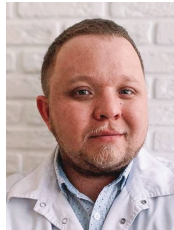


Оценка влияния продолжительности эндоиллюминации на функциональные результаты и безопасность витреоретинальной хирургии



Р.Р. Ямгутдинов^{1,3} Т.Р. Мухамадеев¹
Р.Т. Мухамадеева¹, Д.А. Урумов²

¹ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Ленина, 3, Уфа, 450008, Российская Федерация

² Институт клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Большая Пироговская, 2, стр. 4, Москва, 119435, Российская Федерация

³ ГБУЗ РБ «Городская клиническая больница № 8»
ул. 40 лет Октября, 1, Уфа, 450112, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):84–90

Длительность эндоиллюминации рассматривается как потенциальный фактор риска фототоксического повреждения сетчатки во время витреоретинальных операций. Несмотря на широкое использование современных систем освещения, клинические данные о влиянии продолжительности эндоосвещения на функциональные результаты остаются ограниченными. **Цель:** определить влияние продолжительности эндоиллюминации на функциональные результаты и безопасность витреоретинальных операций. **Материалы и методы.** В исследование включены пациенты, перенесшие витреоретинальные операции по поводу макулярного отверстия ($n = 31$), отслойки сетчатки ($n = 48$) и эпиретинальной мембраны ($n = 25$). Оценивались длительность эндоиллюминации, исходная и послеоперационная максимальная корригированная острота зрения (МКОЗ), тип тампонады, а также особенности хирургической тактики. Статистический анализ включал построение многофакторных регрессионных моделей для выявления детерминант функциональных исходов. **Результаты.** Продолжительность эндоиллюминации не оказывала статистически значимого влияния на МКОЗ через 12 месяцев после операции ($p > 0,05$). Анатомический успех достигнут во всех случаях. На функциональные исходы достоверно влияли исходная острота зрения (в группе макулярного отверстия), тип тампонады и проведение комбинированной операции с фанкоэмульсификацией (в группе отслойки сетчатки) ($p < 0,05$). В группе эпиретинальной мембраны статистически значимых факторов не выявлено. **Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют, что продолжительность эндоосвещения не оказывает значимого влияния на функциональные исходы витреоретинальной хирургии, в то время как ведущую роль сохраняют исходные анатомо-функциональные характеристики глаза и особенности хирургической тактики.

Ключевые слова: витреоретинальная хирургия, эндоосвещение, фототоксичность, макулярное отверстие, отслойка сетчатки, эпиретинальная мембрана

Для цитирования: Ямгутдинов Р.Р., Мухамадеев Т.Р., Мухамадеева Р.Т., Урумов Д.А. Оценка влияния продолжительности эндоиллюминации на функциональные результаты и безопасность витреоретинальной хирургии. *Офтальмология*. 2026;23(1):84–90. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-84-90>

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.



Evaluation of the Impact of Endoillumination Duration on Functional Outcomes and Safety in Vitreoretinal Surgery

R.R. Yamgutdinov^{1,2}, T.R. Mukhamadeev¹, R.T. Mukhamadeeva¹, D.A. Urumov²

¹ Bashkir State Medical University
Lenina str., 3, Ufa, 450008, Russian Federation

² The Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, Sechenov University
Bolshaya Pirogovskaya str., 2, bld. 4, Moscow, 119435, Russian Federation

³ City Clinical Hospital № 8
40 Let Oktyabrya str., 1, Ufa, 450112, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):84–90

The duration of endoillumination is considered a potential risk factor for phototoxic retinal damage during vitreoretinal surgeries. Despite the widespread use of modern lighting systems, clinical data on the effect of endoillumination duration on functional outcomes remain limited. **Objective:** to evaluate the impact of endoillumination duration on functional outcomes and the safety of vitreoretinal surgery. **Patients and methods.** The study included patients who underwent vitreoretinal surgeries for macular holes ($n = 31$), retinal detachments ($n = 48$), and epiretinal membranes ($n = 25$). The duration of endoillumination, initial and postoperative best-corrected visual acuity (BCVA), type of tamponade, and features of the surgical technique were assessed. Statistical analysis involved multivariate regression models to identify determinants of functional outcomes. **Results.** The duration of endoillumination did not have a statistically significant effect on BCVA at 12 months after surgery ($p > 0.05$). Anatomical success was achieved in all cases. Functional outcomes were significantly influenced by initial visual acuity (in the macular hole group), type of tamponade, and performance of combined surgery with phacoemulsification (in the retinal detachment group) ($p < 0.05$). No statistically significant factors were identified in the epiretinal membrane group. **Conclusion.** The obtained results indicate that the duration of endoillumination does not significantly affect the functional outcomes of vitreoretinal surgery, while the primary role remains with the initial anatomical and functional characteristics of the eye and the features of the surgical technique.

