

ВЗАИМОСВЯЗЬ РЕТИНАЛЬНОЙ ПЕРФУЗИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФОВЕА ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЗАКРЫТИЯ СКВОЗНЫХ МАКУЛЯРНЫХ РАЗРЫВОВ

Докторова Т.А.*¹, Бойко Э.В.^{1,2}, Суев А.А.^{1,3}, Сосновский С.В.¹¹ ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза»

им. акад. С.Н. Федорова», Санкт-Петербург

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова», Санкт-Петербург³ ФГБУ «Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины», Санкт-Петербург

DOI: 10.25881/20728255_2024_19_4_S1_124

Резюме. Обоснование. Влияние перфузии сетчатки на функциональное восстановление фовеа, а также значение количественных показателей перфузии как предикторов функционального результата при хирургическом лечении сквозных макулярных разрывов (СМР) остается малоизученным.

Цель. Изучить взаимосвязь изменений ретиальной перфузии и функциональных показателей фовеа в послеоперационном периоде при 1 и 2 типах закрытия СМР.

Методы. Проспективное исследование, включающее 93 пациента (93 глаза) с оперированными идиопатическими СМР 2–4 стадии по D. Gass. В подгруппах с 1 и 2 типом закрытия разрыва изучали изменение площади фовеальной аваскулярной зоны (ФАЗ) и плотности сосудов в поверхностном и глубоком капиллярном сплетении (ПКС и ГКС) в зоне фовеа, изменение МКОЗ, световой чувствительности (СЧ) в точке фиксации, амплитуды P1 в фовеа. Исследования выполняли до операции, через 1 и 6 месяцев после.

Результаты. В подгруппы с 1 и 2 типом закрытия СМР включили 67 и 26 глаз соответственно. При 2 типе закрытия СМР выявлены меньшая плотность сосудов в ГКС до ($p = 0,02$) и через 6 месяцев после операции ($p = 0,03$), более низкие показатели МКОЗ до лечения ($p = 0,03$), через 1 и 6 месяцев после лечения ($p < 0,001$), более низкие СЧ в точке фиксации до и после лечения ($p < 0,007$) и амплитуда P1 после лечения ($p < 0,002$). Между изменением МКОЗ, СЧ в точке фиксации, амплитудой P1 в фовеа и изменением плотности сосудов в ПКС и ГКС выявлена значимая корреляция, более выраженная в период от 1 до 6 месяцев после лечения. При 2 типе закрытия СМР корреляция изменений показателей более высокая, чем при 1 типе закрытия.

Заключение. При 2 типе закрытия макулярных разрывов послеоперационное изменение перфузии сетчатки оказывает более выраженное влияние на функциональное восстановление фовеа, особенно в позднем послеоперационном периоде.

Ключевые слова: сквозной макулярный разрыв, оптическая когерентная томография-ангиография, перфузия, фовеальная аваскулярная зона, сетчатка.

Актуальность

Сквозной макулярный разрыв (СМР) является причиной значительного снижения центрального зрения у пациентов старшего возраста, преимущественно у женщин [1; 2]. Основным методом лечения СМР остается микроинвазивная задняя витрэктомия с пилингом внутренней пограничной мембраны, сведением краев разрыва и газовой тампонадой, при этом при малых и средних разрывах (менее 400 мкм) современные техники

THE RELATIONSHIP BETWEEN RETINAL PERFUSION AND FUNCTIONAL RECOVERING OF FOVEA IN DIFFERENT TYPES OF SURGICAL CLOSURE OF FULL-THICKNESS MACULAR HOLES

Doktorova T.A.*¹, Boiko E.V.^{1,2}, Suetov A.A.^{1,3}, Sosnovskiy S.V.¹¹ St. Petersburg Branch S. Fyodorov Eye Microsurgery

Federal State Institution St. Petersburg

² Department of Ophthalmology Mechnikov North-West

State Medical University St. Petersburg

³ State Scientific Research Test Institute of Military Medicine, St. Petersburg

Abstract. Rationale: The effect of retinal perfusion on functional recovery of the fovea, as well as the value of quantitative perfusion parameters as predictors of functional outcome in the surgical treatment of full-thickness macular holes (FTMH) remains poorly understood.

