

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

На правах рукописи

МАЙОРОВА Елена Владимировна

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ГИДРОФОБНЫХ
ИНТРАОКУЛЯРНЫХ ЛИНЗ НА РАЗВИТИЕ ПОМУТНЕНИЙ
И СКЛАДОК ЗАДНЕЙ КАПСУЛЫ ХРУСТАЛИКА**

14.01.07 — Глазные болезни

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, доцент
Торопыгин Сергей Григорьевич

ТВЕРЬ — 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ПОМУТНЕНИЯ И СКЛАДКИ ЗАДНЕЙ КАПСУЛЫ ХРУСТАЛИКА ПОСЛЕ ВНУТРИКАПСУЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ ИНТРАОКУЛЯРНЫХ ЛИНЗ: ПАТОМОРФОЛОГИЯ, ПАТОГЕНЕЗ, ТИПЫ, ФАКТОРЫ РИСКА И ПУТИ ПРОФИЛАКТИКИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	16
1.1. Типические патологические процессы, происходящие в капсульном мешке после внутрикапсульной имплантации интраокулярной линзы	17
1.2. Патогенез и патоморфологические типы вторичных катаракт	18
1.3. Складки задней капсулы хрусталика	22
1.4. Основные факторы риска и пути профилактики развития вторичных катаракт	24
1.5. Предупреждение миграции эпителиоцитов капсульного мешка	25
1.6. Ликвидация эпителиоцитов капсульного мешка	35
1.7. Устранение матрицы для развития вторичных катаракт	39
1.8. Предупреждение пролиферации клеток в капсульном мешке путем подавления послеоперационной воспалительной реакции	43
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	49
2.1. Организация и дизайн исследования	49
2.2. Характеристика клинического материала	50
2.3. Характеристика методов исследования	54
2.4. Методика статистического анализа результатов исследования	61
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	62
3.1. Морфология торца и заднего края оптики исследуемых интраокулярных линз	62

3.2. Течение операций и послеоперационного периода после факоэмульсификации с имплантацией интраокулярной линзы	64
3.3. Визуальные результаты факоэмульсификации с имплантацией интраокулярных линз по группам	66
3.4. Влияние исследуемых моделей интраокулярных линз на динамику развития помутнений задней капсулы хрусталика	66
3.5. Влияние исследуемых моделей интраокулярных линз на динамику развития складок задней капсулы хрусталика	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	78
ВЫВОДЫ	85
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	87
СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ	88
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	89

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Почти тридцать лет тому назад, в 1993 году, специалистами американской компании Alcon был запатентован инновационный материал — гидрофобный акрил AcrySof[®] — полимер для изготовления интраокулярных линз (ИОЛ). В течение последующих пятнадцати лет заднекамерные ИОЛ из гидрофобного акрила заняли лидирующие позиции в хирургии катаракты и до сих пор остаются самыми часто имплантируемыми в мире. Традиционно выпускаются наиболее распространенные линзы S-образного дизайна, которые доступны как в моноблочном, так и в трехсоставном вариантах [Bellucci R., 2013].

Десятилетие спустя, в 2003 году, отечественной компанией Репер-НН (Нижний Новгород) было налажено производство S-образной моноблочной ИОЛ из гидрофобного акрила на основе полиоксипропилена — МИОЛ. Эти линзы изготавливаются оригинальным одностадийным методом посредством фронтальной фотополимеризации [Паштаев Н.П. с соавт., 2004]. По утверждению производителя каждая пятая ИОЛ, имплантированная в России в 2016 году, была выпущена компанией Репер-НН [<https://www.reper.ru/#s2>].

Преимуществом ИОЛ из гидрофобного акрила является то, что они могут имплантироваться через малые разрезы, достаточно устойчивы к воздействию луча ИАГ-лазера и не подвержены кальцификации после комбинированных операций на переднем и заднем отрезках глаза. Однако, наиболее важным является то, что для линз из гидрофобного акрила характерен сравнительно низкий риск развития помутнений ЗКХ [Bellucci R., 2013; Ursell P.G. et al., 2020].

Так, в одном из наиболее крупных современных (2020) ретроспективных исследований, опубликованном д-ром Ursell P.G. с соавт., через три года после операции были прослежены результаты более 47,000 и через пять лет — около 21,000 имплантаций моноблочных акриловых ИОЛ. Было показано, что гидрофобные ИОЛ демонстрируют наименьшую частоту развития клинически значимых

помутнений ЗКХ и выполнения ИАГ-лазерных задних капсулотомий. Если в группе гидрофильных ИОЛ через три года после операции помутнения ЗКХ наблюдались в 19,3 %, а ИАГ-лазерная дисцизия выполнялась в 12,6 %, то среди нескольких моделей гидрофобных линз — в 5,8–8,5 % и в 2,4–5,1 % случаев, соответственно. Что касается пятилетних результатов, то в глазах с гидрофильными ИОЛ помутнения ЗКХ развились в 22,6 %, что потребовало лазерного вмешательства в 18,6 %, а в группах с гидрофобными линзами — соответственно, в 7,1–9,9 % и в 4,7–7,0 % случаев. При этом среди гидрофобных линз различных производителей наилучшие показатели были у пациентов, которым имплантировали ИОЛ, изготовленные из материала AcrySof[®]. Схожие результаты были получены и в других крупных исследованиях последних лет [Cullin F. et al., 2014; Kossack N. et al., 2018].

Известно, что гидрофобный акрил обладает наибольшей адгезией к коллагеновым мембранам (в том числе и к капсуле хрусталика) по сравнению с другими материалами. Считается, что именно эта «клейкость» гидрофобных ИОЛ препятствует миграции эпителиоцитов между оптикой линзы и задней капсулой, и тем самым тормозит развитие помутнения ЗКХ [Oshika T. et al., 1998]. Было также обнаружено, что основным посредником для адгезии ИОЛ к капсуле хрусталика является белок фибронектин. При этом наибольшей способностью адсорбировать на своей поверхности фибронектин (а, соответственно, и самой высокой адгезией к ЗКХ) обладают ИОЛ из гидрофобного акрила [Linnola R.J. et al., 2000], а среди них — линзы, изготовленные из материала AcrySof[®] [Ong M. et al., 2013].

Вместе с тем, на большом (более пяти тысяч операций) ретроспективном клиническом материале было продемонстрировано, что частота развития клинически значимых помутнений ЗКХ после имплантации гидрофобных МИОЛ производства Репер-НН составила 4,4 % [Шленская О.В. с соавт., 2007], а ИАГ-лазерных дисцизий вторичной катаракты — 2,8 % [Паштаев Н.П. с соавт., 2004]. Однако проспективных сравнительных исследований МИОЛ с гидрофобными линзами других производителей и их влияния на развитие помутнений ЗКХ в доступной литературе мы не нашли.

Еще одним из преимуществ ИОЛ из гидрофобного акрила является наименьшая частота развития складок ЗКХ. Так, в крупном (более 1,200 глаз) сравнительном исследовании д-ра Joshi R.S., опубликованном в 2017 году, было показано, что интраоперационные складки ЗКХ достоверно реже возникали после имплантации гидрофобных линз, нежели ИОЛ из гидрофильного акрила — в 7,6 % и 31,4 % случаев, соответственно.

Также известно, что среди ИОЛ из гидрофобного акрила самый низкий риск развития складок ЗКХ характерен для моноблочных линз. Так, если после имплантации трехсоставных ИОЛ с гаптикой из полиметилметакрилата интраоперационные складки выявлялись в 43–56 % [Bertelmann E. et al., 2001; Vasavada A.R. et al., 1999], то в глазах с моноблочными линзами — лишь в 2–13,6 % случаев [Bertelmann E. et al., 2001; Shah G.D. et al., 2012]. Считается, что это связано с мягкостью опорных элементов моноблочных линз, которые в отличие от жесткой гаптики трехчастных ИОЛ оказывают минимальную деформирующую нагрузку на капсульный мешок [Школяренко Н.Ю., 2007; Bertelmann E. et al., 2001].

Во всех перечисленных исследованиях [Школяренко Н.Ю., 2007; Bertelmann E. et al., 2001; Joshi R.S., 2017; Shah G.D. et al., 2012; Vasavada A.R. et al., 1999] так или иначе выполнялось сравнение различных ИОЛ с линзами семейства AcrySof[®]. В то же время работ, в которых в том или ином аспекте изучалось развитие складок ЗКХ после имплантации линз из линейки МИОЛ, в доступной литературе мы не нашли.

Степень разработанности проблемы

Принимая во внимание все вышесказанное, линзы, выполненные именно из гидрофобного акрила марки AcrySof[®] — SA60AT и US60MP, были выбраны в нашей работе как эталонные, показывающие по данным литературы наименьшую частоту развития помутнений [Bellucci R., 2013; Cullin F. et al., 2014; Kossack N. et al., 2018; Ursell P.G. et al., в 2020] и складок ЗКХ [Школяренко Н.Ю., 2007; Bertelmann E. et al., 2001; Joshi R.S., 2017; Shah G.D. et al., 2012; Vasavada A.R. et al.,

1999]. Сравнение мы производили с МИОЛ-2, которые разработаны, выпускаются в России и выгодно отличаются по (себе)стоимости от зарубежных аналогов [Паштаев Н.П. с соавт., 2004; Шленская О.В. с соавт., 2007].

Проблема помутнения ЗКХ хорошо изучена [Аветисов С.Э. с соавт., 2017; Кочергин С.А. с соавт., 2011; Либман Е.С. с соавт., 2002; Малюгин Б.Э. с соавт., 2010; Мошетьева Л.К. с соавт., 2011; Нероев В.В. с соавт., 2016; Юсеф Ю.Н. с соавт., 2020], однако остается самым распространенным послеоперационным осложнением ФЭК и второй по частоте причиной снижения остроты зрения среди всех глазных заболеваний [Ursell P.G. et al., 2020]. Частота ИАГ-лазерных вмешательств по поводу помутнений ЗКХ даже при имплантации современных ИОЛ превышает 50 % в отдаленном послеоперационном периоде [Kossack N. et al., 2018]. Помимо того, что это оказывает значительную нагрузку на здравоохранение и бюджет страны ИАГ-лазерные вмешательства на ЗКХ могут приводить к развитию тяжелых ретинальных осложнений, вторичной глаукоме, а также повреждениям и дислокациям ИОЛ [Чащина Е.С. с соавт., 2013; Pandey S.K. et al., 2004].

Несмотря на высокую, до 88 % случаев, распространенность складок ЗКХ после выполнения ФЭК, данные об их влиянии на зрительные функции немногочисленны и противоречивы. Литературный поиск выявил лишь четыре работы, показывающие корреляцию складок ЗКХ с послеоперационной остротой зрения [Apple D.J. et al., 1989; Meacock W.R. et al., 2001; Shah G.D. et al., 2012; Vasavada A.R. et al., 1999]. Если в двух из них формирование складок ЗКХ не сопровождалось снижением остроты зрения [Shah G.D. et al., 2012; Vasavada A.R. et al., 1999], то в двух других сообщалось об оптических аберрациях и падении остроты зрения при наличии таковых [Apple D.J. et al., 1989; Meacock W.R. et al., 2001].

При этом хорошо известно, что вышеописанные складки могут выступать в качестве каналов для миграции клеток эпителия передней капсулы на ЗКХ. В таких случаях вдоль складок ЗКХ формируется линейная вторичная катаракта, которая может существенно сказываться на зрительных функциях [Школяренко Н.Ю., 2007; Meacock W.R. et al., 2001].

Одну из ключевых ролей в профилактике развития помутнений и складок ЗКХ отводят морфологии и химизму ИОЛ. Доказано, что важны геометрия заднего края оптики [Findl O., 2009; Nishi O. et al., 2002], диаметр оптики [Meacock W.R. et al., 2001; Nishi O. et al., 2003], размеры гаптики [Mylonas G. et al., 2013; Nishi O. et al., 2005], ангуляция гаптики и характер сочленения оптики и гаптики [Schmidbauer J.M. et al., 2002; Vock L. et al., 2007]. При этом особое значение придают материалу, из которого изготовлена ИОЛ [Школяренко Н.Ю., 2007; Bellucci R., 2013; Cullin F. et al., 2014; Kossack N. et al., 2018; Ursell P.G. et al., в 2020].

В то же время работ, показывающих динамику развития помутнений и складок ЗКХ после имплантации широко распространенных гидрофобных интраокулярных линз линейки МИОЛ российского производства в сравнении с ИОЛ других брендов, не проводилось. Учитывая современный приоритет развития отечественной промышленности — импортозамещение в ключевых отраслях экономики, в том числе и в медицине, цель настоящего исследования представляется нам весьма актуальной.

Цель исследования — сравнить влияние трех моделей гидрофобных акриловых интраокулярных линз (МИОЛ-2, SA60AT и US60MP) на частоту и характер изменений задней капсулы хрусталика в течение 12 месяцев после внутрикапсульной имплантации.

Для реализации поставленной цели исследования были сформулированы следующие **задачи**:

1. Сравнить морфометрические особенности интраокулярных линз МИОЛ-2, SA60AT и US60MP, имеющие значение для предупреждения помутнений задней капсулы хрусталика.
2. Сравнить динамику помутнения задней капсулы хрусталика и функциональные результаты имплантации интраокулярных линз МИОЛ-2, SA60AT и US60MP в течение 12 месяцев после операции.
3. Изучить зависимость остроты зрения от локализации помутнений задней капсулы хрусталика в течение 12 месяцев после имплантации интраокулярных линз МИОЛ-2, SA60AT и US60MP.

4. Сравнить динамику первичных и вторичных складок задней капсулы хрусталика и изучить их влияние на остроту зрения в течение 12 месяцев после имплантации интраокулярных линз МИОЛ-2, SA60AT и US60MP.

Научная новизна работы

Впервые произведено сравнительное морфометрическое исследование трех моделей гидрофобных акриловых интраокулярных линз (МИОЛ-2, SA60AT и US60MP).

Выполнена трехмерная визуализация интенсивности помутнений задней капсулы хрусталика в программном обеспечении MATLAB (R2020a).

Впервые в ходе сравнительного анализа изучено влияние МИОЛ-2, SA60AT и US60MP на динамику развития помутнений и складок задней капсулы хрусталика в течение 12 месяцев после имплантации.

Показано, что имплантация МИОЛ-2 через 12 месяцев после хирургии приводит к меньшим показателям прозрачности задней капсулы хрусталика по сравнению с SA60AT и US60MP, однако это не влияет на средние величины остроты зрения оперированных глаз.

Показано, что ни одна из четырех зон локализации помутнений задней капсулы в пределах 4,0-мм области центра оптики линзы не оказывает влияния на остроту зрения при низком, до 0,2, показателе помутнения задней капсулы хрусталика.

Показано, что развитие первичных и вторичных складок задней капсулы наблюдается с сопоставимой частотой при имплантации всех трех моделей линз. При этом только вторичные складки снижают остроту зрения через 12 месяцев после операции во всех трех группах глаз в целом.

Теоретическая и практическая значимость работы

Показано, что МИОЛ-2 имеет наиболее гладкий торец оптики по сравнению с интраокулярными линзами SA60AT и US60MP. При этом все три линзы имеют

прямоугольный задний край оптики, непрерывный в US60MP и прерывающийся в месте сочленений оптики и гаптики в МИОЛ-2 и SA60AT.

Установлено, что имплантация МИОЛ-2 (1 группа глаз) через 12 месяцев после операции приводит к меньшим показателям прозрачности задней капсулы хрусталика по сравнению с интраокулярными линзами SA60AT (2 группа) и US60MP (3 группа).

Доказано, что прогрессирование помутнений задней капсулы хрусталика не влияет на средние величины остроты зрения оперированных глаз. Средняя острота зрения во всех группах и во все сроки наблюдения, вплоть до 12 месяцев после операции, остается стабильной, не ниже 1,0, и не имеет значимых различий при попарном сравнении.

Доказано, что ни одна из зон (центральный круг диаметром 0,25 мм, внутреннее кольцо 0,25–1,0 мм, среднее кольцо 1,0–2,0 мм и наружное кольцо 2,0–4,0 мм) локализации помутнений задней капсулы хрусталика в пределах 4,0-мм области центра оптики линзы не оказывает влияния на остроту зрения ни в одной из групп в течение всего периода динамического наблюдения.

Установлено, что первичные складки задней капсулы хрусталика появляются непосредственно после имплантации МИОЛ-2, SA60AT и US60MP в 33,3 %, 24,4 % и 38,5 %, соответственно, и исчезают в 50,02 % случаев в течение первой недели, а вторичные складки развиваются с 3 месяца после операции в 8,33 %, 7,69 % и 13,0 %, соответственно, без значимых различий в доле глаз со складками между группами во все сроки наблюдения.

Доказано, что только вторичные складки задней капсулы хрусталика снижают остроту зрения через 12 месяцев после операции во всех трех группах наблюдения в целом.

Материал и методы диссертационного исследования

Работа была выполнена в 2017–2020 гг. в рамках кафедральной научно-исследовательской работы (протокол № 394 от 25.12.2016 г.).

Исследование проведено на базе кафедры офтальмологии (зав. кафедрой — д-р мед. наук, доцент С. Г. Торопыгин) при участии кафедры физики, математики и медицинской информатики (зав. кафедрой — д-р физ.-мат. наук, доцент В.В. Туровцев) ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России, Тверь (и.о. ректора университета — д-р мед. наук, профессор А.Б. Давыдов). Гистологическая часть работы выполнена совместно с руководителем лаборатории фундаментальных исследований в офтальмологии ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней», канд. мед. наук А.А. Федоровым.

С сентября 2017 г. по февраль 2020 г. под наблюдением находились 74 последовательных пациента (91 глаз) после выполнения ФЭК с имплантацией ИОЛ по поводу начальной возрастной катаракты. Глаза включались в исследование, если имели центрально расположенное отверстие переднего капсулорексиса диаметром 4,5–5,5 мм, прозрачную ЗКХ и мириаза после двукратной инстилляцией 1 % раствора тропикамида не менее 6,0 мм.

Из исследования исключались глаза с узкими ригидными зрачками, децентрациями ИОЛ, неполным покрытием оптики ИОЛ отверстием переднего капсулорексиса, первичными помутнениями ЗКХ, аметропиями средней и высокой степени, помутнениями роговицы и стекловидного тела, глаукомой, макулярной патологией, сахарным диабетом и любыми интраокулярными вмешательствами в анамнезе. В исследование также не включались пациенты с декомпенсированной соматической патологией.

Всеми пациентами было подписано информированное согласие на операцию и последующее послеоперационное наблюдение в рамках научного исследования. Протокол исследования № 1 был одобрен Этическим комитетом ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России 30.05.2016 г. Таким образом, все положения Хельсинкской декларации были соблюдены.

Средний возраст оперированных пациентов составил 67,9 лет (от 55 до 86 лет). Из них было 26 мужчин и 48 женщин. Сорок пациентов были оперированы на правом глазу, 51 — на левом. Среднее значение длины передне-задней оси (ПЗО) по данным ультразвуковой биометрии составило $23,33 \pm 0,42$ мм.

Все пациенты были оперированы по общепринятой стандартной методике. Всем пациентам выполнялась трехпортовая факоэмульсификация с имплантацией одной из трех моделей ИОЛ: МИОЛ-2 (1 группа — 24 глаза), SA60AT (2 группа — 41 глаз) и US60MP (3 группа — 26 глаз).

Сканирующая электронная микроскопия заднего края и торца оптики одного образца каждой из трех исследуемых ИОЛ силой 20,0 диоптрий выполнялась на микроскопе EVO LS10.

Во все сроки наблюдения максимальная корригированная острота зрения (МКОЗ) определялась после выполнения кераторефрактометрии по таблице log-MAR, внутриглазное давление бесконтактным пневмотонометром. Передний сегмент изучался при биомикроскопии, глазное дно — при биомикроофтальмоскопии с помощью бесконтактной асферической линзы 78,0 дптр. Перед операцией длина ПЗО определялась при ультразвуковой биометрии, оптическая сила ИОЛ рассчитывалась для получения эмметропической рефракции по формулам SRK-T.

После операции во все сроки наблюдения выполнялась фоторегистрация ЗКХ при ретроиллюминации на щелевой лампе с интегрированной фотокамерой. Обработка полученных при фоторегистрации изображений ЗКХ производилась при помощи программы EPCO 2000. Рассчитывались степень и площадь помутнений ЗКХ. Дифференцировались первичные и вторичные складки ЗКХ.

Пациенты осматривались перед вмешательством и далее наблюдались в сроки 1 день, 1 неделя, 3 месяца, 6 месяцев и 12 месяцев после операции. Визит через 1 неделю был выбран исходной датой исследования, так как к этому сроку во всех случаях полностью купировалось послеоперационное воспаление, ЗКХ была идеально прозрачной, а острота зрения достигала своего максимума. При этом до операции все три исследуемые группы были однородны по возрасту и ПЗО, а в срок 1 неделя после операции — и по остроте зрения.

База данных формировалась в таблице Excel for Windows (Microsoft, США). Графическое моделирование степени и площади помутнений ЗКХ выполнялось в программе MATLAB, статистическая обработка данных — в программе Statistica.

Положения, выносимые на защиту

Имплантация МИОЛ-2 через 12 месяцев после хирургии приводит к меньшим показателям прозрачности задней капсулы хрусталика по сравнению с интраокулярными линзами SA60AT и US60MP, однако это не влияет на средние величины остроты зрения оперированных глаз. При этом ни одна из четырех зон локализации помутнений задней капсулы хрусталика в пределах 4,0-мм области центра оптики линзы не оказывает влияние на остроту зрения при низком, до 0,2, показателе помутнения задней капсулы хрусталика.

Развитие первичных и вторичных складок задней капсулы наблюдается с сопоставимой частотой при имплантации всех трех моделей линз. Одновременно оба типа складок задней капсулы служат каналами для врастания хрусталикового эпителия и развития линейных помутнений. При этом только вторичные складки снижают остроту зрения через 12 месяцев после операции во всех трех группах глаз в целом.

Степень достоверности и апробация результатов

Степень достоверности результатов проведенного исследования определялась репрезентативным объемом выборки, постановкой цели, соответствующей задачам исследования, использованием современного сертифицированного офтальмологического оборудования и современных статистических программ для обработки результатов исследования.

Результаты исследования доложены и обсуждены на научно-практических конференциях «Молодежь и медицинская наука» в 2020 году в г. Твери, «Российская наука в современном мире» в 2020 году в г. Москве, «Наука и здоровье» в 2020 году в г. Семей (Казахстан).

Апробация результатов диссертационного исследования прошла на расширенном заседании кафедры офтальмологии ФГБОУ ВПО РМАНПО Минздрава России 18 декабря 2020 г. в Москве.

Внедрение результатов исследования в практику

Результаты исследования внедрены в практику офтальмологического подразделения клиники ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России (акт внедрения от 01.06.2020 г.) и отделения микрохирургии глаза ГБУЗ Тверской области «Городская клиническая больница № 7» г. Твери (акт внедрения от 11.05.2020 г.). Основные положения диссертации используются при чтении лекций клиническим ординаторам и слушателям кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России (акт внедрения от 02.12.2019 г.).

Публикации

Основные положения диссертации изложены в 11 печатных работах, из них 4 — в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Личный вклад автора в проведенное исследование

Автором обобщены и проанализированы данные отечественной и зарубежной литературы по изучаемой проблеме. Автор принимала непосредственное участие во всех этапах исследования. Лично автором отбирались и велись тематические пациенты до и во все сроки наблюдения после выполнения ФЭК с имплантацией ИОЛ, создана база данных, произведен анализ и интерпретация результатов исследования. Автор ассистировала во время всех операций, выполненных у пациентов наблюдаемых групп. Кроме того, автор участвовала в апробации результатов диссертационного исследования, подготовке публикаций в журналах, докладов к научным конференциям и тематическим лекциям для ординаторов и слушателей кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

В соответствии с формулой специальности 14.01.07 — Глазные болезни (медицинские науки), охватывающей болезни, врожденную, посттравматическую и прочую патологию глаза, зрительного нерва, орбиты, век и слезных органов, разрабатывающей методы их диагностики, лечения и профилактики, а также методы коррекции оптики глаза с помощью оптических средств (очки, контактные линзы), хирургических и энергетических воздействий (диатермия, ультразвук, лазеры), настоящая диссертационная работа включает исследование функциональных (остроты зрения) и анатомических (степень и площадь помутнений ЗКХ, первичные и вторичные складки ЗКХ) параметров в сроки 1 неделя, 3 месяца, 6 месяцев и 12 месяцев после выполнения ФЭК с имплантацией одной из трех моделей ИОЛ — МИОЛ-2, SA60AT и US60MP.

Основными методами диссертационного исследования явились визометрия по таблице LogMAR, фоторегистрация ЗКХ при ретроиллюминации, обработка полученных изображений ЗКХ в программе EPCO 2000, графическое моделирование степени и площади помутнений ЗКХ в программе MATLAB и статистическая обработка данных в программе Statistica. Вышеперечисленное соответствует пунктам № 1 «Разработка новых и усовершенствование известных методов обследования органа зрения и его придатков, методов диагностики различных заболеваний» и № 7 «Изучение и совершенствование методов диспансеризации пациентов с глаукомой и другими видами прогрессирующей патологии глаза».

Объем и структура работы

Работа изложена на 106 страницах машинописного текста, иллюстрирована 8 таблицами и 20 рисунками. Список литературы включает 155 источников, из них 45 — отечественных и 110 — иностранных. Диссертация состоит из введения, 3 глав, содержащих данные обзора литературы, материалов и методов, результатов клинических исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы.

ГЛАВА 1. ПОМУТНЕНИЯ И СКЛАДКИ ЗАДНЕЙ КАПСУЛЫ ХРУСТАЛИКА ПОСЛЕ ВНУТРИКАПСУЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ ИНТРАОКУЛЯРНЫХ ЛИНЗ: ПАТОМОРФОЛОГИЯ, ПАТОГЕНЕЗ, ТИПЫ, ФАКТОРЫ РИСКА И ПУТИ ПРОФИЛАКТИКИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Несмотря на высокую эффективность современной технологии ФЭК, как в ходе хирургии, так и в послеоперационном периоде возможно развитие ряда осложнений. Самыми распространенными осложнениями экстракапсулярной хирургии катаракты (ЭЭК) и ФЭК, в частности, являются вторичные катаракты — помутнения, возникающие в капсульном мешке после операции [1–4, 7, 8, 10–16, 18, 21, 25–27, 30, 35, 36, 38, 39, 43].

Вторичная катаракта является второй по частоте причиной снижения остроты зрения среди всех глазных заболеваний. В 1998 году д-р Schaumberg с соавт. [46] представили метаанализ частоты развития помутнений ЗКХ после имплантации заднекамерных ИОЛ. Оказалось, что клинически значимое помутнение ЗКХ в среднем составляло 11,8 % через 1 год после операции, 20,7 % через 3 года и 28,5 % через 5 лет. Таким образом, снижение зрительных функций через 5 лет после ЭЭК (или ФЭК) наблюдалось более, чем у четвертой части пациентов. В педиатрической же практике распространенность вторичных катаракт еще выше, вплоть до 100 % случаев уже в течение первого года после факоаспирации [153].

Следует отметить, что особенно чувствительны к развитию вторичных катаракт пациенты с ИОЛ премиум-класса, популярность которых продолжает возрастать в последние годы. В частности, даже незначительное помутнение ЗКХ существенно снижает эффективность мультифокальной интраокулярной коррекции и является одной из основных причин неудовлетворенности таких больных

операцией [63]. Все вышесказанное и определяет важность изучения вопросов развития вторичных катаракт и их профилактики.