Keywords: vitreoretinal surgery, endoillumination, phototoxicity, macular hole, retinal detachment, epiretinal membrane

For citation: Yamgutdinov R.R., Mukhamadeev T.R., Mukhamadeeva R.T., Urumov D.A. Evaluation of the Impact of Endoillumination Duration on Functional Outcomes and Safety in Vitreoretinal Surgery. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):84–90. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-84-90>

Financial Disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interests.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Длительность и интенсивность эндоосвещения при витреоретинальных операциях традиционно рассматриваются как возможные факторы риска фототоксического повреждения сетчатки. Ряд экспериментальных и клинических работ показал, что интенсивность и спектральные характеристики источника света определяют уровень потенциальной фототоксичности, однако данные о влиянии времени экспозиции остаются противоречивыми. Исследования Т. Ach и соавт. (2008) и N. Fehler и соавт. (2023) продемонстрировали существенные различия в безопасных интервалах воздействия между различными системами освещения, что подчеркивает необходимость анализа реальных клинических условий [1, 2]. В то же время большинство публикаций посвящено оценке технических параметров источников света, тогда как связь между продолжительностью эндоиллюминации и функциональными результатами операций остается малоизученной. Учитывая широкое распространение микроинвазивных витреоретинальных технологий, вопрос безопасности и функциональных последствий длительного эндоосвещения приобретает особую значимость.

Цель: проанализировать влияние различной продолжительности эндоиллюминации на функциональные результаты и безопасность витреоретинальных операций.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В исследование включены 104 пациента (75 женщин и 29 мужчин), оперированных по поводу витреоретинальной патологии: макулярное отверстие (МО) — 31 случай (29,8%), отслойка сетчатки (ОС) — 48 (46,2%) (срок давности до 1 месяца — 32, более 1 месяца — 16; с захватом макулярной зоны (macula-off) — 20, без захвата (macula-on) — 28), эпиретинальная мембрана (ЭРМ) — 25 (24,0%).

Медианный возраст пациентов составил: при макулярном отверстии — 65,0 [62,0; 71,5] года, отслойке сетчатки — 54,0 [41,0; 63,5] года, эпиретинальной мембраны — 66,0 [61,0; 72,0] года.

Перед операцией было проведено комплексное офтальмологическое обследование, включающее визометрию, тонометрию, биомикроскопию, офтальмоскопию, периметрию, ультразвуковое В-сканирование и спектральную оптическую когерентную томографию. У 19 пациентов (18,2%) хрусталик был прозрачным, неполное помутнение было выявлено у 58 человек

R.R. Yamgutdinov, T.R. Mukhamadeev, R.T. Mukhamadeeva, D.A. Urumov

Contact information: Yamgutdinov Rinat R. yamgrin@gmail.com

Evaluation of the Impact of Endoillumination Duration on Functional Outcomes and Safety...

(55,8 %), артефакция — у 27 (26,0 %). Операции выполнены одним хирургом по стандартной методике трехпортовой витрэктомии 25G, применяли тампонаду газо-воздушной смесью ($n = 69$), силиконовым маслом ($n = 17$), физиологическим раствором ($n = 16$), перфторорганическими соединениями ($n = 2$). В тех случаях, когда невозможно было провести витрэктомию по причине слабой визуализации, связанной с выраженным помутнением хрусталика, факоемульсификация с имплантацией ИОЛ проводилась непосредственно перед витрэктомией. Витрэктомию проводили также по другим причинам в 16 случаях в послеоперационный период в интервале наблюдения.

Источником эндовитреальной иллюминации выступала ксенонная лампа в системе Optimed Profi, обеспечивающая яркость в диапазоне 1600–16 000 кд/м², спектр излучения 400–800 нм с пиком в синей зоне (450–500 нм). Фильтр T720B блокирует ультрафиолет (<400 нм) и часть синего света (400–470 нм). Использовался световод (MicroVision Inc.) калибра 25 Ga, длиной 2 м, с углом освещения 80–90 градусов и конусом 30 градусов. При проведении операций яркость устанавливали на уровне 16 000 кд/м².

