

ХИРУРГИЯ КАТАРАКТЫ И ИМПЛАНТАЦИЯ ИОЛ CATARACT SURGERY AND IOL IMPLANTATION

Научная статья
УДК 617.7

doi: 10.25276/0235-4160-2023-4-19-28

Оценка факторов риска развития интраоперационного синдрома девиации инфузионных потоков с учетом анатомо-топографических особенностей переднего отрезка

И.С. Ребриков¹, Е.В. Егорова², А.С. Ребрикова³, А.В. Лизунов¹, Е.М. Титаренко¹

¹Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза», Екатеринбург

²НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Новосибирский филиал, Новосибирск

³Уральский государственный медицинский университет Минздрава России, Екатеринбург

РЕФЕРАТ

Актуальность. Интраоперационный синдром девиации инфузионных потоков (ИСДИП) остается одной из недостаточно изученных проблем хирургии хрусталика. **Цель.** Оценить частоту встречаемости проявлений ИСДИП у пациентов с псевдоэкзофолиативным синдромом (ПЭС) и без него; выявить факторы риска развития ИСДИП с учетом анатомо-топографических особенностей переднего отрезка. **Материал и методы.** В исследование были включены 2 группы пациентов, прооперированных по поводу удаления катаракты методом ультразвуковой факосмульсификации: 1) исследуемая группа (n=50) – пациенты с осложненной катарактой, ПЭС и диаметром зрачка при медикаментозном мидриазе менее 6 мм; 2) контрольная группа (n=50) – пациенты с сенильной катарактой, без ПЭС и с диаметром зрачка при медикаментозном мидриазе более 6 мм. Помимо стандартного офтальмологического обследования выполнялись следующие дополнительные методы исследования: оптическая биометрия, исследование переднего отрезка на Шаймпфлюг-камере – оценка пупиллометрии в условиях медикаментозного мидиаза, ультразвуковая биомикроскопия – определение площади сечения задней камеры, измерение толщины радужки в условиях медикаментозного мидиаза. **Результаты.** Средний диаметр зрачка в условиях медикаментозного мидиаза в исследуемой группе

составил $5,46 \pm 0,46$ мм, в контрольной группе – $6,6 \pm 0,43$ мм. Различия между исследуемой и контрольной группами статистически значимы ($p < 0,05$). Площадь сечения задней камеры в исследуемой группе составила $0,67 \pm 0,28$ мм², толщина радужки в состоянии медикаментозного мидиаза – $0,53 \pm 0,05$ мм. В контрольной группе были определены следующие значения площади сечения задней камеры и толщины радужки: $0,43 \pm 0,15$ мм² и $0,64 \pm 0,07$ мм. Выявленные различия между группами были статистически значимы. Была отмечена прямая корреляционная зависимость между диаметром зрачка и толщиной радужки и обратная корреляционная зависимость между двумя этими показателями и площадью сечения задней камеры. Хрусталиковый детрит в ретролентальном пространстве был обнаружен после выполнения факосмульсификации у 9 пациентов (18%) исследуемой группы и у 3 пациентов (6%) группы контроля. **Заключение.** Хрусталиковый детрит в ретролентальном пространстве как основное проявление ИСДИП был обнаружен у 18% пациентов с ПЭС и 6% пациентов без данного патологического состояния. Сочетание ПЭС с диаметром зрачка менее 6 мм в условиях медикаментозного мидиаза является неблагоприятным прогностическим фактором развития ИСДИП.

Ключевые слова: интраоперационный синдром девиации инфузионных потоков, псевдоэкзофолиативный синдром, витреолентиккулярный интерфейс ■

Для цитирования: Ребриков И.С., Егорова Е.В., Ребрикова А.С., Лизунов А.В., Титаренко Е.М. Оценка факторов риска развития интраоперационного синдрома девиации инфузионных потоков с учетом анатомо-топографических особенностей переднего отрезка. Офтальмохирургия. 2023;4: 19–28. doi: 10.25276/0235-4160-2023-4-19-28

Автор, ответственный за переписку: Игорь Сергеевич Ребриков, igor.augenarzt@gmail.com

ABSTRACT

Original article

Assessment of intraoperative fluid misdirection syndrome risk factors according to anatomical and topographical features of anterior segment

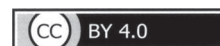
I.S. Rebrikov¹, E.V. Egorova², A.S. Rebrikova³, A.V. Lizunov¹, E.M. Titarenko¹

¹Eye Microsurgery Center, Yekaterinburg, Russian Federation

²S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Novosibirsk Branch, Novosibirsk, Russian Federation

³Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

© Ребриков И.С., Егорова Е.В., Ребрикова А.С., Лизунов А.В., Титаренко Е.М., 2023



Relevance. Despite continuous improvement in cataract surgery technology, intraoperative fluid misdirection syndrome remains an underestimated problem. **Purpose.** To evaluate intraoperative fluid misdirection syndrome clinical manifestation in patients with pseudoexfoliation syndrome (PXS) and without it; to assess intraoperative fluid misdirection syndrome risk factors according to anatomical and topographical features of anterior segment. **Material and methods.** There were two groups of patients who underwent phacoemulsification in the prospective study. Study group (50 eyes) included patients with complicated cataract, PXS and drug-induced mydriasis less than 6 mm. Control group (50 eyes) included patients with senile cataract, no PXS and drug-induced mydriasis more than 6 mm were enrolled in the control group. Clinical examination of patients included optical biometry, pupillometry using rotational Scheimpflug imaging, ultrasound biomicroscopy for evaluation of iris thickness and sectional area of posterior chamber under drug-induced mydriasis. **Results.** The average pupil diameter in 1 hour after instillation of mydriatics was 5.46 ± 0.46 mm in the study

group and 6.6 ± 0.43 mm in the control group. The sectional area of posterior chamber was 0.67 ± 0.28 mm² and iris thickness – 0.53 ± 0.05 mm in the study group. The sectional area of posterior chamber was 0.43 ± 0.15 mm² and iris thickness – 0.64 ± 0.07 mm in the control group. The results revealed positive correlation between pupil diameter and iris thickness, and negative correlation between pupil diameter, iris thickness and sectional area of posterior chamber. Lens floaters were determined after phacoemulsification in 9 eyes (18%) in the study group and in 3 eyes (6%) in the control group. The results showed statistically significant difference between groups ($p < 0.05$). **Conclusion.** Lens floaters in the retrolental space as one of the main manifestations of the intraoperative fluid misdirection syndrome were observed in 18% patients of study group and in 6% patients of control group ($p < 0.05$). Combination of PXS and drug-induced mydriasis less than 6 mm is considered to be the predictive factor of intraoperative fluid misdirection syndrome.