1. 1 Типические патологические процессы, происходящие в капсульном мешке после внутрикапсульной имплантации интраокулярной линзы

В ходе ЭЭК (и ФЭК, в частности) эпителиальные клетки капсулы хрусталика в той или иной степени подвергаются механическому, химическому и термическому воздействию. Это провоцирует начало их пролиферации (размножения), миграции (перемещения, инвазии) и метаплазии (видоизменения, трансформации). При этом сама капсула хрусталика выступает в качестве основы — матрицы, на базе которой и протекают эти процессы [118, 134].

Как известно, после удаления вещества хрусталика происходит коллапс капсульного мешка, то есть сближение ЗКХ и остатков передней капсулы хрусталика (ПКХ) [138]. При этом А-клетки, выстилающие изнутри ПКХ, начинают трансформироваться в миофибробласты. Считается, что основным «катализатором» метаплазии А-эпителиоцитов является оптика внутрикапсульно (*in-the-bag*, англ.) имплантированной ИОЛ при ее контакте с клетками ПКХ. Миофибробласты синтезируют коллаген, приводящий сначала к «склеиванию», а затем к плотному «спаиванию» обоих листков мешка. В англоязычной литературе этот процесс известен как *capsular bag fusion and sealing* (слияние и спайка листков капсульного мешка) [100] (рисунок 1).

Было установлено, что такая адгезия листков хрусталиковой сумки начинается уже с первой недели после экстракции катаракты, причем сначала в области экватора. *Capsular bag fusion and sealing* постепенно прогрессирует от периферии к центру и заканчивается полным охватом ИОЛ листками капсулы (см. рисунок 1) примерно через месяц после операции или несколько позже в зависимости от материала оптики имплантированной линзы (см. ниже). Качественно же описанный процесс аналогичен при имплантации большинства ИОЛ стандартного размера

вне зависимости от их дизайна и материала [120] и должен рассматриваться как типический репаративный ответ на травму эпителия капсульного мешка и удаление вещества хрусталика [54, 134].

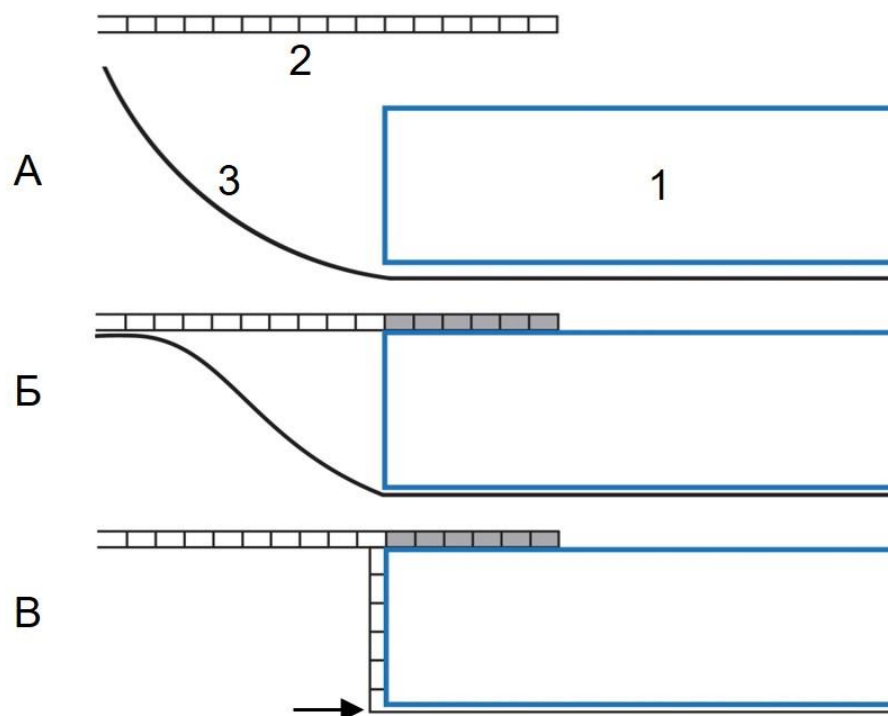


Рисунок 1 — Схема процессов capsular bag fusion and sealing и capsular bend formation при внутрикапсульной имплантации ИОЛ на сагиттальном разрезе по Nishi с соавт. [120] с собственными изменениями:

А — непосредственно после имплантации ИОЛ, до коллапса капсульного мешка: 1 — ПКХ, 2 — ЗКХ, 3 — оптика ИОЛ с прямоугольным краем.
 Б — начало коллапса капсульного мешка и начало capsular bag fusion and sealing; эпителий ПКХ мутнеет в месте контакта с оптикой ИОЛ.
 В — завершение процессов capsular bag fusion and sealing и capsular bend formation; стрелка указывает на сформированный posterior capsular bend на заднем крае оптики линзы

1.2 Патогенез и патоморфологические типы вторичных катаракт

В ходе вышеописанного процесса *capsular bag fusion and sealing*, когда развивается «спайка» ПКХ и ЗКХ, Е-клетки оказываются заключенными в ограниченном пространстве экватора капсульного мешка. В таких случаях, если возни-

кает пролиферация митотически активных герминативных Е-клеток, происходит их нагромождение в области экватора в форме бублика. Данный классический тип вторичной катаракты известен под названием кольца *Soemmering*. Морфологически кольцо состоит из отечных мутных клеток, напоминающих жемчужины (их также называют шарами *Elschnig*, а в русскоязычной литературе — шарами Адамюка-Эльшнига), и хрусталиковых волокон — производных эпителия. Формирование шаров *Elschnig* представляет собой неудачную попытку послеоперационной дифференцировки Е-клеток в хрусталиковые волокна [45, 100].

В случаях, когда имеется интерфейс между оптикой линзы и ЗКХ Е-клетки получают свободный доступ в это пространство. При этом происходит центростремительная миграция Е-эпителиоцитов по внутренней поверхности ЗКХ и их трансформация в шары *Elschnig*. Скопления шаров *Elschnig* на ЗКХ напоминают при биомикроскопии колонии лягушачьей икры [100, 127] или пчелиные соты [45]. Кольцо *Soemmering* и колонии шаров *Elschnig* на ЗКХ относятся к регенераторным формам вторичной катаракты [100].

А-клетки также могут получить доступ к миграции на ЗКХ. При этом А-клетки обладают склонностью к миофибробластной метаплазии; миофибробласты в свою очередь синтезируют коллаген. Их миграция на ЗКХ приводит к развитию фиброзной мембраны. В отличие от регенераторной пленки на ЗКХ в виде пчелиных сот фиброз задней капсулы выглядит как ее побеление. За счет миофибрилл, входящих в их состав, миофибробласты обладают контрактальной (сократительной) способностью. Их сокращение может приводить к деформации капсульного мешка, появлению складок ЗКХ и дислокации внутрикапсульной ИОЛ [100, 127].

Термин «помутнение ЗКХ» в обоих вышеописанных случаях является общепринятой формулировкой, что однако морфологически неверно. В действительности же ЗКХ не мутнеет; на ее поверхности мигрируют, пролиферируют и метаплазируют эпителиоциты, образуя целлюлярную (Е-клетки), фиброзную (А-клетки) или фибро-целлюлярную (А- и Е-клетки) мембрану той или иной степени мутности, интимно прилежащую к прозрачной ЗКХ. «Помутне-

ние» ЗКХ является вторым классическим типом вторичной катаракты и самой распространенной причиной ухудшения зрительных функций после выполнения классической ЭЭК и ФЭК [127].

При плотном прилежании ЗКХ к оптике ИОЛ, то есть при состоявшемся типическом *capsular bag fusion and sealing*, миграции эпителиоцитов за линзу не происходит и капсульно-оптический интерфейс остается прозрачным. Иными словами, миграция и пролиферация как А-, так и Е-клеток возможна только при наличии пространства для их инвазии и роста. Напротив, *no space, no cells* — нет пространства, нет и клеток (с англ.) [100].

Если инвазия Е- или А-клеток на ЗКХ происходит при неполном или несостоявшемся процессе *capsular bag fusion and sealing*, принято говорить о раннем (первичном) прорыве барьера. Если же первично *capsular bag fusion and sealing* все же состоялись, то может произойти так называемый поздний или вторичный прорыв барьера вследствие прогрессирования кольца *Soemmering*. При этом пролиферативное давление экваториальных клеток настолько высоко, что превышает силу адгезии листков капсулы, приводит к разъединению их коллагеновой спайки и миграции Е-эпителиоцитов на ЗКХ. Необходимо отметить, что если развитие фиброза ЗКХ заканчивается к 3–6-му месяцу после экстракции катаракты, то регенерация Е-клеток может продолжаться гораздо дольше. Это значит, что при раннем прорыве барьера возможны как регенераторная, так и фиброзная формы помутнения ЗКХ, тогда как поздний прорыв происходит исключительно за счет регенерации Е-клеток. Как правило, регенераторная форма помутнения ЗКХ становится клинически значимой только спустя 1–3 года (а иногда и 5 лет) после операции [100, 132].

В дополнение к описанным классическим типам, известным еще до эры имплантации ИОЛ, избыточная пролиферация эпителиальных клеток ответственна за развитие еще двух разновидностей вторичной катаракты: помутнения (фиброза) передней капсулы хрусталика (ПКХ) и интерлентикулярного помутнения. Помутнение ПКХ представляет собой фиброзную метаплазию А-клеток и возникает вследствие их контакта с оптикой ИОЛ. Термин «помутне-

ние капсулы» здесь также весьма условен, так как сама ПКХ остается оптически прозрачной [100].

Клинически фиброз ПКХ, также как и фиброз ЗКХ, проявляется в виде ее побеления, однако развивается раньше, чем помутнение задней капсулы, часто уже в течение первого месяца после операции. Интенсивность помутнения ПКХ зависит от материала оптики ИОЛ, который «катализирует» трансформацию А-клеток. Это доказывается тем, что побеление наиболее выражено именно в месте контакта оптики ИОЛ и ПКХ. При выраженном фиброзе развивается фимоз (сморщивание) отверстия переднего капсулорексиса. Капсулофимоз, особенно при асимметрично выполненном капсулорексисе, может сопровождаться различными видами дислокации ИОЛ, а также ущемлением оптики ИОЛ в отверстии переднего капсулорексиса [20, 100, 105].

Таким образом, в пределах капсульного мешка после стандартной внутрикапсульной имплантации ИОЛ возможны три локализации помутнения: ПКХ (помутнение ПКХ), экватор (кольцо *Soemmering*) и ЗКХ (помутнение ЗКХ). Вышеописанные типы вторичной катаракты могут встречаться изолированно, однако часто наблюдается их сочетание [100].

При этом А-клетки ответственны за формирование фиброзной формы вторичной катаракты, так как их стандартный ответ на повреждение — фиброзная метаплазия. Несмотря на то, что типичной реакцией Е-эпителиоцитов является образование шаров *Elschnig* и хрусталиковых волокон (регенераторной формы вторичной катаракты), они также могут подвергаться фиброзной трансформации и принимать участие в развитии фиброзных мембран [99].

Кроме того, для послеоперационного периода характерно появление во внутриглазной жидкости воспалительных клеток, медиаторов воспаления и различных факторов роста. Медиаторы воспаления и факторы роста провоцируют пролиферацию хрусталикового эпителия [50]. Воспалительные же клетки, а также меланоциты радужки способны к адгезии к капсуле хрусталика и метаплазии в фибробласты; тем самым они вносят свой вклад в формирование вторичных катаракт [127, 152].

1.3 Складки задней капсулы хрусталика

Обособленным вопросом при рассмотрении проблемы вторичных катаракт являются складки ЗКХ. Различают два типа складок: интраоперационные — возникающие из-за растяжения капсульного мешка гаптикой ИОЛ и послеоперационные — являющиеся следствием деформации мешка при сокращении фиброзной мембраны, содержащей миофибробласты [151].

Строго говоря, интраоперационные складки ЗКХ разновидностью или симптомом вторичной катаракты не являются. Они появляются после внутрикапсульной имплантации ИОЛ, общий размер которой превышает диаметр капсульного мешка. При этом растяжение хрусталиковой сумки гаптикой ИОЛ приводит к появлению одной или нескольких регулярных параллельных складок, соединяющих две противоположных экваториальных точки максимального напряжения капсулы и проходящих через центр ЗКХ. Замечено, что чем выше степень несоответствия размеров ИОЛ и капсульного мешка, тем больше количество параллельных складок [93, 151]. Формирование интраоперационных складок характерно только для ИОЛ с гаптикой, растягивающих капсульный мешок в двух противоположных направлениях [80], поэтому чаще всего описывается при имплантации линз S-образной конфигурации [55, 93, 106, 151, 154]. При этом складки ориентированы, как правило, перпендикулярно линии, соединяющей точки слияния элементов гаптики с оптикой ИОЛ [93]. При имплантации линз с гаптическими элементами, растягивающих капсульный мешок в двух и более меридианах, возникновение складок ЗКХ не наблюдается [80].

Интраоперационные складки ЗКХ появляются либо непосредственно после имплантации линзы, либо после удаления вискоэластика из-под нее [55] и считаются патогномоничным признаком фиксации ИОЛ именно в капсульном мешке. Данный симптом особенно полезен при узких ригидных зрачках, когда визуализация края капсулорексиса и, следовательно, оценка положения ИОЛ (в мешке?, вне мешка? или смешанная фиксация?) затруднены [151]. Симптомом, часто

сопутствующим появлению складок ЗКХ и также возникающим из-за растяжения капсульного мешка гапстикой ИОЛ, является овализация отверстия переднего капсулорексиса по ходу складок [127].

Частота формирования интраоперационных складок ЗКХ высока и зависит от размеров ИОЛ и капсульного мешка, материала линзы и возраста пациента. Вероятность развития складок повышается в глазах с короткой ПЗО, имеющих капсульные мешки меньшего диаметра, и у пожилых пациентов из-за низкой эластичности капсулы хрусталика. У детей хрусталиковая сумка отличается высокой эластичностью, поэтому в педиатрической практике складки ЗКХ при внутрикапсульной имплантации ИОЛ практически не наблюдаются. Кроме того, складки ЗКХ развиваются чаще при катарактах с плотными ядрами, особенно при большой толщине хрусталика. Полагают, что в этих случаях также имеет место низкая эластичность капсулы хрусталика [151].

Исследования показали, что при имплантации моноблочных ИОЛ из гидрогеля развитие складок ЗКХ наблюдалось в 88 %, из ПММА — в 68 % [73], трехчастных (оптика — из гидрофобного акрила, гаптика — из ПММА) — в 43–56 % [55, 151] и моноблочных из гидрофобного акрила — в 2–13,6 % случаев [55, 93]. Таким образом, моноблочные акриловые линзы из-за мягкости их гаптических элементов характеризуются наименьшей вероятностью развития интраоперационных складок ЗКХ [55].

Парадоксально, но если при имплантации ИОЛ с гапстикой из ПММА складки ЗКХ исчезали в 100 % случаев в течение первых трех-пяти месяцев [106, 151], а из гидрогеля — в 50 % в течение двух лет после операции [106], то при использовании линз с гапстикой из гидрофобного акрила складки сохранялись во всех случаях в течение трех лет наблюдений [93]. Такое противоречие авторы объясняют хорошей моделируемостью гаптики из ПММА [106] и, с другой стороны, высокой памятью формы, присущей для гидрофобного акрила [93].

Данные о влиянии вышеописанных складок ЗКХ на зрительные функции также противоречивы. Так, в исследованиях д-ров Vasavada и Shah с соавт. [93,

151] формирование складок ЗКХ не сопровождалось снижением остроты зрения. При этом авторы сравнивали глаза, имеющими складки ЗКХ, с артефакичными глазами без складок. Напротив, д-р Apple с соавт. [95] и д-р Meacock с соавт. [106] сообщают об оптических aberrациях и снижении остроты зрения при наличии складок. При этом более тонкие функциональные исследования зрительных функций (сравнение контрастной чувствительности, данных электроретинограммы и т.п.) у таких пациентов не проводились.

В нескольких работах [106, 154] было показано, что такие складки в послеоперационном периоде могут выступать в качестве каналов («канавок») для миграции клеток эпителия на ЗКХ. В этих случаях формируется линейная вторичная катаракта вдоль складок задней капсулы.

Второй тип складок ЗКХ — послеоперационные — является следствием фиброзной деформации ЗКХ при вторичной катаракте и развивается в различные сроки после ЭЭК и ФЭК. Такие складки носят иррегулярный характер и снижают качество зрительных функций [134].

Линейную вторичную катаракту, наблюдаемую вдоль складок задней капсулы, необходимо дифференцировать со складками ЗКХ, возникающими при ее фиброзной деформации. В первом случае складки ЗКХ являются причиной, во втором — следствием развития вторичной катаракты. Строгая регулярность помогает клинически отличить первый тип складок ЗКХ от иррегулярных деформаций капсулы при ее фиброзе.

1.4 Основные факторы риска и пути профилактики развития вторичных катаракт

Из вышесказанного следует, что для предупреждения развития вторичных катаракт необходимо либо уничтожить источник (то есть эпителиоциты) или матрицу (капсулу хрусталика) для их развития, либо не допустить миграцию и пролиферацию клеток в капсульном мешке. Известные направления такой профилактики обобщены нами в таблице 1.

Таблица 1 — Направления профилактики развития вторичных катаракт

<p>Предупреждение инвазии (барьер для миграции) эпителиоцитов капсулы хрусталика</p>	<p>Прямоугольный задний край оптики ИОЛ</p> <p>Минимальное, но полное покрытие оптики линзы краем переднего капсулорексиса</p> <p>Диаметр оптики ИОЛ 6,0 мм</p> <p>Ангуляция гаптики ИОЛ?</p> <p>Тонкая гаптика ИОЛ</p> <p>Гидрофобный материал оптики ИОЛ</p> <p>Соответствие величины ИОЛ размерам капсульного мешка — отсутствие складок ЗКХ</p>
<p>Ликвидация источника развития вторичных катаракт — эпителиоцитов капсульного мешка</p>	<p>Аспирация эпителия хрусталика</p> <p>Химическое (фармакологическое) уничтожение эпителия хрусталика</p>
<p>Ликвидация матрицы для развития вторичных катаракт</p>	<p>Задний капсулорексис</p> <p>Ущемление оптики ИОЛ в отверстии заднего капсулорексиса</p> <p>Передняя витрэктомия — удаление переднего гиалоида</p>
<p>Предупреждение пролиферации клеток</p>	<p>Профилактика послеоперационного воспаления:</p> <ul style="list-style-type: none"> • минимизация операционной травмы; • противовоспалительное лечение?

1.5 Предупреждение миграции эпителиоцитов капсульного мешка

Уже в конце 1970-х годов было замечено, что имплантация ИОЛ в капсульный мешок снижает риск помутнения ЗКХ. Было высказано мнение, что оптика ИОЛ представляет собой механический барьер для миграции эпителиоцитов к центру ЗКХ [101]. В крупном исследовании д-ра Nishi [117], выполненном на более чем 600 глазах, было продемонстрировано, что клинически значимое помутнение ЗКХ при афакии наблюдалось в 15 %, тогда как при артификакии — лишь в 7,1 % случаев.

В середине 1990-х годов д-рами Nagata и Watanabe [112] была доказана зависимость частоты развития помутнений ЗКХ от формы края оптики ИОЛ. В ретроспективном анализе около 400 экстракций катаракты помутнение ЗКХ в течение 2 лет после операции выявлялось в 66–82 % случаев при имплантации ИОЛ с круглым краем и только у 9–17 % пациентов, если край оптики линзы имел прямоугольное сечение. Впервые же превентивное влияние края оптики на развитие помутнений ЗКХ было замечено д-ром Hoffer еще в конце 1970-х годов [87].

В серии экспериментальных работ д-ра Nishi с соавт. [74, 114, 119, 120] было показано, что при имплантации ИОЛ с прямоугольным краем оптики в процессе *capsular bag fusion and sealing* происходит следующее. ЗКХ прилегает к задней поверхности линзы и огибает ее заднее ребро, повторяя тем самым прямой угол изгиба края оптики. Этот феномен получил название *posterior capsular bend formation* — формирование заднего изгиба капсулы хрусталика (англ.) Выяснилось, что именно в месте изгиба ЗКХ создается механическое препятствие для миграции клеток к центру капсулы (см. рисунок 1).

Авторы пришли к выводу, что значение имеет только задний край оптики. Передний же край на формирование *posterior capsular bend* не влияет. Предполагают, что чем острее задний край, тем острее *capsular bend* и тем более эффективно предупреждается помутнение ЗКХ [120]. Напротив, при округлом заднем крае ИОЛ *capsular bend formation* не происходит, поэтому барьера для инвазии эпителиоцитов на ЗКХ не возникает [74].

В течение многих лет прямоугольный край оптики ИОЛ считали основным и самым эффективным барьером на пути центростремительной миграции эпителиальных клеток хрусталика. Однако в 2009 году д-ром Vock с соавт. [130, 132] были опубликованы отдаленные результаты ретроспективного анализа, показавшего, что с течением времени профилактический эффект прямоугольного края оптики постепенно утрачивается. Так, через 10 лет после имплантации таких ИОЛ частота ИАГ-лазерных дисцизий оказалась высокой и составила 42 % от 99 наблюдаемых глаз. Авторы объяснили это поздним (вторичным) прорывом капсульного барьера за счет пролиферации клеток в кольце *Soemmering*. Был

сделан вывод, что, к сожалению, край оптики ИОЛ, по всей видимости, представляет лишь отсрочку в развитии помутнения ЗКХ. Тем не менее, именно прямоугольный задний край оптики ИОЛ считается одним из наиболее эффективных препятствий для развития помутнений ЗКХ. В настоящее время все современные ИОЛ для имплантации в капсульный мешок непременно имеют такой край [100].

Помимо прямоугольного края вторым неизменным условием для полноценного *capsular bend formation* является покрытие оптики ИОЛ краем переднего капсулорексиса. Первыми это заметили д-р Ravalico с соавт. [138]. В их наблюдениях в течение 2-х лет при полном (360^0) покрытии оптики краем ПКХ помутнение центра ЗКХ происходило только у 18,5 % пациентов. Напротив, если диаметр переднего капсулорексиса превышал диаметр оптики ИОЛ, то центральное помутнение ЗКХ развивалось в 45 % случаев. При этом выполнение задней ИАГ-лазерной капсулотомии в первом случае потребовалось у 7,4 %, а во втором — уже у 35 % пациентов.

Как уже говорилось выше, при соприкосновении оптики ИОЛ с краем ПКХ происходит фиброзная трансформация А-клеток, особенно выраженная в месте этого контакта [105]. Если при этом край переднего капсулорексиса покрывает край оптики на 360^0 , то по предположению д-ра Ravalico с соавт. [138] плотное фиброзное кольцо на ПКХ как бы «вдавливает» ИОЛ в ЗКХ, обеспечивая тем самым *capsular bend formation*.

Таким образом было показано, что фиброзное помутнение ПКХ играет положительную роль в формировании *capsular bend*. То есть, с одной стороны, помутнение ПКХ ограничивает осмотр периферии глазного дна [138], может прикрывать дифракционные кольца мультифокальной ИОЛ [78], зато с другой — обеспечивает лучшую прозрачность ЗКХ и более высокое центральное зрение [138].

Со времен исследования д-ра Ravalico с соавт. [138] идеальным принято считать передний капсулорексис, равномерно и минимально (примерно на 0,5 мм) покрывающий край ИОЛ. При этом если передний рексис слишком узкий, то площадь контакта края ПКХ с ИОЛ увеличивается. Материал оптики при этом

катализирует метаплазию более значительного количества А-клеток в фибробласты, что приводит к избыточному фиброзу ПКХ и к капсулофимозу.

Напротив, при слишком широком переднем капсулорексисе контакт А-клеток с оптикой линзы отсутствует. При этом фиброзное кольцо на ПКХ не формируется, поэтому «вдавления» оптики ИОЛ в ЗКХ и *capsular bend formation* не происходит. В этом случае клетки получают свободный доступ к миграции к центру ЗКХ с развитием ее помутнения [119, 138]. Таким образом, передний капсулорексис должен быть круглым, центрированным и иметь диаметр примерно на 1,0 мм меньше размера оптики ИОЛ [138].

Размер оптики ИОЛ также имеет значение в развитии *capsular bend*. В эксперименте, проведенным д-ром Nishi с соавт. [115], при имплантации нестандартной монолитной линзы с широкой 7,0-мм оптикой формирования *capsular bend* не наблюдалось. При этом, несмотря на то, что оптика линзы имела прямоугольный край, во всех глазах происходило помутнение ЗКХ. Напротив, при имплантации ИОЛ стандартного размера, имеющей оптику 5,5 мм и прямоугольный край, во всех случаях наблюдали *capsular bend* и, соответственно, прозрачную ЗКХ. Дело в том, что громоздкие габариты нестандартной ИОЛ препятствовали коллапсу капсульного мешка, поэтому из-за отсутствия достаточного контакта между ПКХ и ЗКХ адгезии между ними не происходило. Был сделан важный вывод: барьерный эффект прямоугольного края оптики не реализуется в отсутствии *capsular bend*. В свою очередь неизменными условиями для полноценного *capsular bend formation* являются коллапс и адгезия листков хрусталиковой сумки (то есть *capsular bag fusion and sealing*) (см. рисунок 1).

Из вышесказанного следует, что теоретически чем меньше диаметр оптики ИОЛ, тем ниже вероятность развития помутнений ЗКХ. Однако д-р Меасок с соавт. [73] показали, что возможно это не совсем так. В проспективном исследовании авторы использовали одну и ту же модель ИОЛ, но с двумя разными диаметрами оптики — 5,5 и 6,0 мм. Было обнаружено, что через один год после операции площадь помутнений ЗКХ при 5,5-мм оптике составила в среднем 6,9 %, тогда как при диаметре оптики 6,0 мм — лишь 1,5 %. Был сделан вывод, что оптимальным в плане

предупреждения помутнений ЗКХ является не 5,5-мм, а 6,0-мм диаметр оптики, который с тех пор является стандартным у большинства современных ИОЛ.

Предполагалось, что *capsular bend formation* может облегчать ангулированная гаптика, за счет которой оптика ИОЛ плотнее прижимается к ЗКХ. Однако, морфологические исследования в эксперименте не выявили достоверной разницы в выраженности помутнений ЗКХ при сравнении ИОЛ без ангуляции и с ангуляцией до 15 градусов [71]. Это нашло подтверждение и в клинике. Так, в одном проспективном исследовании в один глаз имплантировали ИОЛ с ангуляцией 10 градусов, а в парный — без ангуляции. Выраженность помутнения ЗКХ оценивали по 11-бальной (от 0 до 10) шкале через 1,5 года после операции. При этом достоверной разницы между сравниваемыми группами найдено не было: 2,35 балла без ангуляции и 2,07 балла с ангуляцией. Был сделан вывод, что ангуляция гаптики не является важной для предотвращения помутнения ЗКХ. В то же время ангулированные ИОЛ показывали достоверно меньшую частоту помутнения ПКХ: 6,5 % против 71 % случаев в глазах без ангуляции гаптики. Это объясняется наличием зазора между ПКХ и оптикой ангулированной ИОЛ. По-видимому, зазор предотвращает контакт оптики ИОЛ с клетками ПКХ и, соответственно, трансформацию последних в фибробласты [75].