Функциональные результаты оценивали по максимальной корригированной остроте зрения (МКОЗ) на послеоперационных визитах (до 12 месяцев).

Статистическую обработку данных выполняли с использованием языка R (версия 4.4.2). Количественные переменные представлены в виде медианы и межквартильного размаха (Me [Q1; Q3]), категориальные — в виде абсолютных значений и процентов, сравнение групп — с использованием критерия Краскела — Уоллиса, а парные сравнения — критерия Манна — Уитни с поправкой Бонферрони, сравнение связанных выборок во времени — с использованием критерия Фридмана.

В качестве зависимой переменной считали МКОЗ через 12 месяцев после операции (выраженную в log-MAR, так как эта шкала обеспечивает линейность распределения данных и адекватность для параметрического моделирования (в отличие от десятичной шкалы)) [3, 4]. Для выявления факторов, влияющих на функциональные результаты, строили многофакторные линейные регрессионные модели для каждой группы заболеваний (МО,

ОС и ЭРМ). В модели включали предоперационные факторы (возраст, исходную остроту зрения, осевую длину глаза (ПЗО), статус хрусталика; для отслойки сетчатки — дополнительно срок отслойки с захватом макулярной зоны или без него, наличие пролиферативной витреоретинопатии (ПВР) и интраоперационные факторы (тип тампонады, комбинированная операция с факоемульсификацией)). Оценивали ключевые показатели модели: коэффициент детерминации R^2 , скорректированный R^2 (Adj R^2), общую значимость модели по F-критерию Фишера. Критический уровень статистической значимости принимался при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Во всех случаях операция была завершена успешно. Интра- и послеоперационные осложнения не наблюдались. Анатомически положительный исход достигнут у большинства пациентов: полное закрытие макулярных отверстий зафиксировано у 96,8 % пациентов; при ОС сетчатка прилежала у 95,8 % пациентов; эпиретинальные мембраны удалены, макулярная зона (эллипсоидная зона) восстановлена у 96 % пациентов. Данные сопоставимы с данными литературы [5–7].

Медианное время эндовитреального освещения в группе отслойки сетчатки оказалось наибольшим (59,0 [49,5; 71,0] минут), в группе макулярных отверстий — 41,0 [32,0; 53,5] минут, минимальным — в группе ЭРМ (33,5 [27,0; 48,0] минут). Различия по времени освещения между тремя группами были статистически значимыми ($\chi^2 = 28,6$, $p < 0,001$). При парных сравнениях установлено, что время освещения в группе ОС было достоверно выше по сравнению с группами МО ($p = 0,0016$) и ЭРМ ($p < 0,0001$). Различий между группами МО и ЭРМ не выявлено ($p = 0,1$).

Динамическое наблюдение показало статистически значимое улучшение максимальной корригированной остроты зрения во всех группах пациентов (табл. 1). По результатам критерия Фридмана, различия между временными точками оказались достоверными: у пациентов с макулярными отверстиями — $\chi^2 = 103,1$; $df = 7$; $p < 0,001$; при отслойке сетчатки — $\chi^2 = 78,0$; $df = 7$; $p < 0,001$; при эпиретинальной мембране — $\chi^2 = 58,6$; $df = 7$; $p < 0,001$. Наиболее выраженное увеличение

Таблица 1. Динамика максимальной корригированной остроты зрения до и после операции

Table 1. Dynamics of best-corrected visual acuity before and after surgery

Группа Group	До операции Pre-op	1 день Day 1	7 дней Day 7	30 дней Day 30	90 дней Day 90	180 дней Day 180	270 дней Day 270	360 дней Day 360
Макулярные отверстия Macular Holes ($n = 31$)	0,16 [0,09; 0,30]	0,01 [0,001; 0,10]	0,20 [0,04; 0,30]	0,30 [0,15; 0,50]	0,40 [0,20; 0,50]	0,40 [0,20; 0,50]	0,50 [0,25; 0,60]	0,50 [0,25; 0,60]
Отслойка сетчатки Retinal Detachment ($n = 48$)	0,10 [0,01; 0,70]	0,01 [0,005; 0,16]	0,20 [0,06; 0,50]	0,40 [0,20; 0,70]	0,50 [0,17; 0,80]	0,65 [0,20; 0,78]	0,60 [0,30; 0,78]	0,60 [0,40; 0,70]
Эпиретинальная мембрана Epiretinal Membrane ($n = 25$)	0,4 [0,2; 0,52]	0,3 [0,2; 0,6]	0,5 [0,3; 0,8]	0,6 [0,4; 0,8]	0,6 [0,5; 0,8]	0,7 [0,5; 0,8]	0,7 [0,5; 0,8]	0,7 [0,5; 0,8]

