

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2026-19-3-168-173>



# Особенности белой катаракты. Обзор литературы

И.Г. Трифаненкова<sup>1,2✉</sup>, А.В. Терещенко<sup>2</sup>, А.Р. Булатов<sup>1</sup>, А.М. Иванов<sup>1</sup>, Ю.Д. Булатова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Калужский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, ул. Святослава Федорова, д. 5, Калуга, 248007, Россия

<sup>2</sup> Медицинский институт ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского», ул. С. Разина, д. 26, Калуга, 248023, Россия

*В обзоре представлены источники, в которых описаны изменения, характерные для белой катаракты, а также методы, направленные на снижение риска осложнений хирургического лечения данного вида катаракты. Анализ литературы выполнялся с использованием баз данных РИНЦ и PubMed. Отмечено, что термин «белая катаракта» является преимущественно иностранным и в англоязычной литературе используется как собирательное понятие для различных форм зрелой и перезрелой катаракты. Согласно опубликованным данным, белая катаракта требует особо пристального внимания ввиду высокого процента интраоперационных осложнений. В связи с этим тщательный анализ научных публикаций, рассматривающих особенности данного вида катаракты, представляется полезным для специалистов в плане безопасности и снижения рисков хирургического лечения белой катаракты.*

**Ключевые слова:** катаракта; белая; зрелая, перезрелая; хирургическое лечение; осложнения

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Трифаненкова И.Г., Терещенко А.В., Булатов А.Р., Иванов А.М., Булатова Ю.Д. Особенности белой катаракты. Обзор литературы. Российский офтальмологический журнал. 2026; 19 (3): 168-73. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2026-19-3-168-173>

## Features of white cataract: literature review

Irina G. Trifanenkova<sup>1,2✉</sup>, Aleksandr V. Tereshchenko<sup>2</sup>, Amir R. Bulatov<sup>1</sup>, Alexander M. Ivanov<sup>1</sup>, Yulia D. Bulatova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> S. Fyodorov Eye Microsurgery Center, Kaluga Branch, 5, Svyatoslav Fedorov St., Kaluga, 248007, Russia

<sup>2</sup> Medical Institute, K.E. Tsiolkovsky Kaluga State University, 26, Stepan Razin St., Kaluga, 248023 Russia  
ryzhova.ja@kf-mntk.ru

*The review presents sources that describe the changes characteristic of white cataracts, as well as methods aimed at reducing the risk of complications of surgical treatment of this type of cataract. Literature analysis was carried out using the RSCI and PubMed databases. It is noted that the term “white cataract” is predominantly foreign and in the English-language literature is used as a collective concept for various forms of mature and overripe cataracts. According to published data, white cataracts require special attention due to the high percentage of intraoperative complications. In this regard, a thorough analysis of scientific publications considering the features of this type of cataract seems to be useful for specialists in terms of increasing safety and reducing the risks of surgical treatment of white cataracts.*

**Keywords:** cataract; white; mature; hypermature; surgical treatment; complications

**Conflicts of interests:** there is no conflict of interests.

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

**For citation:** Trifanenkova I.G., Tereshchenko A.V., Bulatov A. R., Ivanov A.M., Bulatova Yu.D. Features of white cataract: literature review. Russian ophthalmological journal. 2026; 19 (3): 168-73 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2026-19-3-168-173>

Белая катаракта (БК) — патология, при которой происходит лизис волокон хрусталика, приводящий к его выраженному помутнению. Сам термин «белая катаракта» является преимущественно иностранным и в англоязычной литературе используется как собирательное понятие для различных форм зрелой и перезрелой катаракты [1]. Давшая название термину белая окраска хрусталика связана с полным помутнением коркового вещества, из-за чего зрачок приобретает характерный молочно-белый оттенок [2]. Однако за этим внешним проявлением могут скрываться различные по патогенезу и клиническому течению формы катаракты — от зрелой с плотной и стабильной капсулой до перезрелой, сопровождающейся набуханием и лизисом кортикальных масс [3].

**ЦЕЛЬЮ** настоящего обзора явился анализ данных литературы, посвященных изучению морфологических особенностей БК, осложнениям, возникающим в ходе хирургического лечения данного вида катаракты, и техникам хирургии, направленным на снижение рисков осложнений при БК. Анализ литературы выполнялся с использованием баз данных РИНЦ и PubMed. Ключевыми словами поиска являлись: «белая катаракта», «зрелая катаракта», «перезрелая катаракта», «набухающая катаракта», «хирургическое лечение белой катаракты», «осложнения хирургического лечения перезрелой катаракты», «фемтолазерное сопровождение хирургии перезрелой катаракты», «интраоперационные осложнения белой катаракты».

Прежде чем достичь стадии зрелой и перезрелой катаракты в процессе катарактогенеза, вещество хрусталика и его структура в целом претерпевают целый ряд различных изменений.

По данным R. Truscott и соавт. [4], гомеостаз белков представляет собой регулируемый клеточный механизм, обеспечивающий баланс синтеза, модификации и деградации белков, необходимый для поддержания структурной и функциональной целостности клеток. Особенностью хрусталика является то, что его белки не подлежат обновлению на протяжении жизни. С возрастом полипептидные цепи белков хрусталика подвергаются множественным посттрансляционным модификациям (ПТМ), включая усечение, окисление, дезамидирование, ацетилирование, фосфорилирование и гликозилирование [5, 6]. Эти процессы изначально направлены на поддержание растворимости белков и прозрачности хрусталика за счет стабилизации белок-белковых взаимодействий. Однако при превышении определенного порога накопления ПТМ протеостатическая система теряет способность поддерживать гомеостаз протеома. Это приводит к нарушению межбелковых взаимодействий, агрегации, потере растворимости белков и, как следствие, к помутнению хрусталика — патогенетической основе формирования возрастной катаракты.