Objective: To study the relationship between changes in retinal perfusion and functional parameters of the fovea in the postoperative period at 1 and 2 types of FTMH closure.

Methods: A prospective study including 93 patients (93 eyes) with idiopathic FTMH stage 2-4 according to D. Gass after surgical treatment. In subgroups with type 1 and type 2 of FTMH closure, changes in the foveal avascular zone (FAZ) area and vessel density in the superficial and deep capillary plexuses (SCP and DCP) in the fovea, changes in BCVA, retinal sensitivity (RS) at the fixation point, and P1 amplitude in the fovea were studied. Studies were performed preoperatively, 1 and 6 months after surgery. A significant correlation was found between the changes in BCVA, RS at the fixation point, P1 amplitude in the fovea, and changes in vessel density in the SCP and DCP, which was more pronounced in the period from 1 to 6 months after surgery. The correlation of the changes in the parameters is higher in type 2 of FTMH closure than in type 1 of FTMH closure.

Results: Subgroups with type 1 and type 2 FTMH closure included 67 and 26 eyes, respectively. Type 2 FTMH closure showed lower vascular density in the DCP before ($p = 0,02$) and 6 months after surgery ($p = 0,03$), lower BCVA before surgery ($p = 0,03$), 1 and 6 months after surgery ($p < 0,001$), lower RS at the fixation point before and after surgery ($p < 0,007$) and P1 amplitude after surgery ($p < 0,002$).

Conclusion. In type 2 macular hole closure, postoperative changes in retinal perfusion have a more pronounced impact on functional recovery of the fovea, especially in the late postoperative period.

Keywords: full-thickness macular hole, optical coherence tomography-angiography, perfusion, foveal avascular zone, retina.

позволяют достигать 100% закрытия уже при первичном вмешательстве, а также значительно увеличили анатомический успех при больших разрывах [3–5]. Тем не менее, анатомическое закрытие разрыва не всегда сопровождается высокими функциональными результатами, в связи с чем продолжается поиск и изучение возможных предикторов функционального успеха хирургического лечения, а также разработка на их основе новых более эффективных техник закрытия СМР [6–10].

* e-mail: taisiadok@mail.ru

К наиболее изученным предикторам успешного лечения СМР относятся диаметр разрыва, минимальный дефект нейроретины на уровне эллипсоидной зоны, минимальное повреждение наружной пограничной мембраны и сохранение нормальной, по данным оптической когерентной томографии сетчатки (ОКТ), морфологии сетчатки в области фовеа после закрытия разрыва [8; 10–14]. Кроме того, предложены различные индексы, позволяющие рассчитывать анатомический и функциональный прогноз хирургии [15].

Ранее было показано, что при формировании и длительной персистенции СМР изменяется перфузия сетчатки с более выраженными изменениями на уровне глубокого капиллярного сплетения, при этом было высказано предположение, что сохранение капиллярной перфузии в сетчатке по краям разрыва может иметь благоприятное прогностическое значение при закрытии разрыва, [16; 17]. Тем не менее, в настоящее время остаются малоизученными патофизиологические процессы восстановления нейроретины в послеоперационном периоде, в том числе возможное влияние изменения перфузии сетчатки на ее функциональное восстановление, а также возможные особенности при использовании разных хирургических техник и разных типах закрытия разрывов.

Цель

Изучить взаимосвязь изменений ретиальной перфузии и функциональных показателей фовеа в послеоперационном периоде при 1 и 2 типах закрытия СМР.

Материалы и методы

В проспективное исследование включили 93 пациента (93 глаза) с СМР, которым проводили хирургическое лечение впервые. Критерии включения: возраст старше 50 лет, прозрачные оптические среды, не препятствующие проведению функционального обследования. Критерии исключения: воспалительные заболевания органа зрения, глаукома, сосудистые заболевания сетчатки, дистрофические заболевания макулы, макулярная неоваскуляризация, миопическая рефракция более 6 дптр.