зрительных функций наблюдалось у пациентов с макулярным отверстием: медиана МКОЗ повысилась с 0,16 [0,09; 0,30] до 0,5 [0,25; 0,6] через 12 месяцев после операции. У пациентов с эпиретинальной мембраной МКОЗ выросла с 0,4 [0,2; 0,52] до 0,7 [0,5; 0,8], а при отслойке сетчатки — с 0,1 [0,01; 0,7] до 0,6 [0,4; 0,7]. Полученные нами результаты согласуются со средними показателями, представленными в литературе [5–7].

Для оценки продолжительности эндоиллюминации и выявления факторов, влияющих на функциональные результаты, построены многофакторные линейные регрессионные модели.

На первом этапе в регрессионную модель были включены такие предоперационные факторы, как возраст пациентов и острота зрения до операции, а при отслойке сетчатки также учитывали ее длительность (табл. 2).

Согласно первой модели исходная острота зрения может являться стабильным предиктором послеоперационного результата при макулярном отверстии ($p = 0,002$) и частично при отслойке сетчатки ($p = 0,045$). Возраст как предиктор послеоперационной остроты зрения был незначимым, хотя при ЭРМ определяется тенденция, согласно которой чем старше пациент, тем ниже послеоперационная острота зрения ($p \sim 0,10$). Срок отслойки сетчатки может являться предиктором, более короткий срок до операции ассоциируется с лучшим зрением после операции ($p = 0,06$). В целом указанные предоперационные факторы объясняют лишь часть вариации (при МО модель объясняет ~25 % вариации итоговой остроты зрения, ~15 % при ЭРМ и лишь 9 % при ОС). Полученные данные согласуются с опубликованными результатами

Таблица 2. Влияние предоперационных факторов на послеоперационную остроту зрения

Table 2. Impact of preoperative factors on postoperative visual acuity

Группа Group	Предиктор Predictor	b	t	p	Ключевые показатели модели Key Model Indicators
Макулярные отверстия Macular Holes	Возраст Age	-0,002	-0,35	0,73	R ² = 0,30 Adj R ² = 0,25 F(2,28) = 6,01 p = 0,007**
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,441	3,46	0,002**	
Отслойка сетчатки Retinal Detachment	Возраст Age	-0,003	-0,47	0,64	R ² = 0,16 Adj R ² = 0,09 F(3,37) = 2,30, p = 0,094*
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,185	2,07	0,045*	
	Срок отслойки (до 1 мес.) Detachment duration (<1 mo)	-0,39	-1,95	0,06*	
Эпиретинальная мембрана Epiretinal Membrane	Возраст Age	0,008	1,73	0,10*	R ² = 0,22 Adj R ² = 0,15 F(2,21) = 2,97, p = 0,07*
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,155	1,36	0,19	

Примечание. ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$, # $p < 0,1$ пограничная значимость.
Note. ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$, # $p < 0,1$ borderline significance.

Zaletel Benda и соавт. по отслойке сетчатки: предоперационная острота зрения положительно коррелирует с послеоперационной МКОЗ, а длительность отслойки — отрицательно [8].

На втором этапе в регрессионную модель, помимо факторов первого этапа, включили морфологические факторы, связанные с состоянием глаз пациентов: осевую длину, состояние хрусталика (прозрачный, неполное помутнение, артификация); при отслойке сетчатки дополнительно — макулярный статус (off/on), наличие ПВР (табл. 3).

Таблица 3. Влияние предоперационных и морфологических факторов на послеоперационную остроту зрения.