ПТМ можно условно разделить на две основные группы. Первая включает модификации, индуцированные взаимодействием белков с клеточными метаболитами, например, образование конечных продуктов продвинутого гликирования. Вторая группа представляет собой спонтанные процессы деградации аминокислот, вызванные их внутренней нестабильностью, особенно это касается остатков серина, серинфосфата, аспарагиновой кислоты и аспарагина, и в меньшей степени треонина, его фосфата и цистеина [7].

Появляется также все больше доказательств того, что окислительный стресс играет ключевую роль в патогенезе. Установлено, что степень окисления белков напрямую коррелирует с выраженностью помутнения хрусталика. В зрелых формах катаракты наблюдается значительная поте-

ря сульфгидрильных групп (белок-SH), превышающая 90 %, что свидетельствует о глубокой окислительной модификации белковых молекул. Кроме того, почти 50 % остатков метионина в ядерных белках подвергаются окислению с образованием метионинсульфоксида. Эти изменения нарушают третичную и четвертичную структуру белков, способствуют их агрегации и выпадению в нерастворимую фракцию, что, в итоге, ведет к прогрессирующей утрате прозрачности хрусталика и развитию катаракты [7].

Из-за низкого уровня метаболической активности и отсутствия обновления белки хрусталика со временем накапливают повреждения и подвергаются денатурации и агрегации, что способствует снижению их растворимости и образованию нерастворимых белковых фракций. На ранних стадиях возрастной ядерной катаракты они могут быть частично растворены мочевиной или дитиотреитолом, что указывает на обратимость некоторых изменений. Однако в зрелых катарактах формируются стойкие нерастворимые белковые комплексы. Именно они составляют основную массу белков в ядре зрелых катаракт и являются причиной характерной желтоватой или коричневатой окраски хрусталика [8, 9].

По данным морфологических исследований, проведенных В.М. Маловым с соавт. [10], разжижение хрусталиковых масс при перезрелой и набухающей катаракте обусловлено прогрессирующим энзиматическим автолизом, который начинается с кортикальных слоев и распространяется на ядро хрусталика. Этот процесс сопровождается дегенерацией клеточных структур, накоплением продуктов распада и нарушением коллоидного баланса, что приводит к трансформации плотной хрусталиковой массы. Энзиматическое расщепление и некроз тканей способствуют повышению внутрихрусталикового давления (ВХД), изменяя градиент давления по отношению к передней камере глаза и увеличивая натяжение передней капсулы хрусталика, и, как следствие, увеличивается риск интраоперационных осложнений.

Согласно другим источникам, развитие набухающей катаракты связано не только с локальной клеточной дисфункцией, но и с изменением проницаемости капилляров в области цилиарного тела и радужки. Эта теория основывается на предположении, что нарушение работы ионных насосов и метаболического барьера хрусталика ведет к нарушению гомеостаза и неконтрольному поступлению жидкости внутрь хрусталика. В результате происходит скопление разжиженных масс, что сопровождается значительным повышением ВХД [11, 12].

По данным исследований, существенной разницы в толщине передней капсулы при набухающей и ядерной катаракте не обнаружено. Однако в исследовании M. Havlina и соавт. [13] установлены морфологические особенности набухающей БК. К ним относятся экстрезии (выступы) на эпителиальной границе базальной мембраны, филаментозные структуры, слоистость, а также признаки разжижения вещества хрусталика. Авторами описаны выступы различных морфологических типов, от минимального выпячивания до значительной редупликации фрагментов эпителиальных клеток в капсуле хрусталика, которые встречались в 86,6 % передних капсул хрусталика при набухающей катаракте. Согласно данным M. Havlina и соавт. [13], развитие набухающей БК инициируется дисфункцией эпителиальных клеток хрусталика, сопровождающейся изменениями в экспрессии генов и белков, регулирующих активность  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -насоса. Нарушение его функции приводит к повышенному внутриклеточному осмотическому давлению, что обуславливает набухание эпителиальных клеток. Авторы

также отмечают наличие вакуолизации эпителия без признаков классического апоптоза, что указывает на альтернативный путь клеточной дегенерации. Вакуольные изменения, по их мнению, способствуют ускоренному разрушению эпителиального слоя. Обнаруженные экструзии на границе базальной мембраны и эпителия могут отражать своеобразный механизм выведения деградированных клеток, включающий утолщение и расщепление базальной мембраны. На фоне этого процесса формируется новый слой эпителиальных клеток, предположительно выполняющий функцию изоляции и восстановления целостности капсулы. В процессе образования новых слоев базальной мембраны деградация ранее инкапсулированных эпителиальных клеток может продолжаться, при этом их фрагменты выводятся в переднюю камеру в виде филаментозных структур и слабо дифференцируемого клеточного материала. Согласно гипотезе авторов, экструзии базальной мембраны, очаги разжижения, а также перпендикулярно ориентированные прозрачные участки с фибриллярным содержимым могут являться зонами ослабления капсулы, предрасположенными к растяжению, нарушению ее давления и продольной целостности. Несмотря на сохраненную толщину, капсула при этом может обладать сниженной прочностью из-за внутреннего пластинчатого расщепления, что значительно повышает риск ее разрыва во время хирургического вмешательства и требует повышенной осторожности при выполнении капсулотомии [13].

