

## ГЛАЗНЫЕ БОЛЕЗНИ (14.01.07)

УДК 617.74.741-004.1

DOI: 10.17816/2075-2354.2018.18.145-152

### ЧАСТОТА, ПРИЧИНЫ, ПАТОГЕНЕЗ, ФОРМЫ, КЛАССИФИКАЦИИ И КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ВТОРИЧНОЙ КАТАРАКТЫ

**Ю.В. Банцыкина<sup>1</sup>, И.В. Малов<sup>1,3</sup>, Е.Б. Ерошевская<sup>1,2</sup>, В.М. Малов<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России;

<sup>2</sup> ГБУЗ «Самарская областная клиническая офтальмологическая больница имени Т.И. Ерошевского»;

<sup>3</sup> ГБУЗ «Самарская областная клиническая больница имени В.Д. Середавина»

Для цитирования: Банцыкина Ю.В., Малов И.В., Ерошевская Е.Б., Малов В.М. Частота, причины, патогенез, формы, классификации и клинические проявления вторичной катаракты // Аспирантский вестник Поволжья. – 2018. – № 1–2. – С. 145–152. doi: 10.17816/2075-2354.2018.18.145-152

Поступила в редакцию: 10.11.2017

Принята к печати: 16.02.2018

■ В статье приведены современные данные о частоте, причинах, патогенезе и видах помутнения задней капсулы хрусталика в отдаленном периоде после операции по удалению катаракты. Представлены классификации, клинические проявления вторичной катаракты.

■ **Ключевые слова:** помутнение задней капсулы хрусталика, вторичная катаракта, классификация вторичной катаракты.

### FREQUENCY, CAUSES, PATHOGENESIS, TYPES, CLASSIFICATIONS, AND CLINICAL MANIFESTATIONS OF A SECONDARY CATARACT

**Yu.V. Bantcykina<sup>1</sup>, I.V. Malov<sup>1,3</sup>, E.B. Eroshevskaya<sup>1,2</sup>, V.M. Malov<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Samara State Medical University;

<sup>2</sup> Samara Regional Ophthalmological Clinical Hospital n.a. T.I. Eroshevsky;

<sup>3</sup> Samara Regional Clinical Hospital n.a. V.D. Seredavin

For citation: Bantcykina YuV, Malov IV, Eroshevskaya EB, Malov VM. Frequency, causes, pathogenesis, types, classifications, and clinical manifestations of a secondary cataract. *Aspirantskiy Vestnik Povolzhiya*. 2018;(1-2):145-152. doi: 10.17816/2075-2354.2018.18.145-152

Received: 10.11.2017

Accepted: 16.02.2018

■ The article contains current data about the frequency, causes, pathogenesis, and types of opacification of the posterior capsule of the lens in the long-term period after cataract removal operation. In addition, this article contains information about classifications and clinical manifestations of secondary cataract.

■ **Keywords:** posterior capsule opacification, secondary cataract, classification of secondary cataract.

## Введение

Единственным эффективным методом лечения катаракты является хирургическое удаление мутного хрусталика, в настоящее время — факоэмульсификация, и замена его искусственной интраокулярной линзой (ИОЛ). Под передней капсулой располагается эпителий хрусталика, он распространяется до экваториальной зоны, которая является зоной

роста, где на протяжении всей жизни идет образование волокон хрусталика. Во время операции сохраняется неповрежденной задняя капсула и периферическая часть передней капсулы для имплантации ИОЛ. Вместе с остатками передней капсулы сохраняются и эпителиальные клетки хрусталика, которые имеют потенциал для продукции новых хрусталиковых волокон. Процесс пролиферации



остаточных клеток эпителия хрусталика вызывает помутнение, которое именуется помутнением задней капсулы хрусталика (ПЗК). Таким образом, ПЗК является физиологическим послеоперационным последствием неосложненной экстракапсулярной хирургии катаракты [23, 38]. В случае локализации помутнений в области зрачка возникают уменьшение прозрачности в оптической зоне и снижение остроты зрения, что ухудшает качество жизни пациентов [3, 5, 8]. Поскольку симптоматика помутнения задней капсулы схожа с проявлениями первичного заболевания (катаракты), такое осложнение получило название «вторичная катаракта» [1, 3, 8].

**Цель исследования** — сформировать современное представление о развитии помутнения задней капсулы хрусталика, возникающего после хирургического удаления катаракты.

