

# Сравнительное изучение методов удаления стекловидного тела при экспериментальных витреоретинальных операциях

И.Б. Алексеев<sup>1,2</sup>В.Е. Белкин<sup>2</sup>О.И. Абрамова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1, Москва, 125993, Российская Федерация

<sup>2</sup> ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина Департамента здравоохранения города Москвы»,  
Московский городской офтальмологический центр  
2-й Боткинский проезд, 5, корп. 19, Москва, 125284, Российская Федерация

## РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2024;21(1):214–219

Непрерывное развитие витреоретинальной хирургии дает возможность оказывать высокотехнологичную помощь пациентам при отслойке сетчатки с минимизацией интра- и постоперационных осложнений. Однако их процент все равно остается существенно большим. Это толкает современную офтальмологическую науку на новые исследования и поиски решения существующих проблем. В решении этой задачи, как никто, помогают лабораторные животные, на которых уже более 100 лет тестируются новейшие достижения медицины. К сожалению, высокая затратность экспериментов зачастую отталкивает и/или отодвигает их на неопределенный срок. Учитывая клиническую значимость экспериментальных исследований, касающихся хирургического лечения отслойки сетчатки, в рамках исследования нового гидрогелевого препарата «Витреолон» проведен анализ способов удаления стекловидного тела и их влияния на результат операционного вмешательства. **Цель работы:** сравнительный анализ методов удаления стекловидного тела при экспериментальной отслойке сетчатки. **Материал и методы.** Эксперимент проведен на 12 глазах (6 кроликов) с индуцированной отслойкой сетчатки. На 6 глазах витреотомия была выполнена с помощью витреотома, на 6 парных глазах — с использованием шприца 21G. Затем выполняли тампонаду витреальной полости новым гидрогелевым препаратом «Витреолон». Офтальмологические осмотры проводили на 1-е сутки, 1-й и 2-й неделе, через 1 и 3 мес. после оперативного вмешательства. Энуклеированные через 3 мес. после операции глаза использовались для морфологического исследования макропрепаратов и гистологических срезов. **Результаты.** Результаты офтальмологических и лабораторных исследований не выявили статистически значимой разницы между использованными техниками удаления стекловидного тела. У одного кролика (на 2 глазах) была зафиксирована гипертензия и катаракта, что, очевидно, связано с индивидуальной реакцией на оперативное вмешательство. Осложнений, которые могли бы привести к досрочному завершению эксперимента, не зафиксировано. **Заключение.** Отсутствие статистически значимой разницы между клинико-морфологическими показателями глаз кроликов с отслойкой сетчатки, оперированных с применением различных техник удаления стекловидного тела, свидетельствует о правомерности использования для этой цели вместо витреотома шприца необходимого калибра.

**Ключевые слова:** удаление стекловидного тела, отслойка сетчатки, тампонада витреальной полости, тампонирующий агент, хирургия отслойки сетчатки, витреоретинальная хирургия

**Для цитирования:** Алексеев И.Б., Белкин В.Е., Абрамова О.И. Сравнительное изучение методов удаления стекловидного тела при экспериментальных витреоретинальных операциях. *Офтальмология*. 2024;21(1):214–219. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2024-1-214-219>

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

**Конфликт интересов отсутствует.**



# Investigation of Differences in the Techniques of Experimental Vitreo-retinal Operations on Laboratory Animals

I.B. Alekseev<sup>1,2</sup>, V.E. Belkin<sup>2</sup>, O.I. Abramova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education  
Barrikadnaya str., 2/1, Moscow, 125993, Russian Federation

<sup>2</sup> Botkin City Clinical Hospital, Moscow Ophthalmological Center  
2nd Botkinsky lane, 5/19, Moscow, 125284, Russian Federation

