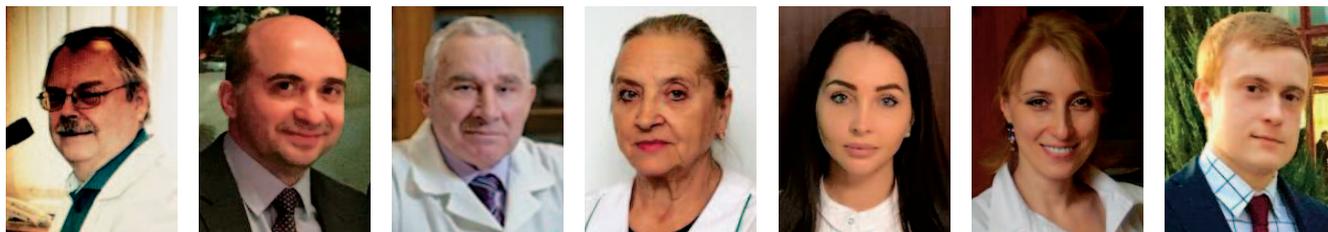


Морфологические варианты послеоперационного помутнения капсулы хрусталика в свете современной хирургии катаракты (рабочая классификация)



А.А. Федоров¹ А.А. Гамидов¹ В.Г. Моталов² Л.В. Комратова² Е.А. Аверкина¹ М.А. Кузнецова² Р.А. Гамидов²

¹ ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет)
ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119991, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2018;15(3):309-317

Цель: разработка рабочей классификации морфологических вариантов послеоперационного помутнения капсулы хрусталика после микроинвазивной хирургии катаракты. **Материал и методы.** Морфологическое исследование капсулы хрусталика (НХ) проведено на материале 4 искусственных аутопсийных глаз человека и послеоперационного образца (повторная операция) изолированной передней капсулы хрусталика пациента с переднекапсулярным контракционным синдромом. Образцы тканей исследовали методом полутонких срезов. **Результаты.** Анализ морфологической картины аутопсийных образцов НХ выявил полиморфизм вторичных катаракт (ВК). Кроме возможных «классических» форм ВК, обусловленных процессами фиброплазии или псевдорегенерации, выявлен новый вариант послеоперационного помутнения НХ, ранее не представленный в доступной литературе. Данный вариант помутнений назван был нами «гиалоподобной» формой ВК и характеризовался отсутствием четких границ НХ, изменением ее нормальной структуры, появлением в ней разволокнений и микрощелевидных пространств, что возможно, являлось следствием акустической кавитации, возникающей в результате ультразвукового воздействия. При этом НХ утрачивала свойственную для нее функцию матричной подложки, что делало невозможным миграцию и адекватную адгезию к ее измененной поверхности пролиферирующих фиброцеллюлярных структур, характерных для «классических» форм ВК. Результаты микроскопии изолированного образца передней НХ в области капсулотомического отверстия показали наличие объемной складчатой фиброзной ткани с рыхлой, микропористой структурой. Толщина такой видоизмененной ткани в 10 и более раз превышала размеры обычной передней НХ, что значительно сокращало диаметр капсулотомического отверстия. **Заключение.** Разнообразие послеоперационных помутнений НХ, подтвержденное результатами морфологических исследований, позволило предложить новую рабочую классификацию, в которую вошли все возможные морфологические варианты и этапы формирования вторичных патологических изменений капсулы хрусталика. Предложенная классификационная схема удобна для понимания и должна способствовать составлению правильного алгоритма при выборе оптимальной и безопасной технологии лазерного реконструктивного вмешательства.

Ключевые слова: помутнение капсулы хрусталика, морфология, классификация вторичных катаракт, переднекапсулярный контракционный синдром

Для цитирования: Федоров А.А., Гамидов А.А., Моталов В.Г., Комратова Л.В., Аверкина Е.А., Кузнецова М.А., Гамидов Р.А. Морфологические варианты послеоперационного помутнения капсулы хрусталика в свете современной хирургии катаракты (рабочая классификация). *Офтальмология*. 2018;15(3):309-317. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2018-3-309-317>

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

Конфликт интересов отсутствует



Morphologic Versions of Postoperative Opacities of the Lens Capsule in Contemporary Cataract Surgery (Working Classification)

A.A. Fedorov¹, A.A. Gamidov¹, V.G. Motalov², L.V. Komratova², E.A. Averkina¹, M.A. Huznetsova², R.A. Gamidov²

¹ Research Institute of Eye Diseases
Rossolimo str., 11A, B, 119021, Moscow, Russian Federation

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
Trubetskaya str., 8/2, Moscow, 119991, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2018;15(3):309–317

Purpose: creation of working classification of morphologic variations of postoperative lens capsule opacity after Micro-Invasive cataract surgery. **Material and methods.** Morphologic study of the lens capsule (LC) has been conducted on 4 antipthakic cadaveric eyes. A specimen of an isolated anterior lens capsule, obtained during the repeated operation with changes characteristic for anterior capsular contraction syndrome has been studied too. The obtained specimens have been researched with the method of semithin sections. **Results.** The analysis of the morphologic cadaveric LC specimens revealed the polymorphism of secondary cataract (SC). Besides well known “classic” SC forms, which were caused by fibroplasias processes or pseudo-regeneration a new type of postoperative LC opacity not represented in the available literature before has been revealed. The given variant of opacities was called “pseudo-hyaloid” form and characterized by the absence of clear LC borders, changes of its normal structure, the appearance of loose fibrillar structure with microslit spaces and exfoliations, that possibly was the consequence of acoustic cavitation, arising in the result of ultrasonic effect. As a result the LC lost characteristic for it the role of the dense bed and made impossible adhesion and migration on its changed surface the proliferative fibrocellular elements characteristic for “classic” SC forms. The microscopy results of the isolated anterior LC specimen in the area of capsulotomic aperture showed the presence of altered abundant loose fibrillar tissue with microporous structure and expressed forming of folds. Making layers of fibrous tissue exceeded the thickness of the normal anterior LC in 10 and more times and considerably reduced the diameter of capsulotomic aperture. **Conclusion.** The variety of postoperative LC opacities confirmed by the results of morphologic studies afforded to suggest a new working classification in which all possible morphologic variants and the stages of the secondary pathologic changes forming of anterior LC. The suggested classification is convenient for the understanding and must promote to make a right algorithm in the choice of optimal and safe technology of laser reconstructive interventions.