Одним из препятствий для полноценного *capsular bend formation* может явиться чрезмерно объемистая гаптика моноблочных ИОЛ. В эксперименте д-р Nishi с соавт. [116] показали, что при имплантации таких линз площади листов капсулы недостаточно для их коллапса и адгезии, особенно у корня гаптики. Кроме того, если гаптика моноблочной ИОЛ имеет ту же толщину, что и оптика, то в месте их слияния оптическая часть линзы теряет задний край как таковой. В первую очередь именно здесь и происходит инвазия эпителия на ЗКХ (*haptic-optic junction phenomenon*, феномен слияния гаптики и оптики, англ.) В трехчастной ИОЛ, напротив, край оптики непрерывен по всему своему периметру. Более того, тонкие гаптические элементы в меньшей степени противодействуют *capsular bag fusion and sealing*, поэтому при использовании трехчастных линз помутнение ЗКХ встречалось достоверно реже.

Еще одним фактором, влияющим на формирование вторичных катаракт, следует считать материал оптики ИОЛ [118]. Подавляющее большинство современных ИОЛ изготавливаются из материалов двух групп – акрилов и силикона. В свою очередь акрилы для производства ИОЛ бывают жесткими и мягкими. К жестким акрилам относится ПММА, к мягким — мягкие гидрофобные акрилы (далее — без «мягкие») и гидрофильные акрилы (синоним — гидрогели) [81, 100].

Многочисленные сравнительные исследования [6, 31, 40, 58, 70, 91, 135, 150] продемонстрировали, что для ИОЛ с оптикой, выполненной из гидрофобных материалов, характерна меньшая частота развития помутнений ЗКХ, чем для линз из гидрофильных акрилов схожего дизайна. При этом гидрофобными материалами из вышеперечисленных являются силикон, ПММА и гидрофобные акрилы [81, 100].

Так, в рандомизированном исследовании д-ра Iwase с соавт. [91] сравнивались результаты имплантации монолитной ИОЛ из гидрофобного акрила и трехчастной линзы из гидрофильного акрила. При денситометрии с использованием шаймпфлюг-камеры было показано, что через два года после операции плотность помутнения ЗКХ в группе гидрофильных ИОЛ в среднем составила 23 единицы, тогда как в глазах с гидрофобными линзами была достоверно ниже — 15 единиц. При этом ИАГ-лазерная дисцизия ЗКХ после имплантации гидрофильных ИОЛ потребовалась в 13 %, а в глазах с гидрофобными линзами — лишь в 2 % случаев.

В рандомизированном сравнительном исследовании д-ра Heatley с соавт. [58] было показано, что через год после имплантации монолитной ИОЛ из гидрофильного акрила средняя площадь помутнений ЗКХ составила 50,3 %, тогда как в глазах с линзами схожего дизайна из гидрофобного акрила — лишь 4,9 %. При этом ИАГ-лазерная задняя капсулотомия была выполнена в 9,4 % глаз с гидрофильными ИОЛ, а в группе гидрофобных линз не требовалась вообще.

Рандомизированное сравнительное исследование д-ра Vasavada с соавт. [150] было посвящено влиянию трех монолитных ИОЛ (одной — из гидрофобного акрила и двух — из гидрофильного акрила) на развитие помутнений ЗКХ. Результаты были схожими с приведенными выше двумя работами. Через три года

после операции по 5-ти бальной шкале (от 0 до 4) выраженность помутнений ЗКХ была минимальной при имплантации гидрофобных ИОЛ — в среднем 0,03. В то же время в глазах с двумя разными гидрофильными линзами этот показатель был достоверно выше и достиг в среднем 0,93 и 2,18. Что касается ИАГ-лазерного рассечения ЗКХ, то при использовании гидрофобных ИОЛ дисцизия не требовалась вообще, тогда как после имплантации гидрофильных линз ее частота составила 12,9 % и 16 %.

Еще в одном крупном (около пяти тысяч глаз) ретроспективном анализе, выполненном д-ром Duman с соавт. [70], сравнивались результаты имплантации четырех ИОЛ: трех различного дизайна — из гидрофобного акрила и одной трехчастной — из гидрофильного акрила. Было также подтверждено, что выраженность развития помутнений ЗКХ достоверно выше при использовании гидрофильных ИОЛ. Так, частота ИАГ-лазерной задней капсулотомии в глазах с гидрофобными линзами не превышала 3,0 %, в то время как после имплантации гидрофильных ИОЛ составила 4,63 %.

Наконец, в рандомизированном исследовании д-ра Hollick с соавт. [135] ИОЛ из гидрофильного акрила сравнивались с линзами из ПММА и силикона. Как и в вышеописанных работах, показатели помутнения ЗКХ были достоверно наихудшими среди гидрогелевых ИОЛ. Так, через два года после операции площадь помутнения ЗКХ после имплантации гидрофильных ИОЛ достигла в среднем 63 %, тогда как в глазах с линзами из ПММА — 46 %, а из силикона ИОЛ — 17 %. При этом, ИАГ-лазерная задняя капсулотомия была выполнена в 28 % глаз с гидрофильными ИОЛ и только в 14 % случаев после имплантации линз из ПММА. Пациентам же с силиконовыми ИОЛ капсулотомия не потребовалась вообще.

Таким образом, следует считать доказанным, что для ИОЛ, оптика которых выполнена из гидрофобных материалов, характерна достоверно меньшая выраженность развития помутнений ЗКХ, чем для гидрогелевых линз. Во-первых, вероятно это связано с высоким содержанием воды в гидрофильных акрилах, что благоприятствует миграции эпителия хрусталика, имеющего гидрофильные свойства, на ЗКХ [81].

Во-вторых, известно, что задний край оптики гидрофильных линз является менее острым, чем у ИОЛ из гидрофобных материалов. Так, д-р Nanavaty с соавт. [65] при помощи сканирующей электронной микроскопии изучили семнадцать моделей ИОЛ, которые позиционируются как линзы, имеющие острый задний край оптики. Оказалось, что радиус кривизны заднего (острого) края оптики большинства ИОЛ из гидрофобного акрила и силикона составил менее 10,0 мкм, тогда как у гидрогелевых линз — более 10,0 мкм. Причина этого кроется в технологии изготовления ИОЛ из гидрофильного акрила. Гидрогелевые линзы вытачиваются из обезвоженного блока и только затем гидратируются. При этом, впитывая воду, выточенный задний край оптики «отекает» и, соответственно, становится более тупым. До этого, в эксперименте *in vitro* [147] было показано, что чем острее задний край оптики (другими словами, чем острее *capsular bend*), тем эффективнее осуществляется торможение миграции эпителиальных клеток.

Вместе с тем различные гидрофобные материалы также сравнивались между собой в плане их влияния на развитие помутнений ЗКХ. Так, в серии морфологических исследований на животных д-ром Nishi с соавт. [74, 119] было показано, что при имплантации ИОЛ как из гидрофобного акрила, так и из ПММА и силикона острый край оптики всех трех линз одинаково эффективно способствовал формированию *capsular bend* и останавливал миграцию клеток.

В клиническом исследовании д-ром Nishi с соавт. [120] было выявлено, что гидрофобный акрил и силикон отличаются максимальной скоростью *capsular bend formation*. Так, к концу первого месяца после операции формирование изгиба капсулы полностью заканчивалось при имплантации линз из гидрофобного акрила и силикона, но было незавершенным, если ИОЛ состояла из ПММА.

В рандомизированном исследовании д-ра Hayashi с соавт. [86] изучались результаты имплантации трехчастных ИОЛ из силикона и из гидрофобного акрила. Через три года после операции по данным денситометрии, выполненной на шаймпфлюг-камере, выраженность помутнений ЗКХ в глазах с силиконовыми ИОЛ составила в среднем 11,5 единиц, а после имплантации линз из гидрофобного акри-

ла — 13 единиц. Такая разница оказалась статистически недостоверной. При этом ИАГ-лазерные рассечения ЗКХ в глазах с ИОЛ из гидрофобного акрила выполнялись в два раза чаще — в 7,9 % против 3,4 % случаев дисцизий в группе с силиконовыми линзами. Тем не менее, эта разница была также недостоверной. Очень схожие результаты были получены еще в двух трехлетних рандомизированных исследованиях [59, 72]. Таким образом, было показано, что в течение первых трех лет после операции принципиальная разница между ИОЛ из силикона и гидрофобного акрила касательно их влияния на развитие помутнений ЗКХ отсутствует.

Однако, рандомизированное исследование д-ра Vock с соавт. [130] все же выявило разницу в развитии помутнений ЗКХ между двумя этими материалами оптики ИОЛ через шесть лет после операции. Сравнивались трехчастные линзы из силикона и гидрофобного акрила. К концу срока наблюдения по 10-бальной шкале интенсивность помутнения ЗКХ была достоверно ниже в глазах с силиконовыми линзами: 2,3 балла против 3,8 баллов после имплантации ИОЛ из гидрофобного акрила. При этом частота ИАГ-лазерных задних капсулотомий при использовании силиконовых ИОЛ была в три раза ниже (3,8 % случаев), чем в глазах с линзами из гидрофобного акрила (11,3 % случаев).

Таким образом, среди трех используемых для изготовления оптики ИОЛ гидрофобных материалов наилучшими долговременными результатами относительно развития помутнений ЗКХ обладает силикон [130]. В этом плане линзы из ПММА и гидрофобного акрила примерно сопоставимы между собой [145]. Однако, вместе с тем, ИОЛ из силикона и ПММА не могут имплантироваться через малые (менее 2,8 мм) разрезы, что существенно ограничивает их применение. Поэтому ИОЛ из гидрофобных акрилов остаются наиболее часто имплантируемыми линзами в современной офтальмохирургии [81, 100].

Гидрофобные акрилы зарекомендовали себя высокой «клейкостью» (адгезивностью) как к инструментарию, так и по отношению частей ИОЛ друг к другу [111, 123]. Ранее считалось, что, размягчаясь при температуре тела, акрил выполняет неровности материала, с которым находится в соприкосновении и «прилипает»

к последнему за счет сил межмолекулярного притяжения [83]. В экспериментальных исследованиях д-рами Nagata и Oshika [111, 123] было показано, что гидрофобный акрил имеет в 3,4 раза более выраженную адгезию к коллагеновым мембранам (в том числе к капсуле хрусталика), чем ПММА. Интересно, что оптика ИОЛ, выполненная из силикона, адгезивными свойствами не обладает вообще.

Позже было обнаружено, что основным «посредником» для адгезии ИОЛ к капсуле хрусталика является белок фибронектин [47]. При этом, чем выше способность материала адсорбировать на своей поверхности фибронектин, тем большую «клейкость» оптика проявляет по отношению к капсуле хрусталика. Было показано, что наибольшей адсорбцией фибронектина (а, соответственно, и самой высокой адгезией к капсуле) обладает гидрофобный акрил. В то же время ПММА адсорбирует фибронектин в меньшей степени, а силикон и гидрогели этим качеством не обладают вообще.

Имея высокие адгезивные свойства, оптика ИОЛ из гидрофобного акрила «прилипает» к ПКХ и катализирует трансформацию А-эпителиоцитов в фибробласты [140]. При этом ПКХ, особенно находящаяся в соприкосновении с оптикой, мутнеет в 100 % случаев [75]. Как отмечалось выше, формирующееся таким образом плотное фиброзное кольцо на ПКХ «вдавливает» оптику в ЗКХ, способствуя тем самым *capsular bend formation* [118, 123, 138]. Для сравнения, фиброз ПКХ при имплантации ИОЛ с оптикой из гидрофильного акрила наблюдаются в 87 % случаев и имеет при этом менее выраженный характер [75]¹.

Итак, высокая адгезия гидрофобных акрилов к капсуле хрусталика облегчает *capsular bend formation* и, тем самым, препятствует помутнению ЗКХ [118, 123, 138]. Учитывая все вышесказанное, некоторые производители ИОЛ обрабатывают поверхность гидрофильной оптики гидрофобным материалом [89].

¹ Напротив, оптика ИОЛ из силикона индуцирует еще более выраженный фиброз ПКХ, чем имплантация линз из акрилов [51]. Возможно именно это и объясняет то, что силиконовые ИОЛ отличаются самыми низкими показателями развития помутнений ЗКХ в долгосрочной перспективе. Вероятно, что фиброз ПКХ наиболее мощно «вдавливает» именно силиконовую оптику в ЗКХ и тем самым максимально эффективно препятствует вторичному прорыву барьера вследствие прогрессирования кольца *Soemmering* [130, 132].

1.6 Ликвидация эпителиоцитов капсульного мешка

Как показано выше, предупреждение центростремительной миграции клеток по внутренней поверхности капсулы хрусталика является лишь паллиативной мерой профилактики развития помутнений ЗКХ. Отсюда логичным подходом будет радикальное уничтожение морфологического субстрата возникновения вторичных катаракт — А- и Е-эпителиоцитов [100].

Монослойная эпителиальная выстилка ПКХ является наиболее доступной мишенью, так как при широком зрачке хорошо видна при коаксиальном освещении операционного микроскопа. Для механического удаления А-клеток были предложены кюретки и скребки различного дизайна с острыми краями и алмазным напылением [126], а также методики крио-, диатермо-, ультразвуковой и лазерной деструкции эпителия [69]. Однако наибольшую популярность получила «полировка» капсулы с помощью аспирационной канюли. Аспирация является наиболее эффективным и безопасным способом и занимает всего около 1,5 минут до полной очистки ПКХ от А-клеток в пределах расширенного зрачка [67, 68, 69, 107, 126].

В крупной серии проспективных рандомизированных исследований д-ром Менарасе с соавт. [67–69] были изучены эффекты аспирационной полировки ПКХ. Как и предполагалось, такая очистка капсулы эффективно предупреждала помутнение ПКХ. Так, если в контрольной группе, где эпителиоциты не удалялись, средняя выраженность фиброза ПКХ после 3-х лет наблюдения составляла 26 %, то в глазах после полировки капсулы — в 1,5 раза меньше, лишь 15 %. Кроме того, как и ожидалось, удаление А-эпителиоцитов положительно сказывалось и на развитии фиброзной формы помутнения ЗКХ, морфологическим субстратом которой являются эти клетки. Если в группе с неполированными капсулами фиброз ЗКХ оценивался в среднем в 1 балл, то среди глаз после удаления хрусталикового эпителия — лишь в 0,5 единицы по 4-бальной шкале, то есть в два раза меньше [67]. Также было показано, что полировка капсулы эффективно предотвращает и осложнения фиброза ПКХ — капсулофимоза и ущемления оптики ИОЛ в отверстии переднего капсулорексиса [69].

Напротив, относительно развития регенераторной формы вторичной катаракты были получены иные результаты. Как трех- [68], так и 5-летние наблюдения [69] не выявили достоверного снижения частоты развития регенераторного помутнения ЗКХ среди глаз с полированными ПКХ. Более того, клинически значимых помутнений ЗКХ было больше в глазах, где эпителиоциты удалялись, что сказалось на частоте выполнения ИАГ-лазерных дисцизий вторичной катаракты: 53,8 % против 35,9 % в группе глаз с неполированными ПКХ в течение 3-летних наблюдений [68].

Авторы объяснили этот феномен нарушением типических патологических процессов, происходящих в капсульном мешке после удаления эпителия ПКХ. Как уже было сказано выше, после стандартной внутрикапсульной имплантации ИОЛ А-клетки капсулы хрусталика трансформируются в миофибробласты, которые синтезируют коллаген. Это приводит к *capsular bag fusion and sealing* [100], а также формированию фиброзного кольца на ПКХ, «вдавливаящему» ИОЛ в ЗКХ. Как первое, так и второе являются неременными условиями для *capsular bend formation* [115, 119, 138].

Д-р Менарасе с соавт. [68, 69] показали, что полировка ПКХ abortирует вышеописанный процесс. После удаления А-клеток (иначе говоря, без коллагена фибробластов) невозможны ни адгезия листков капсульного мешка, ни образование фиброзного кольца на ПКХ, ни, соответственно, *capsular bend formation*. При этом барьерный эффект края оптики ИОЛ по отношению к мигрирующим Е-клеткам при отсутствии *capsular bend* не реализуется [115], что негативно сказывается на профилактике развития регенераторной формы помутнения ЗКХ [68, 69].

Таким образом, аспирируя А-субпопуляцию эпителия, необходимо учитывать, что улучшение визуализации периферии глазного дна сквозь полированную ПКХ чаще оборачивается необходимостью выполнения лазерной дисцизии ЗКХ [68]. Поэтому с точки зрения авторов полировка ПКХ целесообразна только при одновременно проводимом заднем капсулорексисе с ущемлением оптики ИОЛ в его отверстия (см. ниже). Также возможными показаниями к полировке ПКХ мо-

гут быть патологические состояния, требующие выполнения лазерной коагуляции периферии сетчатки [107].

Необходимо также понимать, что вышеописанной полировке может быть подвергнута только видимая часть ПКХ в пределах расширенного зрачка. Периферические А-клетки, скрытые радужкой, а тем более Е-субпопуляция эпителиоцитов, расположенные экваториально, недоступны для визуализации, а поэтому и недостижимы для механического соскабливания. «Слепые» попытки аспирации этих клеток являются неэффективными и опасными в плане повреждения капсульного мешка, цинновых связок, радужки и цилиарного тела [68, 107].

Таким образом, очевидно, что радикальная ликвидация А- и Е-клеток хрусталикового эпителия теоретически возможна только химическим (фармакологическим) путем [67, 100]. На практике же до недавнего времени считалось, что идея полного химического уничтожения капсульного эпителия является утопичной. Дело в том, что клинически эффективные дозы реагентов, вводимых для подавления А- и Е-клеток в капсульный мешок, приводили к гибели эндотелия роговицы и вызывали развитие тяжелого токсического увеита [64].

Тем не менее, возможность использования по крайней мере одного фармпрепарата с целью разрушения эпителия хрусталика всё же была найдена. Так, экспериментальные гистологические [76] и иммуногистохимические [148] работы показали, что краситель *trypan blue* достоверно угнетает жизнеспособность клеток эпителия хрусталика и приводит к их гибели. В последующем клиническом рандомизированном исследовании [143] *trypan blue* в стандартной 0,1 % концентрации использовали вместо физиологического солевого раствора для выполнения гидродиссекции в ходе ФЭК. Было установлено, что при применении *trypan blue* через год после операции ПП ЗКХ по 5-бальной шкале (от 0 до 4) был достоверно ниже, чем среди пациентов, у которых гидродиссекция выполнялась обычным солевым раствором: 0,15 против 0,25, соответственно. Более того, ИАГ-лазерная дисцизия ЗКХ после применения *trypan blue* требовалась в три раза реже (в 2 % случаях), чем после гидродиссекции физраствором (у 6 % пациентов). Немаловажным является и то, что *trypan blue* — зарегистрированный препарат, использу-

емый рутинно для окрашивания ПКХ в хирургии катаракты. При этом какого-либо неблагоприятного воздействия этого красителя на роговичный эндотелий выявлено не было. Возможно это связано с тем, что в отличие от эндотелия роговицы, эпителий капсулы хрусталика активно делится и *trypan blue* нарушает его митотический цикл [143].

В 2003 году д-ром Maloof с соавт. [142] было описано устройство-ирригатор, изолирующее полость капсульного мешка от камер и окружающих структур глаза. После удаления вещества хрусталика такой силиконовый ирригатор посредством вакуумного кольца герметично фиксируется по краю переднего капсулорексиса. При этом устройство позволяет вводить в хрусталиковую сумку различные реагенты без их попадания в камеры глаза.

На данный момент опубликовано применение двух реагентов — деионизированной дистиллированной воды и 5-фторурацила — для ирригации капсульного мешка посредством вышеописанного ирригатора. Использование дистиллированной воды *in vitro* приводило к гипоосмолярному повреждению хрусталикового эпителия. Однако, как экспериментальные *in vivo* [48], так и клинические исследования [103] продемонстрировали ее неэффективность для предупреждения развития вторичных катаракт.

Напротив, ирригация капсульного мешка антиметаболитом 5-фторурацилом в эксперименте сопровождалась достоверным снижением риска помутнения ЗКХ [48]. Одновременно авторами не выявлялись какие-либо токсические повреждения эндотелия роговицы, трабекулярного аппарата и сетчатки [139]. Остается ждать результатов клинических исследований методики, хотя в любом случае ее официальное применение в РФ сегодня невозможно из-за отсутствия сертификации антиметаболитов к использованию в офтальмологии.

Имеются и другие вопросы относительно методологии химического уничтожения капсульного эпителия, недостаточно освещенные в литературе. Так, применение описанной методики удлиняет время операции и делает ее более травматичной; имплантация и эксплантация ирригатора требует также некоторого, до 3,0–3,5 мм, расширения основного разреза [103]. Кроме того, существует

опасность потери вакуума в кольце ирригатора, прорыва реагента за пределы капсульного мешка с последующим токсическим повреждением структур как переднего, так и заднего отделов глаза. Тем не менее, фармакологическое уничтожение эпителиоцитов хрусталика является радикальным и перспективным направлением профилактики развития вторичных катаракт, поэтому заслуживает дальнейшего изучения.

1.7 Устранение матрицы для развития вторичных катаракт

Известно, что возраст пациента имеет обратную корреляцию с риском развития вторичной катаракты. Чем младше пациент, тем выше регенерационная способность тканей и тем, соответственно, выраженнее пролиферативные процессы, происходящие в капсульном мешке после операции. Было показано, что в культуре ткани эпителиоциты капсулы хрусталика пациентов моложе 40 лет растут в три раза быстрее, чем те же клетки у людей старше 60-летнего возраста [90].

В педиатрической практике развитие клинически значимого помутнения ЗКХ после факоаспирации наблюдается практически в 100 % случаев [153]. Это неминуемо приводит к развитию амблиопии. Эффективное же выполнение ИАГ-лазерной дисцизии ЗКХ в детской практике затруднительно или часто невозможно в силу значительной толщины и плотности пролиферативных мембран. Поэтому вопросы профилактики развития вторичных катаракт у этих пациентов стоят наиболее остро [150].

Учитывая, что развитие вторичной катаракты после факоаспирации у детей неизбежно, экстракция катаракты у этих пациентов должна непременно включать заднюю капсулотомию или капсулэктомию. Рассечение или иссечение ЗКХ в таких случаях преследует цель ликвидировать матрицу (заднюю капсулу) для миграции и пролиферации эпителиоцитов на ее поверхности [5, 9, 23, 24, 28, 29, 32–34, 41].

Однако стандартное вскрытие ЗКХ у детей отнюдь не является панацеей, избавляющей от последующего развития вторичной катаракты. По некоторым

данным [57, 136] клинически значимое помутнение в пределах зрительной оси после выполнения заднего капсулорексиса в педиатрической практике достигает 57–64 % случаев. Дело в том, что у детей регенераторные процессы столь выражены, что роль матрицы для миграции и пролиферации клеток хрусталикового эпителия берет на себя передняя гиалоидная мембрана [152].

Именно поэтому у детей задний капсулорексис было предложено комбинировать с передней витрэктомией. Тем не менее, даже в этих случаях развитие вторичной катаракты в пределах зрительной оси достигает 6 % [52], что объясняют недостаточным объемом витрэктомии у этих пациентов. Объемом витрэктомии, необходимым для полноценного предупреждения вторичной катаракты, считается удаление передней центральной порции стекловидного тела, разумеется вместе с центральной частью передней гиалоидной мембраны [150].

В 1994 году д-рами Gimbel и DeBroff [85] была описана техника ущемления оптики ИОЛ (*optic capture*, англ.) в отверстии заднего капсулорексиса. При этом С- или J-образная гаптика (как правило, трехчастной ИОЛ) помещается в капсульный мешок (или в цилиарную борозду), а оптика вывихивается в отверстие заднего капсулорексиса. Таким образом оптика оказывается позади ЗКХ и клетки хрусталикового эпителия утрачивают обычный (по задней капсуле) доступ в пространство позади ИОЛ.

Вообще, изначально ущемление оптики в отверстии заднего капсулорексиса у детей было предложено с целью избежать выполнения передней витрэктомии [85]. Однако, в проспективных исследованиях д-ром Vasavada с соавт. [150, 152] было показано, что эта манипуляция, к сожалению, не избавляет от последующего развития вторичной катаракты. Так, у детей до 5 лет при ущемлении оптики в отверстии заднего капсулорексиса, но без витрэктомии помутнение переднего гиалоида развивалось во всех случаях [152], а у детей 5–12 лет — в 70 % наблюдений [149].

Авторы отмечают, что в этих случаях инвазия клеток хрусталикового эпителия на передний гиалоид происходит в местах слияния гаптики и оптики, то есть там, где отсутствует *capsular bag fusion and sealing* [150]. Другой причиной

формирования помутнений, как уже отмечалось выше, является развитие экссуdatивных мембран и миграция клеток пигментного эпителия радужки на переднюю гиалоидную мембрану [152]. Кроме того, выполнение *optic capture* статистически достоверно приводит к более выраженной увеальной реакции — к частому формированию задних синехий и отложению воспалительных депозитов на оптике ИОЛ [149]. Авторы заключают, что единственным преимуществом ущемления оптики в педиатрической практике является надежное предупреждение последующей децентрации ИОЛ.

Являясь известными экспертами в хирургии детской катаракты, д-р Vasava-da с соавт. [150] рекомендуют сочетать задний капсулорексис с передней витрэктомией у пациентов первых трех лет жизни. У детей от трех до 6–7 лет они считают возможным выполнение только заднего капсулорексиса, а у более старших пациентов допускают оставлять ЗКХ интактной, не производя ни заднего рексиса, ни передней витрэктомии. Таким образом, чем младше ребенок, тем более агрессивным должен быть выбран подход в отношении профилактики вторичных катаракт.

Несмотря на то, что с возрастом пролиферативная активность хрусталикового эпителия постепенно снижается, развитие помутнения той или иной степени в пределах заднего капсулорексиса у взрослых может достигать 50–55 % в сроки до трех лет после операции. При этом клинически значимые помутнения в пределах зрительной оси наблюдаются в 2,5–4 % случаев и требуют выполнения ИАГ-лазерного вмешательства [49, 141].

В эксперименте гистологически было доказано, что матрицей для миграции и пролиферации хрусталикового эпителия центрального края заднего капсулорексиса у взрослых также (как и у детей) является передний гиалоид [92, 99]. Также обсуждается гипотеза, что альтернативной матрицей для развития помутнений в пределах заднего рексиса может служить и задняя поверхность оптики ИОЛ [140].

Преследуя цель предупредить развитие помутнений в пределах заднего капсулорексиса в хирургии катаракты у взрослых, д-ром Менарасе была представлена серия сначала из 500 [109], а позже — из 1000 [108] последовательных случаев,

где выполнение заднего рексиса усиливалось ущемлением оптики ИОЛ в его отверстии. Пациенты находились под наблюдением в сроки до трех лет после операции. В течение этого времени остатки обеих капсул плотно прилежали друг к другу и сохраняли прозрачность, особенно в глазах, где выполнялась полировка ПКХ.

Подчеркивается, что при выполнении *optic capture* в отверстии заднего капсулорексиса устраняется зависимость от дизайна края и материала оптики ИОЛ. При вывихивании оптики за плоскость ЗКХ между остатками обеих капсул развивается *capsular bag fusion and sealing*. При этом отпадает необходимость в остром крае оптики и *capsular bend formation*. Поэтому могут быть использованы ИОЛ, имеющие оптику с круглым краем и реже вызывающие развитие негативной дисфотопсии. Более того, отсутствие контакта эпителия ПКХ с оптикой минимизирует риск развития фиброза передней капсулы, поэтому для имплантации могут использоваться ИОЛ из любого материала [108].