## ABSTRACT

## Ophthalmology in Russia. 2024;21(1):214-219

The continuous development of vitreoretinal surgery makes it possible to provide high-tech care to patients with retinal detachment while minimizing intra- and postoperative complications. However, their percentage still remains significantly high. This pushes modern ophthalmological science to new research and search for solutions to existing problems. In this task, laboratory animals, on which the latest advances in medicine have been tested for more than 100 years, help like no one else. Unfortunately, the high cost of experiments often repels and/or pushes them back indefinitely. Given the clinical significance of experimental studies of surgical treatment of retinal detachment, as part of the study of the new hydrogel preparation Vitreolon, an analysis was made of methods for removing the vitreous body and their effect on the result of surgical intervention. **Purpose:** analysis of differences in vitreous removal techniques in laboratory rabbits. **Material and methods.** The experiment involved 6 rabbits (12 eyes) with induced retinal detachment. In 6 eyes, vitrectomy was performed using a vitreotome, in the others, using a syringe (21G). Subsequently, tamponade of the vitreal cavity was performed with the new hydrogel preparation "Vitreolon". Ophthalmological examinations were performed on the 1st day, 1st and 2nd week, 1st and 3rd months after surgery. After that, the eyes were enucleated to conduct a morphological study of macropreparations and histological sections of the eyes. **Results.** According to the results of ophthalmological and laboratory studies, there was no statistically significant difference between the techniques for removing the vitreous body. One rabbit had hypertension and cataracts, which indicates its individual response to surgery. There were no complications that could lead to early termination of the experiment.

**Keywords:** removal of the vitreous, retinal detachment, vitreous cavity tamponade, plugging agent, retinal detachment surgery, vitreoretinal surgery

**For citation:** Alekseev I.B., Belkin V.E., Abramova O.I. Investigation of Differences in the Techniques of Experimental Vitreo-retinal Operations on Laboratory Animals. *Ophthalmology in Russia*. 2024;21(1):214-219. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2024-1-214-219>

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

**There is no conflict of interests.**

Отслойка сетчатки (ОС) является одним из самых грозных заболеваний глаза, наиболее эффективным способом лечения которого до настоящего времени остается хирургическое вмешательство [1, 2].

Успех хирургического лечения ОС методом витрэктомии с последующей тампонадой витреальной полости (ВП) глаза во многом зависит от эффективности тампонирующего вещества. Представление о «золотом стандарте» современной витреоретинальной хирургии неразрывно связано с использованием силиконовой тампонады ВП. Однако силиконовая тампонада сопряжена с серьезными осложнениями: повышением внутриглазного давления (ВГД), помутнением хрусталика, миграцией и эмульгированием силиконового масла и др. [3–8].

Таким образом, в офтальмологической науке не прекращаются попытки усовершенствования существующих и поиски новых тампонирующих агентов [9–14]. В развитии данного направления витреоретинальной хирургии весьма ценными являются эксперименты *in vivo*, так как на их основе принимается решение о возможности дальнейшего использования разработанных средств и методов и их внедрения в клиническую практику [15–18].

В качестве потенциального заменителя стекловидного тела в последние годы был предложен гидрогелевый состав «Витреолон», перспективы практического применения которого необходимо было оценить в эксперименте на лабораторных животных [19].

Для снижения экономических затрат и упрощения проведения полномасштабного эксперимента нами было предложено заменить удаление стекловидного тела классическим способом с помощью витреотома на упрощенную технику, предусматривающую использование шприца, с последующим введением в витреальную полость «Витреолона».

Экспериментальное исследование проведено на базе вивария ННЦ токсикологической и биологической безопасности медицинских изделий.

Комплекс экспериментальных исследований лабораторных животных и хирургическое вмешательство проведены по утвержденному протоколу исследования и по стандартным операционным процедурам (СОП) в соответствии:

- с Правилами надлежащей лабораторной практики в РФ (приказ Министерства здравоохранения РФ от 1 апреля 2016 года № 199н);

- с Межгосударственным стандартом РФ ГОСТ 33044-2014 «Принципы надлежащей лабораторной практики» (Москва, 2015);
- с Guide for the care and use of laboratory animals. National Academy press. Washington, D.C. 2011.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на 12 глазах 6 кроликов линии «серая шиншилла» в возрасте около 1 года, массой тела 2,5–3,5 кг. Данные животные поступили из ФГУП ОПХ «Манихино».