Keywords: lens capsule opacity, morphology, classification of secondary cataract, anterior capsular contraction syndrome.

For citation: Fedorov A.A., Gamidov A.A., Motalov V.G., Komratova L.V., Averkina E.A., Huznetsova M.A., Gamidov R.A. Morphologic Versions of Postoperative Opacities of the Lens Capsule in Contemporary Cataract Surgery (Working Classification). *Ophthalmology in Russia*. 2018;15(3):309–317. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2018-3-309-317>

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

There is no conflict of interests

Успех в области разработки биоинертных материалов для имплантации и переход на современные микроинвазивные технологии хирургии катаракты (МХК) [1–4] позволил значительно (более чем на 50 %) сократить количество случаев послеоперационного помутнения капсулы хрусталика (КХ) [5]. Основой для подобных технологий является использование физических способов воздействия на хрусталик с применением ультразвукового излучения. Вопрос влияния ультразвука на развитие вторичного послеоперационного помутнения КХ является обсуждаемым. Вместе с тем, возможность формирования вторичных помутнений капсульной сумки хрусталика по-прежнему сохраняется. Связано это, в первую очередь, со способностью клеток хрусталикового эпителия к регенерации [6–8]. Накопленный нами за два десятилетия опыт работы (Гамидов А.А., Большунов А.В., 2008) с осложнениями после МХК также указывает на возможность развития пленчатых помутнений в области зрачка и формирования вторичной катаракты (ВК) с отличительными клиническими признаками

(гиалоподобная форма вторичной катаракты), ранее не представленными в литературе [9].

Развитие современных технологий хирургии катаракты подразумевает постепенный переход к непрерывному круговому капсулорексису и отказ от классического криволинейного рассечения передней капсулы хрусталика (ПКХ), которое, по мнению отдельных авторов, является одной из причин, способствующей развитию помутнений капсульной сумки, а в ряде случаев — переднекапсулярной контракции (фимозу ПКХ) [10, 11]. Результаты предварительной морфологической оценки КХ, получившие отражение в предыдущих исследованиях [12, 13], дают основание для включения ранее не учтенных вторичных помутнений в отдельные группы, не представленные до настоящего времени в существующих классификационных схемах ВК. На наш взгляд, понимание процессов, сопровождающихся различными послеоперационными вариациями помутнений КХ, прежде всего необходимо для составления безопасного алгоритма лазерного лечения, а именно, правильного

подбора его оптимальных энергетических параметров в соответствии с клинко-морфологической формой вторичных помутнений капсулы, их разной оптической плотностью и распространенностью.

Цель исследования: разработка рабочей классификации морфологических вариантов послеоперационного помутнения капсулы хрусталика после микроинвазивной хирургии катаракты.

Материал и методы. Морфологическое исследование проведено на 4 артификачных аутопсийных глазах человека. Для исследования были использованы образцы глаз, соответствующие следующим критериям: малый размер роговичного рубца (не более 3,0 мм), тип эксплантированного искусственного хрусталика — мягко-эластичная ИОЛ. Это указывало на то, что имело место состояние после ранее перенесенной МХК с наиболее вероятным использованием ультразвукового излучения. Средний возраст полученных аутопсийных образцов глаз человека составил 74 года.

Кроме аутопсийных глаз исследованию был подвергнут образец ПКХ диаметром до 3,0 мм с изменениями, характерными для переднекапсулярного контракционного синдрома (ПКС) или фимоза ПКХ. Изолированный образец ПКХ был получен во время повторного хирургического вмешательства. Известно, что у пациента с сахарным диабетом, ранее перенесшего комбинированное микрохирургическое вмешательство (МХК с имплантацией ИОЛ и витрэктомия), через 1 неделю после операции были выявлены признаки помутнения ПКХ, сопровождающиеся быстро прогрессирующим сокращением переднего капсулотомического отверстия (до 0,4–0,5 мм) с тенденцией к полной окклюзии. Последнее послужило основанием для проведения повторного хирургического вмешательства, во время которого и был получен образец ПКХ с фиброзными изменениями.

Аутопсийные глаза после предварительного иссечения роговицы погружали в 2,5%-ный охлажденный раствор глутаральдегида. Затем после промывки в фосфатном буфере осторожно извлекали ИОЛ, выделяли капсульный мешок либо фрагменты КХ, которые дополнительно фиксировали в 1%-ном растворе осмиевой кислоты. Таким же образом фиксировали изолированный образец ПКХ. Отмытые образцы обезвоживали в спиртах и ацетоне, заливали в эпон-аралдитовую смесь эпоксидных смол, выдерживая для полимеризации в термостате при температуре 60 °С. Полутонкие срезы толщиной 1 мкм готовили на ультратоме LKB-IV («LKB-Vromma», Швеция), после чего окрашивали полихромным красителем: метиленовым синим и основным функсином. Полученные гистологи-

ческие препараты исследовали с помощью метода полихромно окрашенных полутонких срезов на световом микроскопе Leica DM-2500 (Германия) с фоторегистрацией на цифровую фотокамеру Leica DFC320 (Германия). Анализ и цифровую обработку изображений, полученных при светооптической микроскопии, осуществляли с помощью программного обеспечения ImageScope Color [14].