### Задачи исследования

1. Провести анализ современных данных о частоте, причинах, патогенезе и сроках появления отдаленного осложнения хирургического лечения катаракты — помутнения задней капсулы хрусталика, то есть развития вторичной катаракты.
2. Представить обзор современных классификаций вторичной катаракты и проанализировать клинические проявления послеоперационного помутнения капсулы хрусталика согласно данным классификациям.

### Результаты и их обсуждение

Помутнение задней капсулы, т. е. развитие вторичной катаракты после операции по удалению мутного хрусталика, является достаточно частым осложнением отдаленного послеоперационного периода: у взрослых оно отмечается в 10–87 % случаев, у детей, в связи с большей регенераторной активностью эпителиальных клеток, — в 30–100 % случаев [1–3, 5, 8, 23, 44, 45]. Для достоверной оценки развития оптически значимой вторичной катаракты срок наблюдения после фактоэмульсификации с ИОЛ должен составлять не менее 5,5 года [15].

ПЗК снижает остроту зрения и контрастную чувствительность, когда задействована центральная область задней капсулы диаметром 3,0 мм (внутри зрачковой апертуры) [23].

Формирование вторичной катаракты обусловлено тремя основными процессами: пролиферацией, метаплазией и миграцией эпите-

лиальных клеток хрусталика, которые, даже при тщательной аспирации, всегда остаются в экваториальной зоне капсульного мешка и сохраняют пролиферативную активность всю жизнь [9, 17, 19].

Распространение остаточных эпителиальных клеток хрусталика является самым высоким через 3–4 дня после операции [26]. Точная причина, которая ведет к распространению этих клеток и последующему развитию ПЗК, неизвестна. Существует мнение, что удаление вещества хрусталика во время хирургии катаракты изменяет местную среду, вызывая распространение эпителиальных клеток [33]. Оставшиеся клетки коры хрусталика могут также способствовать распространению ПЗК. Помимо эпителиальных клеток хрусталика (ЭКХ), меланоциты радужки и клетки крови, высвобождаемые вследствие нарушения гематоофтальмического барьера, также могут способствовать начальной пролиферации клеток [33]. Этот воспалительный ответ может усугубляться наличием инородного тела, то есть ИОЛ. Реакция ЭКХ в капсульном мешке хрусталика обеспечивается аутокринными или паракринными системами [43]. В аутокринной системе остаточные ЭКХ сами выделяют различные цитокины, которые контролируют развитие ПЗК [33]. Различные цитокины, включая фактор роста фибробластов (FGF), фактор роста тромбоцитов (PDGF), фактор роста гепатоцитов (HGF), фактор эпидермального роста (EGF), инсулиноподобный фактор роста (IGF), трансформирующий фактор роста  $\beta$  (TGF $\beta$ ) интерлейкин 1 и 6, показали, что регулируют ЭКХ *in vitro*, но мало что известно об их эффектах *in vivo*, которые приводят к ПЗК [43]. Основной FGF (bFGF) в водянистой влаге глаза кроликов увеличивается после операции и стимулирует пролиферацию ЭКХ [33]. Концентрация TGF $\beta$  в водянистой влаге глаза кроликов уменьшается после операции и возвращается к предоперационному уровню примерно через 30 дней [33]. TGF $\beta$  индуцирует эпителиальный мезенхимальный переход (EMT) ЭКХ и приводит к получению внеклеточного матрикса [21]. По-видимому, начальное падение TGF $\beta$  позволяет пролиферировать ЭКХ из-за действия bFGF и других факторов роста [27, 43]. У детей более высокая плотность ЭКХ и большее количество митотически активных клеток приводят к более высокому потенциалу роста [33, 42].

Миграция ЭКХ в сторону задней капсулы и их последующее прикрепление к задней капсуле облегчается различными молекулами клеточной адгезии, присутствующими в капсульном мешке. Эти молекулы включают в себя



различные субъединицы интегрин [24, 28], молекулы клеточной адгезии (CAM) [39] и гиалуроновый рецептор CD 44 [33]. Gly-Arg-Gly-Asp-Ser-Pro (GRGDSP) RGD-пептид ингибирует прикрепление клеток и миграцию на ламинин и фибронектин, которые имеют последовательности пептидов Arg-Gly-Asp (RGD) [29]. Матричные металлопротеиназы (MMP), которые являются группой протеолитических ферментов, необходимы для миграции клеток и клеточного опосредованного сокращения после заживления ран [33].