Хирургическое лечение проводилось по стандартному протоколу с удалением внутренней пограничной мембраны, закрытием дефекта обогащенной тромбоцитами плазмой (PRP) или аутологичной кондиционированной плазмой (АСР) и газовоздушной тампонадой.

При послеоперационном проведении ОКТ все прооперированные пациенты были включены в две группы в зависимости от типа закрытия макулярного разрыва, по данным ОКТ: 1 тип – с полным восстановлением анатомической структуры нейроретины в фовеа, 2 тип – в фовеа закрытие разрыва достигнуто, но нормальная структура нейроретины не восстановлена [11].

Всем пациентам проводили комплексное офтальмологическое обследование, а также ОКТ, ОКТ в режиме ангиографии (ОКТА), фундус-контролируемую микропериметрию (МП) и мультифокальную электроретино-

графию (мфЭРГ), при предоперационном осмотре, через 1 и 6 месяцев после хирургического лечения.

Исследование структурных особенностей и перфузии макулы осуществляли с помощью ОКТА на приборе Solix (Optovue, США), используя протокол AngioVue Retina (6,4×6,4 мм) с автоматическим анализом перфузии, который проводился в программном обеспечении прибора (AngioVue Analysis SW Ver: 11.0.0.29946). Учитывали на анфас-изображениях и линейных структурных сканах апикальный и базальный диаметр разрыва, площадь фовеальной аваскулярной зоны (ФАЗ), плотность сосудов в поверхностном и глубоком капиллярных сплетениях (ПКС и ГКС) в зоне фовеа в соответствии со схемой ETDRS. При анализе использовали изображения с качеством не ниже Q8, сегментация слоев сетчатки проводилась прибором автоматически.

При функциональном тестировании определяли максимально скорректированную остроту зрения (МКОЗ) с помощью проектора знаков Huvitz CCP-3100 (Huvitz, Корея). Световую чувствительность (СЧ) исследовали в точке фиксации с помощью микропериметрии (Compass, CenterVue, Италия) по протоколу 10-2 (68 точек и 1 точка фиксации, пороговая стратегия 4-2, ахроматический объект III по Гольдману). Биоэлектрическую активность сетчатки в фовеа исследовали с помощью мультифокальной электроретинографии (мфЭРГ) на электроретинографе «Нейро-ЭРГ» (Нейрософт, Россия), при этом учитывали амплитуду компонента P1 в центральном гексагоне паттерна мфЭРГ, соответствующем фовеа (паттерн 61 гексагон, угловые размеры 17,9° на сетчатке).

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием программы Statistica 12.0 (StatSoft Inc., США). Все количественные данные представлены в формате $M \pm m$. Анализировали количественные показатели при каждом осмотре и взаимосвязь изменения показателей в раннем послеоперационном периоде (до 1 месяца после операции) и в позднем послеоперационном периоде (от 1 до 6 месяцев после операции). Статистически значимыми считали результаты с уровнем значимости $p < 0,05$.

Результаты

Общая характеристика исследуемой группы представлена в таблице 1. При проведении хирургического лечения СМР 1 тип закрытия разрыва с восстановлением анатомической структуры нейроретины в фовеа достигнут в 67 случаях, 2 тип закрытия разрыва наблюдали в 26 случаях. При сравнении подгрупп с разными типами закрытия разрыва не было выявлено значимых различий по возрасту, полу, рефракции, ПЗО и остроте зрения, а также длительности симптомов (Табл. 1). При 2 типе закрытия выявлены значимо большие апикальный и базальный диаметр разрыва ($p < 0,001$).