Работа выполнена на базе лаборатории фундаментальных исследований в офтальмологии ФГБНУ НИИ глазных болезней совместно с сотрудниками Первого МГМУ им. И.М. Сеченова.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ морфологической картины образцов КХ после МХК выявил возможность формирования различных помутнений. Неоднородность данных изменений обусловлена полиморфизмом ВК.

Исследования показали общую закономерность, указывающую на то, что эпителиоциты хрусталика после МХК в значительной степени теряют свою пролиферативную способность. Не исключено, что это происходит в результате энергетического воздействия во время ультразвуковой факофрагментации, вследствие этого появляются признаки aberrантной пролиферации эпителиоцитов, незавершенной дифференцировки и диссоциации (рис. 1).

Изучение первого образца показало, что по мере «заселения» КХ вдоль внутренней поверхности (пролиферативная стадия помутнений) продолжают структурные преобразования, проявляющиеся нетипичной или гетеротопической трансформацией эпителиоцитов хрусталика в фибробласто- и миобластоподобные клетки, обладающие как фибропластической (с активным синтезированием экстрацеллюлярного матрикса), так и контрактильной способностью (рис. 2). Не исключено, что в основе этого лежит возрастное снижение митотической активности и дифференцирующего потенциала эпителиоцитов.

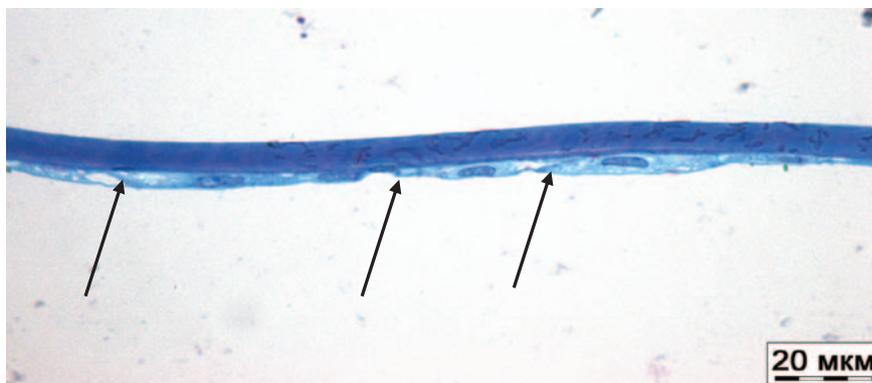


Рис. 1. Морфологическая картина ПКХ. Признаки снижения пролиферативной активности эпителиоцитов. Диссоциация клеток эпителия хрусталика (отмечено стрелками), их миграция вдоль внутренней поверхности ПКХ. Полутонкий срез. Окраска метиленовым синим и основным функсином

Fig. 1. After cataract microsurgery the proliferative activity as a rule decreased. Epithelial cell dissociation its density and migration reduction observed (arrows). Semithin section. Polychrome staining

Было отмечено, что дальнейшее уменьшение числа фибробластов за счет их постепенной атрофии и замещение свободных участков на внутренней поверхности КХ более плотной волокнистой тканью, как правило, приводит к формированию грубых фиброзных изменений (фиброзная форма ВК), иногда называемых «псевдоэпителием» хрусталика.

Исследование второго образца КХ выявило гипертрофию эпителиоцитов с появлением на относительно не измененной внутренней поверхности КХ и в межкапсулярном пространстве нескольких слоев гигантских пузыревидных клеток — шаров Эльшнига — Адамюка, покрывающих капсулу от экватора до оптической зоны (рис. 3) и заполняющих собой межкапсулярное пространство.

С точки зрения классической морфологии, подобные изменения некорректно характеризовать как «регенераторную» форму в развитии ВК (данный термин использовался в ранее предложенных классификациях), поскольку энциклопедическое толкование термина «регенерация» предполагает восстановление утраченной структуры. В данном же случае имеет место пролиферация клеток хрусталикового эпителия и их последующее увеличение в размерах, а также миграция в не характерную для них область — внутреннюю поверхность задней капсулы хрусталика (ЗКХ). Возможно, более правильным было бы обозначить этот тип помутнений терминами «пролиферативно-гипертрофическая» или «псевдорегенераторная» форма ВК.

Последний вариант, по нашему мнению, является более уместным, поскольку формирование на КХ атипичных клеточных гипертрофированных структур выглядит как попытка репаративной регенерации, реализуемая с целью восполнения утраченной структуры хрусталика не характерной, с точки зрения восстановления функции, тканью.

Еще один вариант морфологических изменений КХ, отмеченный нами после МХК (третий образец), в доступной нам литературе обнаружить не удалось. КХ в периферическом отделе имела относительно сохранную структуру и на внутренней своей поверхности содержала тонкую полоску фиброцеллюлярной ткани. По направлению к центру контуры капсулы становились

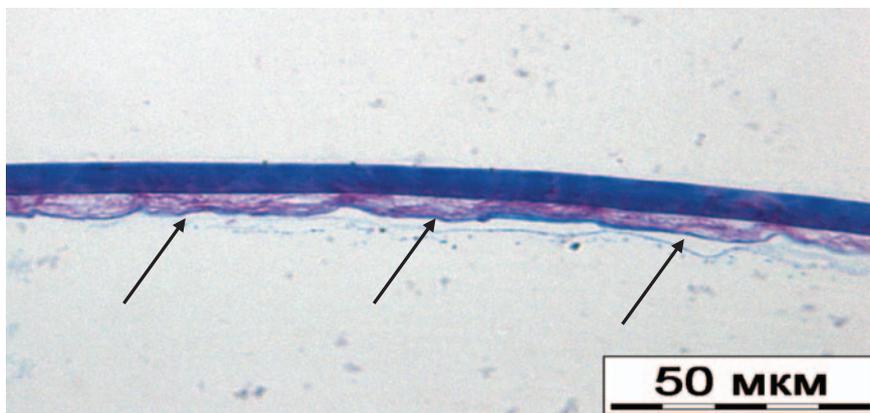


Рис. 2. Морфологическая картина НХ, фиброзная форма ВК. Тонкая полоска бесклеточной фиброзной ткани (отмечено стрелками) на внутренней поверхности НХ. Полутопкий срез. Окраска метиленовым синим и основным фуксином