Table 3. Impact of preoperative and morphological factors on postoperative visual acuity

Группа Group	Предиктор Predictor	b	t	p	Ключевые показатели модели Key Model Indicators
Макулярные отверстия Macular Holes	Возраст Age	-0,002	-0,44	0,66	R ² = 0,32 Adj R ² = 0,18 F(5,24) = 2,25 p = 0,08*
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,43	3,02	0,006**	
	ПЗО Axial length	-0,01	-0,46	0,65	
	Неполное помутнение хрусталика Partial lens opacity	0,04	0,24	0,81	
	Артификация Artiphakia	-0,004	-0,02	0,98	
Отслойка сетчатки Retinal Detachment	Возраст Age	0,002	0,27	0,79	R ² = 0,19 Adj R ² = -0,04 F(8,28) = 0,82 p = 0,60
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,08	0,80	0,43	
	Срок отслойки (до 1 мес.) Detachment duration (<1 mo)	-0,0007	-0,003	0,10*	
	ПЗО Axial length	-0,03	-0,44	0,66	
	Неполное помутнение хрусталика Partial lens opacity	0,12	0,41	0,69	
	Артификация Artiphakia	0,12	0,34	0,74	
Эпиретинальная мембрана Epiretinal Membrane	Макула офф Macula-off status	0,28	1,54	0,13	R ² = 0,04 Adj R ² = -0,24 F(5,17) = 0,15 p = 0,98
	Наличие ПВР Presence of PVR	0,26	0,73	0,47	
	Возраст Age	0,0001	0,03	0,97	
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,02	0,24	0,81	
Эпиретинальная мембрана Epiretinal Membrane	ПЗО Axial length	-0,003	-0,20	0,84	R ² = 0,04 Adj R ² = -0,24 F(5,17) = 0,15 p = 0,98
	Неполное помутнение хрусталика Partial lens opacity	-0,08	-0,62	0,54	
	Артификация Artiphakia	-0,10	-0,64	0,53	

Примечание. ** $p < 0,01$.
Note. ** $p < 0,01$.

Таблица 4. Влияние пред- и интраоперационных факторов на послеоперационную остроту зрения**Table 4.** Impact of preoperative and intraoperative factors on postoperative visual acuity

Группа	Предиктор	b	t	p	Ключевые показатели модели
Макулярные отверстия Macular Holes	Возраст Age	0,003	0,48	0,64	R ² = 0,43 Adj R ² = 0,17 F(9,20) = 1,68 p = 0,16
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,36	2,43	0,02*	
	ПЗО Axial length	-0,04	-1,12	0,28	
	Неполное помутнение хрусталика Partial lens opacity	0,13	0,72	0,48	
	Артифакция Artiphakia	0,07	0,39	0,70	
	Время эндоиллюминации Endoillumination time	-0,0003	-0,09	0,93	
	Комбинация с ФЭК Combined with Phaco	-0,21	-1,38	0,18	
	Тампонада ПФОС + силикон Tamponade: PFCL + Silicon	-0,03	-0,10	0,93	
Отслойка сетчатки Retinal Detachment	Тампонада физиологич. раствором Tamponade: Saline	0,40	1,17	0,25	R ² = 0,48 Adj R ² = 0,25 F(11,25) = 2,10 p = 0,06†
	Возраст Age	0,002	0,28	0,78	
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,10	1,15	0,26	
	Срок отслойки (до 1 мес.) Detachment duration (<1 mo)	-0,18	-0,82	0,42	
	ПЗО Axial length	-0,04	-0,58	0,56	
	Неполное помутнение хрусталика Partial lens opacity	0,04	0,16	0,88	
	Артифакция Artiphakia	-0,10	-0,29	0,78	
	Макула офф Macula-off status	0,19	1,19	0,25	
	Наличие ПВР Presence of PVR	0,24	0,81	0,43	
	Время эндоиллюминации Endoillumination time	0,008	1,17	0,25	
Эпиретинальная мембрана Epiretinal Membrane	Комбинация с ФЭК Combined with Phaco	0,56	2,14	0,04*	R ² = 0,07 Adj R ² = -0,55 F(8,12) = 0,11 p = 0,99
	Тампонада силиконом Tamponade: Silicon Oil	0,49	2,69	0,01*	
	Возраст Age	0,0005	0,07	0,95	
	Острота зрения до операции Preoperative VA	-0,001	-0,01	0,99	
	ПЗО Axial length	-0,008	-0,39	0,71	
	Неполное помутнение хрусталика Partial lens opacity	-0,07	-0,49	0,64	
	Артифакция Artiphakia	-0,11	-0,53	0,60	
	Время эндоиллюминации Endoillumination time	0,0007	0,15	0,89	
Комбинация с ФЭК Combined with Phaco	0,02	0,12	0,91		
Тампонада физиологич. раствором Tamponade: Saline	-0,02	-0,32	0,76		

Примечание. ** $p < 0,01$.
Note. ** $p < 0,01$.