Хирургическое лечение перезрелой катаракты сопряжено с высоким риском интраоперационных осложнений, таких как разрыв капсулы, выпадение стекловидного тела, люксация ядра в витреальную полость и др. [14–16].

Радиальное расширение и, как следствие, разрыв переднего капсулорексиса — осложнение, которое чаще встречается у пациентов с набухающими катарактами [17]. Патологический механизм данного осложнения объясняется повышением ВХД: не полностью разжиженный кортикальный слой хрусталика остается прикрепленным к экватору хрусталика, образуя два субкапсулярных пространства. При проколе передней капсулы происходит снижение давления в переднем субкапсулярном пространстве за счет выхода разжиженных кортикальных масс в переднюю камеру. Давление в заднем субкапсулярном пространстве вызывает смещение ядра хрусталика кпереди, вызывая напряжение передней капсулы, что может приводить к радиальному расширению разрыва капсулы [17]. Это может повлечь за собой различные осложнения, включая разрыв связок хрусталика, разрыв задней капсулы, выпадение стекловидного тела, люксацию ядра в витреальную полость и дислокацию интраокулярной линзы [18, 19].

Послеоперационные осложнения при БК включают отек роговицы (36,9 %), лентовидную кератопатию (34,7 %), остаточные кортикальные массы (13,04 %) и повышение внутриглазного давления (ВГД) (6,52 %) [20].

Известны различные техники, снижающие риски осложнений при БК.

Окрашивание передней капсулы трипановым синим является безопасной и эффективной процедурой, которая позволяет улучшить визуализацию в условиях отсутствия красного рефлекса с глазного дна при БК [17].

Применение вискоэластических препаратов (ВЭП) является основным способом профилактики развития симптома «Аргентинского флага» [14]. Использование высококогезивных ВЭП, за счет удержания объема и повышения давления в передней камере, уплощает выпуклую переднюю поверхность хрусталика, противодействует ВХД и уменьшает

расширение краев капсулорексиса [12, 21]. S. LoBue и соавт. [22] описали использование как когезивного, так и дисперсионного ВЭП при набухающей и зрелой катаракте с узким зрачком. Применение двух видов ВЭП наряду с кольцом Малиюгина способствовало миозу и стабилизации радужки у пациентов с миозом и интраоперационным синдромом флоппи-ирида. Закрытый когезивным ВЭП парантез поддерживал давление в передней камере, противодействуя интралентикулярному давлению и приводя к отсутствию разрывов передней капсулы.

M. Robinson и R. Olson [23] предложили использовать ножницы 25 или 23 G при формировании капсулорексиса для поддержания стабильной передней камеры, что позволяет избежать векторной силы, вызывающей разрывы капсулы.

Аспирация иглой является другим эффективным способом сброса давления в переднем субкапсулярном пространстве [24]: игла небольшого калибра вводится через начальный парантез для пункции передней капсулы и аспирации кортикальной жидкости. K. Nabil [25] сравнил стандартный капсулорексис с аспирацией иглой при набухающей катаракте: в 20 % случаев в группе обычного капсулорексиса произошел разрыв передней капсулы, в то время как в группе, где выполняли аспирацию иглой, разрывы отсутствовали. В разные годы были предложены многочисленные модификации техники аспирации иглой [26–29], что свидетельствует о ее популярности среди катарактальных хирургов.

В ряде исследований медикаментозная декомпрессия с использованием внутривенного введения маннитола 20 % продемонстрировала эффективность в снижении ВГД и поддержании глубины передней камеры [24, 28–34]. По данным M. O’Keeffe и M. Nabils [31], глубина передней камеры увеличилась на 0,2–0,4 мм у пациентов, получавших как минимум 100 мл 20 % раствора маннитола перед операцией по удалению катаракты. Продemonстрирована также обратная корреляция между ВГД и глубиной передней камеры. Однако другие исследователи пришли к выводу, что маннитол либо оказывал негативное влияние, либо не оказал никакого влияния на глубину передней камеры [33, 35].

В литературе описаны многочисленные техники проведения переднего капсулорексиса при БК такие как двухэтапный капсулорексис [36–42], выполнение капсулорексиса с помощью факонконечника [43–45], применение системы канюля-вакуум [46–48], воздушно-пузырьковая капсулотомия [49], YAG-лазерная капсулотомия [50–53] применение плазменной энергии для формирования капсулорексиса [54–56], импульсная капсулотомия (Zerto-капсулорексис) [57–62]. Однако эти техники используются только хирургами с большим опытом и в отдельных случаях, но не в широкой клинической практике.

Эффективной в снижении риска осложнений при БК является технология фемтосекундного лазер-ассистированного сопровождения (ФЛАС) [63–65]. Однако при использовании ФЛАС специалисты нередко получают неполную капсулотомию [65–68].

Е.С. Пирогова и соавт. [68] изучили состояние исследованных при выполнении капсулорексиса капсульных дисков и выявили, что при выполнении переднего фемтокапсулорексиса у пациентов с набухающей катарактой под воздействием ВХД формируется многоступенчатый передний капсулорексис со сдвигом передней капсулы вперед и внутри с дополнительным внутренним рядом лазерных коагулятов.