Fig. 2. Fibrous form of secondary cataract. A thin layer of acellular fibrous tissue on the internal surface of the anterior lens capsula (arrows). Semithin section. Polychrome staining

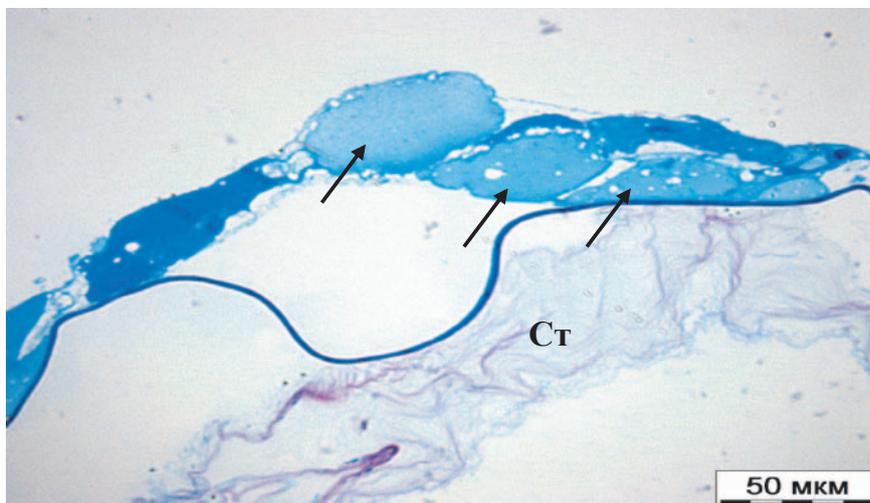


Рис. 3. Морфологическая картина НХ, псевдорегенераторная форма ВК. Клетки-шары Эльшнига — Адамюка на внутренней поверхности задней НХ (отмечено стрелками). Ст — стекловидное тело. Полутопкий срез. Окраска метиленовым синим и основным фуксином

Fig. 3. Pseudo regenerative form of the secondary cataract. Elshnick's pearls on the inner surface of the anterior lens capsula (arrows). Ст — vitreous. Semithin section. Polychrome staining

менее четкими, ее структура приобретала отечный рыхлый характер с наличием разволоknений и микроцеллюлярных пространств. Не имеющая четких границ ЗКХ была погружена в гликопротеиновый матрикс. Далее ткань капсулы все больше утрачивала характерную для нее структуру и четкость границ, становясь похожей на кортикальный слой стекловидного тела (рис. 4).

В отличие от двух предыдущих клинико-морфологических форм ВК (первый и второй образец), изменения в третьем образце сопровождались грубыми нарушениями самой структуры КХ. Появление в КХ микроцеллюлярных пространств и разволоknений, возможно, являлось следствием акустической кавитации, возникающей в результате ультразвукового воздействия. При этом по-

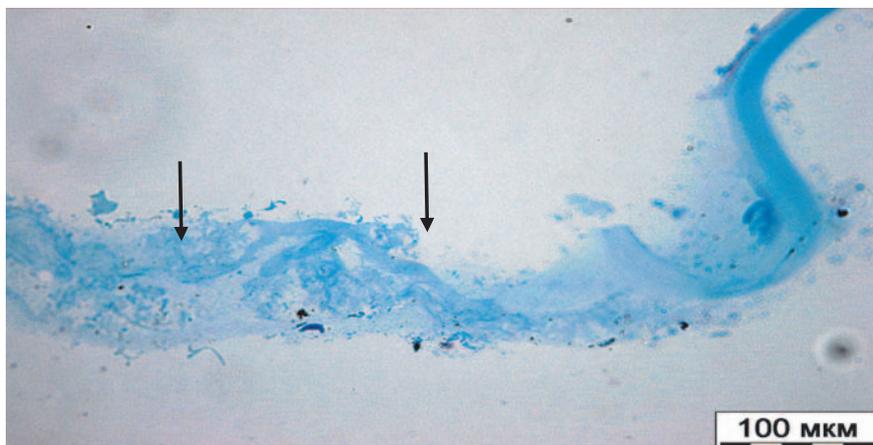


Рис. 4. Морфологическая картина КХ, гиалоподобная форма ВК. Центральные участки ЗКХ (отмечено стрелками) имеют вид отечной рыхлой бесструктурной ткани, имеющей внешнее сходство со стекловидным телом. Полутонкий срез. Окраска метиленовым синим и основным фуксином

Fig. 4. Pseudohyaloids form of the secondary cataract. Central area of the posterior lens capsule (arrows) is amorphous loose edematous resembling vitreous. Semithin section. Polychrome staining

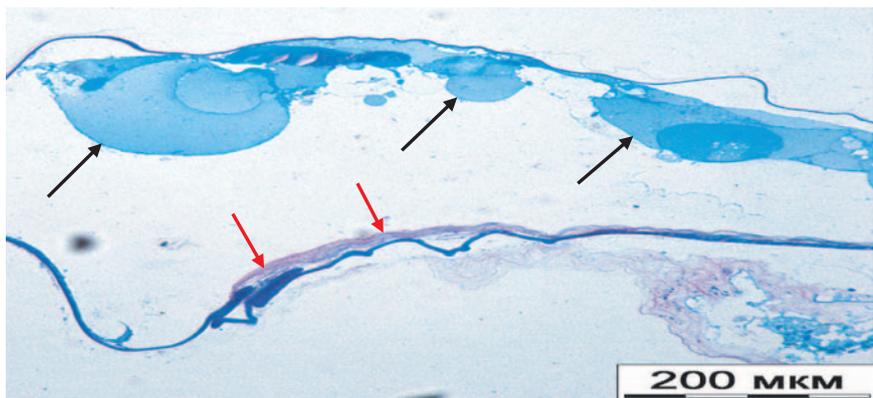


Рис. 5. Морфологическая картина КХ, смешанная форма ВК. Шары Эльшница — Адамюна (отмечено черными стрелками) выстилают внутреннюю поверхность ЗКХ. Вдоль внутренней поверхности ПКХ расположена фиброзная ткань (отмечено красными стрелками), превышающая более чем в 2 раза толщину самой капсулы. Полутонкий срез. Окраска метиленовым синим и основным фуксином