При анализе перфузии в подгруппах с 1 и 2 типом закрытия разрыва выявлено значимое уменьшение площади ФАЗ и увеличение плотности сосудов в ПКС и ГКС в зоне

Табл. 1. Общая характеристика пациентов с СМР в исследовании

Показатель	Общая группа	Тип закрытия СМР	
		1 тип (N = 67)	2 тип (N = 26)
Возраст, лет	64,5±6,5	63,7±6,4	64,2±6,5
Пол, женщины/мужчины (N)	74/19	53/14	21/5
Ср. рефракция, дптр	0,12±1,85	0,14±1,81	0,11±1,81
ПЗО, мм	23,54±1,12	23,28±1,16	23,59±1,19
МКОЗ	0,29±0,14	0,31±0,14	0,22±0,12
Артифакция / Катаракта (N)	18/75	11/56	7/19
Стадия СМР 1-4 (N)	2 (18), 3 (19), 4 (56)	2 (18), 3 (19), 4 (30)	4 (26)
Длительность симптомов, месяцев	5,7 (0,5-14)	5,2 (0,5-14)	6,2 (0,5-14)
Апикальный диаметр, мкм	411,6±126,5	370,2±118,3	499,6±106,2*
Базальный диаметр, мкм	819,8±287,8	751,3±298,3	1056,0±230,7*

Примечание: * - $p < 0,001$ при сравнении значений в подгруппах.

фовеа через 1 месяц ($p < 0,001$; Табл. 2), через 6 месяцев после операции в обеих подгруппах площадь ФАЗ увеличилась ($p < 0,01$), плотность сосудов в ПКС и ГКС значимо не изменилась. При сравнении показателей перфузии между подгруппами значимо более низкие значения плотности сосудов в ГКС выявлены при исследовании до операции ($p = 0,02$; Табл. 2) и через 6 месяцев после операции ($p = 0,03$).

Табл. 2. Показатели перфузии и функциональные показатели фовеа в различные сроки обследования

Период тестирования	Общая группа	Тип закрытия СМР		p-уровень, сравнение: тип 1 и тип 2*
		1 тип	2 тип	
Площадь ФАЗ, мм²				
до операции	0,31±0,09	0,3±0,09	0,34±0,1	0,14
1 месяц п/о	0,22±0,09	0,21±0,08	0,25±0,11	0,07
6 месяцев п/о	0,25±0,09	0,24±0,06	0,29±0,15	0,05
Плотность сосудов в поверхностном капиллярном сплетении в проекции фовеа, %				
до операции	22,08±6,4	22,4±6,55	21,08±6,02	0,49
1 месяц п/о	30,38±6,66	30,79±6,58	29,07±6,98	0,39
6 месяцев п/о	29,56±5,75	30,25±5,41	27,4±6,43	0,09
Плотность сосудов в глубоком капиллярном сплетении в проекции фовеа, %				
до операции	22,13±5,39	23,01±5,28	19,36±4,89	0,02
1 месяц п/о	27,91±5,98	28,65±5,57	25,59±6,8	0,08
6 месяцев п/о	27,86±5,93	28,79±5,19	24,97±7,29	0,03
МКОЗ				
до операции	0,29±0,14	0,31±0,14	0,22±0,12	0,03
1 месяц п/о	0,42±0,17	0,47±0,17	0,29±0,11	0,0002
6 месяцев п/о	0,58±0,21	0,65±0,17	0,37±0,18	0,0001
Световая чувствительность в точке фиксации, дБ				
до операции	16,44±11,39	19,21±10,67	7,73±9,22	0,0004
1 месяц п/о	26,66±4,11	27,45±3,92	24,2±3,84	0,007
6 месяцев п/о	29,47±5,36	31,06±3,49	24,47±7,03	0,0009
Амплитуда P1, мкВ				
до операции	0,28±0,17	0,31±0,17	0,21±0,15	0,06
1 месяц п/о	0,41±0,16	0,45±0,16	0,31±0,08	0,002
6 месяцев п/о	0,49±0,18	0,52±0,18	0,38±0,13	0,006

Примечание: * – при сравнении с помощью t-критерия Стьюдента.