Для решения проблемы неполной капсулотомии предложены модификации фемтолазерного этапа [70, 71].

В Калужском филиале МНТК «Микрохирургия глаза» с 2022 г. проводится исследование по оптимизации энер-

гетических параметров фемтолазерной передней капсулотомии в хирургии набухающих перезрелых катаракт [72]. Для оценки изменений структур передней капсулы хрусталика перед хирургическим вмешательством у всех пациентов с набухающей перезрелой катарактой проводится интраоперационная оптическая когерентная томография (иОКТ). Для выполнения фемтолазерного этапа используется установка Femto LD Z8 (Ziemer, Швейцария). Установлено, что при фиброзных изменениях передней капсулы стандартные энергетические параметры недостаточны для получения полноценного реза, и требуется повышение мощности фемтолазерного воздействия до 100 %. При истончении передней капсулы стандартные параметры избыточны, и при проведении фемтокапсулорексиса требуется снижение мощности до 60 %. При этом отмечено отсутствие тканевых перемишек у 18 из 20 пациентов с набухающей перезрелой катарактой, а идеально сформированный капсулорексис является основой для успешного выполнения последующих этапов хирургии [71]. В дальнейшем была проведена сравнительная оценка качества фемтолазерного сопровождения хирургии перезрелой катаракты при ее различных типах по данным иОКТ: первый тип соответствует зрелой катаракте без набухания, второй и третий типы — белой набухающей катаракте, четвертый — перезрелой «Морганиевой» катаракте [73]. В исследование вошли 196 пациентов (250 глаз) с перезрелой катарактой, которые были разделены на 2 группы. В первой группе проводили фемтосопровождение с оптимизированными параметрами фемтолазерного воздействия в зависимости от типа перезрелой катаракты по данным иОКТ, во второй — фемтосопровождение по стандартной методике. При использовании оптимизированных параметров фемтосопровождения по сравнению со стандартными частота получения неполной фемтокапсулотомии при 2-м (2,5 % vs 17,4 % соответственно) и 3-м (4,9 % vs 21,6 % соответственно) типах перезрелой катаракты по данным иОКТ, а также частота убегания капсулорексиса при 3-м типе (2,4 % vs 16,2 % соответственно) были статистически достоверно меньше в первой группе пациентов. Авторы пришли к заключению, что применение оптимизированных параметров фемтолазерного воздействия на этапе переднего капсулорексиса с учетом типа перезрелой катаракты по данным иОКТ обеспечивает высокое качество данного этапа хирургии и расширяет возможности практического применения фемтолазерного сопровождения хирургии катаракты в осложненных случаях [73].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Завершая настоящий обзор литературы, объединивший источники, в которых описаны изменения, характерные для белой (перезрелой, набухающей) катаракты, а также методы, направленные на снижение риска осложнений хирургического лечения БК, можно заключить, что БК требует особо пристального внимания ввиду высокого процента интраоперационных осложнений. В связи с этим тщательное изучение данных литературы, рассматривающих особенности данного вида катаракты, систематизированных в форме тематического обзора, представится полезным для специалистов в плане повышения безопасности и снижения рисков хирургического лечения БК.

### Литература/References

- Nayak B, Lalitha CS, Moharana B, Panda BB. Double peak sign on ultrasonography: A new prognostic marker before surgery for white cataract. *Indian J Ophthalmol*. 2024; 72 (4): 712–4. doi: 10.4103/IJO.IJO\_2418\_23
- Osher RH. Pearls for the young cataract surgeon: the white cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2023; 49 (1): 3–4. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000001051