Key words: *intraoperative fluid misdirection syndrome, pseudoexfoliation syndrome, anterior vitreous face* ■

For citation: Rebrikov I.S., Egorova E.V., Rebrikova A.S., Lizunov A.V., Titarenko E.M. Assessment of intraoperative fluid misdirection syndrome risk factors according to anatomical and topographical features of anterior segment. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2023;4: 19–28. doi: 10.25276/0235-4160-2023-4-19-28

Corresponding author: Igor' S. Rebrikov, igor.augenarzt@gmail.com

АКТУАЛЬНОСТЬ

Хирургия катаракты является наиболее распространенной и одной из самых высокотехнологичных сфер в офтальмохирургии. По оценкам экспертов, ежегодно во всем мире выполняется около 20 млн операций по поводу удаления катаракты [1]. Высокие функциональные результаты и низкая частота осложнений расширяют показания к хирургии хрусталика, в том числе у пациентов с прозрачным хрусталиком и высокой остротой зрения для коррекции различных видов аметропии, включая астигматизм и пресбиопию [2, 3]. Таким образом, на сегодняшний день хирургия хрусталика относится к рефракционным вмешательствам, а высокие ожидания пациентов, обращающихся с исходно высокой остротой зрения, требуют свести к минимуму риски развития интраоперационных и послеоперационных осложнений. Несмотря на непрерывное совершенствование технологий хирургии хрусталика, недостаточно изученной остается проблема патологического распространения инфузионного раствора в задней камере глаза и витреальной полости в ходе факоэмульсификации, известное как интраоперационный синдром девиации инфузионных потоков (ИСДИП).

Несмотря на то что впервые данное состояние было описано R. Maskool в 1990 г. [4], на сегодняшний день не существует диагностических критериев стратификации риска развития ИСДИП. Рядом авторов были выделены факторы риска развития данного синдрома, такие как слабость Цинновой связки, набухающая и бурая катаракта, короткая и экстремально длинная передне-задняя ось

(ПЗО) [5, 6], а также высокая подвижность радужки в сочетании с мидриазом менее 6 мм или прогрессирующим миозом в ходе вмешательства [7, 8]. Учитывая ранее описанные факторы риска развития ИСДИП, основным этиологическим компонентом развития данного состояния можно считать иридо-зонулярную недостаточность в сочетании с высокими скоростными характеристиками ирригационного потока в передней камере [9]. Одной из основных причин иридо-зонулярной недостаточности является псевдоэкзофолиативный синдром (ПЭС), при котором в равной степени поражаются волокна Цинновой связки и происходят структурные изменения радужки, приводящие к ее патологической подвижности и недостаточному интраоперационному мидриазу. Актуальным остается вопрос оценки факторов риска развития ИСДИП на этапе предоперационного диагностического обследования для составления корректного хирургического плана ведения подобных пациентов.

ЦЕЛЬ

Оценить частоту встречаемости проявлений ИСДИП у пациентов с ПЭС и без него; выявить факторы риска развития ИСДИП с учетом анатомо-топографических особенностей переднего отрезка.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В рамках проспективного исследования, выполненного на базе Екатеринбургского центра МНТК «Микрохирургия

глаза», были сформированы 2 группы пациентов, прооперированных по поводу удаления катаракты методом ультразвуковой факэмульсификации с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ): 1) исследуемая группа (n=50) – пациенты с осложненной катарактой, ПЭС и диаметром зрачка при медикаментозном мидриазе менее 6 мм; 2) контрольная группа (n=50) – пациенты с сенильной катарактой, без ПЭС и диаметром зрачка при медикаментозном мидриазе более 6 мм. Характеристика групп пациентов, включенных в исследование, представлена в *таблице 1*. Статистически значимых различий по возрасту, виду катаракты между группами не было выявлено. Тип катаракты и плотность ядра хрусталика были определены в соответствии с классификацией LOCS III по данным биомикроскопии. Факэмульсификация была выполнена стандартно одним опытным хирургом через основной доступ 2,2 мм на системе для факэмульсификации Centurion (Alcon, США) на следующих параметрах: интраоперационное внутриглазное давление (ИВГД) 28 мм рт.ст., вакуум 450 мм рт.ст. со снижением до 350 мм рт.ст. при прорыве окклюзии, аспирация 30 мл/мин, ультразвук 20–40 импульсов, мощность торсионного ультразвука 20–80%, время включения ультразвука 60%. Для достижения медикаментозного мидриаза за 30 мин до вмешательства выполнялась инстилляцией мидриатика комбинированного действия (фенилэфрин 5,0% + тропикамид 0,8%), интраоперационно дополненная введением в переднюю камеру 0,1 мл 1,0% раствора фенилэфрина. Устройства и различные мануальные приемы для расширения зрачка не применялись. Аспирация резидуальных кортикальных масс выполнялась с использованием коаксиальной автоматизированной системы ирригации-аспирации, ИОЛ была имплантирована с использованием техники имплантации «в разрез» (wound-assisted).

Помимо стандартного офтальмологического обследования выполнялись следующие дополнительные методы исследования:

1) оптическая биометрия на приборе IOL Master 700 (Carl Zeiss Meditec, Германия) – оценивались глубина передней камеры, толщина хрусталика, аксиальная длина глаза;

2) исследование переднего отрезка на Шаймпфлюг-камере Pentacam HR (Oculus, Германия) – оценка пупиллометрии в условиях медикаментозного мидриаза (через 1 ч после инстилляцией мидриатика комбинированного действия (фенилэфрин 5,0% + тропикамид 0,8%);

3) ультразвуковое В-сканирование (Tomey UD-8000, Япония) для оценки наличия задней отслойки стекловидного тела;

4) ультразвуковая биомикроскопия (УБМ) на приборе VuMaxHD (Sonomed, США) в режиме меридионального сканирования в четырех секторах – определение площади сечения задней камеры, измерение толщины радужки в условиях медикаментозного мидриаза.

Для определения площади сечения задней камеры выполнялось построение треугольника с использова-

нием встроенного в прибор VuMaxHD (Sonomed, США) программного обеспечения: 1-я сторона – задняя поверхность радужки; 2-я сторона – передняя поверхность хрусталика; 3-я сторона – цилиарное тело (*рис. 1*). Определение площади треугольника было выполнено по формуле Герона (*рис. 2*). Площадь сечения задней камеры определялась в четырех секторах, после чего вычислялось среднее значение площади сечения задней камеры.