После индуцирования отслойки сетчатки стекловидное тело удаляли для последующей тампонады ВП гидрогелевым препаратом «Витреолон». При этом на одном глазу кролика витрэктомия проводилась с использованием шприца 21G (6 глаз) — группа А, на парном — с помощью витреотома (6 глаз) — группа Б.

### Техника моделирования отслойки сетчатки

По меридиану 6 часов в 5 мм от лимба отсепаровывали конъюнктиву и формировали склеральный лоскут треугольной формы. С помощью канюли 27G в субретинальное пространство вводили физиологический раствор (0,9 % NaCl) под визуальным контролем с помощью контактной линзы. Склеральный лоскут ушивали. Лишняя внутриглазная жидкость выводилась через заранее сформированный парацентез роговицы.

### Техника кор-витрэктомии с использованием витреотома Oertli CataRhex

В 6 мм от лимба и по меридиану 12 часов устанавливали порт 25G, формировали парацентез роговицы (1,0 мм) и дренировали переднекамерную влагу до состояния гипотонии. На роговицу устанавливали контактную силиконовую линзу для визуализации ВП. Проводили однопортовую витрэктомию с использованием витреотома Oertli CataRhex. При этом частоту резов регулировали педалью, а вакуум создавали ассистентом при помощи присоединенного к витреотому шприца 10 мл. Удаленное стекловидное тело собирали в шприц в объеме 1,5 мл. Далее порт 25G извлекали из глазного яблока, на месте склеростомы формировали прокол 21G и шприцем с иглой 21G вводили «Витреолон» в объеме 1,5 мл. В глаз инстиллировали раствор тобрамицина (3 мг; tobramycin; капли глазные рег. №: ЛП-004632 от 15.01.18).

### Техника кор-аспирации нативного стекловидного тела кроликов при помощи шприца (21G)

В 6 мм от лимба с помощью шприца и надетой на него иглы 21G косо входили в полость глаза по направлению к зрительному нерву на глубину 2 мм. С помощью шприца удаляли стекловидное тело животного в объеме 1,5 мл. Далее через неизвлеченную иглу другим шприцем вводили гидрогелевый заменитель «Витреолон» в объеме, равном удаленному стекловидному телу (1,5 мл). В глаз инстиллировали раствор тобрамицина (3 мг; tobramycin; капли глазные рег. №: ЛП-004632 от 15.01.18).

Сроки наблюдения составляли 1 сутки, 1 и 2-я неделя, 1-й и 3-й месяц после оперативного вмешательства. Осмотры осуществлялись с помощью коаксиального офтальмоскопа Prestige Coaxial-Plus (WelchAllyn, США), что позволяло визуализировать нарушения и патологические процессы. Послеоперационный контроль внутриглазного давления осуществлялся с помощью тонометра Tonovet.

Через 3 месяца животных выводили из эксперимента методом воздушной эмболии, глаза энуклеировали для проведения морфологического исследования макропрепаратов и гистологических срезов.

*Статистическая обработка* данных проводилась с использованием пакетов прикладных программ Statistica 10 и SAS JMP 11. Статистическая достоверность различий групп для бинарных и номинальных шкал определялась с использованием критерия хи-квадрат Пирсона. Статистическая значимость различий фиксировалась при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам офтальмологического осмотра на 1-е сутки после операции не было выявлено достоверных различий между исследуемыми группами, все показатели статистически значимо не различались между двумя сравниваемыми группами. Легкая отечность роговицы присутствовала только в единственном случае. В 6 случаях потребовалось проведение противовоспалительной терапии.

Полученные результаты представлены в таблице 1.