Fig. 5. Combined form of the secondary cataract. Elshniç pearls on the inner surface of the posterior lens capsule (black arrows) and relatively thick fibrous tissue on the inner surface of the anterior lens capsule (red arrows). Semithin section. Polychrome staining

теря капсулой свойственной для нее роли плотной подложки делала невозможной адгезию и миграцию по ее измененной поверхности пролиферирующих клеточных элементов. Подверженность структурной реорганизации именно центральных участков ЗКХ в определенной степени могла быть связана с анатомическими особенностями, а именно, с минимальной толщиной задней капсульной стенки в оптической зоне диаметром 2,5 мм, а также с ее возрастным истончением. Приведенная морфологическая картина подобных изменений в КХ после МХК легко экстраполируется на результаты клинических наблюдений [1], которые показали, что ЗКХ при биомикроскопии имеет вид полупрозрачной пленки со значительным расширением оптического среза. Соз-

дается ложное впечатление о невозможности снижения остроты зрения при наличии такого рода помутнений. Однако проведение лазерной капсулотомии приводит к значительному повышению зрительных функций. При этом ЗКХ легко рассекается с помощью излучения лазерного фотодеструктора. Во время лазерного воздействия иссеченные фрагменты капсулы имеют вид мягких вязких, долго оседающих тяжей. Отсутствие признаков, характерных для классических форм ВК, представленных выше, а также наличие видоизмененной рыхлой, желеобразной структуры ЗКХ и ее отдаленная схожесть со стекловидным телом позволили отнести данные изменения КХ в отдельную форму ВК, названную нами «гиалоподобной» (стекловидной).

Для четвертого образца КХ было характерно сочетание морфологических признаков, присущих как фиброзной форме, так и псевдорегенераторной форме ВК (рис. 5). Наличие миофиibroбластов в составе фиброцеллюлярной ткани обуславливало контракцию капсульной сумки и появление складчатости. Со стороны псевдорегенераторных клеточных компонентов КХ выглядела, наоборот, более ровной.

Результаты светооптической микроскопии изолированного образца ПКХ в области переднего капсулотомического отверстия с признаками капсулярной контракции показали наличие видоизмененной ткани капсулы с выраженной складчатостью (рис. 6). На внутренней поверхности ПКХ обнаружены наслоения большого объема фиброцеллюлярной ткани, постепенно утолщающейся по направлению к центру и местами превышающей толщину самой капсулы в 10 и более раз. Поверхностные наслоения имеют булавовидную форму и четкие края. Увеличиваясь в объеме и по площади, данная ткань значительно уменьшает диаметр капсулотомического отверстия.

Распространяясь за пределы центрального отверстия, фиброцеллюлярная выстилка с внутренней поверхности ПКХ более тонким слоем переходит на ее переднюю (наружную) поверхность. Проллиферирующая фиброзная ткань, непосредственно прилегающая к поверхности ПКХ, имеет гомогенную структуру, что соответствует более ранней стадии формирования изменений. Участки

ткани, расположенные на отдалении от поверхности капсулы, наоборот, не отличаются равномерностью, выглядят более объемными и имеют рыхлую, волокнистую, пористую структуру.

При большем увеличении пролиферирующая ткань представлена фибробластоподобными клетками на разной стадии развития: от активированных, синтезирующих коллагеновый экстрацеллюлярный матрикс, до апоптотически измененных округлых или овальных клеток, содержащих плотные фрагменты ядерного хроматина. В видоизмененных и деформированных клетках отмечаются явления кариопикноза и кариолизиса. Фрагментированные апоптотические тельца фагоцитируются соседними клетками без признаков воспалительной реакции. Обратное развитие клеточных элементов сопровождается атрофией эпителиоцитов с образованием полостей в плотном коллагеновом матриксе, имитирующих спавшиеся микрососуды (рис. 7).

Разнообразие послеоперационных помутнений КХ, подтвержденное результатами морфологических исследований, позволило предложить новую рабочую классификацию, в которую вошли все возможные морфологические варианты и этапы формирования вторичных патологических изменений капсульного аппарата хрусталика. Классификационная схема наглядно представлена на рис. 8.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

МХК может осложняться помутнениями КХ с формированием морфологических признаков «классическим» формам ВК, а именно: развитием фиброзной метаплазии на внутренней поверхности капсулы (фиброзная форма) или появлением на ней псевдорегенераторных клеточных элементов — шаров Эльшнига — Адамюка (псевдорегенераторная форма). Не представленная ранее гиалоподобная форма ВК представляет собой видоизмененную отечную ткань КХ с нарушенной структурой, содержащую микрополости, возможно, являющиеся следствием кавитационного действия ультразвукового излучения. При гиалоподобной форме ВК отсутствуют изменения, характерные для ее «классических» (пролиферативно-фиброзных)