Интраоперационно субъективно оценивалось наличие хрусталикового детрита (взвеси мелких хрусталиковых фрагментов) в ретролентальном пространстве, а также учитывались другие проявления ИСДИП, такие как патологическая подвижность задней капсулы, радужной оболочки, сужение зрачка в ходе вмешательства. Также оценивали параметр кумулятивной энергии ультразвука (С.Д.Е.) и объем аспирируемой жидкости. Анализируя эти параметры, можно косвенно судить о длительности операции, плотности катаракты и ирригационной нагрузке на структуры переднего отрезка.

В послеоперационном периоде выполнялась оптическая когерентная томография (ОКТ) переднего отрезка на томографе SOLIX (Ortovue, США) с использованием насадок для широкоугольного сканирования переднего отрезка с целью визуализации структур витреолентикулярного интерфейса (ВЛИ) и хрусталикового детрита в ретролентальном пространстве. Применялся протокол Full Range AC.

Критериями исключения из данного исследования являлись диаметр зрачка менее 5 мм после достижения медикаментозного мидриаза на этапе диагностического обследования (диаметр менее 5 мм потребовал бы установки ретрактора зрачка для выполнения переднего капсулорексиса соответствующего диаметра), предшествующие операции в анамнезе, разрыв задней капсулы в ходе хирургии.

Для оценки статистической значимости различий между группами применялся непараметрический критерий Манна – Уитни. Различия считались статистически значимыми при $p \leq 0,05$. Для оценки силы корреляционной зависимости применялся расчет коэффициента корреляции Пирсона. Корреляционная зависимость считалась сильной при значении коэффициента Пирсона более 0,5. Статистическая обработка выполнялась с использованием библиотек pandas, numpy, scipy в языке программирования Python.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Средний диаметр зрачка в условиях медикаментозного мидриаза через 1 ч после инстилляцией мидриатика комбинированного действия (фенилэфрин 5,0% + тропикамид 0,8%) по данным пупиллометрии, выполненной на Шаймпфлюг-камере (Pentacam HR, Oculus, Германия), в исследуемой группе составил $5,46 \pm 0,46$ мм (min = 5,0 мм,

Таблица 1

Характеристика групп

Table 1

Characteristics of patients' groups

Параметр Parameter	Исследуемая группа Study group (n=50)	Контрольная группа Control group (n=50)
Возраст, лет Age, years	74,9±3,94	73,4±5,6
Пол, м:ж, абс. Gender, m:f, abs.	11:39	16:34
Вид катаракты*, абс. (%) Cataract type*, abs. (%)		
корковая cortical	4 (8)	4 (8)
ядерная (2+) nuclear (2+)	15 (30)	18 (36)
ядерная (3+) nuclear (3+)	22 (44)	18 (36)
ядерная (4+) nuclear (4+)	4 (8)	5 (10)
зрелая, набухающая mature, liquified white	5 (10)	5 (10)
Материал ИОЛ, абс. (%) IOL material, abs. (%)		
гидрофильный акрил hydrophilic acryl	44 (88)	48 (96)
гидрофобный акрил hydrophobic acryl	6 (12)	2 (4)

Примечание. * - по классификации LOCS III.

Note. * - according to LOCS III.

max = 5,86 мм), в контрольной группе – 6,6±0,43 мм (min = 6,23 мм, max = 7,17 мм). Различия значения диаметра зрачка между исследуемой и контрольной группами статистически значимы (p≤0,05).

По данным предоперационной оптической биометрии статистически значимые различия между группами пациентов были выявлены только по параметру аксиальной длины глаза (ПЗО): 23,34±1,02 мм – исследуемая группа; 24,24±1,37 мм – контрольная группа. Стоит отметить, что минимальное значение ПЗО в исследуемой группе составляло 21,85 мм, максимальное значение – 26,03 мм. В контрольной группе минимальное значение ПЗО составляло 22,04 мм, максимальное значение – 26,13 мм. Полученные результаты дооперационных биометрических данных свидетельствуют о том, что глаза с ультракороткой и экстремально длинной аксиальной длиной не были включены в данное исследование.

По данным ультразвукового В-сканирования, выполненного до операции, полная задняя отслойка стекловидного тела отмечалась у 30 пациентов (60%) в исследуемой группе и 35 пациентов (70%) в контрольной группе. Частичная задняя отслойка стекловидного тела была выявлена в 4 случаях (8%) в обеих группах. Отслойка задней гиалоидной мембраны отсутствовала у 16 пациентов (32%) в исследуемой группе и 11 пациентов (22%) в контрольной группе. Статистически значимых различий по данным ультразвукового В-сканирования между группами не выявлено. Корреляционной зависимости между развитием ИСДИП и наличием отслойки задней гиалоидной мембраны не обнаружено.

Площадь сечения задней камеры была рассчитана по методике, описанной в разделе «Материал и методы», на основании данных УБМ, выполненной на приборе VuMaxHD (Sonomed, США) в условиях медикаментозно-

го мидриаза. Площадь сечения задней камеры в исследуемой группе составила $0,67 \pm 0,28 \text{ мм}^2$ (min = $0,45 \text{ мм}^2$; max = $1,42 \text{ мм}^2$) толщина радужки в состоянии медикаментозного мидриаза – $0,53 \pm 0,05 \text{ мм}$ (min = $0,44 \text{ мм}$; max = $0,62 \text{ мм}$). У пациентов, включенных в контрольную группу, были определены следующие значения площади сечения задней камеры и толщины радужки соответственно: $0,43 \pm 0,15 \text{ мм}^2$ (min = $0,25 \text{ мм}^2$; max = $0,6 \text{ мм}^2$) и $0,64 \pm 0,07 \text{ мм}$ (min = $0,51 \text{ мм}$; max = $0,74 \text{ мм}$). Выявленные различия между группами были статистически значимы. Была отмечена прямая корреляционная зависимость между диаметром зрачка и толщиной радужки и обратная корреляционная зависимость между двумя этими показателями и площадью сечения задней камеры (корреляционная зависимость считалась сильной при значении коэффициента Пирсона более 0,5) (рис. 3).