У ЭКХ есть два варианта дифференцировки — обычная и аномальная. Обычная заранее спланированная дифференцировка ЭКХ приводит к образованию жемчужно-подобных структур на задней капсуле, известной как шары Адамюка – Эльшнига [19]. Шары довольно подвижны, имеют способность к реорганизации и даже могут исчезнуть с течением времени. Они имеют гомогенно гранулированную цитоплазму с пикнотическими ядрами или без ядер и не экспрессируют  $\alpha$ SMA [33]. Считается, что ЭКХ экваториальной зоны имеют более сильную тенденцию к образованию этих клеток по сравнению с ЭКХ передней капсулы.

Аномальная дифференцировка ЭКХ происходит в форме эпителиального мезенхимального перехода (EMT). TGFbeta индуцирует EMT ЭКХ и FGF способствует выживанию клеток, пораженных TGFbeta (70). EMT ЭКХ приводит к образованию клеток миофибробластов — положительных для  $\alpha$ SMA (71). Появление  $\alpha$ SMA дает сократительные свойства клетки, вызывает появление морщин на задней капсуле и образует волокнистую форму ПЗК. Миофибробласты также секретируют различные типы белков ЕСМ, таких как фибронектин, коллаген I типа, коллагеновый тип III, хондроитинсульфат, дерматансульфат и кератинсульфат [33].

Эпителиальные хрусталиковые клетки условно делят на два вида: А-клетки и Е-клетки [1, 3, 11]. Эти два вида клеток являются причиной развития соответственно двух форм вторичной катаракты — фиброзной и формы в виде шаров «Адамюка – Эльшнига». А-клетки расположены монослоем на передней капсуле хрусталика, они накапливают коллаген и имеют способность к миофибробластной метаплазии. Вследствие сократительной способности А-клеток могут происходить сморщивание и фиброз передней капсулы хрусталика, что может привести, в свою очередь, к фимозу кольца капсулорексиса [10, 21] и децентрации заднекамерной линзы (ЗКЛ). В случае миграции А-клеток на заднюю кап-

сулу, может развиваться помутнение и фиброз задней капсулы хрусталика. У детей помутнение выражается в виде фиброза в 67,9 % случаев и выявляется уже в ранние сроки после операции (спустя 2–4 недели), с тенденцией к неуклонному прогрессированию вплоть до III степени [13]. Эпителиальные экваториальные Е-клетки после хирургической травмы становятся активными и начинают пролиферировать, происходит их глобулизация и формирование «жемчужин» Адамюка-Эльшнига [1, 11].

Существуют различные классификации помутнений задней капсулы. Формы помутнений передней капсулы хрусталика делятся на: помутнение передней капсулы, помутнение задней капсулы (фиброз, шары Адамюка – Эльшнига, смешанная форма) и другие формы (помутнение между двумя ИОЛ, линейное помутнение по ходу экватора).

1. Помутнение передней капсулы (ППК) хрусталика проявляется с первого по шестой месяц после операции [33]. Некоторые исследования показывают, что материал и конструкция ИОЛ имеют значение при прогнозе образования ППК [30]. Повышенную частоту фимоза капсулорексиса отмечают после имплантации силиконовых ИОЛ с острыми оптическими краями, самую низкую частоту — с акриловыми ИОЛ [33]. Частота ППК и развитие фимоза более вероятны у пациентов с пигментным ретинитом и у пациентов с диабетом [33].

Сокращение кольца капсулорексиса может быть помехой при обследовании периферической части глазного дна. Сокращение ППК имеет важное значение, потому что может привести к децентрализации ИОЛ. При использовании мультифокальных ИОЛ чрезвычайно важно поддерживать хорошее центрирование для достижения хорошего результата [33].

2. Помутнение задней капсулы, называемое «вторичной катарактой», развивается на поверхности прозрачной задней капсулы через несколько месяцев или нескольких лет после неосложненной хирургии катаракты. ПЗК является результатом роста и аномальной пролиферации эпителиальных клеток хрусталика на капсуле после операции по удалению катаракты. Эти клетки мигрируют на заднюю капсулу и вызывают снижение зрения.

Помутнение задней капсулы хрусталика имеет две формы: фиброзную и в виде шаров (жемчужин) Адамюка – Эльшнига. Иногда также обнаруживается комбинация обеих форм. Считается, что эпителиальные хрусталиковые клетки, которые находятся на передней капсуле, ответственны за фиброз-



ную форму ПЗК. Гистологическое исследование фиброза задней капсулы показывает скопление внеклеточного матрикса и наличие удлинённых фибробластных клеток, положительных к виментину и альфа-актину гладких мышц [33]. Эпителиальные клетки хрусталика, выстилающие предэкваториальную зону, ответственны за образование шаров (жемчужин) Адамюка – Эльшнига. При офтальмоскопии можно наблюдать скопления набухших, непрозрачных дифференцированных эпителиальных клеток хрусталика, называемых шарами Адамюка – Эльшнига или клетками Ведла (Wedl cells) [33].