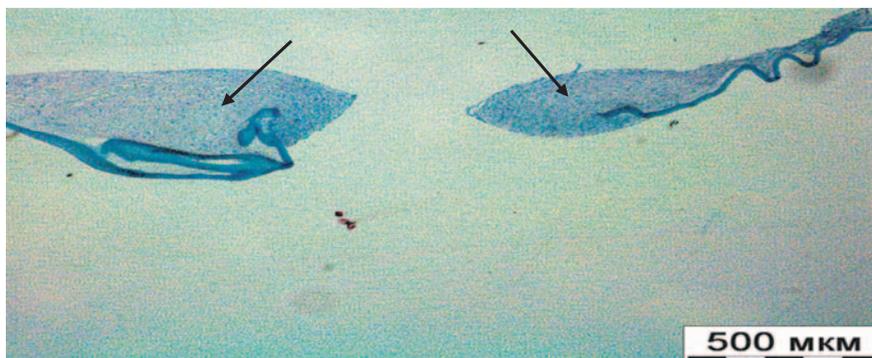


Рис. 6. Морфологическая картина ПНХ в области переднего капсулотомического отверстия. Переднекапсулярный контракционный синдром. Разрастания фиброцеллюлярной ткани (отмечено стрелками) приводят к уменьшению диаметра зрачка почти в 4 раза. ПНХ волнообразно сморщена. Полутопкий срез. Окраска метиленовым синим и фунсином

Fig. 6. Anterior capsular contraction syndrome. Excessive growth of the fibrous tissue (arrows) leads to the pupilla size reduction (nearly four times). Anterior lens capsule has the wavy shape. Semithin section. Polychrome staining



Рис. 7. Морфологическая картина ПНХ в области переднего капсулотомического отверстия. При большем увеличении ПНХ погружена в фиброцеллюлярную ткань. Апоптотические изменения отдельных фиброцитов приводят к появлению многочисленных щелевидных пространств внутри коллагенового матрикса. Полутопкий срез. Окраска метиленовым синим и фунсином