Добавление в модель предоперационных морфологических параметров не привело к статистически значимому увеличению объясненной дисперсии. При макулярном отверстии ключевым фактором осталась острота зрения до операции ($p = 0,006$), объясненная дисперсия R^2 модели увеличилась с 0,30 до 0,32. При отслойке сетчатки добавление новых переменных не улучшило модель, R^2 даже снизилась по сравнению с первым этапом. Однако отражена тенденция, что при macula-off результаты операции могут быть хуже ($p = 0,13$). В случае ЭРМ модель не объясняет дисперсию, полностью не значима. Вероятно, на исход операции при ОС и ЭРМ основное влияние оказывают другие факторы.

Поскольку предполагалось, что интраоперационные характеристики, включая длительность эндоиллюминации, могут влиять на итоговое зрение, в регрессионную модель (третий этап), помимо факторов первого и второго этапов, включили интраоперационные переменные: время эндоиллюминации, проведение комбинированной витреохирургии с фактоэмульсификацией и тип примененного тампонирующего вещества (табл. 4).

При макулярном отверстии включение интраоперационных факторов улучшило объясняющую способность модели ($R^2 = 0,43$, скорректированный $R^2 = 0,17$, $p = 0,16$). Среди предикторов значимым остался только исходный уровень зрения ($b = 0,36$, $p = 0,02$). В анализируемой выборке время эндоиллюминации, фактор комбинированной операции и тампонада не оказали значимого влияния на итоговую МКОЗ через 12 месяцев.

В группе отслойки сетчатки введение факторов комбинированной операции и тампонады витреальной полости увеличило объясненную дисперсию R^2 до 0,48, скорректированную R^2 до 0,25 ($p = 0,06$, на грани значимости). Значимыми предикторами стали комбинированное хирургическое вмешательство ($b = 0,56$, $p = 0,04$) и тампонада силиконовым маслом ($b = 0,49$, $p = 0,01$). Таким образом, проведение комбинированной операции с ФЭК и тампонадой силиконовым маслом ассоциировано с худшими функциональными результатами. Предоперационная острота зрения ($b = 0,10$, $p = 0,26$), макула-офф ($b = 0,19$, $p = 0,25$) и длительность эндоиллюминации ($b = 0,008$, $p = 0,25$) не достигли уровня статистической значимости, однако продемонстрировали слабые тенденции.

В группе эпиретинальной мембраны добавление интраоперационных факторов не улучшило модель. Ни один из предикторов, включая время эндоиллюминации, не оказался значимым.

Таким образом, в нашей выборке длительность эндоиллюминации не продемонстрировала значимого влияния на итоговую остроту зрения ($p > 0,25$ во всех

моделях). Основными предикторами явились исходная острота зрения в группе макулярного отверстия, а в группе отслойки сетчатки — тампонада и комбинированная операция с ФЭК. В группе ЭРМ модель не выявила значимых детерминант.

ОБСУЖДЕНИЕ

В проведенном исследовании не выявлено статистически значимой связи между длительностью эндоиллюминации и функциональными исходами витреоретинальных операций при макулярном отверстии, отслойке сетчатки и эпиретинальной мембране. Это может свидетельствовать о том, что в диапазоне времени, характерном для стандартных хирургических вмешательств, продолжительность эндоосвещения не оказывает существенного влияния на зрительные результаты и не связана с повышением риска фототоксического повреждения сетчатки.

Полученные результаты согласуются с данными Ach и соавт., показавшими, что безопасное время воздействия света при витреоретинальных вмешательствах определяется прежде всего интенсивностью и спектром излучения, а не абсолютной длительностью экспозиции [1]. Fehler и соавт. также отмечали, что решающую роль играет расстояние от источника света до сетчатки, тогда как временной фактор имеет второстепенное значение [2]. Таким образом, при соблюдении стандартных параметров мощности и оптимальном позиционировании эндоосветителя риск световой токсичности минимален даже при относительно длительных операциях.

При анализе факторов, определяющих функциональные исходы, установлено, что основное влияние оказывают исходные клинические характеристики и особенности хирургической тактики. В частности, исходная острота зрения достоверно определяла уровень послеоперационной остроты зрения в группе макулярного отверстия. Проводя подобный регрессионный анализ, Zaletel Benda и соавт. также подтвердили высокую прогностическую значимость данного показателя у пациентов с регматогенной отслойкой сетчатки [8].