Автор сообщает о невысоком риске развития осложнений при отработанной технике *optic buttonholing* в отверстии заднего рексиса. Так, запланированного ущемления произвести не удалось всего в 11 случаях из-за недостаточной ширины зрачка, радиального разрыва или слишком большого диаметра заднего капсулорексиса. В этих ситуациях выполнялась имплантация ИОЛ в *sulcus ciliaris* или капсульный мешок, в ряде случаев с ущемлением оптики в отверстии переднего рексиса. Пролапс стекловидного тела, потребовавший выполнения передней витрэктомии, произошел у 5 пациентов. Повышение ВГД из-за неполной аспирации вискоэластика из-под ИОЛ наблюдалось в единичных случаях; у одного пациента через несколько месяцев после операции развилась отслойка сетчатки. Макулярные отеки и эндофтальмиты после ущемления оптики в отверстии заднего капсулорексиса автор не наблюдал вообще [108, 109].

Таким образом, ущемления оптики ИОЛ в отверстии заднего капсулорексиса с предшествующей полировкой ПКХ по мнению д-ра Менарасе вполне достаточно, чтобы полностью предупредить развитие вторичной катаракты у взрослых. Такая техника позволяет сохранить прозрачность остатков как ПКХ, так и ЗКХ, а также обеспечивает идеальную центрацию ИОЛ. Автор рассматривает *optic capture*

как реальную альтернативу стандартной внутрикапсульной имплантации ИОЛ. Данная техника может быть особенно полезной в глазах с высоким риском развития капсулофимоза, при высокой миопии, патологии периферической сетчатки и мультифокальной интраокулярной коррекции, когда важно сохранить прозрачность оптической зоны максимального диаметра, а также при имплантации торических ИОЛ для предупреждения их ротации [108, 109].

1.8 Предупреждение пролиферации клеток в капсульном мешке путем подавления послеоперационной воспалительной реакции

Хирургия катаракты (равно как и любое другое полостное глазное вмешательство) сопровождается нарушением целостности гемато-офтальмического барьера. Этому сопутствует появление во внутриглазной жидкости воспалительных клеток и медиаторов воспаления — цитокинов. Цитокины (интерлейкины и факторы роста) провоцируют пролиферацию хрусталикового эпителия [50]. Воспалительные же клетки способны к адгезии к капсуле хрусталика, переднему гиалоиду и оптике ИОЛ; они подвергаются метаплазии в фибробласты и тем самым вносят свой вклад в формирование вторичных катаракт [121, 127, 151].

Очевидно, что степень нарушения целостности гемато-офтальмического барьера пропорциональна травматичности оперативного вмешательства. Деликатное выполнение ФЭК минимизирует воспалительный ответ в послеоперационном периоде [127]. Расширение же объема хирургии приводит к более выраженной воспалительной реакции и повышает вероятность развития вторичных катаракт. Известно, что комбинация ФЭК с витрэктомией достоверно увеличивает выраженность помутнения ЗКХ после операции [96]. При этом, чем мельче калибр витрэктомии, тем меньше выраженность послеоперационного воспалительного ответа [146] и тем ниже интенсивность помутнения ЗКХ. Так, если после выполнения ФЭК с витрэктомией 20 gauge проведение ИАГ-лазерной задней капсулотомии понадобилось через два года у 15 % пациентов, то после ФЭК с витрэктомией 23 gauge — в 10 % случаев. При этом в контрольной группе

глаз, где выполнялась только ФЭК с имплантацией той же модели ИОЛ, но без витрэктомии ИАГ-лазерное рассеечение ЗКХ стало необходимым только у 2 % больных [96].

Помимо усиления воспалительной реакции еще одной вероятной причиной высокого риска развития вторичной катаракты после комбинации ФЭК с витрэктомией является потеря задней капсулой опоры со стороны витреальной полости. Возможно иссечение переднего гиалоида приводит к отстоянию ЗКХ от оптики ИОЛ, нарушению *capsular bag fusion and sealing* и *capsular bend formation*, что облегчает центростремительную миграцию эпителиоцитов [96, 98]. Кроме того, витрэктомия приводит к увеличению концентрации кислорода в витреальной полости [88]. Предполагают, что кислород активизирует митотическую активность эпителия хрусталика и, тем самым, способствует помутнению ЗКХ [98].

Известно, что нарушение целостности гемато-офтальмического барьера характерно и для ряда заболеваний. В частности, к ним относятся псевдоэкзофоллиативный синдром, сахарный диабет, глаукома, увеит, миопия высокой степени и пигментная дистрофия сетчатки. Клинические наблюдения показали, что этим состояниям также свойственен повышенный риск развития помутнения ЗКХ после факохирургии [147].

Так, в ретроспективной работе д-ра Kuechle с соавт. [137] в течение двух лет после экстракции катаракты клинически значимое помутнение ЗКХ наблюдалось в 45 % случаев в глазах с ПЭС и почти в два раза реже (в 24 %) у пациентов без ПЭС. Фундаментальное исследование того же авторского коллектива показало, что для ПЭС характерны органические изменения эндотелия и базальной мембраны сосудов радужки и цилиарного тела [56], что усугубляет нарушение целостности гемато-офтальмического барьера в послеоперационном периоде. Это в свою очередь влечет повышенный выброс воспалительных клеток и медиаторов воспаления во влагу передней камеры, что провоцирует пролиферацию эпителиоцитов капсульного мешка и развитие вторичной катаракты. Кроме того, узкий ригидный зрачок и слабость цинновых связок — типичные проявления ПЭС — часто требуют дополнительных манипуляций во время операции. Это наносит дополни-

тельную травму радужке и цилиарному телу, удлиняет время выполнения операции и, тем самым, также усиливает воспалительную реакцию после хирургического вмешательства [137].

Повреждение гемато-офтальмического барьера, повышение концентрации факторов роста, интерлейкинов и воспалительных клеток во внутриглазной жидкости характерны и для сахарного диабета. Все это также должно увеличивать частоту и выраженность развития вторичных катаракт при данном заболевании [147]. Однако литературные сведения по этому вопросу несколько противоречивы. Так, в крупном (на 352 глазах) исследовании д-ра Ionides с соавт. [131] у больных с сахарным диабетом действительно наблюдалась бóльшая частота развития помутнений ЗКХ: 34 % при непролиферативной и 44 % при пролиферативной диабетической ретинопатии против 18 % случаев у больных без диабета.

Напротив, д-ром Knorz с соавт. [94] на большом клиническом материале (939 глаз) были показаны противоположные данные. Если среди пациентов с возрастной катарактой развитие значимых помутнений ЗКХ через 2 года после ЭЭК наблюдалось в 33,4 %, то в группе больных с сахарным диабетом — в 21,8 случаев. Авторы объясняют это накоплением в эпителии капсулы хрусталика при сахарном диабете сорбитола и фруктозы — метаболитов, угнетающих митотическую активность клеток. Подобные результаты были продемонстрированы и в ряде других работ [137, 147].

Выраженная послеоперационная воспалительная реакция может быть ответственной за развитие помутнения ЗКХ и в глазах с перенесенным увеитом. В исследовании д-ра Krishna [102] помутнение ЗКХ после экстракции увеальных катаракт развилось у 58 % пациентов в течение 7-летнего срока наблюдения. Аналогичные результаты были получены и д-ром Dana с соавт. [128]. В течение 4 лет после удаления увеальных катаракт клинически значимое помутнение ЗКХ наблюдалось в 54 %, тогда как в контрольной группе (после экстракции неосложненных возрастных катаракт) — в 40 % случаев. Однако контингент пациентов с увеальными катарактами был значительно младше, чем больных с возрастными помутнениями хрусталика. После внесения в расчеты поправки на возраст, статистиче-

ски достоверной разницы по частоте развития вторичных катаракт между этими двумя группами пациентов найдено не было. Авторы пришли к выводу, что значительный риск развития помутнений ЗКХ после удаления увеальных катаракт — следствие не выраженного послеоперационного воспаления, а высокой митотической активности эпителиоцитов капсульного мешка, характерной для более молодых пациентов.

Как бы то ни было, хирургическое вмешательство при увеальной катаракте рекомендуется выполнять не ранее, чем через 3–6 месяцев после полного стихания увеита. Это минимизирует риск рецидива увеита [125] и, возможно, выраженность развития вторичных катаракт.

Учитывая, что послеоперационная воспалительная реакция ответственна за пролиферацию эпителия хрусталика, назначение противовоспалительного лечения после экстракции катаракты является логичным, в том числе и для профилактики развития вторичных катаракт [77]. Противовоспалительные препараты — глюкокортикоиды и нестероидные противовоспалительные средства (НПВС) — широко используются в раннем послеоперационном периоде (в течение первых 2–6 недель) для подавления воспалительной реакции в глазу [19]. Общеизвестно, что эти средства способны ингибировать миграцию воспалительных клеток, экспрессию провоспалительных цитокинов (простагландинов и интерлейкина-6) и факторов роста, а также синтез коллагена [144].

Экспериментальные исследования подтвердили гипотезу о тормозящем влиянии противовоспалительных препаратов на развитие вторичных катаракт. В частности, *in vitro* было показано, что глюкокортикоид дексаметазон достоверно тормозил пролиферацию эпителия хрусталика и синтез коллагена в культуре ткани [104]. Аналогичные результаты были получены и при использовании *in vitro* двух НПВС — диклофенака и индометацина [77].

Однако клинические данные не подтвердили профилактического эффекта стандартного противовоспалительного лечения на частоту развития помутнений ЗКХ. В крупном (на 180 глазах) рандомизированном исследовании пациенты были разделены на три группы. В первой группе больные получали дексаметазон, во

второй — диклофенак и в третьей — плацебо. Первую неделю после операции инстилляций препаратов выполнялись три раза в день, вторую — два раза в день и третью — один раз в день. Выраженность помутнения ЗКХ рассчитывалась по 5-бальной шкале от 0 до 4. К концу наблюдения, через два года после операции, интенсивность помутнения ЗКХ в группе дексаметазона составила 0,72, в группе диклофенака — 0,78 и у пациентов, получавших плацебо, — 0,70 балла. Выполнение ИАГ-лазерной дисцизии ЗКХ в первой группе пациентов понадобилось в 17 %, во второй — в 18 % и в третьей — в 15 % случаев. При этом разница между сравниваемыми группами оказалась статистически недостоверной. Был сделан вывод, что закапывания кортикостероидов и НПВС после ФЭК не оказывают какого-либо влияния на формирование помутнения ЗКХ [155]. Остается лишь предположить, что возможно это было связано с недостаточной частотой и продолжительностью инстилляций.

Таким образом, совершенно очевидно, что минимизация операционной травмы во время ФЭК снижает степень послеоперационного воспаления и, тем самым, сокращает риск развития вторичных катаракт. Вопрос же о применении противовоспалительных препаратов с целью профилактики помутнения ЗКХ, в том числе в группах риска, остается открытым и требует дальнейшего изучения.

В заключение следует сказать, что проблема вторичных катаракт остается актуальной, о чем свидетельствует нарастающее количество тематических публикаций. Литературный поиск показал, что наиболее эффективными направлениями профилактики развития вторичных катаракт являются ликвидация источника развития — эпителиоцитов хрусталика, и устранение матрицы для развития вторичных катаракт — ЗКХ и переднего гиалоида. Именно химическое уничтожение А- и Е-клеток эпителия, задний капсулорексис и ущемление оптики в его отверстии, а также передняя витрэктомия способны радикально предотвратить процессы помутнения в задней камере после экстракапсулярного удаления хрусталика.

Способы предупреждения инвазии и пролиферации эпителиоцитов капсулы хрусталика остаются паллиативными, так как способны лишь отсрочить развитие вторичных катаракт, но не радикально предотвратить их. При этом наиболее важ-

ными в этих направлениях следует считать геометрию переднего капсулоресиса, дальнейшее совершенствование материала и дизайна заднекамерных ИОЛ, а также минимизацию операционной травмы.

Настоящее же исследование мы посвятили сравнению трех различных моделей заднекамерных гидрофобных акриловых интраокулярных линз в плане их влияния на динамику развития помутнений и складок ЗКХ.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Организация и дизайн исследования

Настоящая работа является клиническим проспективным наблюдательным попарным сравнительным исследованием.

Исследование было проведено в 2017–2020 гг. в рамках кафедральной научно-исследовательской работы (протокол № 394 от 25.12.2016 г.). Ни автор диссертации, ни соавторы публикаций не имели конфликта интересов в материально-техническом обеспечении, использованном в настоящей работе.

Исследование состояло из следующих этапов.

Первая, клиническая часть работы, выполнялась с сентября 2017 г. по февраль 2020 г. на базе офтальмологического отделения клиники ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России (и.о. ректора университета — д-р мед. наук, профессор А.Б. Давыдов), оснащенной необходимым оборудованием для диагностики и хирургического лечения пациентов с патологией переднего и заднего отрезков глаза. Автором исследования была создана база данных, обследовались, отбирались и велись тематические пациенты с возрастной катарактой до и во все сроки наблюдения после оперативного вмешательства. Все операции производились одним офтальмохирургом, С.Г. Торопыгиным, д-ром мед. наук, доцентом, заведующим кафедрой офтальмологии ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России, являющимся научным руководителем и соавтором проведенного исследования.

На втором этапе настоящего исследования, с февраля по ноябрь 2020 г., автором работы производились системный анализ и математическая обработка полученных клинических данных. Статистическая обработка баз данных выполнялась в соавторстве с А.Н. Масловым, инженером-программистом, ассистентом кафедры физики, математики и медицинской информатики (зав. кафедрой — д-р физ.-мат. наук, доцент В.В. Туровцев) ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России.

На третьем, заключительном этапе работы, с февраля по декабрь 2020 г., автором производились публикация результатов исследования, апробация полученных данных и написание работы в целом. Этап выполнялся на кафедре офтальмологии ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России в г. Твери и кафедре офтальмологии (зав. кафедрой — акад. РАН, д-р мед. наук, профессор Л.К. Мошетьева) ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (ректор академии — член-корр. РАН, д-р мед. наук, профессор Д.А. Сычев) в г. Москве.

Дизайн и методы диссертационного исследования были этически приемлемыми. Всеми пациентами подписывалось информированное согласие на операцию и последующее послеоперационное наблюдение в рамках научного исследования. Протокол исследования был одобрен Этическим комитетом ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России (протокол №1 от 30.05.2016 г.) Таким образом, все положения Хельсинкской декларации были соблюдены.

2.2 Характеристика клинического материала

Популяция. Под нашим наблюдением находились 74 последовательных пациента (91 глаз) после выполнения ФЭК с имплантацией ИОЛ по поводу возрастной неосложненной катаракты. Глаза включались в исследование, если имели центрально расположенное отверстие переднего капсулорексиса диаметром 4,5–5,5 мм, прозрачную ЗКХ и мидриаз после двукратной инстилляцией 1 % раствора тропикамида не менее 6,0 мм.

Из исследования исключались глаза с узкими ригидными зрачками, децентрациями ИОЛ, псевдоэкзофалиативным синдромом, неполным покрытием оптики ИОЛ отверстием переднего капсулорексиса, первичными помутнениями ЗКХ, аметропиями средней и высокой степени, помутнениями роговицы и стекловидного тела, глаукомой, макулярной патологией, сахарным диабетом и любыми интраокулярными вмешательствами в анамнезе. В исследование также не включались пациенты с декомпенсированной соматической патологией.

Средний возраст оперированных пациентов составил 67,9 лет (от 55 до 86 лет). Из них было 26 мужчин и 48 женщин. Сорок пациентов были оперированы на правом глазу, 51 — на левом. Среднее значение длины передне-задней оси (ПЗО) по данным ультразвуковой биометрии составило $23,33 \pm 0,42$ мм.

Хирургическое вмешательство и формирование исследуемых групп.

Оперативное лечение катаракты проводилось по классическим показаниям согласно Федеральным клиническим рекомендациям в редакции 2015 года [37], а именно: если острота зрения на глазу с катарактой составляла 0,5 и ниже, а также и выше, но при наличии жалоб на снижение зрительной работоспособности, что затрудняло социальную и профессиональную адаптацию. Все больные имели начальную стадию неосложненной возрастной катаракты.

Пациенты были оперированы по общепринятой стандартной методике ультразвуковой факоэмульсификации с использованием офтальмохирургических систем OS3 (Oertli, Швейцария) и EVA (DORC, Нидерланды) и операционного микроскопа OPMI VISU 210 (Karl Zeiss, Германия) одним хирургом. Ход операций документировался с помощью видеосистемы Exwave HAD 3CCD (SONY, Япония) на DVD-носителях.

Операции выполнялись после стандартной обработки операционного поля в условиях максимального медикаментозного мидриаза под местной анестезией. За 40 минут до операции производились трехкратные инстилляции 1 % раствора тропикамида. Для эпibuльбарной анестезии использовался 0,5 % раствор алкаина, который закапывался три раза с интервалом в 1 минуту в конъюнктивальный мешок. В переднюю камеру через роговичный парацентез вводился 2 % раствор лидокаина гидрохлорида в объеме 0,2 мл.

Факоэмульсификация производилась через роговичный туннельный разрез (2,2 мм при имплантации линз МИОЛ-2 и SA60AT; 2,65 мм при имплантации линзы US60MP) и два роговичных парацентеза. Непрерывный передний круговой капсулорексис выполнялся диаметром 4,5–5,0 мм. Особое внимание обращалось на центральное расположение капсулорексиса, чтобы впоследствии его край равномерно покрывал оптику имплантированной ИОЛ. После проведения гидродис-

секции и гидродиленации, ядро хрусталика удалялось ультразвуковой фактофрагментацией и аспирировался эпинуклеус. Полировка остатков передней капсулы не производилась. Передний сегмент заполнялся когезивным вискоэластиком, ИОЛ имплантировалась инжекторным способом в капсульный мешок через картридж D (модели МИОЛ-2 и SA60AT) или В (модель US60MP), после чего аспирировался вискоэластик и гидратировались роговичные парацентезы. Операция заканчивалась введением растворов кортикостероида и антибиотика под конъюнктиву.

В раннем послеоперационном периоде пациентам назначали стандартную схему инстилляций антибиотика, кортикостероида и НПВС.

В исследовании использовались три модели мягких ИОЛ, сертифицированных и разрешенных к использованию для внутрикапсульной имплантации на территории России: МИОЛ-2 (Репер-НН, Россия), SA60AT и US60MP (Alcon, США) (рисунок 2). Все три модели ИОЛ имеют S-образный общий дизайн, их оптика выполнена из гидрофобного акрила, является монофокальной сферической, имеет диаметр 6,0 мм и прямоугольный край (таблица 2).

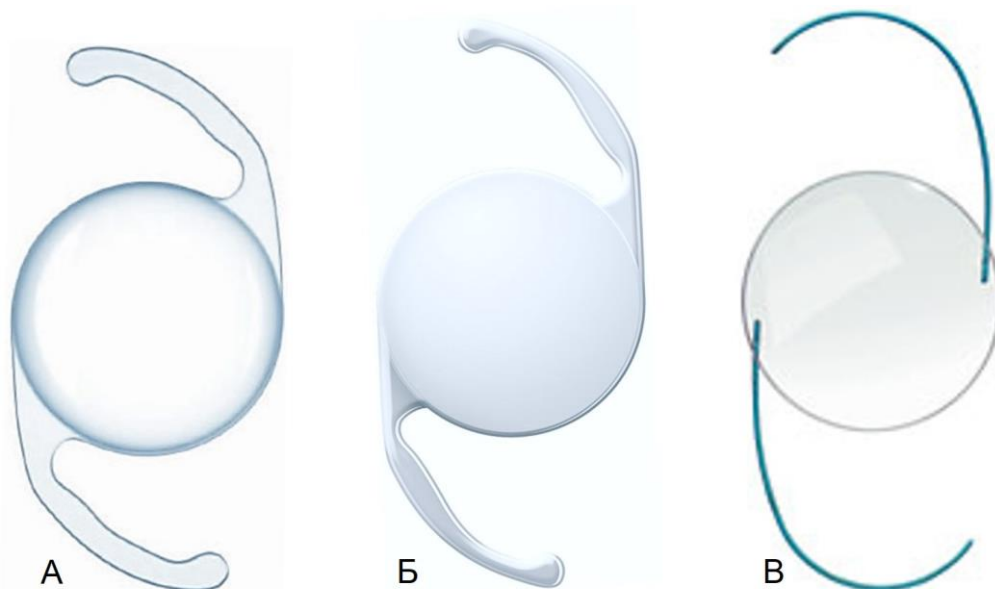


Рисунок 2 — Эскизы ИОЛ, используемых в исследовании: А – МИОЛ-2 [<https://www.reper.ru/>], Б — SA60AT, В — US60MP [<https://www.alcon.com/>]

Таблица 2 — Некоторые технические характеристики моделей ИОЛ, использованных в работе [<https://www.reper.ru/>, <https://www.alcon.com/>]

	МИОЛ-2	SA60AT	US60MP
Метод изготовления	Одностадийная фронтальная фотополимеризация	Литье + точение	Литье + точение
Общий дизайн	Моноблочная S-образная	Моноблочная S-образная	Трехсоставная S-образная
Общая длина, мм	12,0	13,0	13,0
Материал оптики	Гидрофобный акрил	Гидрофобный акрил AcrySof [®]	Гидрофобный акрил AcrySof [®]
Диаметр оптики, мм	6,0	6,0	6,0
Конструкция оптики	Двояковыпуклая сферическая с прямоугольным краем	Двояковыпуклая сферическая с прямоугольным краем	Двояковыпуклая сферическая с прямоугольным краем
Тип оптики	Монофокальная	Монофокальная	Монофокальная
Цвет оптики	Бесцветная	Бесцветная	Бесцветная
Коэффициент преломления оптики	1,505	1,55	1,55
A-константа	118,4	118,4	118,4
Материал гаптики	Гидрофобный акрил	Гидрофобный акрил AcrySof [®]	Полиметил-метакрилат Monoflex [™]
Конструкция гаптики	S-образная с прямоугольным краем	S-образная с прямоугольным краем	S-образная с круглым сечением
Ангуляция гаптики	Отсутствует	Отсутствует	10 ⁰

Таким образом, в зависимости от модели имплантированной ИОЛ были сформированы три группы наблюдения. В первую группу (МИОЛ-2) были включены 24 глаза, во вторую (SA60AT) — 41 глаз и в третью (US60MP) — 26 глаз. При этом группы были однородны по возрасту и величине ПЗО (таблица 3).

Таблица 3 — Характеристика исследуемых групп

	1 группа (МИОЛ-2)	2 группа (SA60AT)	3 группа (US60MP)	Значимость различий между группами, p
Количество пациен- тов / глаз	20 / 24	32 / 41	22 / 26	
Средний возраст, лет	69,5 (от 59 до 86)	67,0 (от 50 до 89)	69,3 (от 51 до 80)	>0,05
Количество мужчин / женщин	5 / 15	12 / 20	6 / 16	
Среднее значение ПЗО, мм	23,26 ± 0,25	23,55 ± 0,35	23,42 ± 0,38	>0,05

Сроки наблюдения. Пациенты осматривались при поступлении в стационар и далее наблюдались в сроки 1 день, 1 неделя, 3 месяца, 6 месяцев и 12 месяцев после операции. Визит через 1 неделю был выбран исходной датой исследования, так как к этому сроку во всех случаях полностью купировалось послеоперационное воспаление, ЗКХ была идеально прозрачной, а острота зрения достигала своего максимума. Если пациент по какой-либо причине пропускал очередной визит, то он тем не менее не исключался из исследования.

2.3 Характеристика методов исследования

Морфологическое исследование интраокулярных линз. Визуализацию структуры и формы поверхности заднего края и торца оптики одного об-

разца каждой из трех исследуемых ИОЛ силой 20,0 диоптрий выполняли посредством сканирующего электронного микроскопа Zeiss EVO LS10 (Karl Zeiss, Германия).

Образцы предварительно были ориентированы на предметном столике микроскопа и напылены золотом. Все изображения были получены в режиме высокого вакуума при ускоряющем напряжении 21,0 кВ и токе на образце 67–110 пА (катод LaB₆). Для формирования изображений с максимальной глубиной резкости был использован эксцентричный кольцевой детектор обратно-рассеянных электронов (BSE). Рабочая дистанция 5,0–6,0 мм позволила достигнуть оптимальной контрастности изображения, глубины резкости, одновременно обеспечивая устойчивость поверхности образца к пучку при использовании высокого ускоряющего напряжения и большого времени накопления. Скан-генератор микроскопа работал в режиме 3072×2048 пикселей при экспозиции 1,5–3,0 минуты/кадр.

Исследование глазного статуса. Во все сроки наблюдения острота зрения определялась после выполнения кераторефрактометрии (NVision-K 5001, Shin-Nippon, Япония) по таблице logMAR, внутриглазное давление — бесконтактным пневмотонометром и/или грузом 10,0 г по Маклакову. Передний сегмент изучался при биомикроскопии, глазное дно — при биомикроофтальмоскопии с помощью бесконтактной асферической линзы 78,0 дптр.

Перед операцией длина ПЗО определялась при ультразвуковой биометрии (Compact Touch, Quantel Medical, Франция). Оптическая сила ИОЛ рассчитывалась для получения эмметропической рефракции по формуле SRK-T.

После операции во все сроки наблюдения выполнялась фоторегистрация ЗКХ на щелевой лампе SM-2N (Takagi, Япония) с интегрированной фотокамерой EOS 1100D (Canon, Япония). Расположение пациента за микроскопом было стандартным. Серия снимков производилась при ретроиллюминации в условиях максимального медикаментозного мидриаза при 25-кратном увеличении щелевой лампы. Использовалось освещение около 40,000 люкс (наибольшая возможная яркость галогенной лампы — 400,000 люкс) при максимальной ширине световой щели (14 мм).

Обработка фотоизображений и графическое моделирование. На снимках, полученных при сканирующей световой микроскопии, высота рельефа шероховатостей торца оптики исследуемых ИОЛ регистрировалась и оценивалась в программе MATLAB R2020a (MathWorks, США). Получали двух- и трехмерное изображение рельефа торцов оптики.

Для анализа помутнений и складок ЗКХ отбирались снимки, имеющие оптимальное качество: с минимальным количеством бликов от ИОЛ и наилучшей визуализацией ЗКХ. Из отобранных снимков в программе Adobe Photoshop CS6 for Windows (Adobe Systems, США) вырезались фрагменты с бликами и замещались аналогичными без бликов из других снимков из серии, снятых при несколько измененном угле осветителя (рисунок 3).

Обработка полученных при фоторегистрации изображений ЗКХ производилась при помощи программы EPCO 2000 (Evaluation of Posterior Capsular Opacification, оценка помутнения задней капсулы, с англ.), Германия [124, 147] на графическом планшете CTL-472 (WACOM, КНР). Вначале отмечалась граница 6,0-мм оптики ИОЛ. Для этого выставлялись три метки на границе оптики, после чего программа автоматически обрисовывала её полный контур. Затем аналогичным образом выделялась граница зоны исследования — центральная часть оптики ИОЛ диаметром 4,0 мм. При этом во всех случаях край переднего капсулорексиса располагался за пределами исследуемой 4,0-мм области и не препятствовал визуализации задней капсулы хрусталика (см. рисунок 3).