Таким образом, меньший диаметр зрачка в условиях медикаментозного мидриаза обусловлен недостаточной реакцией радужки на эпibuльбарную инстилляцию мидриатика, что отражается на меньшей толщине радужки, что, в свою очередь, ассоциировано с большей площадью сечения задней камеры. Недостаточная реакция радужки на инстилляцию мидриатика и, как следствие, большой объем задней камеры создают благоприятные условия для распространения избыточного объема ирригационного раствора в заднюю камеру. Дальнейшее его распространение в ретролентальное пространство и витреальную полость зависит от состояния ВЛИ. Стоит отметить, что площадь сечения задней камеры также зависит от анатомических особенностей переднего отрезка: положение и толщина хрусталика, расположение цилиарного тела. Однако, учитывая то, что по биометрическим параметрам группы были равнозначны и площадь сечения задней камеры определялась в условиях медикаментозного мидриаза, основными факторами, влияющими на величину площади сечения задней камеры, являются диаметр зрачка и толщина радужки в условиях медикаментозного мидриаза. Обнаруженные закономерности анатомо-топографических особенностей переднего отрезка подтверждают значимость барьерной функции радужки в развитии ИСДИП, в условиях медикаментозного мидриаза препятствующей затеканию ирригационного раствора в заднюю камеру глаза.

Значимых различий между исследуемой и контрольной группами по параметру С.Д.Е. и объему аспирируемой жидкости не обнаружено. С.Д.Е. в исследуемой группе был равен $8,68 \pm 5,02$ (min = $3,51$; max = $24,95$), в группе контроля – $8,71 \pm 5,09$ (min = $3,07$; max = $20,29$). Объем аспирируемой жидкости составил $64,4 \pm 13,5 \text{ мл}$ (min = 45 мл ; max = 100 мл) в исследуемой группе и $63,27 \pm 15,0 \text{ мл}$ (min = 45 мл ; max = 100 мл) в контрольной группе. Большие значения параметра С.Д.Е. и объема аспирируемой жидкости были ассоциированы с большей плотностью катаракты. Большая ирригационная нагрузка была связана с более высокой частотой встречаемости хрусталикового детрита в ретролентальном про-

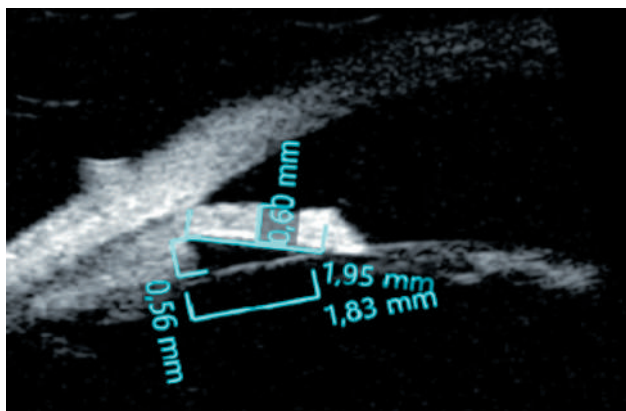


Рис. 1. УБМ-снимок в режиме меридионального сканирования. Методика определения площади сечения задней камеры и толщины радужки

Fig. 1. UBM meridional scan. Posterior chamber sectional area definition and iris thickness measurement

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

$$p = \frac{a+b+c}{2}$$

p – полупериметр треугольника

p – triangle half-perimeter

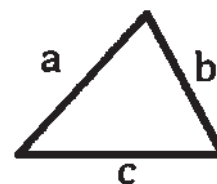


Рис. 2. Формула Герона для определения площади треугольника

Fig. 2. Heron formula for triangle area calculation

странстве, что подтверждает один из механизмов нарушения структур ВЛИ вследствие длительной ирригации. Поскольку эмульсификация плотного ядра хрусталика требует использования большого количества энергии ультразвука, как следствие, возрастает ирригационная нагрузка на структуры переднего отрезка, поэтому плотные катаракты также можно отнести к одному из факторов риска развития ИСДИП.

При равнозначности групп по виду и плотности катаракты хрусталиковый детрит в ретролентальном пространстве был обнаружен после выполнения факоэмульсификации у 9 пациентов (18%) исследуемой группы и у 3 пациентов (6%) группы контроля. В группе пациентов с ПЭС 2 случая обнаружения хрусталикового детрита сочетались с интраоперационным сужением зрачка. В группе контроля хрусталиковый детрит был отмечен у 1 пациента с набухающей катарактой. В 1 случае был ассоциирован с бурой катарактой, параметром С.Д.Е. = $20,29$ и объемом аспирируемой жидкости 100 мл . Также наличие хрусталикового детрита в ретролентальном

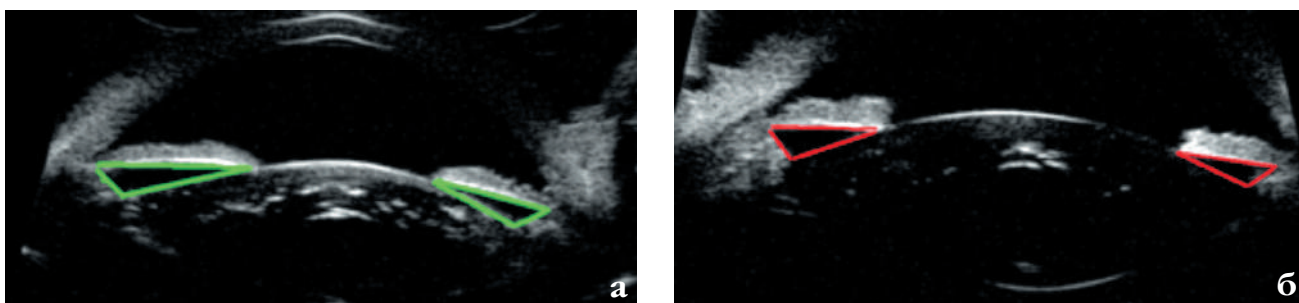


Рис. 3. УБМ-снимки в режиме сканирования sulcus-to-sulcus. На верхнем снимке: а) диаметр зрачка в условиях мед. мидриаза 5 мм, площадь сечения задней камеры 1,42 мм². На нижнем снимке: б) диаметр зрачка в условиях мед. мидриаза 6,95 мм, площадь сечения задней камеры 0,68 мм²

Fig. 3. UBM sulcus-to-sulcus scan. On the upper image: а) pupil diameter 5 mm, posterior chamber sectional area 1,42 mm²; on the inferior image: б) pupil diameter 6,95 mm, posterior chamber sectional area 0,68 mm²