В группе пациентов с отслойкой сетчатки на функциональные результаты влияли тип тампонады и проведение комбинированной операции с фактоэмulsionификацией. Использование силиконового масла ассоциировалось с менее благоприятными функциональными исходами, что согласуется с данными литературы о возможных оптических и токсических эффектах силикона на макулярную область [9, 10]. Известно, что у части пациентов, подвергшихся тампонаде сетчатки силиконовым маслом, ганглионарные клетки могут повреждаться вследствие миграции частиц масла в сетчатку или прямого контакта силикона с внутренними слоями сетчатки [11].

Для пациентов с эпиретинальной мембраной статистически значимых факторов, определяющих послеоперационную остроту зрения, выявлено не было, что, вероятно, связано с ограниченным количеством наблюдений и меньшей вариабельностью исходных параметров.

Сравнение с литературными данными подтверждает, что на функциональный результат витреоретинальных операций в большей степени влияют морфологическое состояние сетчатки и длительность течения заболевания до хирургического вмешательства, чем интраоперационные параметры освещения. Так, по данным Guner и соавт., раннее хирургическое вмешательство при регматогенной отслойке сетчатки (<7 дней от начала симптомов) достоверно улучшает послеоперационные зрительные результаты, что связано с меньшей степенью дегенерации фоторецепторов и лучшей сохранностью наружных слоев сетчатки [10]. Аналогичные выводы приводят Williamson и соавт., отмечая, что срок существования отслойки и вовлечение макулы являются ключевыми детерминантами функционального исхода [12].

К числу ограничений исследования следует отнести отсутствие возможности количественной оценки интенсивности освещения и ограниченное количество наблюдений.