- Basti S. Different faces of the white cataract: a phaco surgeon's perspective. *Aust NZJ Ophthalmol*. 1999; 27 (1): 53–6. doi: 10.1046/j.1440-1606.1999.00150.x
- Truscott RJ, Friedrich MG. The etiology of human age-related cataract. Proteins don't last forever. *Biochim Biophys Acta*. 2016; 1860: 192–8. doi: 10.1016/j.bbagen.2015.08.016
- Karakosta C, Tzamalís A, Aivaliotis M., Tsinopoulos I. Cataract in the human lens: a systematic review of proteomic studies. *medRxiv*. 2019; 19009035. doi: 10.1101/19009035
- Yanshole LV, Cherepanov IV, Snytnikova OA, et al. Cataract-specific posttranslational modifications and changes in the composition of urea-soluble protein fraction from the rat lens. *Mol Vis*. 2013; 19: 2196–208.
- Karakosta C, Samiotaki M, Panayotou G, Papaconstantinou DS, Moschos MM. Lens Cytoskeleton: An Update on the Etiopathogenesis of Human Cataracts. *Cureus*. 2024; 16 (3): e56793. doi: 10.7759/cureus.56793
- Vinson JA. Oxidative stress in cataracts. *Pathophysiology*. 2006; 13: 151–62. doi: 10.1016/j.pathophys.2006.05.006
- Truscott RJ. Age-related nuclear cataract-oxidation is the key. *Exp Eye Res*. 2005; 80: 709–25. doi: 10.1016/j.exer.2004.12.007
- Малов В.М., Шатохина С.Н., Ерошевская Е.Б. и др. Морфологические исследования внутриглазных жидкостей в оценке патофизиологических механизмов развития набухающей катаракты. *Клиническая офтальмология*. 2003; 4 (3): 132–4. [Malov V.M., Shatokhina S.N., Eroshetskaya E.B., et al. Morphological studies of intraocular fluids in assessing pathophysiological mechanisms of intumescent cataract development. *Clinical ophthalmology*. 2003; 4 (3): 132–4 (In Russ.)].
- Шикунова Р.П. Анализ результатов хирургического лечения фактоморфической глаукомы в свете патогенеза. *Офтальмохирургия*. 1990; 1: 49–52. [Shikunova R.P. Analysis of the results of surgical treatment of phacomorphic glaucoma in light of pathogenesis. *Ophthalmosurgery*. 1990; 1: 49–52 (In Russ.)].
- Bhattacharjee K, Bhattacharjee H, Goswami BJ, Sarma P. Capsulorhexis in intumescent cataract. *J Cataract Refract Surg*. 1999; 25: 1045–7. doi: 10.1016/s0886-3350(99)00123-6
- Havlina M, Stunf S, Hvala A. Ultrastructure of anterior lens capsule of intumescent white cataract. *Acta Ophthalmol*. 2011; 89: 367–70.
- Chakrabarti A, Singh S, Krishnadas R. Phacoemulsification in eyes with white cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2000; 26: 1041–7.
- Narendran N, Jaycock P, Johnston RL, et al. The Cataract National Dataset electronic multicentre audit of 55,567 operations: risk stratification for posterior capsule rupture and vitreous loss. *Eye (Lond)*. 2009; 23(1): 31–7. doi: 10.1038/sj.eye.6703049
- Susić N, Brajković J, Susić E, Kalas-Surać I. Phacoemulsification in eyes with white cataract. *Acta Clin Croat*. 2010; 49 (3): 343–5.
- Jacob S, Agarwal A, Agarwal A, et al. Trypan blue as an adjunct for safe phacoemulsification in eyes with white cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2002; 28 (10): 1819–25. doi: 10.1016/s0886-3350(01)01316-5
- Assia EI, Apple DJ, Barden A, et al. An experimental study comparing various anterior capsulotomy techniques. *Arch Ophthalmol*. 1991; 109 (5): 642–7. doi: 10.1001/archophth.1991.01080050056028
- Pandey SK, Werner L, Escobar-Gomez M, Roig-Melo EA, Apple DJ. Dye-enhanced cataract surgery: Part 1: anterior capsule staining for capsulorhexis in advanced/white cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2000; 26 (7): 1052–9. doi: 10.1016/s0886-3350(00)00296-0
- Joshi AK, Ramya V, Patil SR. Trypan blue-assisted modified closed circular capsulorhexis in white cataracts: A prospective study of intraoperative and postoperative complications and visual outcome. *J Clin Ophthalmol and Res*. 2023; 11 (2): 125–8. doi: 10.4103/jcor.jcor\_106\_22
- Hengerer FH, Dick HB, Kohnen T, Conrad-Hengerer I. Assessment of intraoperative complications in intumescent cataract surgery using 2 ophthalmic viscosurgical devices and trypan blue staining. *J Cataract Refract Surg*. 2015; 41: 714–8. doi: 10.1016/j.jcrs.2014.06.039
- LoBue SA, Taylor P, LoBue TD. A simple, novel approach to capsulorhexis formation in the setting of a mature cataract and miotic pupil. *Clin Ophthalmol*. 2019; 13: 2361–7.
- Robinson MS, Olson RJ. Simple approach to prevent capsule tear-out during capsulorhexis creation in hypermature cataracts. *J Cataract Refract Surg*. 2015; 41 (7): 1353–5. doi: 10.1016/j.jcrs.2015.06.002
- Rao SK, Padmanabhan P. Capsulorhexis in eyes with phacomorphic glaucoma. *J Cataract Refract Surg*. 1998; 24: 882–4. doi: 10.1016/s0886-3350(98)80036-9
- Nabil KM. Lens decompression technique for prevention of intraoperative complications during phacoemulsification of intumescent cataract. *Indian J Ophthalmol*. 2017; 65: 1436–9.
- Vajpayee RB, Angra SK, Honavar SG, et al. Capsulotomy for phacoemulsification in hypermature cataracts. *J Cataract Refract Surg*. 1995; 21(6): 612–5. doi: 10.1016/s0886-3350(13)80554-8
- Balyan M, Jain AK, Malhotra C, Ram J, Dhingra D. Achieving successful capsulorhexis in intumescent white mature cataracts to prevent Argentinian flag sign — A new multifaceted approach to meet the challenge. *Indian J Ophthalmol*. 2021; 69 (6): 1398–403. doi: 10.4103/ijo.IJO\_1903\_20