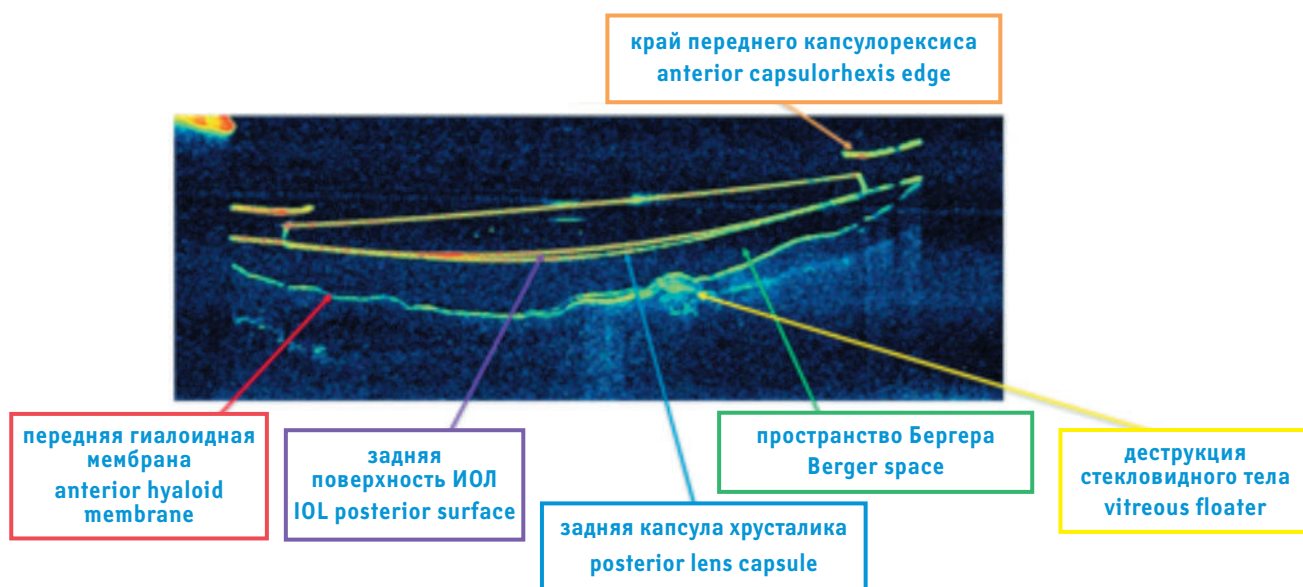


Рис. 4. ОКТ-скан переднего отрезка, выполненный на 1-е сутки после операции, протокол FullRange AC. Стрелками указаны структуры, определяемые при оценке состояния ВЛИ

Fig. 4. AS-OCT scan performed at 1st day post-op, FullRange AC protocol. Arrows show structures identified in anterior vitreous face (AVF) evaluation

пространстве было выявлено на 1 глазу с ПЗО >26 мм в контрольной группе.

При анализе осложнений в ближайшем послеоперационном периоде отмечалась транзиторная офтальмогипертензия, компенсированная назначением гипотензивных препаратов, у 2 пациентов (4%) исследуемой группы и 1 пациента (2%) группы контроля. Стоит отметить, что во всех 3 случаях транзиторной офтальмогипертензии интраоперационно был выявлен хрусталиковый детрит в ретролентальном пространстве. Можно предполагать, что транзиторная офтальмогипертензия была следствием распространения избыточного объема ирригационного раствора в заднюю камеру и его накопления в ретролентальном пространстве.

На 1-е сутки после операции была выполнена ОКТ переднего отрезка в условиях медикаментозного мидриаза с целью визуализации структур ВЛИ и подтверждения потенциального пути распространения ирригационного раствора в задней камере. На ОКТ-скане определяли следующие структуры: заднюю поверхность ИОЛ, заднюю капсулу хрусталика (ЗКХ), переднюю гиалоидную мембрану (ПГМ), ретролентальное пространство, хрусталиковый детрит (рис. 4). Для интерпретации полученных результатов была использована классификация ВЛИ, предложенная Е.В. Егоровой [10]. Данная классификация включает в себя 3 типа ВЛИ: I тип – плотная адгезия ПГМ к ЗКХ, пространство Бергера не визуализируется; II тип – наличие ретролентального простран-

ства с сохранностью структуры ПГМ и достаточным натяжением ЗКХ; III тип – расширение ретролентального пространства с грубыми структурными нарушениями: складки ЗКХ, деструкция ПГМ (рис. 5).

В исследуемой группе было отмечено следующее распределение типов ВЛИ: I тип – 3 пациента (6%), II тип – 17 пациентов (34%), III тип – 30 пациентов (60%). В контрольной группе соотношение типов ВЛИ отличалось и было следующим: I тип – 15 пациентов (30%), II тип – 17 пациентов (34%), III тип – 18 пациентов (36%). Таким образом, в исследуемой группе было выявлено преобладание III типа ВЛИ на фоне ПЭС, в то время как в контрольной группе отмечалось равномерное распределение типов ВЛИ. Наличие хрусталикового детрита в группе с ПЭС было ассоциировано со II (1 случай) и III (8 случаев) типами ВЛИ. В контрольной группе хрусталиковый детрит был отмечен у 1 пациента со II типом ВЛИ и у 2 пациентов с III типом ВЛИ. Выявленные различия в распределении типов ВЛИ обусловлены тем, что зонлопатия, вызванная ПЭС, распространяется в том числе на структуры ВЛИ, приводя к деструкции связки Вигера и, как следствие, отслойке ПГМ [11].

ОБСУЖДЕНИЕ

Выявленная в данном исследовании частота встречаемости хрусталикового детрита как главного проявления ИСДИП соответствует данным литературы [12, 13]. В.В. Потемкин, анализируя результаты хирургии катаракты при ПЭС, также отмечал более высокую частоту встречаемости данного проявления ИСДИП у пациентов с ПЭС, что сопоставимо с результатами, полученными в данном исследовании [13]. Наличие хрусталикового детрита в ретролентальном пространстве при интактной задней капсуле может рассматриваться как маркер несостоятельности Цинновой связки и структурных нарушений ВЛИ [14]. В данном исследовании факоэмульсификация выполнялась на щадящих гидродинамических параметрах с ИВГД, приближенным к нормотонусу, на системе для факоэмульсификации Centurion (Alcon, США), оснащенной системой активного поддержания ИВГД. Тем не менее результаты данного исследования показали, что применение современной системы для факоэмульсификации в сочетании с использованием щадящих гидродинамических параметров не может полностью исключить развитие ИСДИП. Стоит отметить, что несмотря на совершенствование систем для факоэмульсификации, внедрение системы активного поддержания ИВГД, позволяющей автоматически корректировать смещение ирригационного-аспирационного баланса, оптимизацию хирургических параметров и техники, частота встречаемости хрусталикового детрита остается неизменной на протяжении почти 20 лет. Также до сих пор не изучено влияние хрусталикового детрита на функциональный результат хирургии и уровень воспалительной реакции