### 3. Другие формы.

Помутнение между линзами развивается после операции по удалению катаракты между двумя интраокулярными линзами (ИОЛ), по-

мещенными в капсульный мешок. Линейное ПЗК вдоль экватора также может быть отмечено. Кажется, что эти полоски создают канал, который позволяет эпителиальным клеткам обходить барьер, созданный квадратным дизайном края ИОЛ, и мигрировать на заднюю капсулу [33]. Это может вызвать снижение зрения у некоторых пациентов.

В классификации С.Н. Федорова и Э.В. Егоровой помутнения задней капсулы хрусталика делятся по локализации и морфологии, по диагностическому снижению яркости рефлекса с глазного дна и ухудшению качества зрения пациентов [7, 12, 16, 18, 20, 22] (таблица 1).

Известна также классификация помутнений задней капсулы хрусталика по К. Wilhelmus (таблица 2) [12].

Таблица 1 / Table 1

#### Классификация помутнений задней капсулы хрусталика по С.Н. Федорову и Э.В. Егоровой Classification of opacification of the posterior capsule of the lens according to S.N. Fedorov and E.V. Egorova

Степени помутнения	Изменения задней капсулы хрусталика	Изменения рефлекса с глазного дна
I степень	На капсуле помутнения имеют серовато-белую структуру, в ней определяются единичные неоднородные уплотнения	Помутнения не снижают или слегка снижают яркость красного рефлекса и четко видимы при коаксиальном освещении микроскопа
II степень	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Большое количество неоднородных, белых, линейных, хаотично расположенных помутнений;</li> <li>• Единичные гомогенно-белые напластования округлой, звездчатой или неправильной формы</li> </ul>	Помутнения снижают яркость красного рефлекса
III степень	Помутнения обширны, как правило, расположены в оптической зоне, т. е. в зоне зрачка, и напоминают соединительнотканые шварты	Красный рефлекс с глазного дна при данных помутнениях резко снижается или полностью пропадает

Таблица 2 / Table 2

#### Классификация помутнений задней капсулы хрусталика по К. Wilhelmus Classification of opacification of posterior capsular lens by K. Wilhelmus

Степень помутнения	Изменения на задней капсуле хрусталика
Нулевая	Задняя капсула хрусталика прозрачная
Первая	Единичные локально-точечные помутнения на задней капсуле хрусталика
Вторая	Плотные волокнистые мембраны, расположенные периферийно от центральной оптической зоны и не влияющие на остроту зрения
Третья	Плотные волокнистые мембраны, экранирующие до 50 % центральной оптической зоны и существенно влияющие на остроту зрения
Четвертая	Плотные волокнистые мембраны, экранирующие более 50 % центральной оптической зоны и вызывающие значительное снижение остроты зрения



Помутнения I степени в большинстве случаев не оказывают выраженного влияния на остроту зрения оперированного глаза и могут стабилизироваться через некоторое время после операции, однако могут проявляться и снижением контрастной чувствительности, приводить к аномальным световым явлениям при чтении, вождении автомобиля в сумерках [4, 6, 13, 14, 17]. Более выраженные помутнения II, III степени проявляются прогрессирующим снижением остроты зрения через некоторое время после операции, жалобами пациента на нечеткость, искажение, двоение изображения при взгляде и одним и двумя глазами. Пациент говорит, что он смотрит будто «через целлофановый пакет», «туман», «дымку»; данные жалобы не корректируются при помощи оптики [4, 6, 17]. Стойкое снижение прозрачности задней капсулы глаза у детей может привести к обскуриционной амблиопии [13]. При II, III степени помутнения целесообразно проводить хирургическое лечение [4, 6, 14, 17].