Далее, в пределах 4,0-мм области исследования вручную обводились границы всех помутнений ЗКХ. После этого каждому выделенному таким образом участку присваивалась степень интенсивности помутнения — от 1 до 4 баллов по шкале, предложенной д-ром Findl с соавт. [61]. При этом нулевая степень помутнения в исследуемой зоне не выделялась и не отмечалась (см. рисунок 3). Все полученные таким образом числовые данные, отражающие степень и площадь помутнений 4,0-мм области ЗКХ, суммировались и выражались как PCO Score (показатель помутнения задней капсулы, ПП ЗКХ, с англ.) [61].

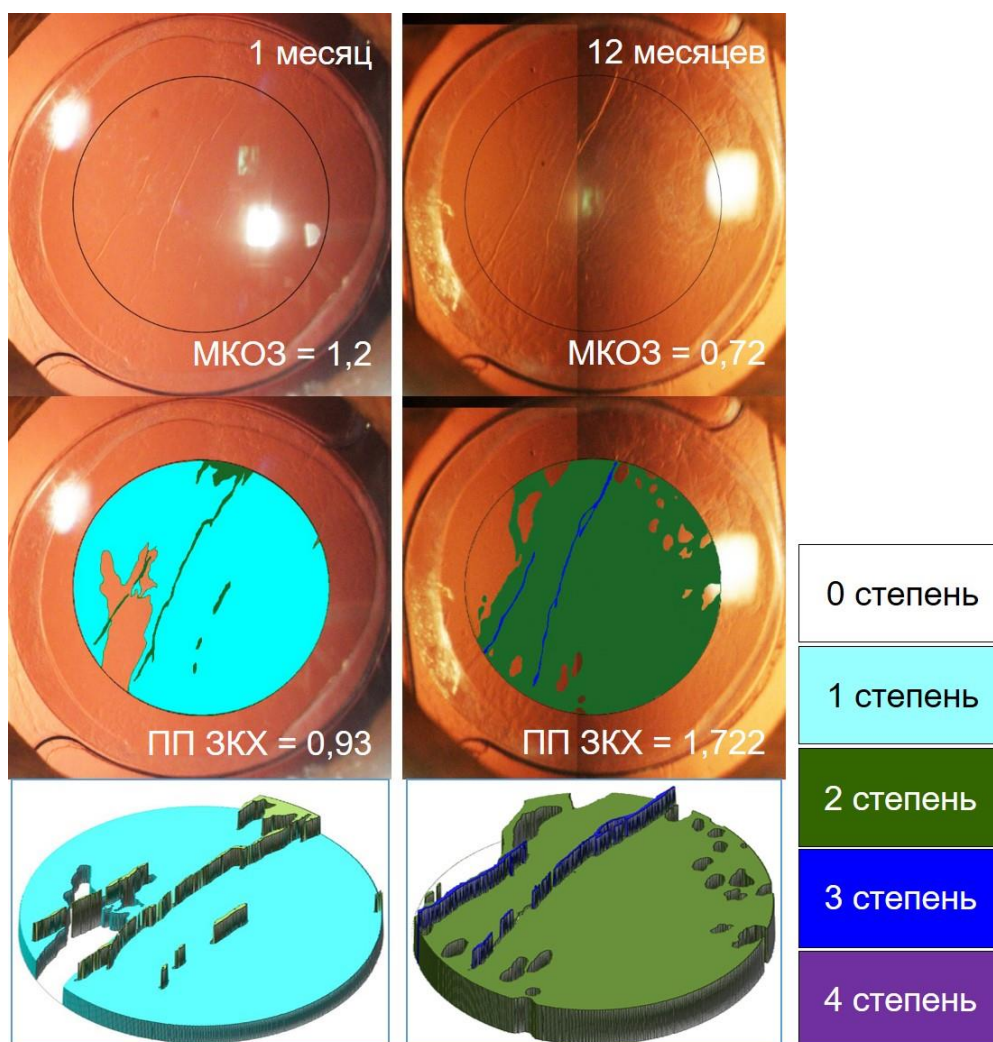


Рисунок 3 — Помутнения ЗКХ пациентки В. после имплантации МИОЛ-2 (1 группа), история болезни № 56524, 66 лет, правый глаз. Верхний ряд: выделена центральная часть оптики ИОЛ диаметром 4,0 мм. На снимке, выполненном через 12 месяцев после операции, фрагменты фото с бликами вырезаны и замещены аналогичными с бликами меньшей интенсивности. Средний ряд: в пределах 4,0-мм области обведены границы всех помутнений ЗКХ и каждому выделенному участку присвоена степень интенсивности помутнения в баллах по шкале д-ра Findl с соавт. [61]. Нижний ряд: 3D изображение площади и высоты помутнений ЗКХ в пределах 4,0-мм области

Затем, 4,0-мм область исследования делилась тремя концентрическими окружностями диаметрами 0,25, 1,0 и 2,0 мм на четыре зоны: центральный круг диаметром 0,25 мм, внутреннее кольцо 0,25–1,0 мм, среднее кольцо 1,0–2,0 мм и наружное кольцо 2,0–4,0 мм (рисунок 4). Позже, в каждой из описанных зон производился анализ интенсивности помутнений ЗКХ.

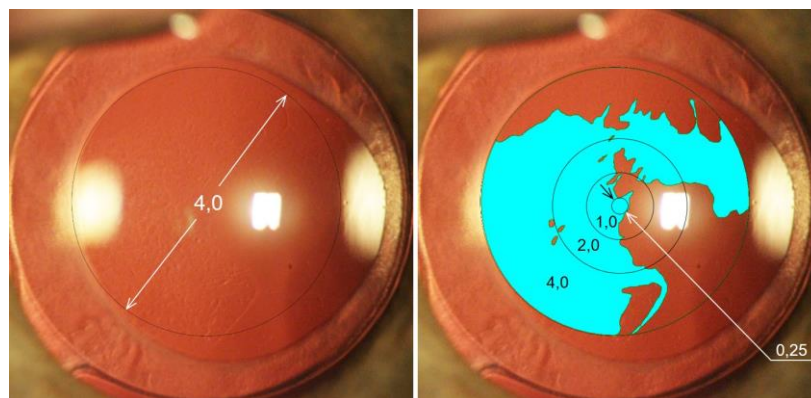


Рисунок 4 — Фотографии ЗКХ пациентки А. через 12 месяцев после ФЭК с имплантацией МИОЛ-2 (1 группа), история болезни № 58337, 88 лет, левый глаз, МКОЗ = 0,995, ПП ЗКХ = 0,603. Область исследования в центре ЗКХ диаметром 4,0 мм разделена тремя концентрическими окружностями диаметрами 0,25, 1,0 и 2,0 мм на четыре зоны: центральный круг диаметром 0,25 мм, внутреннее кольцо 0,25–1,0 мм, среднее кольцо 1,0–2,0 мм и наружное кольцо 2,0–4,0 мм

Наконец, в среде MATLAB R2020a (MathWorks, США) выполнялось графическое моделирование абсолютных и средних величин помутнений ЗКХ. Получали трехмерные изображения, отражающие площадь и высоту помутнений задней капсулы (см. рисунок 3).

Исследуемые параметры. Сканирующая световая микроскопия образцов ИОЛ позволяла оценить геометрию заднего края оптики (в том числе, в месте слияния оптики и гаптики) и высоту рельефа шероховатостей торца оптики исследуемых ИОЛ. Математически рассчитывались средние величины иррегулярности поверхности торцов оптики.

Максимально скорректированная острота зрения для получения наиболее точных результатов определялась по шкале logMAR. Затем (для удобства пользования и наглядности) полученные величины конвертировались из шкалы logMAR в обыкновенные дроби таблицы Снеллена (<http://www.myvisiontest.com/logmar.php>), а затем в десятичные дроби. Показанием к выполнению ИАГ-лазерной задней капсулотомии после операции являлось снижение максимально скорректированной остроты зрения на 0,2 и более от исходной вследствие помутнения ЗКХ, что является общепринятым [60, 113, 129].

Градация степеней плотности помутнений ЗКХ после операции осуществлялась по 5-бальной шкале д-ра Findl с соавт., от 0 до 4 [61] (см. рисунок 3):

0 — помутнения отсутствуют;

1 (*minimal*, минимальная) — помутнения имеют малую толщину (плоские), могут обнаруживаться единичные мелкие шары *Elschnig*. Как правило, такие помутнения не вызывают снижение остроты зрения, даже располагаясь в центре оптической зоны;

2 (*mild*, слабая) — помутнения имеют бóльшую толщину, оптически рельефны, однако в своей проекции не ослабляют красный рефлекс с глазного дна;

3 (*moderate*, средняя степень) — помутнения имеют еще бóльшую толщину, снижая красный рефлекс с глазного дна в области своего нахождения, однако не препятствует визуализации структур заднего отрезка глаза;

4 (*severe*, выраженная степень) — помутнения представляют собой нагромождение шаров *Elschnig*, а также фибротические изменения задней капсулы, существенно ослабляющие красный рефлекс с глазного дна и препятствующие визуализации структур заднего отрезка глаза.

Показатель помутнения ЗКХ 4,0-мм области расценивался как совокупность планиметрического показателя (площади помутнений ЗКХ) и ранжирования помутнений по степеням (интенсивности) плотности, и, представляя собой взвешенную сумму [61], рассчитывался по формуле:

$$\text{ПП ЗКХ (область 4,0 мм)} = 1 \cdot S1 + 2 \cdot S2 + 3 \cdot S3 + 4 \cdot S4,$$

где $S1$ — площадь помутнений ЗКХ минимальной степени, $S2$ — слабой степени, $S3$ — средней степени и $S4$ — выраженной степени.

Таким образом, чем выше была степень помутнения, тем больше был его вклад в значение ПП ЗКХ при одной и той же площади помутнения.

При анализе интенсивности помутнений ЗКХ по четырем зонам учитывалась лишь максимальная степень помутнения по описанной 5-бальной шкале. То есть, если в одной и той же зоне присутствовали помутнения нескольких степеней, то их значения не суммировались, а выставлялся балл, соответствующий максимальной степени помутнения по Findl с соавт. [61].

Наконец, графическое моделирование позволяло получить трехмерные изображения помутнений ЗКХ. Это наглядно отражало эволюцию высоты и площади помутнений задней капсулы в динамике.

Проводилась дифференциация между интраоперационными (первичными) и послеоперационными (вторичными) складками ЗКХ (рисунок 5). Складки ЗКХ расценивались как первичные, если они возникали непосредственно сразу после имплантации ИОЛ, совпадали с вектором максимального растяжения капсульного мешка гаптическими элементами линзы и были прямолинейными, пересекающими центр оптики. Такие складки могут исчезать в различные сроки после операции [68, 151]. Если складки ЗКХ развивались в различные сроки после имплантации ИОЛ, не совпадали вектором растяжения капсульного мешка гаптикой и были непрямолинейными, иррегулярными, то они регистрировались как вторичные [95, 151].

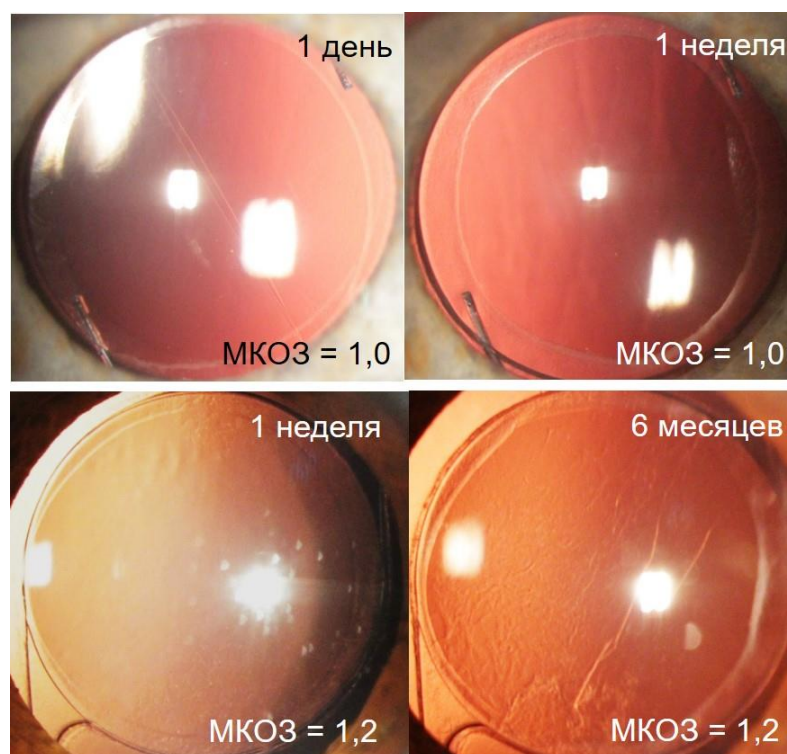


Рисунок 5 — Дифференциация между первичными и вторичными складками ЗКХ. Верхний ряд — фотографии ЗКХ пациентки В. после ФЭК с имплантацией US60MP (3 группа), история болезни № 186561, 70 лет, левый глаз: складки ЗКХ являются первичными, так как выявляются непосредственно после имплантации ИОЛ, прямолинейные, пересекают центр ЗКХ и исчезают через 1 неделю после операции. Нижний ряд — фотографии ЗКХ пациентки В. после ФЭК с имплантацией МИОЛ-2 (1 группа), история болезни № 56524, 66 лет, правый глаз: складки ЗКХ являются вторичными, так как появились только к 6 месяцу после операции и носят иррегулярный характер

2.4 Методика статистического анализа результатов исследования

База данных формировалась в таблице Excel for Windows (Microsoft, США).

Статистическая обработка данных проводилась на персональном компьютере с помощью программного пакета для статистического анализа Statistica 6.1 (StatSoft, США). С помощью критерия Шапиро – Уилка проверена гипотеза о нормальном законе распределения параметров. Ввиду несоответствия функций распределений некоторых параметров нормальному применялись непараметрические методы анализа полученных данных.

Оценки различий в сравниваемых группах производились с использованием U-критерия Манна – Уитни для независимых выборок и T-критерия Вилкоксона для связанных выборок (до, после операции и поэтапные сравнения). Связи между параметрами выявлялись с помощью коэффициента корреляции Спирмена. Относительные частоты (доли, %) сравнивались с помощью Z-критерия с учетом поправки Йейтса. Рассчитывались средние арифметические изучаемых параметров, медианы, нижние (25 %) и верхние (75 %) квартили, стандартные отклонения от средних значений параметров.

Результаты статистического анализа считались значимыми при уровне $p < 0,05$. Случаи, когда уровень значимости находился в интервале $0,05 \leq p \leq 0,25$, рассматривались как тенденции к различию сравниваемых выборок или связи между параметрами в одной выборке. Значения параметров в таблицах и в тексте указывались в виде $M \pm SD$ — среднего арифметического и стандартного отклонения.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Морфология торца и заднего края оптики исследуемых интраокулярных линз

При сканирующей электронной микроскопии были получены трехмерные изображения ИОЛ оптической силой +20,0 диоптрий. Линзы были позиционированы в двух вариантах: торцами оптики вверх и гапткой вверх; при этом фронтальная плоскость ИОЛ находилась под углом близким к 90° и к 45° , соответственно, к поверхности предметного столика микроскопа (рисунки 6, 7).

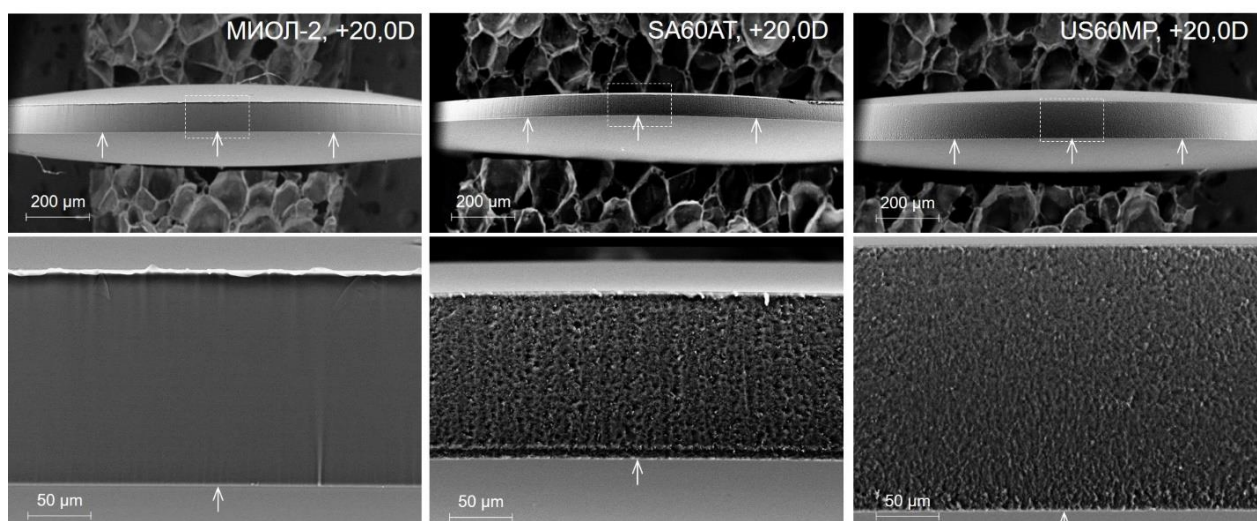


Рисунок 6 — Сканирующая электронная микроскопия торцов оптики интраокулярных линз оптической силой +20,0 диоптрий, включенных в исследование: первая колонка — МИОЛ-2, вторая колонка — SA60AT и третья колонка — US60MP. Линзы позиционированы торцом оптики вверх (фронтальная плоскость оптики находится под углом близким к 90° к поверхности предметного столика микроскопа). Стрелки указывают на задний край оптики ИОЛ. Во втором ряду представлены увеличенные участки торцов оптики, выделенные в первом ряду пунктирным прямоугольником

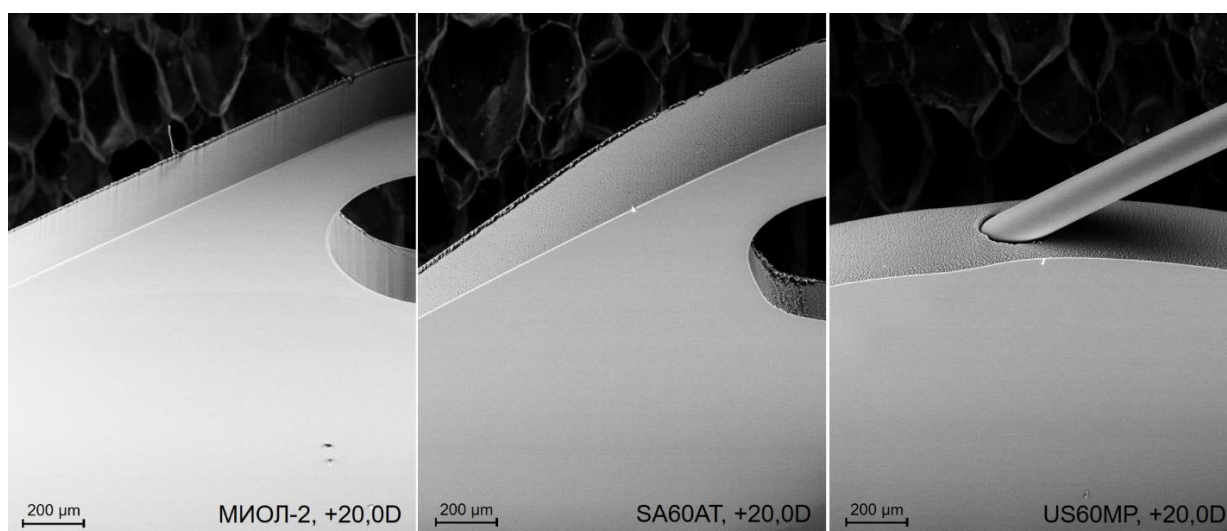


Рисунок 7 — Сканирующая электронная микроскопия мест слияния оптики и гаптики интраокулярных линз оптической силой +20,0 диоптрий. Слева направо: МИОЛ-2, SA60AT и US60MP. Линзы позиционированы гаптикой вверх, фронтальная плоскость оптики находится под углом близким к 45° к поверхности предметного столика микроскопа

Было показано, что все три модели — МИОЛ-2, SA60AT и US60MP — имеют прямоугольный задний край оптики (см. рисунки 6, 7). При этом в двух моноблочных моделях интраокулярных линз, МИОЛ-2 и SA60AT, прямоугольный задний край оптики прерывался гаптикой. В то же время, тонкий гаптический элемент из полиметилметакрилата в трехсоставной линзе US60MP прямоугольный задний край оптической части ИОЛ не прерывал (см. рисунок 7).

Высота рельефа шероховатостей торцов оптики образцов ИОЛ отображалась при графическом моделировании в программе MATLAB. Средние показатели рельефа шероховатостей торца оптики в МИОЛ-2 составили 7,6, в SA60AT — 29,8 и в US60MP — 18,8 (рисунок 8). Таким образом, торец оптики в МИОЛ-2 был самым гладким и при расчете критерия Фишера значимо ($p < 0,001$) отличался от шероховатых рельефов торцов оптики SA60AT и US60MP.

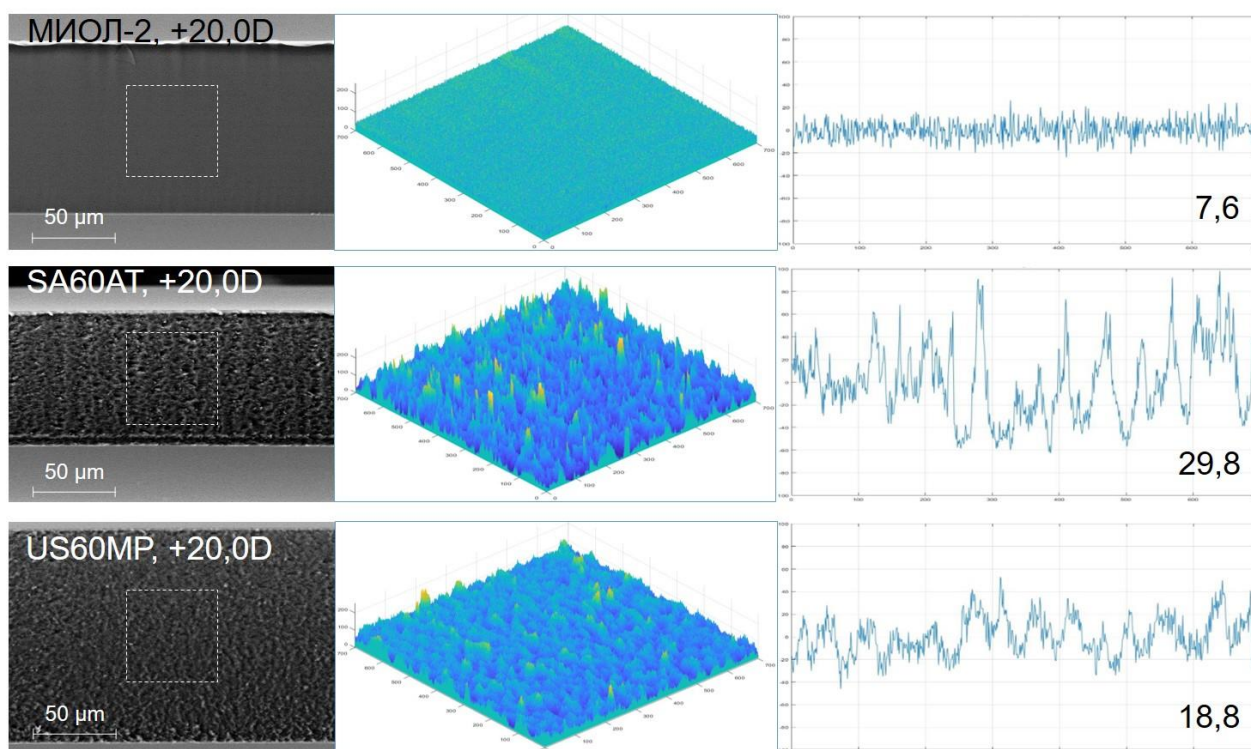


Рисунок 8 — Высота рельефа шероховатостей торцов оптики интраокулярных линз оптической силой +20,0 диоптрий. Верхний ряд — МИОЛ-2, средний ряд — SA60AT и нижний ряд — US60MP. Во второй и третьей колонках в программе MATLAB представлены трехмерное и двухмерное изображения рельефа шероховатостей на участке 700x700 пикселей, выделенных пунктирными прямоугольниками в первой колонке на фотографиях, которые получены при сканирующей электронной микроскопии торцов оптики исследуемых ИОЛ. Цифры в третьей колонке показывают среднее значение рельефа шероховатостей торцов оптики ИОЛ

3.2 Течение операций и послеоперационного периода после факоэмульсификации с имплантацией интраокулярной линзы

Все операции протекали гладко, без осложнений. Средняя продолжительность операции составила $13,4 \pm 3,2$ минуты, без значимой разницы между группами.

При осмотре пациентов в первый день после операции в ряде случаев выявлялись петехиальные субконъюнктивальные гемorragии, офтальмогипертензия (повышения уровня внутриглазного давления на 5,0 и более мм рт. ст. от исходно-

го) и легкий отек роговицы в области основного туннельного разреза роговицы (таблица 4).

Таблица 4 — Особенности течения раннего (в первую неделю) послеоперационного периода после факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ (n = 91)

Нежелательные явления	Количество	%
Петехиальные субконъюнктивальные геморрагии	4	4,4
Офтальмогипертензия	6	6,6
Отек роговицы и складки десцеметовой оболочки в области туннельного разреза	4	4,4

Офтальмогипертензия купировалась назначением инстилляций тимолола малеата 0,5 %. Отек роговицы, складки десцеметовой оболочки и петехиальные субконъюнктивальные геморрагии лечения не требовали и резорбировались спонтанно. Все вышеперечисленные нежелательные явления развивались с частотой, не имеющей значимой разницы между исследуемыми группами, полностью купировались к концу первой недели после операции и, в дальнейшем, не сказывались ни на анатомических, ни на функциональных результатах проведенного хирургического лечения.

Все пациенты выписывались из стационара на следующий день после вмешательства с рекомендациями стандартного антибактериального, противовоспалительного лечения (глазные капли кортикостероида и НПВС) и наблюдения в сроки 1 день, 1 неделя, 3 месяца, 6 месяцев и 12 месяцев после хирургии.

Поздний послеоперационный период во всех случаях протекал гладко. Поздних послеоперационных осложнений не наблюдалось ни у одного из оперированных больных. Все пациенты были удовлетворены результатами проведенного лечения и не предъявляли каких-либо жалоб.

3.3 Визуальные результаты фактоэмульсификации с имплантацией интраокулярных линз по группам

Изменение средней МКОЗ в динамике в группах глаз представлено на рисунке 9. Из диаграммы следует, что на протяжении всего наблюдения в течение 12 месяцев средняя МКОЗ по всем группам была не ниже 1,0. Более того, средняя МКОЗ не имела значимых отличий во все сроки наблюдения как в пределах групп, так и между ними.