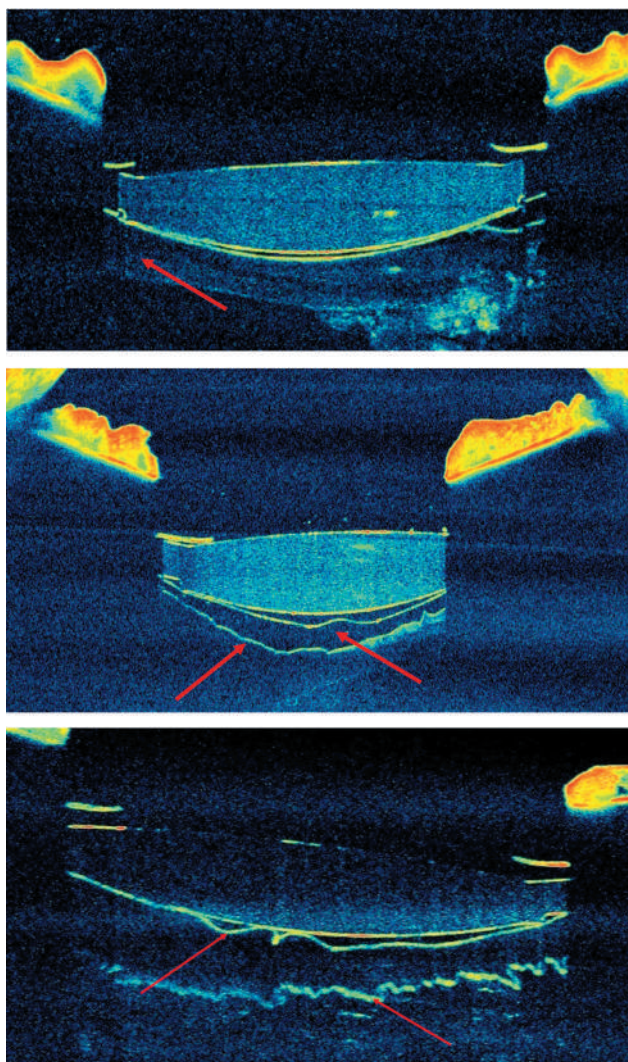


Рис. 5. ОКТ-скан переднего отрезка, выполненный на 1-е сутки после операции, протокол FullRange AC. Верхний снимок – I тип ВЛИ – стрелкой определена задняя капсула хрусталика (ЗКХ), пространство Бергера не визуализируется. Средний снимок – II тип ВЛИ – стрелки указывают на расширенное ретролентальное пространство и переднюю гиаловидную мембрану (ПГМ). Нижний снимок – III тип ВЛИ – стрелками определены ЗКХ и ПГМ

Fig. 5. AS-OCT scan performed at 1st day post-op, FullRange AC protocol. The upper image: I AVF type – arrow shows posterior capsule, Berger's space is not identified; the middle image: II AVF type – arrows show dilated retroretinal space and anterior hyaloid membrane; the inferior image: III AVF type – arrows define posterior capsule and anterior hyaloid membrane

в послеоперационном периоде. Изучение этих аспектов даст ответ на вопрос о необходимости дренирования ретролентального пространства и эвакуации из него ирригационного раствора с мелкими фрагментами хрусталиковых масс при развитии ИСДИП.

Роль радужки как барьера, отграничивающего избыточные ирригационные потоки от затекания в заднюю камеру и далее в ретролентальное пространство и/или

Таблица 2

Сравнительный анализ исследуемой и контрольной групп

Table 2

Comparative analysis of study and control group

Оцениваемый параметр Estimated parameter	Исследуемая группа Study group (n=50)	Контрольная группа Control group (n=50)
Диаметр зрачка, мм* Pupil diameter, mm*	5,46±0,46 (min = 5,0; max = 5,86)	6,6±0,43 (min = 6,23; max = 7,17)
Данные оптической биометрии Optical biometrics data		
глубина пер. камеры, мм Optical biometrical data: anterior chamber depth, mm	3,09±0,34 (min = 2,32; max = 3,72)	3,31±0,54 (min = 2,35; max = 4,05)
толщина хрусталика, мм lens thickness, mm	4,59±0,36 (min = 4,15; max = 5,29)	4,48±0,46 (min = 3,94; max = 5,44)
аксиальная длина (ПЗО), мм* axial length, mm*	23,34±1,02 (min = 21,85; max = 26,03)	24,24±1,37 (min = 22,04; max = 26,13)
площадь сечения задней камеры, мм ² * posterior chamber sectional area, mm ² *	0,67±0,28 (min = 0,45; max = 1,42)	0,43±0,15 (min = 0,25; max = 0,6)
толщина радужки, мм* iris thickness, mm*	0,53±0,05 (min = 0,44; max = 0,62)	0,64±0,07 (min = 0,51; max = 0,74)
C.D.E.	8,68±5,02 (min = 3,51; max = 24,95)	8,71±5,09 (min = 3,07; max = 20,29)
Объем аспир. жидкости, мл Aspirated fluid volume, ml	64,4±13,5 (min = 45; max = 100)	63,27±15,0 (min = 45; max = 100)
Хрусталиковый детрит* Retrolental lens floaters*	9 (18%)	3 (6%)
Состояние ВЛИ п/опер. по данным ОКТ* AVF postop according to AS-OCT*		
I тип ВЛИ I AVF type	3 (6%)	15 (30%)
II тип ВЛИ II AVF type	17 (34%)	17 (34%)
III тип ВЛИ III AVF type	30 (60%)	18 (36%)
Примечание. * - p<0,05.		
Note. * - p<0,05.		

витреальную полость, была ранее описана в литературе. R. Bellucci и R. Korlin отмечали, что нарушение барьерной функции радужки наряду с высокими скоростными характеристиками ирригационного потока в передней камере способствуют миграции мелких хрусталиковых фрагментов трансзонулярно в ретролентальное пространство и/или витреальную полость [7, 8]. Результаты настоящего исследования подтверждают, что меньший диаметр зрачка в условиях медикаментозного мидриаза, обусловленный недостаточной реакцией радужки на эпibuльбарную инстилляцию мидриатика и, как след-

ствие, меньшей толщиной радужной оболочки, ассоциирован с большей площадью сечения задней камеры, что в сочетании с избыточной подвижностью радужки создаст благоприятные условия для развития ИСДИП. Впервые в данном исследовании была применена УБМ для вычисления площади сечения задней камеры и определения взаимосвязи между структурным состоянием радужки и риском развития ИСДИП. Аналогичных исследований в литературе обнаружено не было.