Факторы риска образования помутнения задней капсулы хрусталика делятся на системные и местные. Обзор клинических случаев с целью оценки факторов риска ПЗК показал отсутствие корреляции между ПЗК и возрастом, полом и длиной оси глаза. При однолетнем наблюдении пациенты с диабетом имели значительно более тяжелую степень ПЗК после операции по удалению катаракты по сравнению с пациентами, не страдающими диабетом. Однако среди пациентов с сахарным диабетом стадия диабетической ретинопатии и системный статус диабета не коррелировали со степенью ПЗК. Было отмечено, что пациенты с близорукостью имели повышенный риск развития помутнения задней капсулы хрусталика, вероятно, потому, что хирургия катаракты и имплантация ИОЛ проводилась у них чаще в более позднем периоде заболевания. Однако исследование миопичных глаз с имплантированными ИОЛ не выявило связи между степенями близорукости и степенью ПЗК. Частота ПЗК также высока у пациентов с хроническим увеитом [33]. У них гидрофобные акриловые ИОЛ показали лучший результат по остроте зрения и более низкую частоту ПЗК, чем силиконовые, ПММК (полиметилметакрилат) или модифицированные гепарином ПММК-интраокулярные линзы. Пациентам с миотонической дистрофией потребовалось несколько капсулотомий после операции по удалению катаракты. Аналогичным образом пациенты с пигментным ретинитом имеют значительно более высокую заболеваемость

и плотность ПЗК [33]. При травматической катаракте заболеваемость ПЗК значительно выше и, как было показано, достигает 92 % при трехлетнем наблюдении [33].

### Заключение

Анализ рассмотренных данных показал, что частота развития помутнения задней капсулы очень высока (по некоторым данным — вплоть до 100 %). В этой связи мы пришли к выводу, что данное осложнение может являться физиологическим послеоперационным процессом.

Период наблюдения за пациентами после удаления катаракты с целью выявления этого осложнения должен составлять не менее 5,5 года.

Поиск причин, а также системных и местных факторов риска развития данного состояния продолжается.

Развитие помутнения задней капсулы хрусталика — важная социальная и офтальмологическая проблема, нуждающаяся в решении задач по своевременной диагностике и выбору соответствующего метода лечения [13].

*Конфликт интересов отсутствует.*

### Список литературы

1. Белый Ю.А., Терещенко А.В., Федотова М.В. Профилактика помутнений задней капсулы хрусталика после хирургии катаракты. Обзор // Рефракционная хирургия и офтальмология. — 2009. — Т. 9. — № 3. — С. 154. [Belyu YuA, Tereshchenko AV, Fedotova MV. The prevention of posterior capsule opacification after cataract surgery. Review. *Refractive Surgery and Ophthalmology*. 2009;9(3):154. (In Russ.)]
2. Бикбов М.М., Бикбулатова А.А. К вопросу об оптимальной технике проведения первичного заднего капсулорексиса / Материалы научно-практической конференции «Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии». — М., 2008. — С. 21–26. [Bikbov MM, Bikbulatova A.A. K voprosu ob optimal'noj tehnikе provedeniya pervichnogo zadnego kapsuloreksisa. Materials of Research and Practice Conference "Modern Technologies of Cataract and Refractive Surgery". Moscow; 2008. P. 21-26. (In Russ.)]
3. Егорова Э.В., Иошин И.Э., Касимова Д.П. Новые технологии в профилактике помутнения задней капсулы при экстракции осложненной катаракты с имплантацией ИОЛ / Материалы научно-практической конференции «Современные технологии хирургии катаракты». — М., 2002. — С. 84–89. [Egorova JeV, Ioshin IJe, Kasimova DP. Novye tehnologii v profilaktike pomutneniya zadnej kapsuly pri jek-