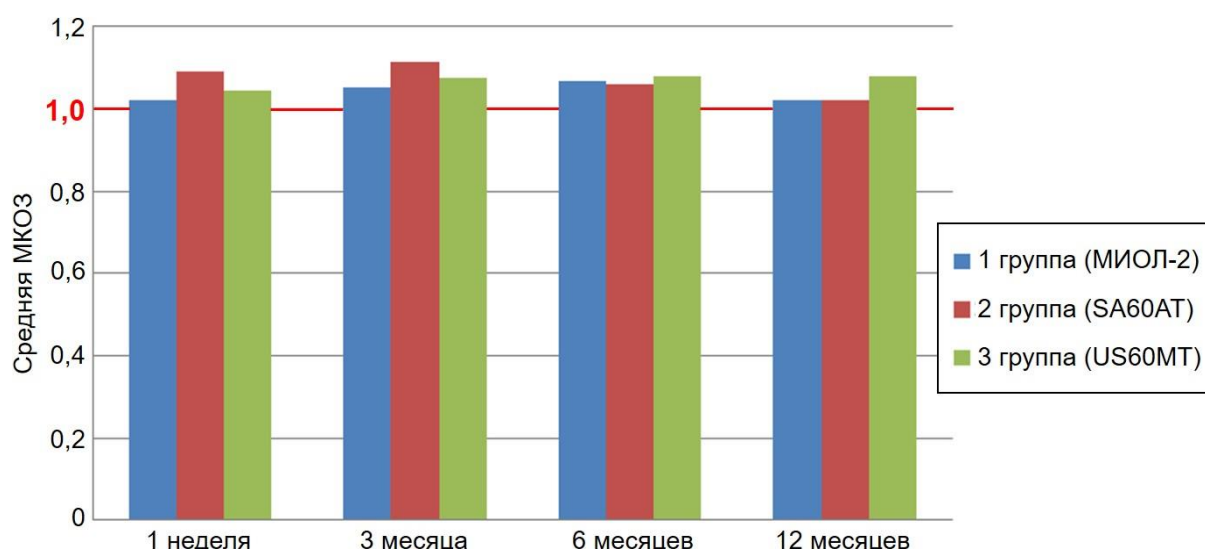


Рисунок 9 — Динамика средних величин МКОЗ по группам

3.4 Влияние исследуемых моделей интраокулярных линз на динамику развития помутнений задней капсулы хрусталика

Во всех группах глаз через 1 неделю после операции (исходный срок наблюдения) во всех случаях ЗКХ была идеально прозрачной (ПП ЗКХ = 0). Далее, с увеличением срока наблюдения, доля абсолютно прозрачных ЗКХ постепенно уменьшалась, но все же наблюдалась во всех трех группах (рисунок 10). При этом наибольшая частота «чистых» ЗКХ во все сроки выявлялась в третьей группе глаз (таблица 5).

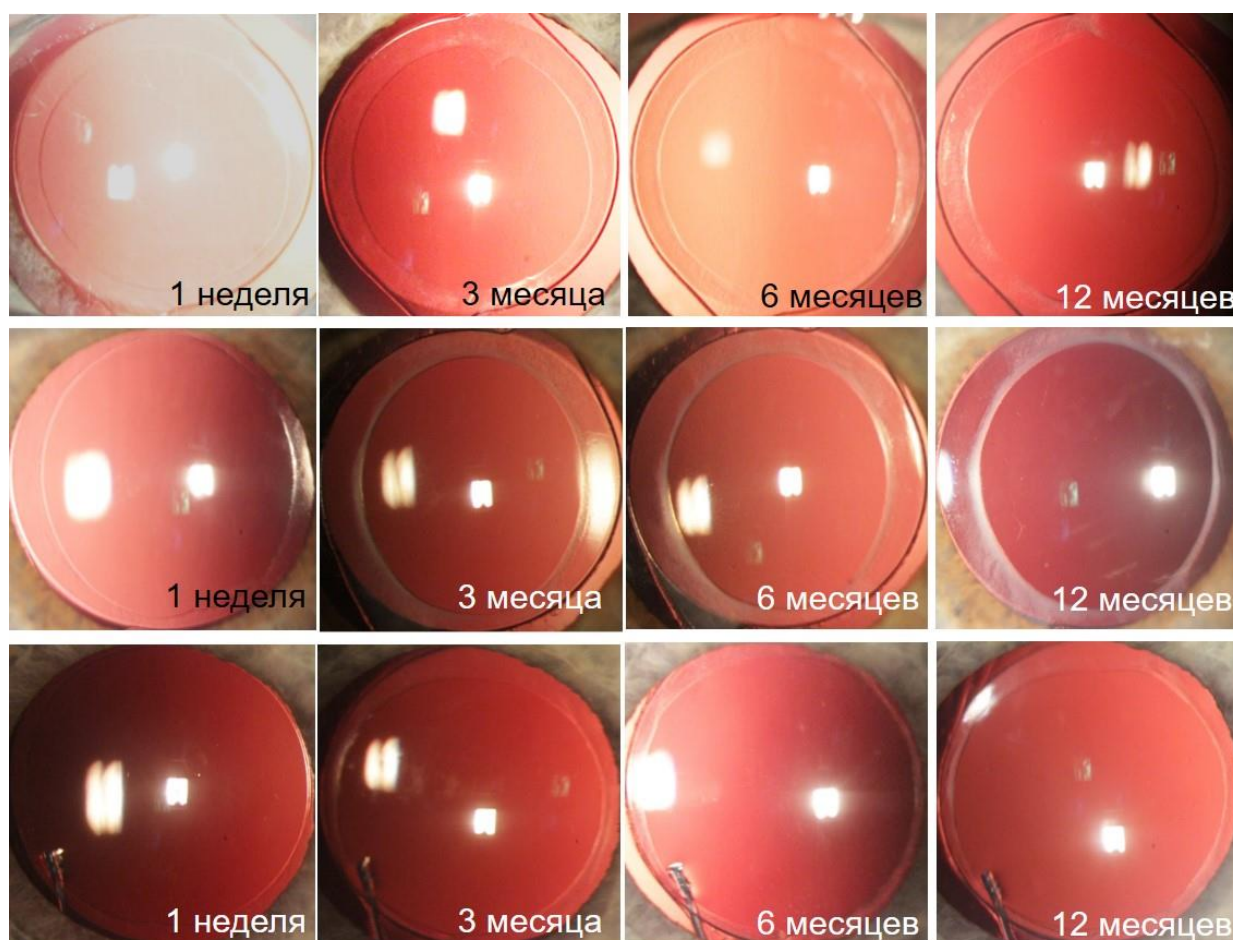


Рисунок 10 — Фотографии ЗКХ, сохраняющих абсолютную прозрачность во все сроки наблюдения после ФЭК с имплантацией ИОЛ. Верхний ряд: пациентка К., имплантирована МИОЛ-2 (1 группа), история болезни № 1106, 68 лет, левый глаз, МКОЗ = 1,0 во все сроки наблюдения. Средний ряд: пациентка А., имплантирована SA60AT (2 группа), история болезни № 87539, 68 лет, левый глаз, МКОЗ = 1,0965 во все сроки наблюдения. Нижний ряд: пациентка Б., имплантирована US60MP (3 группа), история болезни № 159444, 78 лет, правый глаз, МКОЗ = 0,965 во все сроки наблюдения

Таблица 5 — Динамика доли прозрачных ЗКХ (ПП ЗКХ = 0) по группам наблюдения в различные сроки после операции

Группа глаз	3 месяца			6 месяцев			12 месяцев		
	n	=0	%	n	=0	%	n	=0	%
1	24	15	62,50	23	12	52,17	19	4	21,05
2	33	26	75,76	18	7	48,89	11	5	45,45
3	26	20	76,92	19	11	67,89	17	10	58,82

При этом попарное сравнение выявило значимое отличие в доле прозрачных ЗКХ лишь через 12 месяцев после операции между первой и третьей группами ($p=0,024$). Во все остальные сроки наблюдения межгрупповые различия были незначимы или имели лишь тенденцию к отличию: через 3 месяца — между 1 и 2 группами ($p=0,216$), между 1 и 3 группами ($p=0,211$); через 6 месяцев — между 2 и 3 группами ($p=0,204$); через 12 месяцев — между 1 и 2 группами ($p=0,161$).

Таким образом, начиная с 3 месяца, регистрировались помутнения ЗКХ различной площади. При этом плотность помутнений во всех трех группах и во все сроки наблюдения не превышала 3 степени (рисунки 11, 12, 13).

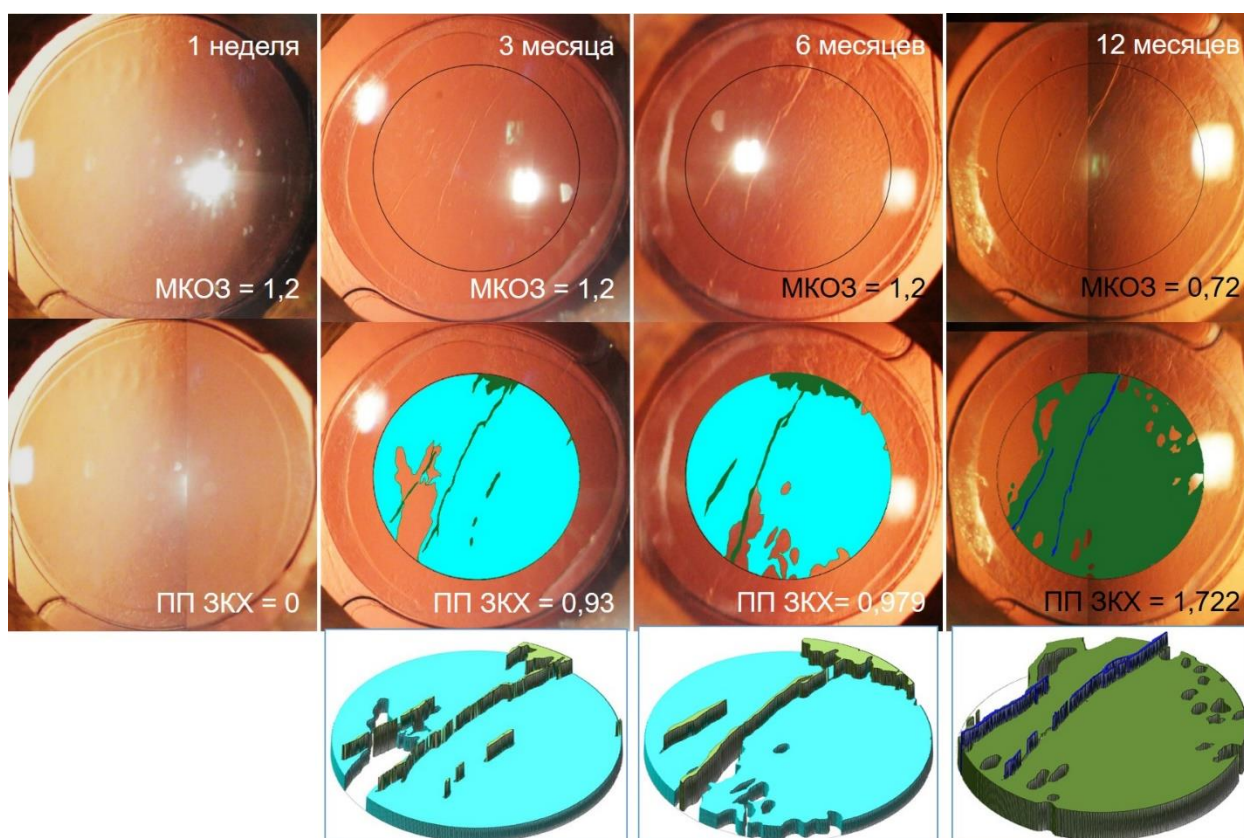


Рисунок 11 — Динамика помутнений ЗКХ пациентки В. после ФЭК с имплантацией МИОЛ-2 (1 группа), история болезни № 56524, 66 лет, правый глаз. Округлые пространства чистой ЗКХ в пределах помутнений определялись как “cheese holes”. Начиная с 3 месяца появляются иррегулярные вторичные складки ЗКХ, выраженность которых увеличивается в последующие сроки наблюдения. Снижение МКОЗ до 0,72 через 12 месяцев после операции при увеличении ПП ЗКХ до 1,722 стало показанием для выполнения ИАГ-лазерной дисцизии задней капсулы (единственный глаз из всех групп наблюдения, перенесший лазерное рассечение ЗКХ)

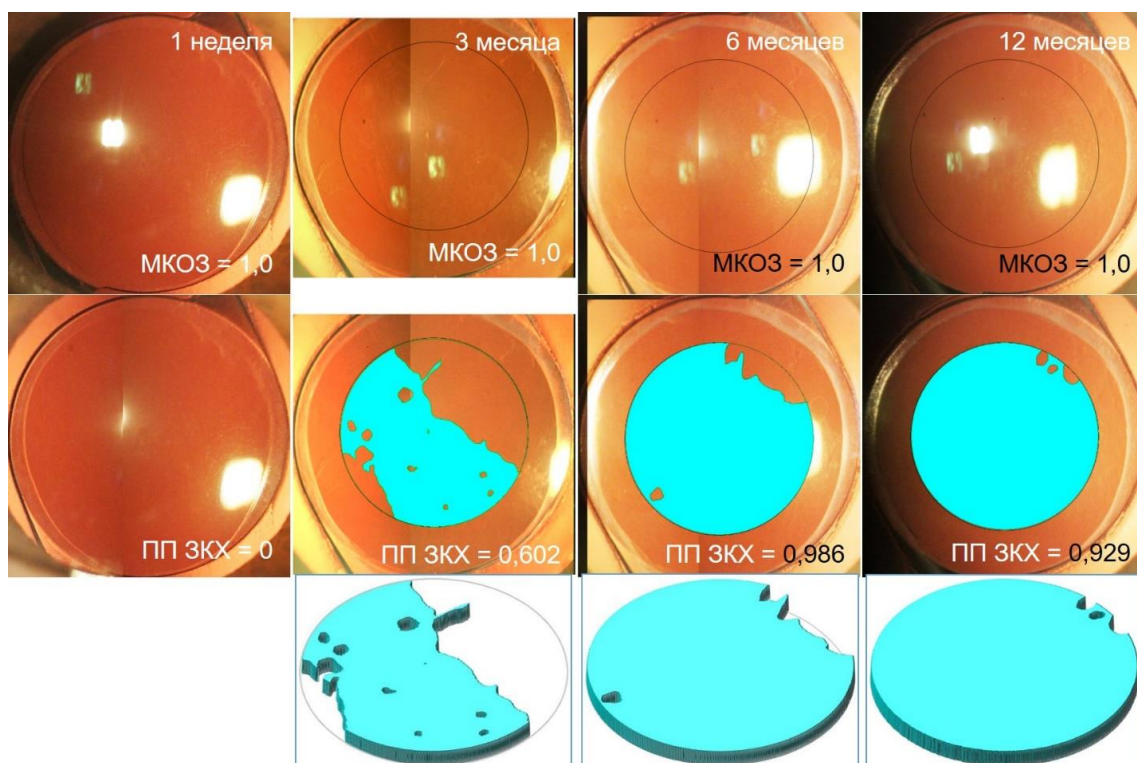


Рисунок 12 — Динамика помутнений ЗКХ пациента К. после ФЭК с имплантацией SA60AT (2 группа), история болезни № 45495, 65 лет, правый глаз. Округлые пространства чистой ЗКХ в пределах помутнений определялись как “cheese holes”

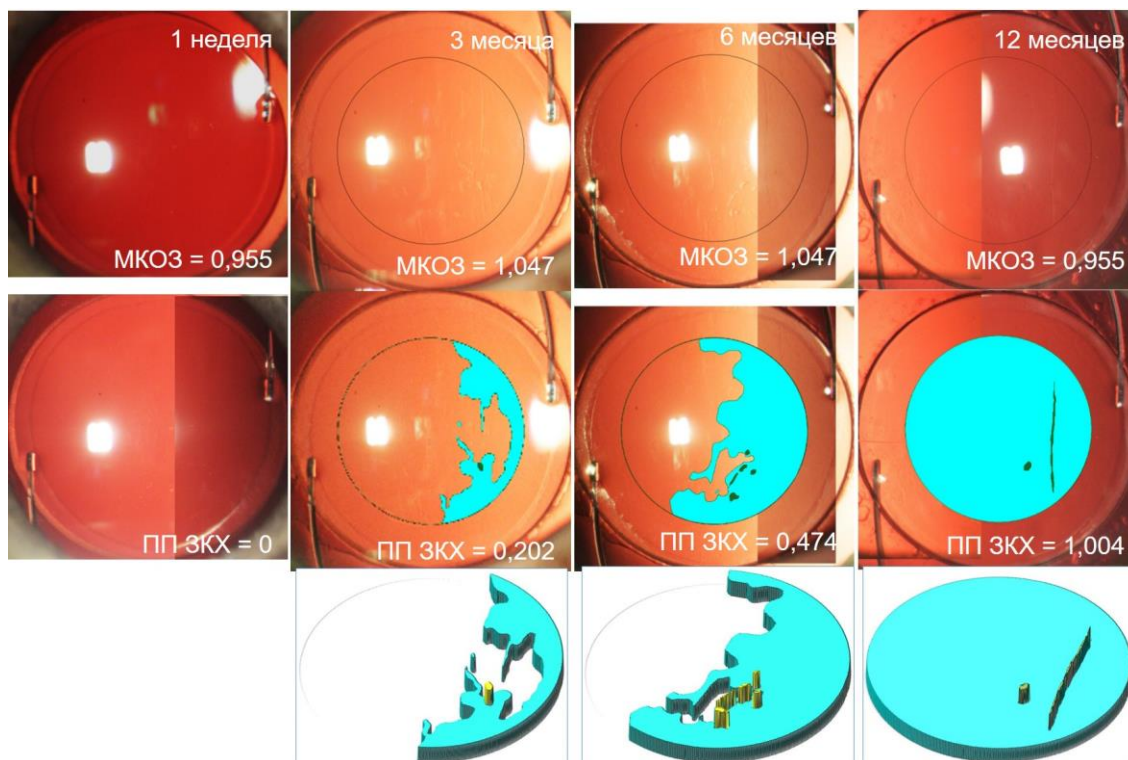


Рисунок 13 — Динамика помутнений ЗКХ пациента К. после ФЭК с имплантацией US60MP (3 группа), история болезни № 118147, 75 лет, левый глаз

Помутнения начинались с периферии и постепенно продвигались к оптическому центру, росли как по капсуле, интимно прижатой к задней поверхности оптики, так и по ходу складок ЗКХ (см. рисунки 11, 19, 20). Причем в процессе своего развития помутнения могли не только увеличиваться, но иногда и уменьшаться по площади. В этом случае они утолщались (эволюционировали из первой во вторую степень плотности), между ними появлялись округлые пространства чистой капсулы — так называемые “cheese holes” (см. рисунки 11, 12).

Динамика ПП ЗКХ в 4,0-мм области по группам представлена на рисунке 14. Уже через 3 месяца после операции было показано значимое прогрессирование помутнений ЗКХ во всех трех группах. При этом максимальный ПП ЗКХ (0,2, медиана) наблюдался через 12 месяцев после вмешательства в первой группе глаз. В то же время достоверной разницы в величинах ПП ЗКХ между группами на этапах 3, 6, и 12 месяцев после операции выявлено не было.

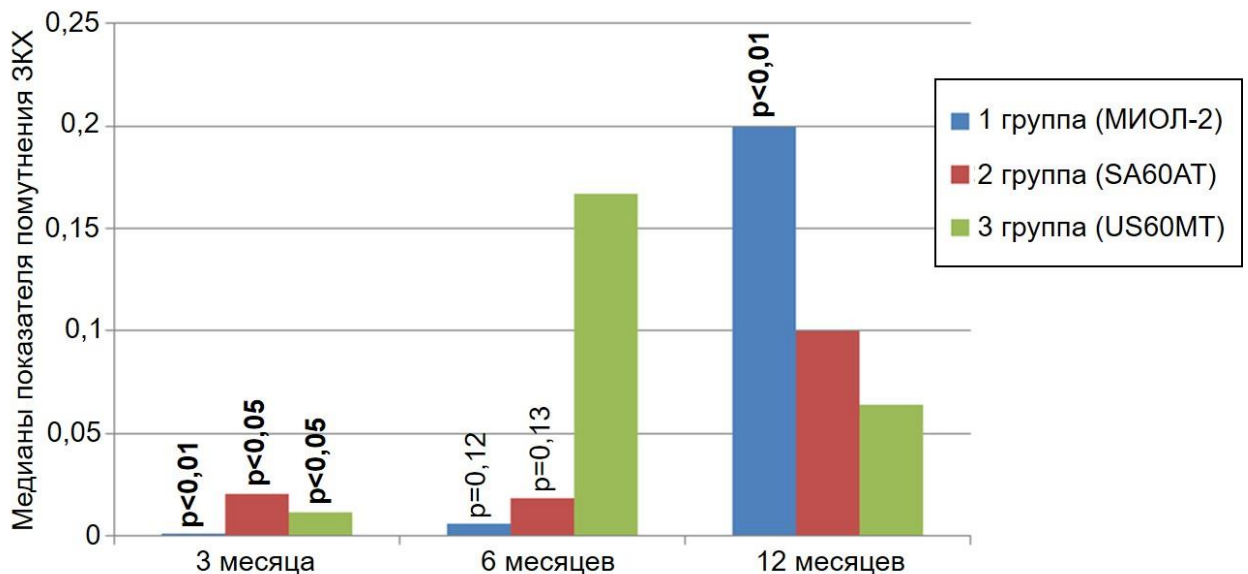


Рисунок 14 — Динамика медиан ПП ЗКХ в 4,0-мм области по группам глаз. Цифры над столбиками показывают значимость (p — показатель) изменений ПП ЗКХ между этапами наблюдения в пределах одной и той же группы (над столбиками 3 месяца — по сравнению с 1-й неделей, 6 месяцев — по сравнению с 3-м месяцем, 12 месяцев — по сравнению с 6-м месяцем). При незначимых ($p > 0,05$) отличиях между этапами цифры не указаны

При сравнении средних величин помутнений ЗКХ в 4,0-мм области между группами значимое различие появилось только в 12 месяцев после операции.

А именно: достоверно ($p=0,03$) отличались средние величины помутнений задней капсулы 1 и 2 групп, а также 1 и 3 групп (рисунок 15).

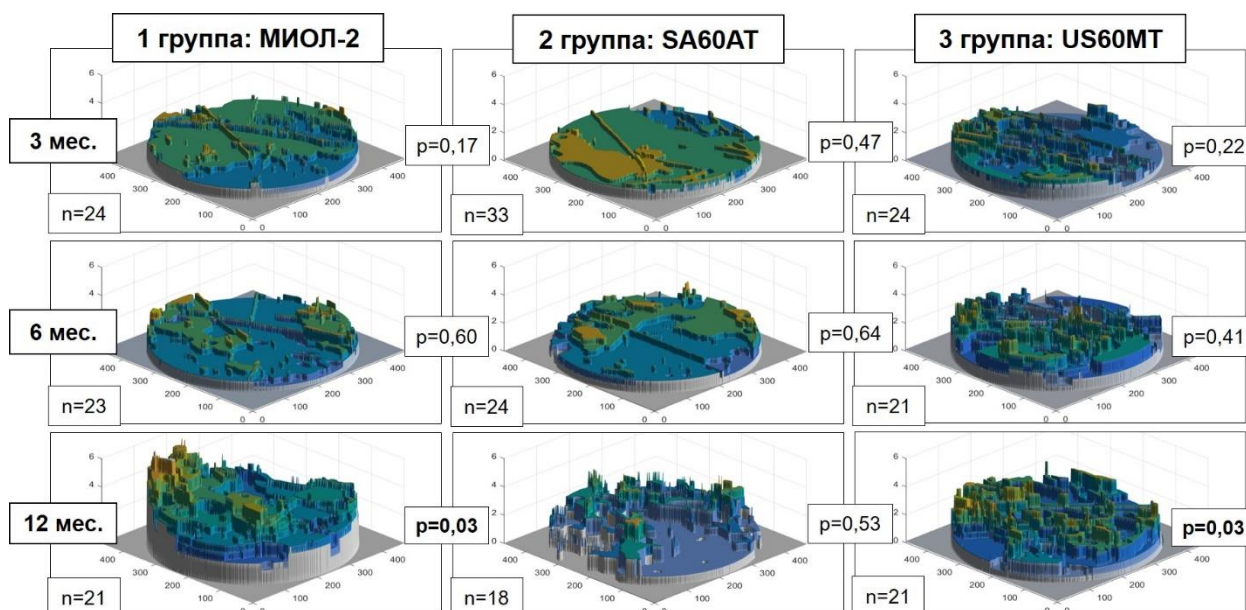


Рисунок 15 — Динамика средних величин помутнений ЗКХ в центральной 4,0-мм области капсулы по группам глаз в программе MATLAB

Несмотря на прогрессирование помутнений ЗКХ в динамике (см. рисунки 14, 15), ранговые корреляции Спирмена (R) не выявили значимых связей между ПП ЗКХ и остротой зрения во всех группах и во все сроки наблюдения пациентов. Наблюдалась лишь тенденция к связи между ПП ЗКХ и остротой зрения во второй группе глаз в сроки 3 месяца ($p = 0,121$) и 12 месяцев ($p = 0,074$) после операции.

С помощью ранговых корреляций Спирмена (R) также оценивали связи между ПП ЗКХ в каждой из четырех зон в пределах центральной области ЗКХ диаметром 4,0 мм и МКОЗ. Для увеличения репрезентативности выборки разделения глаз по группам не производили; выборка оценивалась в целом. Несмотря на это, зависимости МКОЗ от локализации помутнения ЗКХ также выявлено не было (таблица 6).

Таблица 6 — Зависимость МКОЗ от зоны помутнения ЗКХ в различные сроки после операции (все группы глаз в целом, $n = 91$)

	Коэффициент корреляции Спирмена R и значимость различий p		
	3 месяца	6 месяцев	12 месяцев
Центральный круг диаметром 0,25 мм	R = 0,004 p = 0,973	R = -0,014 p = 0,913	R = -0,161 p = 0,229
Внутреннее кольцо 0,25–1,0 мм	R = 0,003 p = 0,978	R = -0,029 p = 0,821	R = -0,035 p = 0,795
Среднее кольцо 1,0–2,0 мм	R = 0,025 p = 0,825	R = 0,030 p = 0,811	R = -0,046 p = 0,730
Наружное кольцо 2,0–4,0 мм	R = 0,003 p = 0,979	R = 0,066 p = 0,603	R = 0,092 p = 0,493
Вся центральная часть ЗКХ диаметром 4,0 мм	R = 0,002 p = 0,986	R = 0,070 p = 0,579	R = 0,089 p = 0,510

Выполнение ИАГ-лазерной задней капсулотомии на протяжении всего исследования понадобилось только в одном случае. У пациента первой группы на одном глазу через 12 месяцев после операции произошло снижение МКОЗ на 0,2 вследствие помутнения задней капсулы при ПП ЗКХ, достигшем 1,722 и затрагивающем оптический центр капсулы. Пациент начал испытывать затруднения при чтении мелкого шрифта, в связи с чем было принято решение о лазерном рассечении ЗКХ (см. рисунок 11). После выполнения дисцизии задней капсулы исходная острота зрения (1,0) была восстановлена.

3.5 Влияние исследуемых интраокулярных линз на динамику развития складок задней капсулы хрусталика

Эволюция первичных (интраоперационных) складок ЗКХ происходила двумя путями. Первичные складки, возникнув непосредственно после имплантации

ИОЛ, либо исчезали в первые 3 месяца после операции, либо сохранялись до завершения (12 месяцев) нашего наблюдения (рисунок 16).