28. Chee SP, Chan NS. Capsule milking: Modification of capsulorhexis technique for intumescent cataract. *J Cataract Refract Surg.* 2017; 43: 585–9. doi: 10.1016/j.jcrs.2017.04.023
29. Dhingra D, Balyan M, Malhotra C, et al. A multipronged approach to prevent Argentinian flag sign in intumescent cataracts. *Indian J Ophthalmol.* 2018; 66 (9): 1304–6. doi: 10.4103/ijo.IJO\_51\_18
30. Weber AC, Blandford AD, Costin BR, Perry JD. Effect of mannitol on globe and orbital volumes in humans. *Eur J Ophthalmol.* 2018; 28: 163–7. doi: 10.5301/ejo.5001008
31. O'Keefe M, Nabil M. The use of mannitol in intraocular surgery. *Ophthalmic Surg.* 1983; 14: 55–6.
32. Shah BT, Maskati BT. Role of mannitol in cataract surgery. *J Postgrad Med.* 1978; 24: 32–9.
33. Quon DK, Worthen DM. Dose response of intravenous mannitol on the human eye. *Ann Ophthalmol.* 1981; 13: 1392–3.
34. Figueiredo C.G., Figueiredo J, Figueiredo GB. Brazilian technique for prevention of the Argentinian flag sign in white cataract. *J Cataract Refract Surg.* 2012; 38 (9): 1531–6. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.07.002
35. Mauger TF, Nye CN, Boyle KA. Intraocular pressure, anterior chamber depth and axial length following intravenous mannitol. *J Ocul Pharmacol Ther.* 2000; 16: 591–4. doi: 10.1089/jop.2000.16.591
36. Chang DF. Phaco-chop and advanced phaco techniques. Strategies for complicated cataracts. SLACK Incorporated. 2013.
37. Kumari R, Saha BC, Kumar R, Priya K. When it is all blue during phacoemulsification! *Indian J Ophthalmol — Case Reports.* 2023; 3: 686–8. doi: 10.4103/ijo.ijo\_130\_23
38. Gimbel HV, Willerscheidt AB. What to do with limited view: the intumescent cataract. *J Cataract Refract Surg.* 1993; 19: 657–61. doi: 10.1016/s0886-3350(13)80021-1
39. Gimbel HV. Two-stage capsulorhexis for endocapsular phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 1990; 16: 246–9. doi: 10.1016/s0886-3350(13)80739-0
40. Kara-Junior N, de Santhiago MR, Kawakami A, Carricondo P, Hida WT. Mini-rhexis for white intumescent cataracts. *Clinics.* 2009; 64: 309–12. doi: 10.1590/s1807-59322009000400007
41. Vasavada A, Singh R, Desai J. Phacoemulsification of white mature cataracts. *J Cataract Refract Surg.* 1998; 24: 270–7. doi: 10.1016/s0886-3350(98)80210-1
42. Chen YJ, Wu PC. Automated irrigation/aspiration before phacoemulsification in eyes with white cataracts. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging.* 2005; 36: 118–21.
43. Genç S, Güler E, Çakır H, Özüertürk Y. Intraoperative complications in intumescent cataract surgery using a phaco capsulotomy technique. *J Cataract Refract Surg.* 2016; 42: 1141–5. doi: 10.1016/j.jcrs.2016.06.025
44. Teng CC. Phaco capsulotomy: A technique to prevent the Argentinian Flag Sign. *Clin Ophthalmol.* 2017; 11: 1937–40. doi: 10.2147/OPHTH.S138676
45. Sun H, Fritz A, Dröge G, Neuhaus T, Bille JF. Femtosecond-laser-assisted cataract surgery (FLACS). High resolution imaging in microscopy and ophthalmology: new frontiers in biomedical optics. Cham (CH). Springer. 2019.
46. Kodavoor SK, Deb B, Ramamurthy D. Cannula-vacuum continuous curvilinear capsulorhexis: Inexpensive technique for intumescent total cataract. *J Cataract Refract Surg.* 2019; 45 (7): 899–902. doi: 10.1016/j.jcrs.2019.02.021
47. Mahajan S, Sood G, Garg R. Vacuum rhexis — A novel capsulorhexis technique for white cataracts. *Indian J Ophthalmol.* 2022; 70: 4043–6. doi: 10.4103/ijo.IJO\_1631\_22
48. Kodavoor SK, Deb B, Ramamurthy D. A novel inexpensive rhexis technique Can Vac CCC for immature and white intumescent cataract — Our experience. *Int J Ophthalmol Vis Sci.* 2020; 5: 53–6.
49. Alsmann AH, Mounir A, Sayed KM, Mostafa EM. Closed-chamber anterior capsulorhexis under air tamponade in white cataract. *Clin Ophthalmol.* 2019; 13: 2053–7. doi: 10.2147/OPHTH.S229440
50. Лексуткина Е.В., Крылов В.А., Копеева В.Г. Использование лазерной энергии Nd: YAG-лазера 1,44 мкм в хирургии перезрелых катаракт. *Офтальмохирургия.* 2005; 3: 16–9. [Leksutkina E.V., Krylov V.A., Kopeeva V.G. Use of laser energy of Nd: YAG laser 1, 44 μm in surgery of overripe cataracts. *Ophthalmosurgery.* 2005; 3: 16–9 (In Russ.)].
51. Coelho RP, Martin LFT, Paula JS, Scott IU. Comparison of preoperative Nd: YAG laser anterior capsulotomy versus two-stage curvilinear capsulorhexis in phacoemulsification of white intumescent cataracts. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging.* 2009; 40: 582–5. doi: 10.3928/15428877-20091030-08
52. Coelho RP, Paula JS, Silva RN, Garcia TV, Martin LFT. Preoperative Nd: YAG laser anterior capsulotomy in white intumescent cataracts: Report of 11 cases. *Arq Bras Oftalmol.* 2009; 72: 113–5. doi: 10.1590/s0004-27492009000100024
53. Richards JC, Harrison DC. Preoperative neodymium: YAG anterior capsulotomy in intumescent cataract: preventing extension of the capsular tear to the lens periphery. *J Cataract Refract Surg.* 2003 Aug; 29 (8): 1630–1. doi: 10.1016/s0886-3350(03)00048-8
54. Fugo RJ, Singh D. The biophysics and mode of operation of plasma surgery. In: Hampton R, Singh S, Fugo RJ, eds. *Ocular applications of the Fugo Blade.* Philadelphia Pa: Lippincott, Williams & Wilkins; 2010: 5–14.