При анализе функциональных показателей выявлено значимое увеличение МКОЗ, световой чувствительности в точке фиксации и амплитуды P1 в фовеа на протяжении периода наблюдения ($p < 0,001$; Табл. 2), при этом при каждом визите (как до, так и после хирургического лечения) в случаях 2 типа закрытия разрыва регистрировали значимо более низкие функциональные показатели ($p < 0,01$; Табл. 2), за исключением амплитуды P1 в фовеа при предоперационном проведении мультифокальной ЭРГ.

При анализе взаимосвязи изменения показателей перфузии и изменения функциональных показателей в раннем послеоперационном периоде в подгруппах с 1 и 2 типом закрытия СМР выявлена слабая корреляция между изменением МКОЗ и изменением плотности сосудов в ПКС ($R = 0,2$ и $R = 0,26$, $p < 0,05$; Табл. 3), а также между изменением амплитуды P1 в фовеа и изменением плотности сосудов в ГКС в фовеа ($R = 0,21$ и $R = 0,2$, $p < 0,05$; Табл. 3). В подгруппе с 1 типом закрытия разрыва также выявлена корреляция между изменением СЧ в точке фиксации и изменением площади ФАЗ ($R = -0,29$, $p < 0,05$; Табл. 3).

В отдаленном послеоперационном периоде (1 месяц-6 месяцев после операции) в обеих подгруппах наблюдали значимую корреляцию между изменением МКОЗ и из-

Табл. 3. Взаимосвязь изменения показателей перфузии и функциональных показателей при разных типах закрытия СМР

Изменение показателей перфузии	Изменение функциональных показателей					
	МКОЗ		СЧ в точке фиксации		Амплитуда Р1	
	1 тип	2 тип	1 тип	2 тип	1 тип	2 тип
Период предоперационный - 1 месяц п/о						
Площадь ФАЗ	0,07	0,07	-0,29	-0,12	-0,06	-0,12
Плотность сосудов в ПКС	0,2	0,26	0,09	0,04	0,11	0,02
Плотность сосудов в ГКС	-0,05	0,01	-0,07	0,06	0,21	0,2
Период 1 месяц - 6 месяцев п/о						
Площадь ФАЗ	-0,13	-0,07	-0,18	-0,28	-0,06	-0,42
Плотность сосудов в ПКС	0,18	0,39	0,07	0,57	0,3	0,5
Плотность сосудов в ГКС	0,22	0,28	0,15	0,58	0,34	0,72

менением плотности сосудов в ПКС ($R = 0,18$ и $R = 0,39$, $p < 0,05$; Табл. 3), а также изменением плотности сосудов в ГКС ($R = 0,22$ и $R = 0,28$, $p < 0,05$; Табл. 3). Кроме того, выявлена корреляция между изменением амплитуды Р1 в фовеа и изменением плотности сосудов в ПКС ($R = 0,3$ и $R = 0,5$, $p < 0,05$; Табл. 3) и в ГКС ($R = 0,34$ и $R = 0,72$, $p < 0,05$; Табл. 3) в зоне фовеа. Между изменением СЧ в точке фиксации и изменением плотности сосудов в ПКС и в ГКС в подгруппе с 1 типом закрытия разрыва не было выявлено значимой корреляции, а в подгруппе со 2 типом закрытия разрыва была выявлена умеренная корреляционная связь ($R = 0,57$ и $R = 0,58$, $p < 0,05$; Табл. 3).

Полученные результаты согласуются с известными данными о том, что 2 тип закрытия макулярного разрыва более характерен для разрывов большего диаметра, при этом функциональные показатели в таких случаях значимо ниже как до проведения лечения, так и в послеоперационном периоде. И хотя функции фовеа в послеоперационном периоде восстанавливаются, тем не менее, восстановление менее выраженное в сравнении со случаями 1 типа закрытия разрыва.

Меньшие значения перфузии сетчатки на уровне ГКС до лечения во 2 подгруппе связаны с большей площадью дефекта нейроретины, а через 6 месяцев – отсутствием нормальной структуры нейроретины в фовеа и замещением ее нейроглиальной тканью.