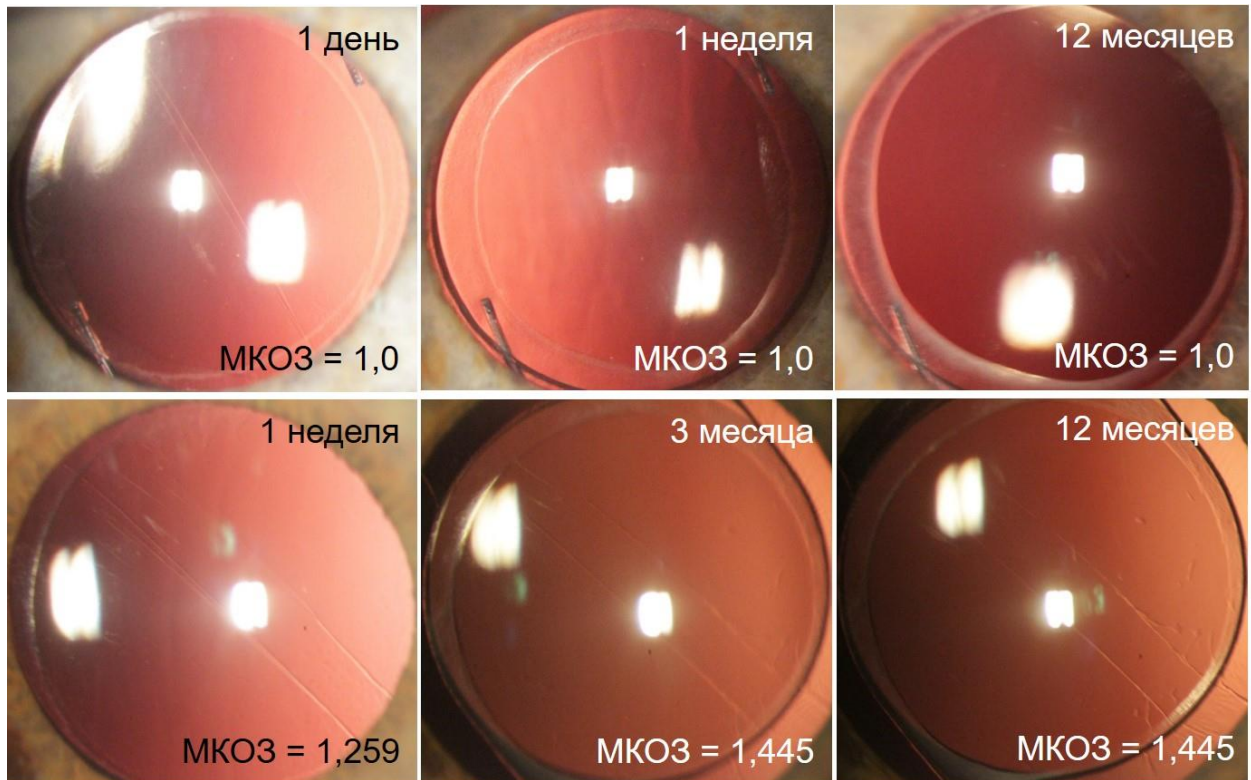


Рисунок 16 — Два варианта эволюции первичных (интраоперационных) складок ЗКХ. Первый вариант — исчезновение складок (верхний ряд): фото ЗКХ пациентки В. в различные сроки после ФЭК с имплантацией US60MP (3 группа), история болезни № 186561, 70 лет, левый глаз. Второй вариант — сохранение складок во все сроки наблюдения (нижний ряд): фото ЗКХ пациента Ф. после ФЭК с имплантацией SA60AT (2 группа), история болезни № 5392, 68 лет, левый глаз

Динамика развития первичных складок ЗКХ представлена на рисунке 17. Как следует из графика, интраоперационные складки ЗКХ после имплантации трехсоставных линз US60MP развивались в 38,5 %, в глазах с МИОЛ-2 и SA60AT — в 33,3 % и в 24,4 % случаях, соответственно. При этом, если рассматривать все группы глаз вместе, то в 50 % первичные складки ЗКХ исчезали бесследно в течение первой недели и в 68,8 % случаев через 3 месяца после операции. Если складки все же не пропадали в течение первых трех месяцев, то, как правило, они сохранялись и во все последующие сроки наблюдения.

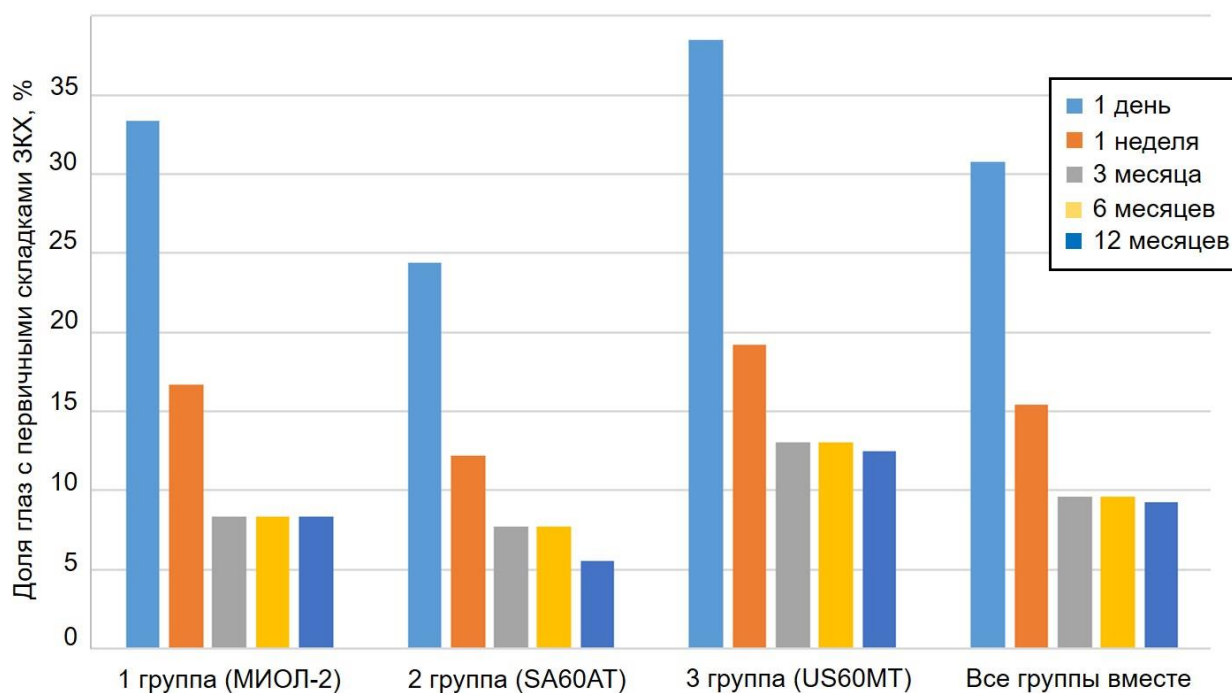


Рисунок 17 — Динамика развития первичных (интраоперационных) складок ЗКХ по группам глаз

Таким образом, первичные складки ЗКХ чаще всего регистрировались в третьей группе глаз вне зависимости от срока наблюдения (см. рисунок 17). Однако значимых различий между группами в доле глаз с первичными складками ЗКХ по всем срокам наблюдения найдено не было.

Вторичные (послеоперационные) складки ЗКХ во всех группах выявлялись уже с 3 месяца наблюдения (см. рисунки 11, 18, 20). В дальнейшем появление новых послеоперационных складок ЗКХ практически не наблюдалось. Также, как и первичные, вторичные складки ЗКХ наиболее часто (в 13 % случаев) регистрировались в глазах с трехсоставными линзами US60MP. В первой и второй группах через 3 месяца после операции послеоперационные складки ЗКХ наблюдались в 8,33 % и 7,69 % случаев, соответственно. При этом значимых различий между группами в доле глаз с вторичными складками ЗКХ по всем срокам наблюдения также найдено не было.

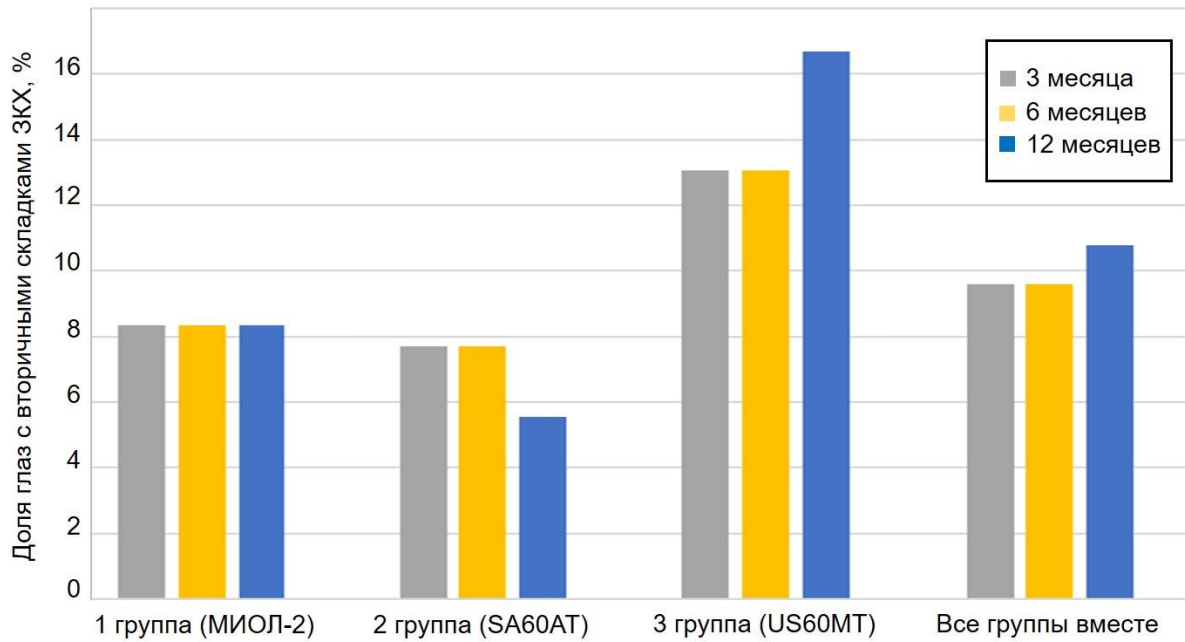


Рисунок 18 — Динамика развития вторичных (послеоперационных) складок ЗКХ по группам

Как первичные, так и вторичные складки ЗКХ служили каналами для вращающегося хрусталикового эпителия и развития помутнений на задней капсуле (рисунки 19, 20). Тем не менее, расчет U-критерия Манна – Уитни показал, что в совокупности первичные и вторичные складки ЗКХ не оказывали значимого влияния на остроту зрения оперированных глаз во всех группах вместе и в каждой в отдельности во все сроки наблюдения (таблица 7).

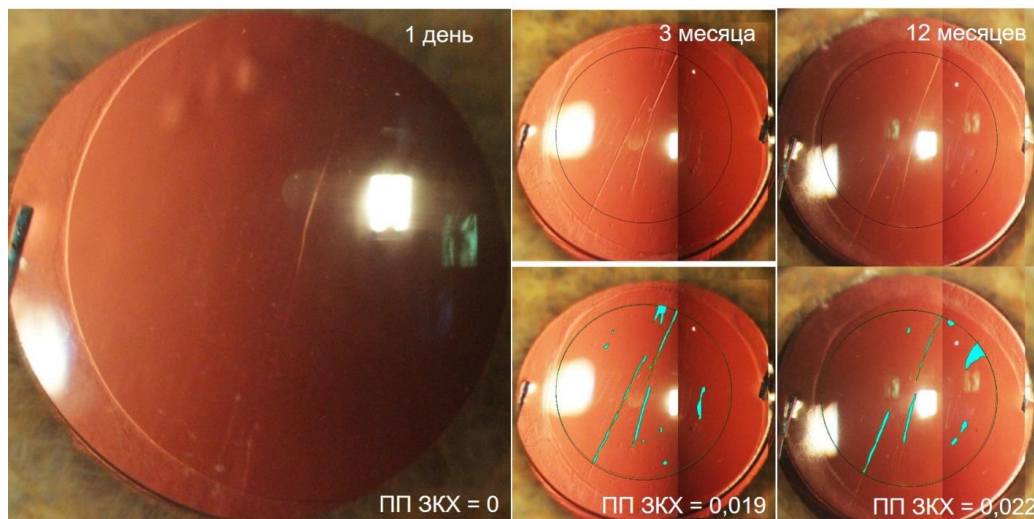


Рисунок 19 — Фотографии ЗКХ левого глаза пациентки 3. после ФЭК с имплантацией US60MP (3 группа), история болезни № 42196, 80 лет, МКОЗ = 1,0 во все сроки наблюдения. В течение всего периода наблюдения после операции визуализируются две параллельные первичные складки и помутнения ЗКХ, возникшие по ходу складок

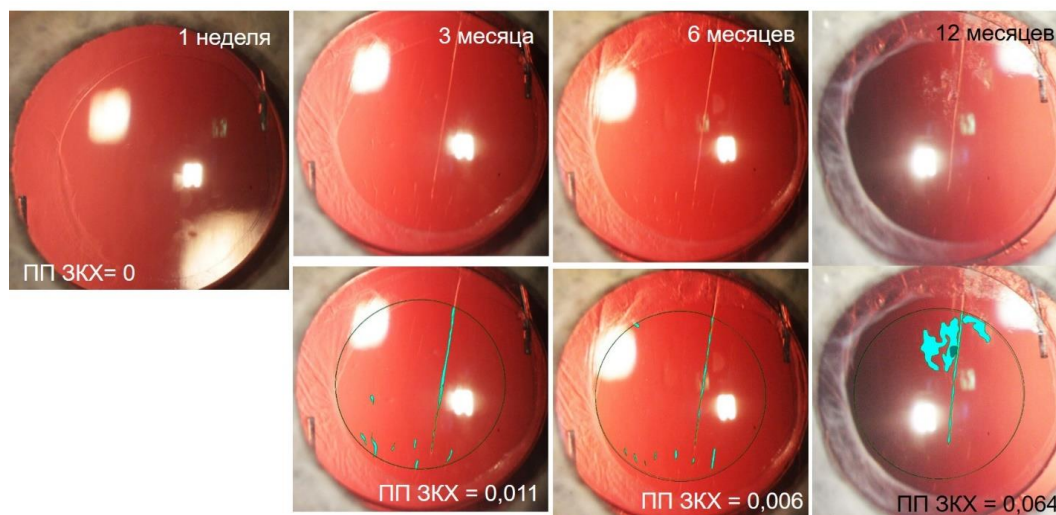


Рисунок 20 — Фотографии ЗКХ левого глаза пациентки К. после ФЭК с имплантацией US60MP (3 группа), история болезни № 62669, 80 лет, МКОЗ = 1,0 во все сроки наблюдения. Через 3 месяца после операции визуализируется появление вторичной складки ЗКХ, которая сохраняется во все последующие сроки наблюдения, и помутнений ЗКХ, увеличивающихся по площади по ходу складки

Таблица 7 — Влияние складок ЗКХ (первичных и вторичных вместе) на остроту зрения по группам глаз

		1 неделя	3 месяца	6 месяцев	12 месяцев
1 группа (МИОЛ-2)	Складки ЗКХ / без складок, глаз	4/20	4/19	4/19	4/19
	Складки ЗКХ / без складок, ср. МКОЗ	0,98/1,03	1,09/1,06	1,10/1,05	0,95/1,04
	Значимость различий МКОЗ, р	0,87	0,74	0,62	0,32
2 группа (SA60AT)	Складки ЗКХ / без складок, глаз	5/36	5/29	3/19	2/17
	Складки ЗКХ / без складок, ср. МКОЗ	1,09/1,09	1,14/1,11	1,01/1,09	0,93/1,03
	Значимость различий МКОЗ, р	0,98	0,62	0,27	0,42
3 группа (US60MT)	Складки ЗКХ / без складок, глаз	4/21	5/19	6/15	6/17
	Складки ЗКХ / без складок, ср. МКОЗ	1,04/1,04	1,11/1,06	1,01/1,09	1,00/1,08
	Значимость различий МКОЗ, р	0,32	0,14	0,87	0,97

Однако, при отдельной оценке обоих видов складок ЗКХ было показано, что если суммировать глаза всех групп в целом, то вторичные складки все же снижают МКОЗ на уровне тенденции ($p=0,08$), начиная с 6 месяца, и достоверно ($p=0,033$) с 12 месяца наблюдения (таблица 8).

Таблица 8 — Влияние первичных и вторичных складок ЗКХ на МКОЗ всех групп глаз в целом ($n=91$)

		1 неделя	3 месяца	6 месяцев	12 месяцев
Первичные складки ЗКХ	Количество глаз	13	8	7	5
	Средняя МКОЗ	1,038	1,154	1,078	1,040
	Значимость различий МКОЗ с первичными складками и без складок, p	0,763	0,237	0,607	0,605
Вторичные складки ЗКХ	Количество глаз	0	6	7	7
	Средняя МКОЗ		1,067	0,991	0,922
	Значимость различий МКОЗ с первичными складками и без складок, p		0,751	0,080	0,033

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Потеря прозрачности ЗКХ после внутрикапсульной имплантации ИОЛ (и связанное с этим снижение качества зрительных функций) остается одной из основных проблем современной хирургии катаракты и происходит в более чем в 50 % случаев при длительных сроках послеоперационного наблюдения. Только в США выполняется до ста тысяч лазерных дисцизий помутневших ЗКХ в год. Помимо того, что это оказывает значительную нагрузку на здравоохранение и бюджет страны, ИАГ-лазерные вмешательства на ЗКХ могут приводить к развитию серьезных ретинальных осложнений, вторичной глаукоме, а также повреждениям и дислокациям ИОЛ [20, 127].

Складки ЗКХ также являются типичным следствием ФЭК, достигая 88 % случаев после внутрикапсульной имплантации некоторых моделей ИОЛ [73]. Их влияние на зрительные функции противоречиво [73, 93, 95, 151]. Однако, складки ЗКХ образуют каналы для возможной инвазии клеток эпителия хрусталика. В таких случаях вдоль складок ЗКХ формируется линейная вторичная катаракта, которая может существенно ухудшать центральное зрение и также требовать выполнения лазерной задней капсулотомии [42, 73].

Современные ИОЛ из гидрофобного акрила удобны при имплантации, позволяют получать высокие функциональные результаты, отличаются низким риском развития клинически значимых вторичных катаракт и, кроме того, наименьшей частотой формирования складок ЗКХ [97]. В настоящем исследовании мы оценили влияние помутнений и складок ЗКХ на остроту зрения в течение первого года после внутрикапсульной имплантации трех моделей широко распространенных в практике отечественных катарактальных хирургов гидрофобных акриловых линз S-образного дизайна — МИОЛ-2, SA60AT и US60MP.

Линзы, выполненные из материала AcrySof® — SA60AT и US60MP, были выбраны нами как эталонные. Дело в том, что ИОЛ именно из этого материала по

данным литературы показывают наименьшую частоту развития как помутнений [53, 62, 82, 84], так и складок ЗКХ [42, 54, 93, 97, 151].

Сравнение мы производили с линзами МИОЛ-2 отечественного производства. От зарубежных аналогов эти линзы выгодно отличает низкая (себе)стоимость [22, 44]. Несмотря на то, что МИОЛ коммерчески доступны более 15 лет [22], работ, сравнивающих их влияние на развития помутнений и складок ЗКХ с линзами других производителей, в доступной литературе мы не нашли.

В процессе факэмульсификации мы стремились к выполнению центрально расположенного переднего кругового капсулорексиса диаметром 4,5–5,0 мм для того, чтобы его край равномерно и полностью покрывал край оптики имплантируемой ИОЛ. Глаза, не отвечающие этому критерию, мы исключали из исследования.

Известно, что гидрофобная оптика при контакте с краем переднего капсулорексиса способствует фиброзной трансформации эпителиоцитов передней капсулы. Если при этом край переднего капсулорексиса симметрично покрывает край оптики на 360° , то на передней капсуле образуется фиброзное кольцо, которое равномерно «вдавливает» линзу в ЗКХ [138]. Это создает оптимальные условия для превентивного влияния прямоугольного края оптики на развитие помутнений ЗКХ [119, 138].

С этой же целью мы не только не производили «полировку», но и вовсе старались не повреждать эпителиальной выстилки края переднего капсулорексиса в процессе аспирации остатков эпинуклеуса. Это связано с тем, что удаление (повреждение) эпителиоцитов делает невозможным образование (равномерного) фиброзного кольца на передней капсуле. Ранее было показано, что все это снижает эффективность барьерного феномена прямоугольного края оптики по отношению к центростремительно мигрирующим по ЗКХ эпителиальным клеткам [68].

Помимо общих гидрофобных характеристик акрилового материала, все три модели ИОЛ, включенные в настоящее исследование, имеют оптику с прямоугольным краем диаметром 6,0 мм. Еще со времен работ д-ра Nishi с соавт. [119,

120] известно, что прямоугольный задний край оптики контактным путем сдерживает центростремительную миграцию клеток хрусталикового эпителия (см. рисунок 1). Вместе с тем было доказано, что оптимальным является именно 6,0-мм диаметр оптики. Дело в том, что ИОЛ с оптикой бóльшего или меньшего диаметра демонстрировали худшие результаты в плане развития помутнений ЗКХ [73, 115].

В морфологической части нашей работы было показано, что все три линзы имеют прямоугольный задний край оптики (см. рисунки 6, 7). В двух моноблочных моделях интраокулярных линз, МИОЛ-2 и SA60AT, прямоугольный задний край оптики прерывался гаптикой. В то же время, тонкий гаптический элемент из полиметилметакрилата в трехсоставной линзе US60MP прямоугольный задний край оптической части ИОЛ не прерывал (см. рисунок 7). При этом именно в группе глаз с линзами US60MP наблюдались лучшие показатели прозрачности ЗКХ.

Значимое прогрессирование помутнений ЗКХ мы начали выявлять уже с 3 месяца после операции во всех трех группах. При этом плотность помутнений во все сроки не превышала 3 степени. Через 12 месяцев после вмешательства максимальный показатель ПП ЗКХ (0,2, медиана) наблюдался в первой группе глаз, а минимальный (0,065, медиана) — в третьей (см. рисунок 14). Однако достоверной разницы в величинах ПП ЗКХ между группами на этапах 3, 6, и 12 месяцев после операции выявлено не было.

Напротив, доля прозрачных ЗКХ (то есть когда ПП ЗКХ был равен нулю) постепенно уменьшалась и к 12 месяцу наблюдения составила 21,05 % в первой группе, 45,45 % — во второй и 58,82 % — в третьей (см. таблицу 5). При этом разница между первой и третьей группами была значимой.

Таким образом, все три модели ИОЛ продемонстрировали хорошие результаты, характеризующие прозрачность ЗКХ: показатели помутнения ЗКХ в течение 12 месяцев после операции во всех трех группах были далеки от максимально возможного (4,0). Тем не менее, лучшие анатомические показатели (ПП ЗКХ и доля прозрачных ЗКХ) мы наблюдали после имплантации трехсоставной US60MP

с тонкой гапткой из полиметилметакрилата, а несколько более скромные — в глазах с моноблочными МИОЛ-2 и US60MP).

Полученные нами данные согласуются с результатами рандомизированного исследования д-ра Mylonas с соавт. [66]. По их наблюдениям хирургия с трехсоставными ИОЛ (также с тонкой гапткой из полиметилметакрилата) сопровождалась несколько меньшим развитием помутнений ЗКХ по сравнению с моноблочными S-образными линзами того же производителя, которые имели более объемную гаптку и имплантировались в парный глаз. При этом при субъективной оценке интенсивности помутнений на щелевой лампе разница была значимой, тогда как расчет ПП ЗКХ достоверного отличия между моделями не выявил.

С одной стороны, у большинства моноблочных ИОЛ гаптика имеет ту же толщину, что и периферия оптики, поэтому в месте их слияния оптическая часть линзы теряет прямоугольный задний край как таковой. В первую очередь именно здесь и происходит инвазия эпителия на ЗКХ. В трехсоставной ИОЛ, напротив, из-за тонкой гаптки, интегрированной в ребро оптики, задний край последней непрерывен и противостоит врастанию клеток по всему своему периметру [66].

С другой стороны, ригидные гаптические элементы трехсоставных ИОЛ, выполненные из полиметилметакрилата, растягивают экватор капсульного мешка и тем самым вызывают образование складок ЗКХ чаще, чем моноблочные линзы, имеющие мягкую гаптку. Было показано, что такие складки в послеоперационном периоде выступают в качестве каналов (точнее, канавок) для миграции клеток эпителия на ЗКХ, несмотря на наличие у оптики прямоугольного заднего края [73].

Действительно, среди ИОЛ из гидрофобного акрила самый низкий риск развития складок ЗКХ характерен для моноблочных линз [42]. Так, если после имплантации трехсоставных ИОЛ (с гапткой из полиметилметакрилата) первичные складки выявлялись в 43–56 % [54, 151], то в глазах с моноблочными линзами — лишь в 2–13,6 % случаев [54, 93].

В нашем исследовании не только первичные, но и вторичные складки ЗКХ реже всего наблюдались после имплантации моноблочных МИОЛ-2 и SA60AT,

а наиболее часто — в глазах с трехсоставными US60MP (см. рисунки 17, 18). Считается, что это связано с мягкостью опорных элементов моноблочных линз (в отличие от жесткой гаптики трехчастных ИОЛ), оказывающих минимальную деформирующую нагрузку на капсульный мешок [42, 54].

Известно, что первичные складки ЗКХ, возникнув непосредственно в ходе операции, полностью [73] или частично [151] (в зависимости от модели имплантированной ИОЛ) исчезают в послеоперационном периоде. Наши данные целиком согласуются с результатами исследования д-ра Joshi с соавт. [97], а именно: первичные складки ЗКХ после имплантации линз всех трех моделей бесследно исчезали в половине наблюдений в течение первой недели после операции. При этом в дальнейшем какой-либо существенной динамики первичных складок ЗКХ мы не наблюдали (см. рисунок 17). Что касается вторичных складок ЗКХ, то они появлялись уже на третий месяц после операции и в последующие сроки значимых изменений не претерпевали (см. рисунок 18).

Также, как и в предыдущих работах [42, 73] мы наблюдали миграцию клеток эпителия на ЗКХ по складкам, которые выступали в качестве каналов, направляющих движение клеток. В таких случаях вдоль складок ЗКХ формировалась линейная вторичная катаракта (см. рисунки 11, 19, 20).

Морфометрической находкой, впервые описанной в нашем исследовании, стало то, что достоверно более гладким оказался торец оптики у линзы МИОЛ-2. Так, если в линзе МИОЛ-2 средние показатели рельефа шероховатостей торца оптики составили 7,6, то в SA60AT — 29,8 и в US60MP — 18,8 (см. рисунок 8). Очевидно это связано с особенностями производства этих линз.

Дело в том, что после заливки в форму МИОЛ подвергается фотополимеризации, вследствие чего как фронтальная поверхность оптики, так и ее торец остаются одинаково гладкими. Напротив, торец оптики линз SA60AT и US60MP после литья обтачивается механическим способом, что неизбежно делает его шероховатым (см. рисунок 7).

