.1097/IAE.0b013e318162b031

4. Pichi F, Lembo A, Morara M, Veronese C, Alkabes M, Nucci P, et al. Early and late inner retinal changes after inner limiting membrane peeling. *Int Ophthalmol.* 2014; 34(2): 437-446. doi: 10.1007/s10792-013-9831-6

5. Tsilimbaris MK, Chalkia A, Tsika C, Anastasakis A, Kontadakis GA. Clinical and spectral-domain optical coherence tomography findings of patients with incomplete visual recovery after anatomically successful retinal detachment surgery. *J Ophthalmol.* 2015; 2015: 420401. doi: 10.1155/2015/420401

6. Blanco-Teijeiro MJ, Bande Rodriguez M, Mansilla Cuñarro R, Paniagua Fernández L, Ruiz-Oliva Ruiz F, Piñeiro Ces A. Effects of internal limiting membrane peeling during vitrectomy for macula-off primary rhegmatogenous retinal detachment. *Eur J Ophthalmol.* 2018; 28(6): 706-713. doi: 10.1177/1120672117750055

7. Steel DH, Jousseaume AM, Wong D. ILM peeling in rhegmatogenous retinal detachment; does it improve the outcome? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2018; 256(2): 247-248. doi: 10.1007/s00417-017-3876-6

8. Shiraki N, Sakimoto S, Sakaguchi H, Nishida K, Nishida K, Kamei M. Vitrectomy without prone positioning for rhegmatogenous retinal detachments in eyes with inferior retinal breaks. *PLoS One.* 2018; 13(1): e0191531. doi: 10.1371/journal.pone.0191531

9. Theodossiadis PG, Theodossiadis GP, Charonis A, Emfietzoglou I, Grigoropoulos VG, Liarakos VS. The photoreceptor layer as a prognostic factor for visual acuity in the secondary epiretinal membrane after retinal detachment surgery: Imaging analysis by spectral-domain optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol.* 2011; 151(6): 973-980. doi: 10.1016/j.ajo.2010.12.014

10. Heo MS, Kim HW, Lee JE, Lee SJ, Yun IH. The clinical features of macular pucker formation after pars plana vitrectomy for primary rhegmatogenous retinal detachment repair. *Korean J Ophthalmol.* 2012; 26(5): 355-361. doi: 10.3341/kjo.2012.26.5.355

11. Khizhnyak IV, Boiko EV, Baiborodov YaV. A method for predicting macular edema after microinvasive vitrectomy for retinal detachment: Patent No. 2724009 of the Russian Federation. 2020; (17). (In Russ.).

12. Trukhacheva NV. *Mathematical statistics in biomedical research using the Statistica package.* Moscow: GEOTAR-Media; 2013. (In Russ.).

13. Shchvorchenco DO, Zakharov VD, Kakunina SA, Belousova EV, Rusanovskaya AV, Norman KS. Analysis of visual functions recovery in patients with rhegmatogenous retinal detachment after surgical treatment by the method of the single-port vitrectomy 25G. *Cataract and Refractive Surgery.* 2014; 14(4): 51-54. (In Russ.).

14. 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; 9(110), Vol. 2: 117-121. (In Russ.).

15. 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; 35(5): 880-885. doi: 10.1097/IAE.0000000000000421

16. Akiyama K, Fujinami K, Watanabe K, Tsunoda K, Noda T. Internal limiting membrane peeling to prevent post-vitrectomy epiretinal membrane development in retinal detachment. *Am J Ophthalmol.* 2016; 171: 1-10. doi: 10.1016/j.ajo.2016.08.015

17. Borowicz D, Nowomiejska K, Nowakowska D, Brzozowska A, D Toro M, Avitabile T, 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; 19(1): 118. doi: 10.1186/s12886-019-1120-3

18. 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; 191: 1-6. doi: 10.1016/j.ajo.2018.03.037

19. Sella R, Sternfeld A, Budnik I, Axer-Siegel R, Ehrlich R. Epiretinal membrane following pars plana vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment repair. *Int J Ophthalmol.* 2019; 12(12): 1872-1877. doi: 10.18240/ijo.2019.12.09

20. Kunikata H, Nishida K. Visual outcome and complications of 25-gauge vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment; 84 consecutive cases. *Eye (Lond).* 2010; 24(6): 1071-1077. doi: 10.1038/eye.2010.41

21. Dontsova YuA, Shishkin MM. Evaluation of the effectiveness of combined surgery for rhegmatogenous retinal detachment complicated by proliferative vitreoretinopathy, stage C. *Modern Technologies in Ophthalmology.* 2020; 1(32): 129-131. (In Russ.). doi: 10.25276/2312-4911-2020-2-129-131

22. Clark A, Balducci N, Pichi F, Veronese C, Morara M, Torrazza C, et al. Swelling of the arcuate nerve fiber layer after internal limiting membrane peeling. *Retina.* 2012; 32(8): 1608-1613. doi: 10.1097/IAE.0b013e3182437e86

23. Gupta RR, Iaboni DSM, Seamone ME, Sarraf D. Inner, outer, and full-thickness retinal folds after rhegmatogenous retinal de-

tachment repair: A review. *Surv Ophthalmol.* 2019; 64(2): 135-161. doi: 10.1016/j.survophthal.2018.10.007

24. Chatziralli I, Theodosiadis G, Dimitriou E, Kazantzis D, Theodosiadis P. Macular edema after successful pars plana vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment: Factors affecting edema development and considerations for treatment. *Ocul Immunol Inflamm.* 2021; 29(1): 187-192. doi: 10.1080/09273948.2019.1652330

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 endotam-

ponade. *Clin Ophthalmol.* 2018; 12: 2005-2013. doi: 10.2147/OPHT. S181595

26. Jurišić D, Geber MZ, Čavar I, Utrobičić DK. Retinal layers measurements following silicone oil tamponade for retinal detachment surgery. *Semin Ophthalmol.* 2018; 33(5): 711-718. doi: 10.1080/08820538.2017.1417452

27. Noda H, Kimura S, Hosokawa MM, Shiode Y, Doi S, Takahashi K, et al. Effect of rhegmatogenous retinal detachment on preoperative and postoperative retinal sensitivities. *Sci Rep.* 2020; 10(1): 21497. doi: 10.1038/s41598-020-78693-5

Сведения об авторах

Бойко Эрнест Витальевич – доктор медицинских наук, профессор, директор, Санкт-Петербургский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России; заведующий кафедрой офтальмологии, ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России; профессор кафедры офтальмологии, ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», e-mail: boiko111@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7413-7478>

Хижняк Игорь Валерьевич – врач-офтальмолог, заведующий операционным отделением, Санкт-Петербургский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России, e-mail: Igor.khizhnyk126@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1785-7794>

Information about the authors

Ernest V. Boiko – Dr. Sc. (Med.), Professor, Director, Saint-Petersburg Branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; Head of the Ophthalmology Department, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; Professor at the Ophthalmology Department, S.M. Kirov Military Medical Academy, e-mail: boiko111@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7413-7478>

Igor V. Khizhnyak – Ophthalmologist, Head of the Surgical Unit, Saint-Petersburg Branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, e-mail: Igor.khizhnyk126@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1785-7794>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «VIII Байкальские офтальмологические чтения «Визуализация в офтальмологии. Настоящее и будущее».