Нельзя не отметить, что состояние ВЛИ является одним из звеньев патогенеза ИСДИП, что было подтверж-

дено рядом работ на основании интраоперационной ОКТ [14, 15]. Стоит отметить, что структурные изменения ВЛИ могут быть инволюционными, т.е. присутствовать до операции, или индуцированными, т.е. вызванными в ходе хирургических манипуляций. Несмотря на непрерывное совершенствование технологий ОКТ переднего отрезка, дооперационная визуализация структур ВЛИ на сегодняшний день затруднительна [16]. Поэтому дифференцировать инволюционные и индуцированные изменения ВЛИ, определяемые по данным интраоперационной ОКТ или в послеоперационном периоде, практически невозможно. В экспериментальных работах S. Kawasaki и соавт. при симуляции различных хирургических техник было продемонстрировано, что повышение внутриглазного давления (ВГД), происходящее при выполнении гидродиссекции, может приводить к разрыву ПГМ, а длительная ирригация в сочетании с перепадами ВГД является фактором риска отслойки ПГМ [17, 18].

В данном исследовании применялась только стационарная ОКТ переднего отрезка на 1-е сутки после операции для оценки состояния ВЛИ и визуализации возможных путей распространения ирригационного раствора с мелкими хрусталиковыми фрагментами в задней камере, определенных интраоперационно субъективно как хрусталиковый детрит в ретролентальном пространстве. По результатам настоящего исследования было установлено, что развитие ИСДИП возможно при II и III типе ВЛИ, для которых характерны расширение ретролентального пространства, деструкция связки Вигера, отслойка ПГМ и другие структурные нарушения ВЛИ. Одним из ограничений данного исследования является то, что состояние ВЛИ оценивалось на 1-е сутки после операции. Известно, что в послеоперационном периоде происходит трансформация ВЛИ при формировании комплекса «ИОЛ – капсульный мешок» [10]. Однако в рамках настоящего исследования необходимо было подтвердить взаимосвязь между состоянием ВЛИ и развитием ИСДИП, поэтому важна была оценка состояния ВЛИ в раннем послеоперационном периоде.

Таким образом, результаты данного исследования позволяют сформировать представление о патогенезе развития ИСДИП. Учитывая, что волокна Цинновой связки способны пропускать жидкость даже в неизменном состоянии, а при патологических состояниях, таких как ПЭС, их проницаемость может повышаться, ирригационный раствор в ходе факоэмульсификации может свободно распространяться в заднюю камеру. Одним из определяющих моментов, влияющих на этот процесс, являются состояние радужной оболочки и ее реакция на эпифубарную инстилляцию и внутрикамерное введение мидриатиков. Недостаточная реакция зрачка связана с его меньшим диаметром в условиях медикаментозного мидриаза и большей площадью сечения задней камеры, что создает благоприятные условия для распространения ирригационного раствора в заднюю камеру. Стоит отметить, что нарушение барьерной функции ра-

дужки также способствует распространению избыточного объема ирригационного раствора в заднюю камеру. Дальнейшее его распространение в ретролентальное пространство или витреальную полость зависит от состояния структур ВЛИ, что было подтверждено данными интраоперационной ОКТ [14, 15]. Известно, что избыточная длительная ирригация может приводить к отслойке ПГМ [17, 18], таким образом позволяя ирригационному раствору накапливаться в ретролентальном пространстве. Данное состояние приводит к возникновению патологической подвижности задней капсулы, что повышает риск ее повреждения, а в ряде случаев – к развитию так называемого синдрома «каменного глаза» (acute intraoperative rock-hard eye syndrome) [6]. Также результаты данного исследования демонстрируют, что использование щадящих гидродинамических параметров и системы для факоэмульсификации с системой активного поддержания ИВГД не может полностью исключить риск развития ИСДИП, в особенности на глазах, имеющих факторы, предрасполагающие к данному состоянию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При сопоставимых характеристиках по виду и плотности катаракты хрусталиковый детрит в ретролентальном пространстве как основное проявление ИСДИП был обнаружен у 18% пациентов с ПЭС и 6% пациентов без данного патологического состояния.

Сочетание ПЭС с диаметром зрачка менее 6 мм в условиях медикаментозного мидриаза является неблагоприятным прогностическим фактором развития ИСДИП, поскольку связано с основными патогенетическими механизмами ИСДИП.

Развитие ИСДИП было выявлено при II и III типе ВЛИ, для которых характерны структурные нарушения ВЛИ. При наличии ПЭС преобладающими являются II (34%) и III (60%) тип ВЛИ.

Повышенная ирригационная нагрузка на структуры переднего отрезка, связанная с большей плотностью катаракты, и большие значения энергии ультразвука являются факторами, повышающими риск развития ИСДИП.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ianchulev T, Litoff D, Ellinger D, Stiverson K, Packer M. Office-based cataract surgery: population health outcomes study of more than 21 000 cases in the United States. *Ophthalmology*. 2016;123: 723–728. doi: 10.1016/j.ophtha.2015.12.020
2. Alio JL, Grzybowski A, et al. Refractive lens exchange. *Surv Ophthalmol*. 2014;59(6): 579–598. doi: 10.1016/j.survophthal.2014.04.004
3. Davidson RS, Dhaliwal D, et al. Surgical correction of presbyopia. *J Cataract Refract Surg*. 2016;42(6): 920–930. doi: 10.1016/j.jcrs.2016.05.003
4. Mackool RJ. *The Stereoatlas of phacoemulsification and IOL implantation*. Woodbury, NY: Stereo Arts Press; 1990: 78–79.
5. Mackool RJ, Sirota M. Infusion misdirection syndrome. *J Cataract Refract Surg*. 1993;19: 671–672. doi: 10.1016/s0886-3350(13)80032-6

6. Lau OCF, Montfort JM, Sim B, Lim C, Chen T, Ruan C, Agar A, Francis I. Acute intraoperative rock-hard eye syndrome and its management. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40(5):799–804. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.10.038

7. Bellucci R. Vitreous hydration: often a hidden complication of cataract surgery. *Cataract Refract Surg Today.* 2006;8: 26–28.