Наши результаты показали, что длительность эндоиллюминации не являлась значимым фактором функционального исхода, что согласуется с данными литературы, в которых основными предикторами восстановления зрения после витреоретинальных вмешательств чаще выступают предоперационная острота зрения, длительность симптомов и структурные изменения макулы по данным оптической когерентной томографии [7, 13–14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построенные многофакторные регрессионные модели показали, что наибольшее влияние на функциональные результаты оказали предоперационные и хирургические факторы, не связанные с длительностью эндоиллюминации. В частности, исходная острота зрения достоверно определяла уровень послеоперационной остроты зрения в группе макулярного отверстия ($p < 0,05$), тогда как в группе отслойки сетчатки значимыми факторами оказались тип тампонады (силиконовое масло) и проведение комбинированной операции с фактоэмulsionификацией ($p < 0,05$). В группе эпиретинальной мембраны статистически значимых ассоциаций не выявлено. Таким образом, результаты исследования подтверждают, что функциональные исходы витреоретинального вмешательства в большей степени определяются исходными анатомо-функциональными характеристиками глаза и особенностями хирургической тактики, тогда как продолжительность эндоосвещения не является фактором риска снижения послеоперационной остроты зрения.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Ямгудинов Р.Р. — идея, планирование исследования, ассистирование на операциях, сбор и обработка данных, написание и редактирование статьи;
Мухамадеев Т.Р. — планирование, написание и редактирование статьи;
Мухамадеева Р.Т. — сбор и обработка данных;
Урумов Д.А. — сбор и обработка данных.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Ach T, Höh AE, Amberger R, Dithmar S. Lichtexposition bei vitreoretinaler Chirurgie: II. Physikalische Charakteristika von Endoilluminationssystemen. *Der Ophthalmologe*. 2008;10(105):905–910. doi: 10.1007/s00347-008-1795-y.
- Fehler N, Lingenfelder C, Hessling M, Kupferschmid S. Retinal risk of endoillumination: A comparison of different ophthalmic illumination systems. *Journal Français d'Ophthalmologie*. 2023;4(46):377–387. doi: 10.1016/j.jfo.2022.10.007.
- Баранова КМ, Николаев СН. Анализ наиболее часто применяемых в клинической практике визометрических таблиц. Современные технологии в офтальмологии. 2023;3:286–294. doi: 10.25276/2312-4911-2023-3-286-294. Baranova KM, Nikolaev SN. Analysis of the most frequently used visual acuity charts in clinical practice. *Modern Technologies in Ophthalmology*. 2023;3:286–294 (In Russ.). doi: 10.25276/2312-4911-2023-3-286-294.
- Hussain B, Saleh GM, Sivaprasad S, Hammond CJ. Changing from Snellen to Log-MAR: debate or delay? *Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2006;34:6–8. doi: 10.1111/j.1442-9071.2006.01135.x.
- Matoba R, Morizane Y. Epiretinal membrane: an overview and update. *Jpn J Ophthalmol*. 2024;68:603–613. doi: 10.1007/s10384-024-01127-6.
- Radke NV, Ruamviboonsuk P, Steel DH, Tian T, Hunyor AP, Tsai ASH, Chang A, Yang CM, Lai CC, Dong F, Lim JI, Chhablani J, Lai KHW, Shanmugam MP, Stalmans P, Venkatesh P, Lam RF, Woo SJ, Zhang S, Das T, Lai TYY, Kumar V, Huang X, Zhang Z, Wang Z, Zhao P, Lam DSC. Controversies, consensuses, and guidelines on macular hole surgery by the Asia-Pacific Vitreo-retina Society (APVRS) and the Asia-Pacific Academy of Professors in Ophthalmology (AAPPO). *Eye Vis (Lond)*. 2025 Jul 28;12(1):30. doi: 10.1186/s40662-025-00446-0.
- Suzuki N, Kunikata H, Aizawa N, Abe T, Nakazawa T. Predicting visual outcomes for macula-off rhegmatogenous retinal detachment with optical coherence tomography. *J Ophthalmol*. 2014;2014:269837. doi: 10.1155/2014/269837.
- Zaletel Benda P, Vratnar B, Petrovski G, Gavrić AU, Matović K, Gornik A, Vergot K, Lumi A, Lumi X. Prognostic Factor Analysis of Visual Outcome after Vitrectomy for Rhegmatogenous Retinal Detachment. *J Clin Med*. 2020 Oct 12;9(10):3251. doi: 10.3390/jcm9103251.
- Grüterich M, Clemente C, Mueller AJ, Ulbig MW, Kampik A. Multifactorielle Analyse des Therapieerfolges des Pseudoaphakieablatio [Multifactorial analysis of therapeutic outcome of pseudophakic retinal detachment surgery]. *Ophthalmologie*. 2000 Sep;97(9):609–614 (In Germ.). doi: 10.1007/s003470070047.
- Guner ME, Guner MK, Cebeci Z, Kir N. Preoperative and Postoperative Factors Affecting Functional Success in Anatomically Successful Retinal Detachment Surgery. *Korean J Ophthalmol*. 2022 Dec;36(6):477–485. doi: 10.3341/kjo.2022.0057.
- Pichi F, Hay S, Abboud EB. Inner retinal toxicity due to silicone oil: a case series and review of the literature. *Int Ophthalmol*. 2020 Sep;40(9):2413–2422. doi: 10.1007/s10792-020-01418-0.
- Williamson TH, Shunmugam M, Rodrigues I, Dogramaci M, Lee E. Characteristics of rhegmatogenous retinal detachment and their relationship to visual outcome. *Eye (Lond)*. 2013 Sep;27(9):1063–1069. doi: 10.1038/eye.2013.136.
- Guo H, Ou C, Wang G, Lu B, Li X, Yang T, Zhang J. Prediction of Visual Outcome After Rhegmatogenous Retinal Detachment Surgery Using Artificial Intelligence Techniques. *Transl Vis Sci Technol*. 2024 May 1;13(5):17. doi: 10.1167/tvst.13.5.17.
- Lim LS, Tsai A, Wong D, Wong E, Yeo I, Loh BK, Ang CL, Ong SG, Lee SY. Prognostic factor analysis of vitrectomy for retinal detachment associated with myopic macular holes. *Ophthalmology*. 2014 Jan;121(1):305–310. doi: 10.1016/j.ophtha.2013.08.033.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ямгутдинов Ринат Радикович
ассистент кафедры офтальмологии, врач-офтальмолог
<https://orcid.org/0000-0001-7316-8291>

Мухамадеев Тимур Рафаэльевич
доктор медицинских наук, заведующий кафедрой офтальмологии
<https://orcid.org/0000-0003-3078-2464>

Мухамадеева Рената Тимуровна
студентка
<https://orcid.org/0009-0005-4627-6816>

Урумов Дмитрий Артемович
студент
<https://orcid.org/0009-0004-3846-6372>

ABOUT THE AUTHORS

Yamgutdinov Rinat R.
assistant, Department of Ophthalmology, ophthalmologist
<https://orcid.org/0000-0001-7316-8291>

Mukhamadeev Timur R.
MD, head of the Ophthalmology Department
<https://orcid.org/0000-0003-3078-2464>

Mukhamadeeva Renata T.
student
<https://orcid.org/0009-0005-4627-6816>

Urumov Dmitry A.
student
<https://orcid.org/0009-0004-3846-6372>