- strakkii oslozhnennoj katarakty s implantaciej IOL. Materials of Research and Practice Conference "Modern technologies of Cataract Surgery". Moscow; 2002. P. 84-89. (In Russ.)]
4. Егорова Э.В., Иошин И.Э., Толчинская А.И., Касимова Д.П. Задний капсулорексис в профилактике помутнений задней капсулы хрусталика // Офтальмохирургия. – 2002. – № 4. – С. 11–13. [Egorova JeV, Ioshin IJe, Tolchinskaja AI, Kasimova DP. Zadnij kapsuloreksis v profilaktike pomutnenij zadnej kapsuly hrustalika. *Ophthalmosurgery*. 2002;(4):11-13. (In Russ.)]
  5. Жиров А.Л., Коленко О.В., Сорокин Е.Л. Изучение частоты, сроков и клинико-морфологических особенностей формирования помутнений задней капсулы хрусталика при различных моделях имплантируемой ИОЛ / Материалы научно-практической конференции «Новые технологии в диагностике и лечении заболеваний органа зрения». – Хабаровск, 2008. – С. 161–169. [Zhirov AL, Kolenko OV, Sorokin EL. Izuchenie chastoty, srokov i kliniko-morfologicheskikh osobennostej formirovaniya pomutnenij zadnej kapsuly hrustalika pri razlichnyh modeljah implantiruemoj IOL. [Materials of Research and Practice Conference "New Technologies in the Diagnosis and Treatment of the Organs of Vision". Habarovsk; 2008. P. 161-169. (In Russ.)]
  6. Йехиа М.С. Мостафа., Хода М.Х. Мостафа. Новая техника выполнения первичного заднего капсулорексиса // Офтальмохирургия. – 2005. – № 2. – С. 15–17. [Jehia MS Mostafa, Hoda MH Mostafa. Novaja tehnika vypolnenija pervichnogo zadnego kapsuloreksisa. *Ophthalmosurgery*. 2005;(2):15-17. (In Russ.)]
  7. Касимова Д.П. Разработка методов хирургической профилактики помутнений задней капсулы хрусталика: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2001. – 24 с. [Kasimova DP. Razrabotka metodov hirurgicheskoy profilaktiki pomutnenij zadnej kapsuly hrustalika. [dissertation] Moscow; 2001. 24 p. (In Russ.)]
  8. Коленко О.В., Пшеничных М.В., Кравченко И.З., и др. Изучение частоты, характера и сроков формирования помутнения задней капсулы хрусталика после экстракции катаракты методом факоэмульсификации / Материалы междунар. конгресса «Доказательная медицина – основа современного здравоохранения». – Хабаровск: Ред.-изд. центр ИПКСЗ, 2011. – С. 94–96. [Kolenko OV, Pshenichnov MV, Kravchenko IZ, et al. Izuchenie chastoty, haraktera i srokov formirovaniya pomutnenija zadnej kapsuly hrustalika posle jekstrakkii katarakty metodom fakojemul'sifikacii. Materials of scientific-practical conference "Evidence based medicine: the basis of modern public health. Congress". Habarovsk: Red.-izd. centr IPKSZ; 2011. P. 94-96. (In Russ.)]
  9. Малюгин Б.Э. Медико-технологическая система хирургической реабилитации пациентов с катарактой на основе ультразвуковой факоэмульсификации и имплантации интраокулярной линзы: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2002. – 48 с. [Maljugin BJe. Mediko-tehnologicheskaja sistema hirurgicheskoy reabilitacii pacientov s kataraktoj na osnove ul'trazvukovoj fakojemul'sifikacii i implantacii intraokuljarnoj linzy. [dissertation] Moscow; 2002. 298 p. (In Russ.)]
  10. Малов В.М., Малов И.В., Ерошевская Е.Б., Банцыкина Ю.В. Фимоз кольца капсулорексиса // Точка зрения. Восток-Запад. – М.: Офтальмология. – 2016. – № 3. – С. 40–41. [Malov VM, Malov IV, Eroshevskaja EB, Bancykina JuV. Fimoz kol'ca kapsuloreksisa. Tochka zrenija. Vostok-Zapad. Moscow: Oftal'mologija. 2016;(3):40-41. (In Russ.)]
  11. Нероев В.В., Гундорова Р.А., Антонюк С.В., и др. Роль современных знаний эмбриогенеза, индукции и анатомии капсулы хрусталика в профилактике вторичной катаракты // Офтальмология. – 2007. – № 2 (3). – С. 25–31. [Neroev VV, Gundorova RA, Antonjuk SV, et al. Rol' sovremennyh znaniy jembrionogeneza, indukcii i anatomii kapsuly hrustalika v profilaktike vtorichnoj katarakty. *Ophthalmology*. 2007;(2(3)):25-31. (In Russ.)]
  12. Николашин С.И., Яблоков М.М. Первичный задний капсулорексис. Обзор литературы // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. – 2016. – Т. 21. – № 1. – С. 194–198. [Nikolashin SI, Jablovok MM. The primary posterior capsulorhexis. Literary review. *Tambov University Reports. Series Natural and Technical Sciences*. 2016;21(1):194-198. (In Russ.)]
  13. Терещенко Ю.А., Мащенко Н.В., Сорокин Е.Л. Особенности выполнения хирургии вторичной катаракты на артифактичных глазах у детей // Современные технологии в офтальмологии. – 2016. – № 3. – С. 239–242. [Tereshhenko JuA, Mashhenko NV, Sorokin EL. Osobennosti vypolnenija hirurgii vtorichnoj katarakty na artifakichnyh glazah u detej. *Modern Technologies in Ophthalmology*. 2016;(3):239-242. (In Russ.)]
  14. Рамазанова А.М. Комплексная система профилактики и лечения помутнения задней капсулы хрусталика после факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2006. – 24 с. [Ramazanova AM. Kompleksnaja sistema profilaktiki i lechenija pomutnenija zadnej kapsuly hrustalika posle fakojemul'sifikacii s implantaciej IOL. [dissertation] Moscow; 2006. 24 p. (In Russ.)]
  15. Фабрикантов О.Л., Шутова С.В., Арясов А.С., Гойдин А.П., и др. Вероятность развития вторичной катаракты после факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ // Офтальмохирургия. – 2015. – № 3. – С. 6–12. [Fabrikantov OL, Shutova SV, Arjasov AS, Goydin AP. The probability of secondary cataract development followed phacoemulsification with IOL implantation. *Fedorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2015;(3):6-12. (In Russ.). doi: <http://dx.doi.org/10.25276/0235-4160-2015-3-6-12>.