Fig. 7. The same in more magnification. The anterior lens capsule embedded in fibrocellular tissue. Apoptosis of some fibrocytes leads to multiple cavities inside. Semithin section. Polychrome staining

форм, а именно: помутнения ЗКХ не сопровождаются явлениями пролиферации клеток эпителия и их миграцией по внутренней капсулярной поверхности, не содержат в себе гипертрофированные клеточные компоненты и не имеют признаков фиброза. Отсутствие перечисленных изменений при гиалоподобной форме вторичной катаракты связано с потерей капсулой хрусталика матричных свойств подложки.

Контракцию капсульной сумки хрусталика, сопровождающуюся выраженным, быстро прогрессирующим фиброзом и сокращением капсулотомического отверстия (фимоз ПКХ), можно рассматривать как попытку восстановления анатомической целостности хрусталика, приводящую к индуцированию процессов, направленных

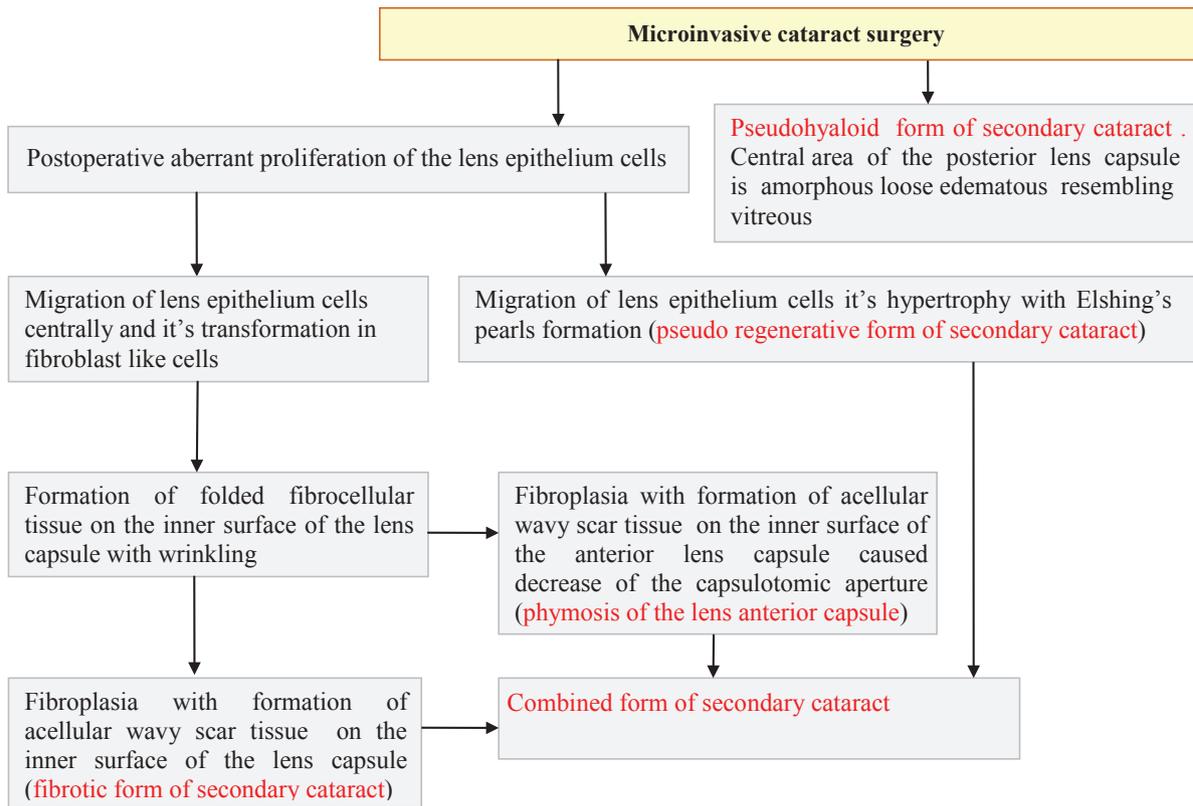
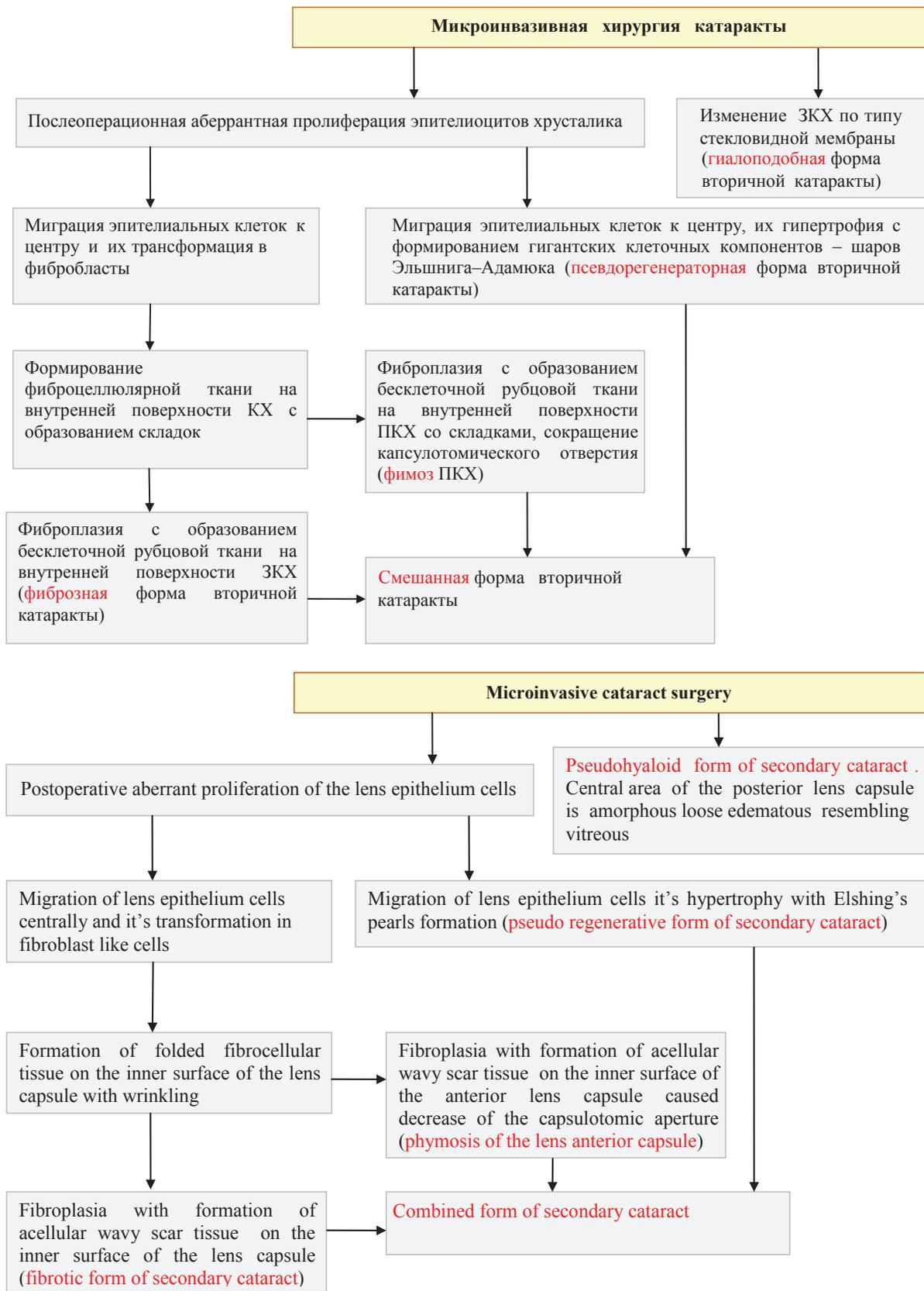