55. Priglinger SG, Haritoglou C, Palanker D, et al. Pulsed electron avalanche knife for capsulotomy in congenital and mature cataract. *J Cataract Refract Surg.* 2006; 32: 1085–8. doi: 10.1016/j.jcrs.2006.03.020
56. Fugo RJ, DelCampo DM. The fugo blade: The next step after capsulorhexis. *Ann Ophthalmol.* 2001; 33: 12–20.
57. Chang DF. Zepto precision pulse capsulotomy: A new automated and disposable capsulotomy technology. *Indian J Ophthalmol.* 2017; 65: 1411–4. doi: 10.4103/ijo.IJO\_737\_17
58. Waltz K, Thompson VM, Quesada G. Precision pulse capsulotomy: Initial clinical experience in simple and challenging cataract surgery cases. *J Cataract Refract Surg.* 2017; 43: 606–14. doi: 10.1016/j.jcrs.2017.01.023
59. Pandey SK, Sharma V. Zepto-rhexis: A new surgical technique of capsulorhexis using precision nano-pulse technology in difficult cataract cases. *Indian J Ophthalmol.* 2018; 66: 1165–8. doi: 10.4103/ijo.IJO\_1006\_17
60. Park MJ, Bang CW, Han SY. Precision pulse capsulotomy in challenging cataract surgery cases. *Clin Ophthalmol.* 2019; 13: 1361–8. doi: 10.2147/OPHTH.S217919
61. Chougule P, Warkad V, Badakere A, Kekunnaya R. Precision pulse capsulotomy: An automated alternative to manual capsulorhexis in paediatric cataract. *BMJ Open Ophthalmol.* 2019; 4: e000255. doi: 10.1136/bmjophth-2018-000255
62. Kelkar JA, Mehta HM, Kelkar AS, et al. Precision pulse capsulotomy in phacoemulsification: Clinical experience in Indian eyes. *Indian J Ophthalmol.* 2018; 66: 1272–7. doi: 10.4103/ijo.IJO\_146\_18
63. Titiyal JS, Kaur M, Singh A, Arora T, Sharma N. Comparative evaluation of femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional phacoemulsification in white cataract. *Clin Ophthalmol.* 2016; 10: 1357–64. doi: 10.2147/OPHTH.S108243
64. Chee SP, Chan NS, Yang Y, Ti SE. Femtosecond laser-assisted cataract surgery for the white cataract. *Br J Ophthalmol.* 2019; 103 (4): 544–50. doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-312289
65. Юсёф Ю.Н., Введенский А.С., Альхумиди К., Фокина Н.Д., Демидов А.Л. Хирургическое лечение перезрелой катаракты при узком зрачке и подвывихе хрусталика. *Вестник офтальмологии.* 2021; 137 (5–2): 175–80. [Yusef Yu.N., Vvedenskiy A.S., Alkhumidi K., Fokina N.D., Demidov A.L. Surgical treatment of hypermature cataract in patients with lens subluxation and small pupil. *Russian annals of ophthalmology.* 2021; 137 (5–2): 175–80. (In Russ.)]. doi: 10.17116/oftalma2021137052175
66. Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Joachim SC, Schultz T., Dick HB. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in intumescent white cataracts. *J Cataract Refract Surg.* 2014; 40: 44–50. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.08.044
67. Пирогова Е.С., Фабрикантов О.Л., Николашин С.И. Хирургия набухающей катаракты. *Вестник офтальмологии.* 2018; 134 (2): 98–103. [Pirogova E.S., Fabrikantov O.L., Nikolashin S.I. Intumescent cataract surgery. *Russian Annals of Ophthalmology.* 2018; 134 (2): 98–103 (In Russ.)]. doi: 10.17116/oftalma2018134298-103
68. Пирогова Е.С., Фабрикантов О.Л., Николашин С.И. Факоэмульсификация набухающей катаракты с фемтолазерным сопровождением. *Вестник офтальмологии.* 2022; 138 (1): 13–22. [Pirogova E.S., Fabrikantov O.L., Nikolashin S.I. Femtolaser-assisted phacoemulsification of intumescent cataract. *Russian annals of ophthalmology.* 2022; 138 (1): 13–22 (In Russ.)]. doi: 10.17116/oftalma202213801113
69. Анисимова Н.С., Малугин Б.Э., Соболев Н.П. Фемтолазерное сопровождение в хирургии набухающей катаракты. *Современные технологии в офтальмологии.* 2016; 5: 11–4. [Anisimova N.S., Malyugin B.E., Sobolev N.P. Femtolaser support in surgery of intumescent cataract. *Modern technologies in ophthalmology.* 2016; 5: 11–4 (In Russ.)].
70. Юсёф Ю.Н., Юсёф С.Н., Введенский А.С., Аветисов К.С., Алхarki Л. Фемтолазерная факоэмульсификация перезрелой катаракты. *Офтальмология.* 2020; 17 (3s): 592–6. [Yusef Y.N., Yusef S.N., Vvedenskiy A.S., Avetisov K.S., Alkharki L. Femtosecond laser phacoemulsification of overmature cataract. *Ophthalmology.* 2020; 17 (3s): 592–6 (In Russ.)]. doi: 10.18008/1816-5095-2020-3S-592-596
71. Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г., Окунева М.В., Булатов А.Р. Оптимизация энергетических параметров фемтолазерной передней капсулотомии в хирургии набухающих перезрелых катаракт. *Вестник волгоградского государственного медицинского университета.* 2022; 4: 57–62. [Tereshchenko A.V., Trifanenkova I.G., Okuneva M.V., Bulatov A.R. Optimization of energy parameters of femtosecond laser anterior capsulotomy in surgery of swelling hypermature cataracts. *Bulletin of the Volgograd state medical university.* 2022; 4: 57–62 (In Russ.)]. doi: 10.19163/1994-9480-2022-19-4-57-62
72. Булатов А.Р., Трифаненкова И.Г., Терещенко А.В., Окунева М.В. Сравнительная оценка качества фемтолазерного сопровождения при различных iOCT-типах перезрелой катаракты. *Современные технологии в офтальмологии.* 2024; 4 (2): 247–8. [Bulatov A.R., Trifanenkova I.G., Tereshchenko A.V., Okuneva M.V. Comparative assessment of the quality of femtosecond laser accompaniment for various iOCT types of overmature cataract. *Modern technologies in ophthalmology.* 2024; 4 (2): 247–8 (In Russ.)]. doi: 10.25276/2312-4911-2024-4-247-248