16. Федоров С.Н., Егорова Э.В. Ошибки и осложнения при имплантации искусственного хрусталика. – М., 1992. – 224 с. [Fedorov SN, Egorova JeV. Oshibki i oslozhneniya pri implantacii iskusstvennogo hrustalika. Moscow; 1992. 224 s. (In Russ.)]
17. Boyce JF, Bhermi GS, Spalton DJ, El-Osta AR. Mathematical modeling of the forces between an intraocular lens and the capsule. *J Cataract Refract Surg.* 2002;28(10):1853–1859.
18. Buehl W, Sacu S, Findl O. Association between intensity of posterior capsule opacification and visual acuity. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31(3):543-547. doi: 10.1016/j.jcrs.2004.05.060.
19. Ernest PH. Posterior capsule opacification and neodymium: YAG capsulotomy rates with AcrySof acrylic and PhacoFlex II silicone intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29(8):1546-1550.
20. Casprini F, Balestrazzi A, Tosi GM, et al. Optical aberrations in pseudophakic eyes after 2.5-mm Nd:YAG laser capsulotomy for posterior capsule opacification. *J Refract Surg.* 2008;24(7):702-706.
21. de longh RU, Wederell E, Lovicu FJ, McAvoy JW. Transforming growth factor-beta-induced epithelial-mesenchymal transition in the lens: a model for cataract formation. *Cells Tissues Organs.* 2005;179(1-2):43-55.
22. Dholakia SA, Vasavada AR. Intraoperative performance and longterm outcome of phacoemulsification in age-related cataract. *Indian J Ophthalmol.* 2004;52(4):311-317.
23. Joshi R, Hussain M. Long-term results of trypan blue dye irrigation in the capsular bag to prevent posterior capsule opacification: A randomized trial. *Indian J Ophthalmol.* 2017;65(12):1440-1444. doi: 10.4103/ijo.IJO\_454\_17.
24. Mathew MR, McLean SM, Murray SB, et al. Expression of CD18, CD49b, CD49c and CD49e on lens anterior capsules in human cataracts. *Eye (Lond).* 2003;17(4):473-477. doi: 10.1038/sj.eye.6700380.
25. McCarty CA, Taylor HR. A review of the epidemiologic evidence linking ultraviolet radiation and cataracts. *Dev Ophthalmol.* 2002;35:21-31.
26. McDonnell PJ, Patel A, Green WR. Comparison of intracapsular and extracapsular cataract surgery. Histopathologic study of eyes obtained postmortem. *Ophthalmology.* 1985;92(9):1208-1225.
27. Meacock WR, Spalton DJ, Stanford MR. Role of cytokines in the pathogenesis of posterior capsule opacification. *Br J Ophthalmol.* 2000;84(3):332-336. doi: 10.1136/bjo.84.3.332.
28. Nishi O, Nishi K, Mano C, Ichihara M, et al. Inhibition of migrating lens epithelial cells by blocking the adhesion molecule integrin: a preliminary report. *J Cataract Refract Surg.* 1997;23(6):860-865.
29. Oharazawa H, Ibaraki N, Ohara K, Reddy VN. Inhibitory effects of Arg-Gly-Asp (RGD) peptide on cell attachment and migration in a human lens epithelial cell line. *Ophthalmic Res.* 2005;37(4):191-196. doi: 10.1159/000086595.
30. Sacu S, Menapace R, Buehl W, et al. Effect of intraocular lens optic edge design and material on fibrotic capsule opacification and capsulorhexis contraction. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30(9):1875-1882. doi: 10.1016/j.jcrs.2004.01.042.
31. Schmidbauer JM, Vargas LG, Apple DJ, et al. Evaluation of neodymium: yttrium-aluminum-garnet capsulotomies in eyes implanted with AcrySof intraocular lenses. *Ophthalmology.* 2002;109(8):1421-1426.
32. Steinert RF, Puliafito CA, Kumar SR, et al. Cystoid macular edema, retinal detachment, and glaucoma after ND: YAG laser posterior capsulotomy. *Am J Ophthalmol.* 1991;112(4):373-380.
33. Shetal M Raj, Abhay R Vasavada, SR Kaid Johar, et al. Post-Operative Capsular Opacification: A Review. *Int J Biomed Sci.* 2007;3(4):237-250. PMID: PMC3614664.
34. Symonds JG, Lovicu FJ, Chamberlain CG. Posterior capsule opacification-like changes in rat lens explants cultured with TGFbeta and FGF: effects of cell coverage and regional differences. *Exp Eye Res.* 2006;82(4):693-699. doi: 10.1016/j.exer.2005.09.008.
35. Taylor HR, West SK, Rosenthal FS, et al. Effect of ultraviolet radiation on cataract formation. *N Engl J Med.* 1988;319(22):1429-1433. doi: 10.1056/NEJM198812013192201.
36. Thompson AM, Sachdev N, Wong T, et al. The Auckland Cataract Study: 2 year postoperative assessment of aspects of clinical, visual, corneal topographic and satisfaction outcomes. *Br J Ophthalmol.* 2004;88(8):1042-1048. doi: 10.1136/bjo.2003.032581.
37. Vargas LG, Escobar-Gomez M, Apple DJ, et al. Pharmacologic prevention of posterior capsule opacification: *in vitro* effects of preservative – free lidocaine 1% on lens epithelial cells. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29(8):1585-1592.
38. Vasavada AR, Chauhan H, Shah G. Incidence of posterior capsular plaque in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 1997;23(5):798-802.
39. Volk T, Geiger B. A-CAM: a 135-kD receptor of intercellular adherens junctions. I. Immunoelectron microscopic localization and biochemical studies. *J Cell Biol.* 1986;103(4):1441-1450.
40. Wallentin N, Wickstrom K, Lundberg C. Effect of cataract surgery on aqueous TGF-beta and lens epithelial cell proliferation. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1998;39(8):1410-1418.
41. Wong TT, Daniels JT, Crowston JG, Khaw PT. MMP inhibition prevents human lens epithelial cell migration and contraction of the lens capsule. *Br J Ophthalmol.* 2004;88(7):868-872. doi: 10.1136/bjo.2003.034629.
42. Wormstone IM, Liu CS, Rakic JM, et al. Human lens epithelial cell proliferation in a protein-free medium. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1997;38(2):396-404.
43. Wormstone IM. Posterior capsule opacification: a cell biological perspective. *Exp Eye Res.* 2002;74(3):337-347. doi: 10.1006/exer.2001.1153.