Рис. 8. Рабочая классификация морфологических вариантов и этапы формирования вторичных изменений КХ после микроинвазивной хирургии катаракты (схема)

Рис. 8. Working classification of morphologic forms and stages of secondary changes lens capsule formation after Micro-Invasive cataract surgery (scheme)

ных на замещение вновь сформированных щелевидных пространств в пределах КХ. Пластическим материалом для этого служит малодифференцированная фиброцеллюлярная ткань — результат деятельности фибробластов, трансформирующихся из остаточных эпителиоцитов ПКХ. Пролиферируя, эпителиоциты мигрируют вдоль внутренней поверхности ПКХ, достигая переднего капсулотомического отверстия. В процессе «созревания» фиброцеллюлярной ткани происходит утолщение ПКХ и ее «сморщивание» за счет сократительной функции миофибробластов. Последнее объясняет наличие радиальных волнообразных складок КХ. В процессе созревания фиброцеллюлярной ткани ее «избыточные» клеточные компоненты постепенно подвергаются апоптозу, придавая ткани вид кавернозной структуры с многочисленными щелевидными пространствами.

Таким образом, представленная рабочая классификация отражает все возможные морфологические варианты вторичных изменений КХ в свете современной МХК. Положенные в основу классификации морфологические варианты предусматривают наличие различных по субстрату и плотности помутнений КХ. Предложенная классификационная схема удобна для понимания, проста в применении и должна способствовать составлению правильного алгоритма при выборе оптимальной и безопасной технологии лазерного вмешательства.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Федоров А.А., Гамидов А.А. — концепция и дизайн исследования;
Аверкина Е.А., Комратова Л.В., Гамидов Р.А. — сбор и обработка материала;
Гамидов А.А., Моталов В.Г., Кузнецова М.А. — написание текста;
Федоров А.А., Комратова Л.В. — редактирование.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Cheng J.W., Wei R.L., Cai J.P., et al. Efficacy of different intraocular lens materials and optic edge designs in preventing posterior capsular opacification: a meta-analysis. *Am J Ophthalmol.* 2007;143(3):428–436. DOI: 10.1016/j.ajo.2006.11.045
- Iwase T., Nishi Y., Oveson B.C. Hydrophobic versus double-square-edged hydrophilic foldable acrylic intraocular lens: Effect on posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37:1060–1068. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.12.059
- Mester U., Fabian E., Gerl R. Posterior capsule opacification after implantation of CeeOn Edge 911A, PhacoFlex SI-40NB, and AcrySof MA60BM lenses: one-year results of an intraindividual comparison multicenter study. *J Cataract Refract. Surg.* 2004;30(5):978–985. DOI: 10.1016/j.jcrs.2003.09.052
- Vasavada A.R., Raj S.M., Shah A. Comparison of posterior capsule opacification with hydrophobic acrylic and hydrophilic acrylic intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37:1050–1059. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.12.060
- Apple D.J., Peng Q., Visessook N. Eradication of posterior capsule opacification. Documentation of a marked decrease in Nd:YAG laser posterior capsulotomy rates noted in an analysis of 5416 pseudophakic human eyes obtained postmortem. *Amer J Ophthalmol.* 2001;108:505–518. DOI: 10.1016/s0161-6420(00)00589-3
- Нероев В.В., Гундорова Р.А., Антонюк С.В., Рамазанова А.М., Рамазанова К.А. Роль современных знаний эмбриогенеза, индукции и анатомии капсулы хрусталика в профилактике вторичной катаракты. *Офтальмология.* 2005;3:25–31. [Neroev V.V., Gundorova R.A., Antonjuk S.V., Ramazanova A.M., Ramazanova K.A. The role of knowledge of embryogenesis, induction and anatomy of a lens capsule in prevention of secondary cataract. *Ophthalmology = Oftal'mologiya.* 2005;3:25–31 (In Russ.)]
- Boyce J.F., Bhermi G.S., Spalton D.J., El Osta A.R. Mathematical modeling of the forces between an intraocular lens and the capsule. *J Cataract Refract Surg.* 2002;28:1853–1859. DOI: 10.1016/s0886-3350(02)01490-6
- Vargas L.G., Izak A.M., Apple D.J. Implantation of a single-piece, hydrophilic, acrylic, minus-power foldable posterior chamber intraocular lens in a rabbit model: Clinicopathologic study of posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29:1613–1620. DOI: 10.1016/s0886-3350(03)00215-3
- Гамидов А.А., Большунов А.В. Лазерная микрохирургия зрочковых мембран. Иллюстрированное руководство. М.: Памятники исторической мысли, 2008. 80 с. [Gamidov A.A., Bol'shunov A.V. Laser microsurgery of pupillary membranes (illustrated handbook). Moscow: Pamjatniki istoricheskoy mysli; 2008. 80 p. (In Russ.)]
- Kato S., Suzuki T., Hayashi Y. Risk factors for contraction of the anterior capsule opening after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2002;28:109–112. DOI: 10.1016/S0886-3350(01)00901-4
- Reyntjens B., Tassignon M.J., Van Marck E. Capsular peeling in anterior capsule contraction syndrome: surgical approach and histopathological aspects. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30:908–912. DOI: 10.1016/j.jcrs.2003.08.034
- Аветисов С.Э., Гамидов А.А., Федоров А.А., Розина В.Н. Морфологическая оценка изменений капсулы хрусталика после различных способов экстракции катаракты. *Вестник офтальмологии.* 2016;132(1):47–52. [Avetisov S.E., Gamidov A.A., Fedorov A.A., Rozinova V.N. Morphological assessment of lens capsule after different techniques of cataract extraction. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii.* 2016;132(1):47–52 (In Russ.)]. DOI: 10.17116/oftalma2016132147-52
- Гамидов А.А., Федоров А.А., Аверкина Е.А. Морфологические особенности передней капсулы хрусталика при контракционном капсулярном синдроме. Точка зрения. Восток — Запад. *Российская офтальмология онлайн.* 2017;4:60–62. [Gamidov A.A., Fedorov A.A., Averkina E.A. Morphological features of lens anterior capsule at capsular contraction syndrome. *Point of view East-West.* 2017;4:60–62 (In Russ.)]
- Федоров А.А. Морфологические основы научных исследований в офтальмологии. *Вестник офтальмологии.* 2013;129(5):10–21. [Fedorov A.A. Morphological basics of scientific research in ophthalmology. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii.* 2013;129(5):10–21 (In Russ.)]. DOI: 10.17116/oftalma2016132147-52

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
Федоров Анатолий Александрович
кандидат медицинских наук, заведующий отделом фундаментальных исследований в офтальмологии
ул. Россолимо, 11а, б, 119021, Москва, Российская Федерация

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
Гамидов Алибек Абдулмуталимович
доктор медицинских наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории новых лазерных технологий в офтальмологии
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет)
Моталов Владимир Григорьевич
доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии
ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119991, Российская Федерация

ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет)
Комратова Людмила Васильевна
старший преподаватель кафедры гистологии, цитологии и эмбриологии
ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119991, Российская Федерация

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
Аверкина Елена Анатольевна
аспирант научно-исследовательской лаборатории новых лазерных технологий в офтальмологии
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет)
Кузнецова Мария Александровна
кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии
ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119991, Российская Федерация

ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет)
Гамидов Рустам Алибекович
студент
ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119991, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

Research Institute of Eye Diseases
Fedorov Anatoly A.
PhD, Head of the Department of Basic Research in Ophthalmology
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russia

Research Institute of Eye Diseases
Gamidov Alibek A.
MD, Senior Researcher of Laser technologies in ophthalmology Department
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russia

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
Motalov Vladimir G.
MD, Professor of Anatomy Department
Trubetskaya str., 8/2, Moscow, 119991, Russian Federation

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
Komratova Lyudmila V.
Senior Lecturer of Histology, Cytology and Embryology Department
Trubetskaya str., 8/2, Moscow, 119991, Russian Federation

Research Institute of Eye Diseases
Averkina Elena A.
Postgraduate at the Laser technologies in ophthalmology Department
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russia

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
Kuznetsova Maria A.
PhD, Docent of Anatomy Department
Trubetskaya str., 8/2, Moscow, 119991, Russian Federation

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
Gamidov Rustam A.
student
Trubetskaya str., 8/2, Moscow, 119991, Russian Federation