Анализ взаимосвязи изменений показателей перфузии и изменений функциональных показателей фовеа выявил, что если в раннем послеоперационном периоде изменение перфузии сетчатки не имеет выраженной корреляции с функциональным восстановлением при обоих типах закрытия разрыва, то в позднем послеоперационном периоде изменение перфузии оказывает более значительное влияние на функциональное восстановление фовеа при 2 типе закрытия разрыва.

Заключение

При 2 типе закрытия макулярных разрывов послеоперационное изменение перфузии сетчатки оказывает более выраженное влияние на функциональное восста-

новление фовеа, чем при 1 типе закрытия, особенно в позднем послеоперационном периоде. Количественные показатели ретиальной перфузии в макуле могут иметь прогностическое значение и влиять на выбор тактики хирургического лечения в будущем.

Источник финансирования: исследовательская работа проведена на личные средства авторского коллектива.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Самойлов А.Н., Хайбрахманов Т.Р., Фазлеева Г.А., Самойлова П.А. Идиопатический макулярный разрыв: история и современное состояние проблемы // Вестник офтальмологии. — 2017. — Т.133. — №6 — С. 133–137. [Samoylov AN, Khaibrakhmanov TR, Fazleeva GA, Samoylova PA. Idiopathic macular hole: history and status quo review. Vestnik oftal'mologii. 2017;133(6):131–137. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17116/oftalma20171336131-137>.
2. Forsaa VA, Lindtjørn B, Kvaløy JT, Frøystein T, Krohn J. Epidemiology and morphology of full-thickness macular holes. Acta Ophthalmol 2018;96:3-97–404. <https://doi.org/10.1111/aos.13618>.
3. Арсютов Д.Г., Паштаев Н.П. Современные подходы хирургии центральной отслойки сетчатки с макулярным разрывом у пациентов с критически высокой миопией. Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова. — 2022. — Т.17. — №4с. — С.31-33. [Arsyutov DG, Pashtaev NP. Modern technologies of surgery of central retinal detachment with macular hole in patients with critically high myopia. Bull Pirogov Natl Med Surg Cent 2022;17:31–3. (In Russ.)] https://doi.org/10.25881/20728255_2022_17_4_S1_31..
4. Байбородов Я.В., Жоголев К.С., Хижняк И.В. Темпы восстановления остроты зрения после хирургического лечения макулярных разрывов с интраоперационным применением оптической когерентной томографии и различных методов визуализации внутренней пограничной мембраны. Вестник офтальмологии. — 2017. — Т.133. — №6 — С.90-98. [Bayborodov Y.V., Zhogolev K.S., Khiznyak I.V. Rate of visual recovery after macular hole surgery with intraoperative optical coherence tomography and visualization of the internal limiting membrane. Vestn Oftalmol 2017; 133:90–8. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17116/OFTALMA2017133690-98>.
5. Шпак А.А., Шкворченко Д.О., Шарафетдинов И.Х., Юханова О.А. Функциональные результаты хирургического лечения идиопатических макулярных разрывов. Вестник офтальмологии. — 2016. — Т.132. — №2. — С.14-20. [Shpak A.A., Shkvorchenko D.O., Sharafetdinov I.K., Yukhanova O.A. Functional outcomes of idiopathic macular hole surgeries. Vestn Oftalmol 2016;132: 14–20. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17116/OFTALMA2016132214-20>.
6. Казайкин В.Н., Демченко Н.С., Клейменов А.Ю. Оптимизация выбора фракции, богатой тромбоцитами плазмы, для хирургического лечения макулярных разрывов. Офтальмология. — 2023. — Т.20. — №4. — С.664-674 [Kazaykin V.N., Demchenko N.S., Kleimenov A.Yu. Optimization of Platelet-Rich Plasma Fraction Selection for Surgical Treatment of Macular Holes. Ophthalmology in Russia. 2023;20(4):664-674. (In Russ.)] <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-4-664-674>.
7. Лыскин П.В., Володин П.Л., Макаренко И.Р. Функциональные результаты хирургического лечения макулярных отверстий с полным сохранением внутренней пограничной мембраны в сравнении с традиционной методикой. Российский офтальмологический журнал. 2023. — Т.16. — №4. — С.44-49. [Lyskin P.V., Volodin P.L., Makarenko I.R. Functional results of surgical treatment of macular holes fully preserving the internal limiting membrane as compared with the traditional method. Russian Ophthalmological Journal. 2023;16(4):44-49. (In Russ.)] <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-4-44-49>.
8. Liu L, Enkh-Amgalan I, Wang NK, Chuang LH, Chen YP, Hwang YS, et al. Results of macular hole surgery: Evaluation based on the international vitreomacular traction study classification. Retina 2018;38:900–6. <https://doi.org/10.1097/IAE.0000000000001647>.