Осмотр на 1-й неделе также не показал достоверных различий в состоянии экспериментальных глаз в группах А и Б, способы удаления стекловидного тела не оказали влияния на течение реабилитационного периода. Физиологические показатели глаз обеих групп нормализовались. Воспалительная реакция осталась лишь в 1 из 6 случаев (группы Б), возникших на 1-е сутки (табл. 2).

Через 2 недели после оперативного вмешательства все наблюдаемые показатели нормализовались. Противовоспалительная терапия была завершена. Статистически значимых различий между группами выявлено не было.

Через 1 месяц после оперативного вмешательства на 1 глазу было зафиксировано повышение ВГД. После систематической гипотензивной терапии (2-кратного суточного закапывания гипотензивных капель) давление нормализовалось. Преждевременное удаление тампонирующего агента произведено не было. Кортикальные помутнения хрусталика были отмечены в 2 случаях, но у одного кролика, что может свидетельствовать об индивидуальной реакции на вмешательство. При статистическом анализе достоверных различий между показателями двух групп не выявлено (табл. 4).

Последний осмотр был проведен через 3 месяца. Показатели не изменились по сравнению с осмотром в 1 месяц после оперативного вмешательства. В единственном случае повышения ВГД была зафиксирована нормотензия на фоне применения гипотензивных капель.

**Таблица 1.** Результаты осмотра оперированных глаз на 1-е сутки после вмешательства**Table 1.** Results of the examination of the treated eyes on the 1st day after surgery

Показатель / Index	Группа / Group		Всего / Total	P (df = 1)
	А N = 6	Б N = 6		
Сохранность формы и тонус глазного яблока / Preservation of the eyeball shape and tone	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Повышение ВГД / IOP Increase	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Помутнение хрусталика / Cataract	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Воспалительные явления / Signs of Inflammation	3 (50,00 %)	3 (50,00 %)	6	1,0000
Изменение прозрачности роговицы / Change in the cornea transparency	0 (0,00 %)	1 (16,67 %)	1	0,2963
Изменения состояния влаги передней камеры / Changes in the aqueous humor state	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Глазной рефлекс / Eye fundus reflex	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Изменения ДЗН и сетчатки / Changes in the optic nerve disc and the retina	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000

Примечание: в группе А стекловидное тело удаляли с помощью шприца 21G, в группе Б — с помощью витреотома, n — количество глаз.  
Note: in Group A vitreous body was removed with a syringe 21G, in group Б — with vitreotome, n — number of eyes.

**Таблица 2.** Результаты осмотра оперированных глаз через 1 неделю после вмешательства**Table 2.** Results of the examination of the treated eyes 1 week after surgery

Показатель / Index	Группа / Group		Всего / Total	P (df = 1)
	А N = 6	Б N = 6		
Сохранность формы и тонус глазного яблока / Preservation of the eyeball shape and tone	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Повышение ВГД / IOP Increase	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Помутнение хрусталика / Cataract	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Воспалительные явления / Signs of Inflammation	0 (0,00 %)	1 (16,67 %)	1	0,2963
Изменение прозрачности роговицы / Change in the cornea transparency	0 (0,00 %)	1 (16,67 %)	1	0,2963
Изменения состояния влаги передней камеры / Changes in the aqueous humor state	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Глазной рефлекс / Eye fundus reflex	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Изменения ДЗН и сетчатки / Changes in the optic nerve disc and the retina	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000

**Таблица 3.** Результаты осмотра оперированных глаз через 2 недели после вмешательства**Table 3.** Results of the examination of the treated eyes 2 weeks after surgery

Показатель Index	Группа / Group		Всего / Total	P (df = 1)
	А N = 6	Б N = 6		
Сохранность формы и тонус глазного яблока / Preservation of the eyeball shape and tone	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Повышение ВГД / IOP Increase	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Помутнение хрусталика / Cataract	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Воспалительные явления / Signs of Inflammation	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Изменение прозрачности роговицы / Change in the cornea transparency	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Изменения состояния влаги передней камеры / Changes in the aqueous humor state	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Глазной рефлекс / Eye fundus reflex	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Изменения ДЗН и сетчатки / Changes in the optic nerve disc and the retina	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000