73. Трифаненкова И.Г., Терещенко А.В., Булатов А.Р., Окунева М.В. Сравнительная оценка качества фемтолазерного сопровождения хирургии перезрелой катаракты при ее различных типах по данным интраоперационной оптической когерентной томографии. *Вестник волгоградского государственного медицинского университета*. 2024; 21: 72–7. [Trifanenkova I.G.,

Tereshchenko A.V., Bulatov A.R., Okuneva M.V. Comparative assessment of the quality of femtosecond laser support in surgery of hypermature cataracts of its various types according to intraoperative optical coherence tomography data. *Bulletin of the Volgograd state medical university*. 2024; 21: 72–7 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2024-21-1-72-77>

**Вклад авторов в работу:** И.Г. Трифаненкова, А.М. Иванов — редактирование обзора; А.В. Терещенко — концепция и дизайн обзора; Ю.Д. Булатова — сбор и обработка литературы; А.Р. Булатов — написание обзора.

**Author's contribution:** I.G. Trifanenkova, A.M. Ivanov — editing of the review; A.V. Tereshchenko — concept and design of the review; Y.D. Bulatova — literature collection and processing; A.R. Bulatov — writing of the review.

*Поступила: 15.07.2025. Переработана: 18.08.2025. Принята к печати: 28.08.2025*

*Originally received: 15.07.2025. Final revision: 18.08.2025. Accepted: 28.08.2025*

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

<sup>1</sup> Калужский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, ул. Святослава Федорова, д. 5, Калуга, 248007, Россия

<sup>2</sup> Медицинский институт ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского», ул. С. Разина, д. 26, Калуга, 248023, Россия

**Ирина Георгиевна Трифаненкова** — д-р мед. наук, заместитель директора по научной работе<sup>1</sup>, профессор кафедры хирургии<sup>2</sup>, ORCID 0000-0001-9202-5181

**Александр Владимирович Терещенко** — д-р мед. наук, профессор кафедры<sup>2</sup>, ORCID 0000-0002-0840-2675

**Амир Равильевич Булатов** — врач-офтальмолог<sup>1</sup>, ORCID 0000-0003-0794-295X

**Александр Михайлович Иванов** — канд. мед. наук, и.о. директора филиала<sup>1</sup>, ORCID 0000-0002-2616-8114

**Юлия Дмитриевна Булатова** — врач-офтальмолог<sup>1</sup>, ORCID 0000-0003-0579-0366

**Для контактов:** Ирина Георгиевна Трифаненкова,  
ryzhova.ja@kf-mntk.ru

<sup>1</sup> S. Fyodorov Eye Microsurgery Center, Kaluga Branch, 5, Svyatoslav Fedorov St., Kaluga, 248007, Russia

<sup>2</sup> Medical Institute, K.E. Tsiolkovsky Kaluga State University, 26, Stepan Razin St., Kaluga, 248023 Russia

**Irina G. Trifanenkova** — Dr. of Med. Sci., deputy director<sup>1</sup>, professor of chair of the surgery<sup>2</sup>, ORCID 0000-0001-9202-5181

**Aleksandr V. Tereshchenko** — Dr. of Med. Sci., professor of chair of the surgery<sup>2</sup>, ORCID 0000-0002-0840-2675

**Amir R. Bulatov** — ophthalmologist<sup>1</sup>, ORCID 0000-0003-0794-295X

**Alexander M. Ivanov** — Cand. of Med. Sci., acting branch director<sup>1</sup>, ORCID 0000-0002-2616-8114

**Yulia D. Bulatova** — ophthalmologist<sup>1</sup>, ORCID 0000-0003-0579-0366

**For contacts:** Irina G. Trifanenkova,  
ryzhova.ja@kf-mntk.ru