8. Koplin RS, Ritterband DC, Dodick JM, Donnenfeld ED, Schafer M. Untoward events associated with aberrant fluid infusion during cataract surgery: Laboratory study with corroborative clinical observations. *J Cataract Refract Surg.* 2016;42(8): 1135–1140. doi: 10.1016/j.jcrs.2016.07.014

9. Егорова Е.В., Ребриков И.С. Синдром девиации инфузионных потоков: современное состояние вопроса. *Офтальмохирургия.* 2022;4: 74–84. [Egorova EV, Rebrikov IS. Syndrome of deviation of infusion flows: the current state of the issue. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery.* 2022;4: 74–84. (In Russ.)] doi: 10.25276/0235-4160-2022-4-74-84

10. Егорова Е.В., Дудилова В.В. Особенности витреолентикулярного интерфейса артификачного глаза. *Офтальмохирургия.* 2019;39(3): 48–55. [Egorova EV, Dudilova VV. Features of the vitreolenticular interface of the artificial eye. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery.* 2019;39(3): 48–55. (In Russ.)] doi: 10.25276/0235-4160-2019-3-48-55

11. Белодедова А.В., Анисимова Н.С., Шилова Н.Ф., Гелестанов А.М., Малютина Е.А., Власенко А.В., Малугин Б.Э. Деградация связи Вигера при слабости связочного аппарата хрусталика: миграция частиц хрусталика в пространство Бергера при фемтолазер-ассистированной факоэмульсификации. Верификация интраоперационным ОКТ (клинический случай). *Современные технологии в офтальмологии.* 2018;4: 40–42. [Belodedova AV, Anisimova NS, Shilova NF, Gelastanov AM, Maluyutina EA, Vlasenko AV, Malyugin BE. Degradation of the ligamentous apparatus of the lens: migration of lens particles into the Berger space during femtolaser-assisted phacoemulsification. Verification by intraoperative OCT (clinical case). *Modern technologies in ophthalmology.* 2018;4: 40–42. (In Russ.)]

12. Ang A, Shepstone L, Rallo VM, Burton R. Retrocapsular lens fragments after uneventful phacoemulsification cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30(4): 849–853. doi: 10.1016/j.jcrs.2003.08.026

13. Потемкин В.В., Гольцман Е.В. Хирургия катаракты при псевдоэкзофиативном синдроме. *Офтальмологические ведомости.* 2020;13(1): 37–42. [Potemkin VV, Goltsman EV. Cataract surgery in pseudoexfoliative syndrome. *Ophthalmology Reports.* 2020;13(1): 37–42. (In Russ.)] doi: 10.17816/OV25739

14. Anisimova NS, Arbisser LB, Shilova NF, Melnik MA, Belodedova AV, Knyazer B, Malyugin BE. Anterior vitreous detachment: risk factor for intraoperative complications during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 2020;46(1): 55–62. doi: 10.1016/j.jcrs.2019.08.005

15. Tassignon MJ, Dhubghail SN. Innovative implantation technique. *Bag-in-the-lens cataract surgery.* Springer Nature, Switzerland; 2019.

16. Santos-Bueso E. Berger's space. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 2019. doi: 10.1016/j.oftal.2019.06.006

17. Kawasaki S, Suzuki T, Yamagichi M, Tasaka Y, Shiraishi A, Uno T, Sadamoto M, Minami N, Naganobu K, Ohashi Yu. Disruption of the posterior chamber – anterior hyaloid membrane barrier during phacoemulsification and aspiration as revealed by contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Arch Ophthalmol.* 2009;127(4): 465–470. doi: 10.1001/archophthalmol.2008.594

18. Kawasaki S, Tasaka Y, Suzuki T, Zheng X, Shiraishi A, Uno T, Ohashi Yu. Influence of elevated intraocular pressure on the posterior chamber-anterior hyaloid membrane barrier during cataract operations. *Arch Ophthalmol.* 2011;129(6): 751–757. doi: 10.1001/archophthalmol.2011.115

Информация об авторах

Игорь Сергеевич Ребриков, врач-офтальмолог, зав. диагностическим отделением АО «Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза», igor.augenarzt@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4927-9044>

Елена Владилеовна Егорова, д.м.н., зам. директора по лечебной работе Новосибирского филиала НИИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, e.egorova@mntk.nsk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2901-0902>

Анна Сергеевна Ребрикова, студент лечебно-профилактического факультета ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, rebrikova.anna@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-0686-2228>

Александр Владилеович Лизунов, врач-офтальмолог I хирургического отделения АО «Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза», dnmt.oncology@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7019-3002>

Елена Михайловна Титаренко, врач-офтальмолог отделения функциональной диагностики АО «Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза», eyetitarenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5227-9398>

Information about the authors

Igor S. Rebrikov, Ophthalmologist, Head of the Diagnostic Department, igor.augenarzt@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4927-9044>

Elena V. Egorova, Doctor of Sciences in Medicine, Deputy Director for Medical Work, e.egorova@mntk.nsk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2901-0902>

Anna S. Rebrikova, Student of the Medical and Preventive Faculty, rebrikova.anna@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-0686-2228>

Aleksandr V. Lizunov, Ophthalmologist, dnmt.oncology@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7019-3002>

Elena M. Titarenko, Ophthalmologist, eyetitarenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5227-9398>

Вклад авторов в работу:

И.С. Ребриков: существенный вклад в концепцию и дизайн работы, сбор, анализ и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста.

Е.В. Егорова: существенный вклад в концепцию и дизайн работы, редактирование, окончательное утверждение версии текста, подлежащей публикации.

А.С. Ребрикова: написание текста.

А.В. Лизунов: сбор, анализ и обработка материала.

Е.М. Титаренко: сбор, анализ и обработка материала.

Authors' contribution:

I.S. Rebrikov: significant contribution to the concept and design of the work, collection, analysis and processing of material, writing.

E.V. Egorova: significant contribution to the concept and design of the work, editing, final approval of the version to be published.

A.S. Rebrikova: writing.

A.V. Lizunov: collection, analysis, and processing of material.

Elena M. Titarenko: collection, analysis, and processing of material.

Финансирование: Авторы не получали конкретный грант на это исследование от какого-либо финансирующего агентства в государственном, коммерческом и некоммерческом секторах.

Согласие пациента на публикацию: Письменного согласия на публикацию этого материала получено не было. Он не содержит никакой личной идентифицирующей информации.

Конфликт интересов: Отсутствует.

Funding: The authors have not declared a specific grant for this research from any funding agency in the public, commercial or not-for-profit sectors.

Patient consent for publication: No written consent was obtained for the publication of this material. It does not contain any personally identifying information.

Conflict of interest: There is no conflict of interest.

Поступила: 14.04.2023

Переработана: 12.07.2023

Принята к печати: 27.09.2023

Originally received: 14.04.2023

Final revision: 12.07.2023

Accepted: 27.09.2023