**Таблица 4.** Результаты осмотра оперированных глаз через 1 месяц после вмешательства**Table 4.** Results of the examination of the treated eyes 1 month after surgery

Показатель / Index	Группа / Group		Всего / Total	P (df = 1)
	А N = 6	Б N = 6		
Сохранность формы и тонус глазного яблока / Preservation of the eyeball shape and tone	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Повышение ВГД / IOP Increase	1 (16,67 %)	0 (0,00 %)	1	0,2963
Помутнение хрусталика / Cataract	1 (16,67 %)	1 (16,67 %)	2	1,0000
Воспалительные явления / Signs of Inflammation	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Изменение прозрачности роговицы / Change in the cornea transparency	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Изменения состояния влаги передней камеры / Changes in the aqueous humor state	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Глазной рефлекс / Eye fundus reflex	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Изменения ДЗН и сетчатки / Changes in the optic nerve disc and the retina	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000

**Таблица 5.** Результаты осмотра оперированных глаз через 3 месяца после вмешательства**Table 5.** Results of the examination of the treated eyes 3 months after surgery

Показатель / Index	Группа / Group		Всего / Total	P (df = 1)
	А (N = 6)	Б (N = 6)		
Сохранность формы и тонус глазного яблока / Preservation of the eyeball shape and tone	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Повышение ВГД / IOP Increase	0 (0,00 %)	1 (16,67 %)	1	0,2963
Помутнение хрусталика / Cataract	1 (16,67 %)	1 (16,67 %)	2	1,0000
Воспалительные явления / Signs of Inflammation	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Изменение прозрачности роговицы / Change in the cornea transparency	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Изменения состояния влаги передней камеры / Changes in the aqueous humor state	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000
Глазной рефлекс / Eye fundus reflex	0 (0,00 %)	0 (0,00 %)	0	1,0000

Морфологическое и гистологическое исследование энуклеированных глаз обеих групп не выявило грубых морфологических различий между ними ни в местах введения витреотома и шприца, ни в структурах сетчатки, угла передней камеры, цилиарном теле, ни в других структурах глаза.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отсутствие статистически значимой разницы между клинико-морфологическими показателями глаз кроликов с отслойкой сетчатки, оперированных с применением различных техник удаления стекловидного тела, свидетельствует о правомерности использования для этой цели вместо витреотома шприца необходимого калибра. Стоит отметить, что это значительно снижает затраты на экспериментальное исследование, что зачастую является препятствием для его проведения. С точки зрения

хирургии стоит отметить, что данный способ прост, удобен и значительно ускоряет выполнение медицинского вмешательства. Единственный случай (1 кролик, 2 глаза), в котором была зафиксирована катаракта, можно связать с индивидуальной реакцией как на проведение операционного вмешательства и гидрогелевый препарат «Витреолон», так и на интраоперационную травматизацию. Выполненный эксперимент свидетельствует о необходимости дальнейших исследований с целью уменьшения затратности и увеличения доступности офтальмологических экспериментов *in vivo*.

### УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Абрамова О.И. — написание текста, перевод зарубежных источников, техническое редактирование;  
Алексеев И.Б. — создание концепции и дизайна исследования, научное редактирование;  
Белкин В.Е. — создание концепции и дизайна исследования, написание текста, подбор литературы.

### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Lake SR, Bottema MJ, Williams KA, Lange T, Reynolds KJ. Retinal Shape-Based Classification of Retinal Detachment and Posterior Vitreous Detachment Eyes. *Ophthalmol Ther*. 2023 Feb;12(1):155–165. doi: 10.1007/s40123-022-00597-6.
- Schwartz SG, Flynn HW Jr, Wang X, Kuriyan AE, Abariga SA, Lee WH. Tamponade in surgery for retinal detachment associated with proliferative vitreoretinopathy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020 May 13;5(5):CD006126. doi: 10.1002/14651858.CD006126.pub4.
- Куликов АН, Даниленко ЕВ, Кузнецов АР. Биометрия и силиконовая тампонада витреальной полости глаза. Обзор. *Офтальмология*. 2021;18(4):769–777. doi: 10.18008/1816-5095-2021-4-769-777.
- Kulikov AN, Danilenko EV, Kuznetsov AR. Biometry in Silicone Oil Filled Eyes. A Review. *Vision (Basel)*. 2020 Aug 13;4(3):36. doi: 10.3390/vision4030036.
- Nicolai M, Lassandro N, Franceschi A, Rosati A, De Turre S, Pelliccioni P, Pirani V, Mariotti C. Intraocular Pressure Rise Linked to Silicone Oil in Retinal Surgery: A Review. *Vision (Basel)*. 2020 Aug 13;4(3):36. doi: 10.3390/vision4030036.
- Davidson M, Dowlut S, Zhang J, Naderi K, Sandinha T, Wood MK, Schneiders M, Saidkasimova S, Peart S, Chaudhuri R, Gunda M, Saeed M, Heussen F, Keller J, Tarafdar S, Chandra A. Heavy silicone oil tamponade: a multicentre experience. *BMJ Open Ophthalmol*. 2022 Dec;7(1):e001018. doi: 10.1136/bmjophth-2022-001018.
- Shue A, Joseph JM, Tao JP, Barker-Griffith AE, Abraham JL, Minckler DS. Massive Silicone-Induced Orbital Granuloma. *Ocul Oncol Pathol*. 2020 Mar;6(2):145–150. doi: 10.1159/000501295.
- Biswas J, Verma A, Davda MD, Ahuja S, Pushparaj V. Intraocular tissue migration of silicone oil after silicone oil tamponade: a histopathological study of enucleated silicone oil-filled eyes. *Indian J Ophthalmol*. 2008 Sep-Oct;56(5):425–428. doi: 10.4103/0301-4738.42425.
- Xu ZY, Azuara-Blanco A, Kadosono K, Murray T, Natarajan S, Sii S, Smiddy W, Steel DH, Wolfensberger TJ, Lois N; CORDS Study Group. New Classification for the Reporting of Complications in Retinal Detachment Surgical Trials. *JAMA Ophthalmol*. 2021 Aug 1;139(8):857–864. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2021.1078.
- Sheen-Ophir S, Rosner M, Rubowitz A. Feasibility of using experimental high viscosity silicone oils: a pilot study. *Int J Retina Vitreous*. 2018;4:3. doi: 10.1186/s40942-017-0105-8.
- Baker AEG, Cui H, Ballios BG, Ing S, Yan P, Wolfer J, Wright T, Dang M, Gan NY, Cooke MJ, Ortin-Martinez A, Wallace VA, van der Kooy D, Devenyi R, Shochet MS. Stable oxime-crosslinked hyaluronan-based hydrogel as a biomimetic vitreous substitute. *Biomaterials*. 2021 Apr;271:120750. doi: 10.1016/j.biomaterials.2021.120750.
- Yadav I, Purohit SD, Singh H, Bhushan S, Yadav MK, Velpandian T, Chawla R, Hazra S, Mishra NC. Vitreous substitutes: An overview of the properties, importance, and development. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2021 Aug;109(8):1156–1176. doi: 10.1002/jbm.b.34778.
- Alovisi C, Panico C, de Sanctis U, Eandi CM. Vitreous Substitutes: Old and New Materials in Vitreoretinal Surgery. *J Ophthalmol*. 2017;2017:3172138. doi: 10.1155/2017/3172138.
- Xue K, Liu Z, Jiang L, Kai D, Li Z, Su X, Loh XJ. A new highly transparent injectable PHA-based thermogelling vitreous substitute. *Biomater Sci*. 2020 Feb 4;8(3):926–936. doi: 10.1039/c9bm01603a.
- Wang S, Chi J, Jiang Z, Hu H, Yang C, Liu W, Han B. A self-healing and injectable hydrogel based on water-soluble chitosan and hyaluronic acid for vitreous substitute. *Carbohydr Polym*. 2021 Mar 15;256:117519. doi: 10.1016/j.carbpol.2020.117519.
- Erickson PA, Fisher SK, Anderson DH, Stern WH, Borgula GA. Retinal detachment in the cat: the outer nuclear and outer plexiform layers. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1983 Jul;24(7):927–942.
- Fisher SK, Stone J, Rex TS, Linberg KA, Lewis GP. Experimental retinal detachment: a paradigm for understanding the effects of induced photoreceptor degeneration. *Prog Brain Res*. 2001;131:679–698. doi: 10.1016/s0079-6123(01)31053-1.
- Jacobs GH, Calderone JB, Sakai T, Lewis GP, Fisher SK. An animal model for studying cone function in retinal detachment. *Doc Ophthalmol*. 2002 Jan;104(1):119–132. doi: 10.1023/a:1014431701523.
- Sørensen NB, Klemp K, Kjær TW, Heegaard S, la Cour M, Kiilgaard JF. Repeated subretinal surgery and removal of subretinal decalin is well tolerated — evidence from a porcine model. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2017 Sep;255(9):1749–1756. doi: 10.1007/s00417-017-3704-z.
- Алексеев ИБ, Коригодский АР, Иомдина ЕН, Федоров АА, Белкин ВЕ, Самойленко АИ, Барышева ЮК. Экспериментальное исследование свойств нового отечественного протеза стекловидного тела «Витреолон» в сравнении с силиконовым маслом при смоделированной отслойке сетчатки у кроликов. *Биомедицина*. 2019;3:78–89.
- Alekseev IB, Korigodsky AR, Iomdina EN, Fedorov AA, Belkin VE, Samoilenko AI, Barysheva YuK. Experimental study of the properties of the new domestic vitreous prosthesis “Vitrealon” in comparison with silicone oil for simulated retinal detachment in rabbits. *Biomedicine*. 2019;3:78–89 (In Russ.). doi: 10.33647/2074-5982-15-3-78-89.