44. Zaczek A, Petrelius A, Zetterström C. Posterior continuous curvilinear capsulorhexis and postoperative inflammation. *J Cataract Refract Surg.* 1998;24(10):1339-1342.
45. Zhang H, Wang J. Visual Quality Assessment of Posterior Capsule Opacification Using Optical Quality Analysis System (OQAS). *J Ophthalmol.* 2017;2017:9852195. doi: 10.1155/2017/9852195. Epub 2017 Oct 3.

#### ■ Информация об авторах

*Юлия Владимировна Банцыкина* — аспирант кафедры глазных болезней ИПО ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: junessa91@mail.ru

*Игорь Владимирович Малов* — доктор медицинских наук, заведующий кафедрой глазных болезней ИПО ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: ivmsamara@gmail.com

*Елена Брониславовна Ерошевская* — доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: s\_maluhina@mail.ru

*Владимир Михайлович Малов* — доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: s\_maluhina@mail.ru

#### ■ Information about the authors

*Julia V. Bantcykina* — Postgraduate student of the Department of Eye Diseases, IPE, Samara State Medical University. E-mail: junessa91@mail.ru

*Igor V. Malov* — Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Eye Diseases, IPE, Samara State Medical University. E-mail: ivmsamara@gmail.com

*Elena B. Eroshevskaya* — Doctor of Medical Sciences, Professor of the Ophthalmology Department, Samara State Medical University. E-mail: s\_maluhina@mail.ru

*Vladimir M. Malov* — Doctor of Medical Sciences, Professor of the Ophthalmology Department, Samara State Medical University. E-mail: s\_maluhina@mail.ru