9. Shpak AA, Shkvorchenko DO, Krupina EA. Surgical treatment of macular holes with and without the use of autologous platelet-rich plasma. *Int Ophthalmol* 2021;41:1043–52. <https://doi.org/10.1007/s10792-020-01662-4>.
10. Файзрахманов Р.Р., Павловский О.А., Карпов Г.О. Патогенетические механизмы макулярных разрывов: обзор текущих исследований. *Российский офтальмологический журнал*. 2023. – Т.16. №2. – С.183-187. [Fayzrahmanov RR, Pavlovsky OA, Karpov GO. Pathogenetic mechanisms of macular holes: a review of recent research work. *Russ Ophthalmol J* 2023;16:183–7. (In Russ).] <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-2-183-187>.
11. Baba T, Yamamoto S, Kimoto R, Oshitari T, Sato E. Reduction of thickness of ganglion cell complex after internal limiting membrane peeling during vitrectomy for idiopathic macular hole. *Eye* 2012 269 2012;26:1173–80. <https://doi.org/10.1038/eye.2012.170>.
12. Kang SW, Ahn K, Ham DI. Types of macular hole closure and their clinical implications. *Br J Ophthalmol* 2003;87:1015–9. <https://doi.org/10.1136/BJO.87.8.1015>.
13. Gümüş G, Demir G, Tülü Aygün B, Demircan A, Alkın Z, Öztornacı O. Prognostic factors affecting macular hole closure types. *Ther Adv Ophthalmol* 2021;13. <https://doi.org/10.1177/25158414211009007>.
14. Baumann C, Iannetta D, Sultan Z, Pearce IA, Lohmann CP, Zheng Y, et al. Predictive Association of Pre-Operative Defect Areas in the Outer Retinal Layers With Visual Acuity in Macular Hole Surgery. *Transl Vis Sci Technol* 2021;10:7–7. <https://doi.org/10.1167/TVST.10.4.7>.
15. Abbey AM, Van Laere L, Shah AR, Hassan TS. Recurrent macular holes in the era of small-gauge vitrectomy: A review of incidence, risk factors, and outcomes. *Retina* 2017;37:921–4. <https://doi.org/10.1097/IAE.0000000000001252>.
16. Докторова Т.А., Суетов А.А., Бойко Э.В. Влияние исходных структурных нарушений и послеоперационного изменения перфузии на функциональное восстановление сетчатки после хирургического лечения сквозных макулярных разрывов. *Офтальмохирургия*. – 2023. – №4. – С.76–85. [Doktorova TA, Suetov AA, Boiko EV. The effect of preoperative structural changes and postoperative perfusion on the functional restoration of the retina in the surgical treatment of full-thickness macular holes. *Fyodorov J Ophthalmic Surg* 2023;4:76–85. (In Russ.)] <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2023-4-76-85>.
17. Rizzo S, Savastano A, Bacherini D, Savastano MC. Vascular features of full-thickness macular hole by OCT angiography. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retin* 2017;48:62–8. <https://doi.org/10.3928/23258160-20161219-09>.