И.Б. Алексеев, В.Е. Белкин, О.И. Абрамова

Контактная информация: Абрамова Ольга Игоревна [abramovao2019@mail.ru](mailto:abramovao2019@mail.ru)

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина Департамента здравоохранения города Москвы», Московский городской офтальмологический центр Алексеев Игорь Борисович  
доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1, Москва, 125993, Российская Федерация  
2-й Боткинский проезд, 5, корп. 19, Москва, 125284, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-3906-0479>

ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина Департамента здравоохранения города Москвы», Московский городской офтальмологический центр  
Белкин Виталий Евгеньевич  
заведующий витреоретинальным отделением  
2-й Боткинский проезд, 5, корп. 19, Москва, 125284, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0009-0001-2158-5277>

ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина Департамента здравоохранения города Москвы», Московский городской офтальмологический центр  
Абрамова Ольга Игоревна  
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог отделения лазерной микрохирургии  
2-й Боткинский проезд, 5, корп. 19, Москва, 125284, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-6156-6126>

**ABOUT THE AUTHORS**

Russian Medical Academy of Continuous Professional Education  
Botkin City Clinical Hospital, Moscow Ophthalmological Center  
Alekseev Igor B.  
MD, Professor of the Ophthalmology department  
2/1, Barrikadnaya str., Moscow, 125993, Russian Federation  
2nd Botkinsky lane, 5/19, Moscow, 125284, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-3906-0479>

Botkin City Clinical Hospital, Moscow Ophthalmological Center  
Belkin Vitaly E.  
Head of Vitreoretinal Department  
2nd Botkinsky lane, 5/19, Moscow, 125284, Russian Federation  
<https://orcid.org/0009-0001-2158-5277>

Botkin City Clinical Hospital, Moscow Ophthalmological Center  
Abramova Olga I.  
PhD, ophthalmologist, Department of Laser Microsurgery  
2nd Botkinsky lane, 5/19, Moscow, 125284, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-6156-6126>