При этом мы не можем однозначно утверждать, что гладкий торец оптики МИОЛ-2 имеет преимущества перед шероховатым. Мы предполагаем, что, с одной

стороны, оптика ИОЛ с гладким торцом таит в себе меньший риск развития негативных дисфотопсий. Однако, наши пациенты, как из группы МИОЛ-2, так и из групп глаз с линзами SA60AT и US60MP, жалоб, характерных для негативной дисфотопсии, ни в одном случае не предъявляли.

С другой стороны, шероховатый торец оптики теоретически может являться лучшим барьером (по сравнению с гладким краем), останавливающим инвазию на ЗКХ эпителиоцитов ПКХ. В этой связи следует упомянуть серию экспериментальных работ последних лет [79, 110, 133], в которых именно шероховатая поверхность имплантата ингибировала миграцию клеточной популяции.

Известно, что клетки мигрируют путем образования фокальных адгезий, которые можно прервать, поставив на их пути механический барьер. В качестве такого барьера был предложен оригинальный рельефный микропаттерн в виде чешуи акулы, останавливавший инвазию клеток хрусталикового эпителия как *in vitro* [110], так и *in vivo* в глазах кроликов [79, 133]. В частности, гидрофобные ИОЛ, имеющие такой круговой микрорельеф периферии задней поверхности оптики, имели достоверное преимущество в плане задержки миграции клеток по ЗКХ перед стандартной гидрофобной линзой SA60AT [133].

В отличие от упомянутых работ, в нашем исследовании шероховатость в линзах SA60AT и US60MP не носила характер какого-либо микропаттерна, а была иррегулярной; более того, она локализовалась не на периферии задней поверхности, а на торце оптики. Однако, именно в глазах с линзами, имеющими шероховатый торец (SA60AT и US60MP) наблюдались достоверно лучшие показатели прозрачности ЗКХ (см. рисунок 15, таблицу 5). Безусловно, наша гипотеза требует дальнейших наблюдений на большем фактическом материале.

Наконец, несмотря на выявленную у наших пациентов разницу в ПП ЗКХ и доле прозрачных задних капсул функциональные результаты операций во всех трех группах оставались стабильными (средняя МКОЗ была не ниже 1,0) на протяжении всех 12 месяцев наблюдения (см. рисунок 9). ИАГ-лазерная задняя капсулотомия понадобилась лишь в одном пациенту (то есть в 4,17 % наблюдений) из первой группы через 12 месяцев после операции (см. рисунок 11).

При этом достоверных связей между ПП ЗКХ и остротой зрения во всех группах и во все сроки наблюдения пациентов мы не нашли. Это свидетельствует о том, что помутнения ЗКХ 1–2 степени при ПП ЗКХ до 0,2 (медиана) не оказывают клинически значимого влияния на остроту зрения при имплантации как моноблочных МИОЛ-2 и US60MP, так и трехсоставных линз US60MP.

Наше исследование также показало, что в совокупности первичные и вторичные складки ЗКХ не оказывали значимого влияния на остроту зрения оперированных глаз во всех группах вместе и в каждой в отдельности во все сроки наблюдения (см. таблицу 7). Однако, при их отдельной оценке вторичные складки (в отличие от первичных) все же достоверно снижали МКОЗ, начиная с 6 месяца наблюдения при суммировании глаз всех групп (см. таблицу 8).

К сожалению, оценить влияние как первичных, так и вторичных складок ЗКХ на остроту зрения каждой из групп в настоящей работе не представлялось возможным из-за ограниченного количества глаз со складками (см. таблицы 7, 8). Наши дальнейшие исследования будут направлены на увеличение как выборки, так и сроков послеоперационного наблюдения пациентов. Это позволит проследить влияние складок ЗКХ на остроту зрения в отдаленном периоде по каждой из сформированных групп.

Резюмируя вышесказанное, в результате проведенного исследования мы пришли к заключению, что гидрофобные акриловые заднекамерные интраокулярные линзы МИОЛ-2, SA60AT и US60MP могут быть использованы в современной хирургии катаракты с сопоставимо высокими средними показателями МКОЗ. При этом в течение по крайней мере первых 12 месяцев после операции на функциональные результаты имплантации не оказывают значимого влияния ни развивающиеся помутнения, ни складки ЗКХ.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Планируется дальнейшее наблюдение тематических пациентов для получения отдаленных результатов и оценки влияния данных моделей линз на динамику развития помутнений и складок ЗКХ через 2 и 3 года после операции.

ВЫВОДЫ

1. Исследование выполнено на репрезентативной группе пациентов (74 пациента, 91 глаз), которым была выполнена стандартная ФЭК по поводу возрастной неосложненной катаракты с имплантацией одной из трех моделей ИОЛ: МИОЛ-2 (24 глаза), SA60AT (41 глаз), US60MP (26 глаз).

2. Морфометрически показано, что МИОЛ-2 имеет наиболее гладкий торец оптики по сравнению с интраокулярными линзами SA60AT и US60MP ($p < 0,001$). При этом все три линзы имеют прямоугольный задний край оптики, непрерывный в US60MP и прерывающийся в месте сочленений оптики и гаптики в МИОЛ-2 и SA60AT.

3. Установлено, что имплантация МИОЛ-2 (1 группа глаз) через 12 месяцев после операции приводит к меньшим показателям прозрачности задней капсулы хрусталика по сравнению с интраокулярными линзами SA60AT (2 группа) и US60MP (3 группа):

а) доля прозрачных задних капсул (ПП ЗКХ = 0) в 1, 2 и 3 группах составляет, соответственно, 21,1 %, 45,5 % и 58,8 % ($p = 0,024$ при сравнении 1 и 3 групп);

б) медианы ПП ЗКХ в 1, 2 и 3 группах составляют, соответственно, 0,2, 0,1 и 0,007 ($p = 0,03$ при сравнении 1 и 2 групп, $p = 0,03$ при сравнении 1 и 3 групп).

4. Доказано, что прогрессирование помутнений задней капсулы хрусталика (с максимальным ПП ЗКХ до 0,2, 0,1 и 0,007 через 12 месяцев после операции в 1, 2 и 3 группах, соответственно) не влияет на средние величины остроты зрения оперированных глаз:

а) средняя острота зрения во всех группах и во все сроки послеоперационного наблюдения (вплоть до 12 месяцев) остается стабильной, не ниже 1,0;

б) попарное сравнение средней остроты зрения во всех группах и во все сроки наблюдения различий не выявило.

5. Доказано, что ни одна из зон локализации помутнений задней капсулы хрусталика в пределах 4,0-мм области центра оптики линзы не оказывает влияния на остроту зрения ни в одной из групп и ни в какие сроки наблюдения при максимальном ПП ЗКХ до 0,2, 0,1 и 0,007 через 12 месяцев после операции в 1, 2 и 3 группах, соответственно.

6. Установлено, что первичные складки задней капсулы хрусталика появляются непосредственно после имплантации МИОЛ-2, SA60AT и US60MP в 33,3 %, 24,4 % и 38,5 %, соответственно, и исчезают в 50,02 % случаев в течение первой недели, а вторичные складки развиваются с 3 месяца после операции в 8,33 %, 7,69 % и 13,0 %, соответственно, без значимых различий в доле глаз со складками между группами во все сроки наблюдения. Установлено, что оба типа складок задней капсулы служат каналами для врастания хрусталикового эпителия и развития линейных помутнений. Доказано, что только вторичные складки задней капсулы хрусталика снижают остроту зрения через 12 месяцев после операции во всех трех группах наблюдения в целом ($p=0,033$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Гидрофобные акриловые заднекамерные интраокулярные линзы МИОЛ-2, SA60AT и US60MP могут быть использованы в современном хирургическом лечении катаракты с сопоставимо высокими функциональными результатами, на которые в течение первых 12 месяцев после имплантации не оказывают значимого влияния ни развивающиеся помутнения, ни складки задней капсулы хрусталика.

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

- ЗКХ — задняя капсула хрусталика
- ИОЛ — интраокулярная линза
- МКОЗ — максимальная корригированная острота зрения
- НПВС — нестероидные противовоспалительные средства
- ПЗО — передне-задняя ось
- ПКХ — передняя капсула хрусталика
- ПП ЗКХ — показатель помутнения задней капсулы хрусталика
- ФЭК — факоэмульсификация катаракты
- ЭЭК — экстракапсулярная экстракция катаракты
- PCO Score — Posterior Capsular Opacification Score (показатель помутнения задней капсулы хрусталика, с англ.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ корреляции субъективной удовлетворенности с личностными параметрами у пациентов с артрафакцией [Текст] / Б.Э. Малюгин [и др.] // Катакральная и рефракционная хирургия. — 2014. — Т. 14, № 1. — С. 38–42.
2. Анатомо-функциональные изменения переднего отрезка после факоэмульсификации катаракты при первичной закрытоугольной глаукоме [Текст] / Л.К. Мошетьова [и др.] // Глаукома. — 2011. — № 2. — С. 44–51.
3. Анисимова, Н.С. О многообразии изменений в области задней капсулы хрусталика после факоэмульсификации с имплантацией различных видов ИОЛ [Текст] / Н.С. Анисимова, С.И. Анисимов, С.Ю. Анисимова // Офтальмохирургия. — 2015. — № 2. — С. 6–11.
4. Анисимова, Н.С. Фемтолазерное сопровождение в хирургии набухающей катаракты [Текст] / Н.С. Анисимова, Б.Э. Малюгин, Н.П. Соболев // Современные технологии в офтальмологии. — 2016. — № 5. — С. 11–13.
5. Бикбов, М.М. Оценка эффективности факоэмульсификации катаракты с первичным капсулорексисом [Текст] / М.М. Бикбов, В.К. Муркова, А.А. Акмирзаев // Офтальмология. — 2013. — № 10 (1). — С. 21–25.
6. Вероятность развития вторичной катаракты после факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ [Текст] / О.Л. Фабрикантов [и др.] // Офтальмохирургия. — 2015. — № 3. — С. 6–12.
7. Джавадова, Г.Ч. Старческая катаракта глаза: медико-социальные аспекты и риск для здоровья населения [Текст] / Г.Ч. Джавадова, И.Э. Йошин, С.Т. Гулиева // Вестник Российской Военно-медицинской академии. — 2020. — № 1 (69). — С. 191–195.
8. Дифференцированная методика хирургической профилактики капсулярного контракционного синдрома в ходе факоэмульсификации [Текст] / Ю.Н.

- Юсеф [и др.] // Вестник офтальмологии. — 2020. — Т. 136, № 5–2. — С. 204–208.
9. Задний капсулорексис в профилактике помутнений задней капсулы хрусталика [Текст] / И.Э. Иошин [и др.] // Офтальмохирургия. — 2002. — № 4. — С. 11–13.
 10. Закономерности изменений капсульной сумки после факоэмульсификации с имплантацией интраокулярной линзы при исследовании методом ультразвуковой биомикроскопии [Текст] / Э.В. Егорова [и др.] // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. — 2009. — Т. 29, № 4. — С. 12–15.
 11. Изменения задней капсулы хрусталика при имплантации гидрофобных акриловых интраокулярных линз различной конструкции [Текст] / Ю.Н. Юсеф [и др.] // Вестник офтальмологии. — 2007. — Т. 123, № 6. — С. 51–54.
 12. Иошин, И.Э. Факоэмульсификация при двухсторонней катаракте [Текст] / И.Э.Иошин, Г.Т. Хачатрян // Кремлевская медицина. Клинический вестник. — 2017. — № 4–2. — С. 120–126.
 13. Клинические и социальные аспекты лечения катаракты в России [Текст] / В.В. Нероев [и др.] // Катарактальная и рефракционная хирургия. — 2016. — Т. 16, № 1. — С. 4–14.
 14. Комбинированное хирургическое лечение катаракты и глаукомы у больных с псевдоэкссфолиативным синдромом [Текст] / В.В. Нероев [и др.] // Офтальмология. — 2008. — Т. 5, № 2. — С. 4–7.
 15. Копаев, С.Ю. Отечественная технология экстракции катаракты с использованием двух видов лазерного излучения [Текст] / С.Ю. Копаев, Б.Э. Малюгин, В.Г. Копаева // Современные технологии в офтальмологии. — 2016. — № 5. — С. 39–41.
 16. Кочергин, С.А. Комбинированная факоэмульсификация у пациентов с оперированной глаукомой [Текст] / С.А. Кочергин, Л.В. Андреева // Офтальмологические ведомости. — 2011. — Т. 4, № 1. — С. 12–17.

17. Либман, Е.С. Слепота и инвалидность вследствие офтальмопатологии у людей пожилого и старческого возраста в России [Текст] / Е.С. Либман, Е.В. Шахова // Самарские чтения. — Самара, 2002. — С. 427–428.
18. Малюгин, Б.Э. К вопросу о клинико-морфологических аспектах формирования контрактуры капсульного мешка при артифакии [Текст] / Б.Э. Малюгин, А.В. Шацких, А.В. Головин // Офтальмохирургия. — 2010. — № 2. — С. 45–50.
19. Малюгин, Б.Э. Фармакологическое сопровождение современной хирургии катаракты [Текст] / Б.Э. Малюгин, А.А. Шпак, Т.А. Морозова. — Москва : Офтальмология, 2011. — 27 с.
20. Нарушения положения (дислокации) заднекамерных интраокулярных линз: разновидности, этиопатогенез и клиника (обзор литературы) [Текст] / Е.С. Чащина [и др.] // Катарактальная и рефракционная хирургия. — 2013. — № 1. — С. 5–9.
21. Отдаленные результаты факоэмульсификации катаракты у больных хронической первичной закрытоугольной глаукомой [Текст] / С.А. Кочергин [и др.] // Катарактальная и рефракционная хирургия. — 2011. — Т. 11, № 3. — С. 16–18.
22. Отечественные эластичные интраокулярные линзы для хирургии малых разрезов [Текст] / Н.П. Паштаев [и др.] // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2004. — № 5. — С. 20–23.
23. Пензева, К.В. Клинико-функциональные результаты выполнения первичного заднего капсулорексиса [Текст] / К.В. Пензева, Ю.В. Тахтаев // Офтальмология. — 2012. — № 59 (4). — С. 288–290.
24. Пензева, К.В. Первичный задний капсулорексис как метод хирургической профилактики вторичной катаракты [Текст]: автореф. дис. ... канд. мед. наук / К.В. Пензева. — Санкт-Петербург, 2013. — 24 с.
25. Проблемы хирургии катаракты и интраокулярной коррекции: достижения отечественной школы и современные тенденции развития [Текст] / Б.Э. Малюгин [и др.] // Вестник РАМН. — 2007. — № 8. — С. 9–16.

26. Современные возможности хирургии старческой катаракты [Текст] / С.Э. Аветисов [и др.] // Клиническая геронтология. — 2017. — Т. 23, № 11–12. — С. 84–96.
27. Современные стандарты хирургии катаракты с имплантацией интраокулярной линзы. Обзор литературы [Текст] / А.В. Терещенко [и др.] // Рефракционная хирургия и офтальмология. — 2010. — Т. 10, № 3. — С. 4–10.
28. Сравнение механического и фемтосекундного капсулорексиса при факоэмульсификации катаракты [Текст] / С.Ю. Анисимова [и др.] // Катарактальная и рефракционная хирургия. — 2012. — № 12 (4). — С. 16–18.
29. Стебнев, В.С. Непосредственные и отдаленные результаты первичного заднего капсулорексиса при факоэмульсификации [Текст] / В.С. Стебнев, В.М. Малов, С.Д. Стебнев // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2011. — № 133 (14). — С. 352–355.
30. Терещенко, А.В. Фемтосопровождение хирургии катаракты у детей [Текст] / А.В. Терещенко, Ю.А. Белый, И.Г. Трифаненкова // Катарактальная и рефракционная хирургия. — 2015. — Т. 15, № 2. — С. 31–36.
31. Терещенко, Ю.А. Выяснение взаимосвязей между имплантируемыми интраокулярными линзами из различных материалов и вариантами формирования помутнений задней капсулы хрусталика после факоэмульсификации возрастной катаракты [Текст] / Ю.А. Терещенко, Е.Л. Сорокин, Я.В. Белоноженко // Офтальмохирургия. — 2014. — № 4. — С. 30–34.
32. Торопыгин, С.Г. Капсулотомия / капсулэктомия в факохирургии: эволюция развития и современная техника (сообщение 1) [Текст] / С.Г. Торопыгин, Л.К. Мошетова // Вестник офтальмологии. — 2010. — № 2. — С. 56–60.
33. Торопыгин, С.Г. Капсулотомия / капсулэктомия в факохирургии: эволюция развития и современная техника (сообщение 2) [Текст] / С.Г. Торопыгин, Л.К. Мошетова // Вестник офтальмологии. — 2010. — № 3. — С. 49–52.

34. Торопыгин, С.Г. Хирургия тонких интраокулярных структур [Текст] / С.Г. Торопыгин. — Тверь : ИП Орлова З.П., 2014. — 158 с.
35. Факоемульсификация с имплантацией ИОЛ на глазах с узким зрачком [Текст] / Б.Э. Малюгин [и др.] // Офтальмохирургия. — 1997. — № 2. — С. 25–32.
36. Факоемульсификация сверхтвердых «бурых» катаракт [Текст] / И.Э. Иошин [и др.] // Российский офтальмологический журнал. — 2010. — Т. 3, № 3. — С. 15–19.
37. Федеральные клинические рекомендации по оказанию офтальмологической помощи пациентам с возрастной катарактой. Экспертный совет по проблеме хирургического лечения катаракты [Текст] // ООО «Межрегиональная ассоциация врачей-офтальмологов». — Москва : Офтальмология, 2015. — 32 с.
38. Федоров, С.Н. Ошибки и осложнения при имплантации искусственного хрусталика [Текст] / С.Н. Федоров, Э.В. Егорова. — Москва, 1992. — С. 224.
39. Фемтолазерная хирургия катаракты при различной степени плотности ядра хрусталика [Текст] / А.В. Терещенко [и др.] // Современные технологии в офтальмологии. — 2016. — № 5. — С. 93–95.
40. Частота развития вторичной катаракты в артификачных глазах с современными моделями заднекамерных ИОЛ при осевой миопии [Текст] / Г.В. Соколетов [и др.] // Офтальмохирургия. — 2013. — № 2. — С. 28–31.
41. Чупров, А.Д. Задняя лазерная капсулотомия при I степени помутнения задней капсулы хрусталика артификачного глаза [Текст] / А.Д. Чупров, М.А. Щербаков, Л.В. Демакова // Офтальмохирургия. — 2015. — № 1. — С. 6–11.
42. Школяренко, Н.Ю. Изменения задней капсулы хрусталика после имплантации гибких акриловых гидрофобных интраокулярных линз [Текст]: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Н.Ю. Школяренко. — Москва, 2007. — 24 с.
43. Школяренко, Н.Ю. Изменения капсульного мешка хрусталика после экстракции катаракты [Текст] / Н.Ю. Школяренко, Ю.Н. Юсеф // Вестник офтальмологии. — 2005. — Т. 121, № 3. — С. 40–43.

44. Шленская, О.В. Вторичная катаракта после имплантации мягких интраокулярных линз [Текст] / О.В. Шленская, С.В. Салмина // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии — 2007: сб. научных статей. — Москва, 2007. — С. 289–292.
45. Шульпина, Н.Б. Биомикроскопия глаза [Текст] / Н.Б. Шульпина. — Москва : Медицина, 1966. — С. 150–154.
46. A systematic overview of the incidence of posterior capsule opacification [Text] / D.A. Schaumberg [et al.] // *Ophthalmology*. — 1998. — Vol. 105. — P. 1213–1221.
47. Adhesion of fibronectin, vitronectin, laminin, and collagen type IV to intraocular lens materials in pseudophakic human autopsy eyes. Part 1: histological sections [Text] / R.J. Linnola [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2000. — Vol. 26. — P. 1792–1806.
48. After-cataract evaluation after using balanced salt solution, distilled deionized water, and 5-fluorouracil with a sealed-capsule irrigation device in the eyes of 4-week-old rabbits [Text] / M.T. Abdelwahab [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2006. — Vol. 32. — P. 1955–1960.
49. After-cataract in adults with primary posterior capsulorhexis: comparison of hydrogel and silicone intraocular lenses with round edges after 2 years [Text] / M. Georgopoulos [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2003. — Vol. 29. — P. 955–960.
50. Anterior capsule contraction and flare intensity in the early stages after cataract surgery in eyes with diabetic retinopathy [Text] / Y. Takamura [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2013. — Vol. 39. — P. 716–721.
51. Anterior capsule opacification: correlation of pathologic findings with clinical sequelae [Text] / L. Werner [et al.] // *Ophthalmology*. — 2001. — Vol. 108. — P. 1675–1681.

52. Basti, S. Results of a prospective evaluation of three methods of management of pediatric cataracts [Text] / S. Basti, U. Ravishankar, S. Gupta // *Ophthalmology*. — 1996. — Vol. 103. — P. 713–720.
53. Bellucci, R. An introduction to intraocular lenses: material, optics, haptics, design and aberrations [Text] / R. Bellucci // J.L. Guell (ed.) *Cataract. ESASO course series*. Basel, Karger. — 2013. — Vol. 3. — P. 38–55.
54. Bertelmann, E. Posterior capsule opacification and anterior capsule opacification [Text] / E. Bertelmann, C. Kojetinsky // *Curr. Opin. Ophthalmol.* — 2001. — Vol. 12, № 1. — P. 35–40.
55. Blomquist, P.H. Posterior capsule folds and removal of ophthalmic viscosurgical devices [Text] / P.H. Blomquist, J.L. Kelly // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2002. — Vol. 28. — P. 1565–1567.
56. Bloodaqueous barrier in pseudoexfoliation: evaluation by immunohistochemical staining of endogenous albumin [Text] / M. Kuechle [et al.] // *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* — 1996. — Vol. 234. — P. 12–18.
57. Capsular opacification after vitreous-sparing cataract surgery in children [Text] / M.C. Grieshaber [et al.] // *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* — 2009. — Vol. 226. — P. 258–263.
58. Comparison of posterior capsule opacification rates between hydrophilic and hydrophobic single-piece acrylic intraocular lenses [Text] / C.J. Heatley [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2005. — Vol. 31. — P. 718–724.
59. Comparison of the biocompatibility of 2 foldable intraocular lenses with sharp optic edges [Text] / J. Schauersberger [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2001. — Vol. 27. — P. 1579–1585.
60. Comparison of the Neodimium-doped Yttrium Aluminum Garnet capsulotomy rate with viscoimplantation and the Hydroimplantation intraocular lens technique [Text] / T. Ogurel [et al.] // *Korean J. Ophthalmol.* — 2019. — Vol. 33, № 3. — P. 222–227.

61. Comparison of 4 methods for quantifying posterior capsule opacification [Text] / O. Findl [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2003. — Vol. 29. — P. 106–111.
62. Cullin, F. Economic considerations related to choice of intraocular lens (IOL) and posterior capsule opacification frequency — a comparison of three different IOLs [Text] / F. Cullin, T. Busch, M. Lundstrom // *Acta. Ophthalmol.* — 2014. — Vol. 92. — P. 179–183.
63. De Vries, N.E. Dissatisfaction after implantation of multifocal intraocular lenses [Text] / N.E. De Vries, C.A. Webers, W.R. Touwslager // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2011. — Vol. 37 (5) . — P. 859–865.
64. Double-masked prospective ocular safety study of a lens epithelial cell antibody to prevent posterior capsule opacification [Text] / W.R. Meacock [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2000. — Vol. 26. — P. 716–721.
65. Edge profile of commercially available square-edged intraocular lenses [Text] / M.A. Nanavaty [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2008. — Vol. 34. — P. 677–686.
66. Effect of a single-piece and a three-piece acrylic sharp-edged IOL on posterior capsule opacification [Text] / G. Mylonas [et al.] // *Curr. Eye Res.* — 2013. — Vol. 38. — P. 86–90.
67. Effect of anterior capsule polishing on fibrotic after-cataract: three-year results [Text] / S. Sacu [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2004. — Vol. 30. — P. 2322–2327.
68. Effect of anterior capsule polishing on posterior capsule opacification and neodymium:YAG capsulotomy rates: Three- year randomized trial [Text] / R. Menapace [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2005. — Vol. 31. — P. 2067–2075.
69. Effect of anterior capsule polishing on the posterior capsule opacification — inhibiting properties of a sharp-edged, 3-piece, silicone intraocular lens. Three- and

- 5-year results of a randomized trial [Text] / M. Bolz [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2006. — Vol. 32. — P. 1513–1520.
70. Effect of four different intraocular lenses on posterior capsule opacification [Text] / R. Duman [et al.] // *Int. J. Ophthalmol.* — 2015. — Vol. 18. — P. 118–121.
71. Effect of haptic angulation on posterior capsule opacification in modern foldable lenses with a square, truncated optic edge [Text] / J.M. Schmidbauer [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2002. — Vol. 28. — P. 1251–1255.
72. Effect of optic material on posterior capsule opacification in intraocular lenses with sharp-edge optics [Text] / O. Findl [et al.] // *Ophthalmology.* — 2005. — Vol. 112. — P. 67–72.
73. Effect of optic size on posterior capsule opacification: 5.5 mm versus 6.0 mm AcrySof intraocular lenses [Text] / W.R. Meacock [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2001. — Vol. 27. — P. 1194–1198.
74. Effect of round-edged acrylic intraocular lenses on preventing posterior capsule opacification [Text] / O. Nishi [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2001. — Vol. 27. — P. 608–613.
75. Effect of the hydrophilicity of acrylic intraocular lens material and haptic angulation on anterior capsule opacification [Text] / L. Vock [et al.] // *Br. J. Ophthalmol.* — 2007. — Vol. 91. — P. 476–480.
76. Effect of trypan blue staining on the density and viability of lens epithelial cells in white cataract [Text] / M.A. Nanavaty [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2006. — Vol. 32. — P. 1483–1488.
77. Effects of diclofenac sodium and indomethacin on proliferation and collagen synthesis of lens epithelial cells in vitro [Text] / O. Nishi [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 1995. — Vol. 21. — P. 461–465.
78. Efficacy and safety of capsular bending ring implantation to prevent posterior capsule opacification. Three-year results of a randomized clinical trial [Text] / R.

- Menapace [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2008. — Vol. 34. — P. 1318–1328.
79. Evaluation of stability and capsular bag opacification with a foldable intraocular lens coupled with a protective membrane in the rabbit model [Text] / G.D. Kramer [et al.] // *J. Cataract Refract Surg.* — 2015. — Vol. 41. — P. 1738–1744.
80. Experimental evaluation of the Corneal Concept 360 intraocular lens with the Miyake-Apple view [Text] / L. Werner [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2005. — Vol. 27. — P. 1889–1891.
81. Findl, O. Intraocular lens materials and design [Text] / O. Findl // *Achieving excellence in cataract surgery. A step-by-step approach* / ed. M. Colvard. — 2009. — P. 95–108.
82. 5 year incidence of YAG capsulotomy and PCO after cataract surgery with single-piece monofocal intraocular lenses: a real-world evidence study of 20,763 eyes [Text] / P.G. Ursell [et al.] // *Eye.* — 2020. — Vol. 43. — P. 960–968.
83. Fukuzawa, K. Fundamentals and applications of adhesion [Text] / K. Fukuzawa // *Engineering Materials.* — 1981. — Vol. 29. — P. 75–80.
84. German claims data analysis to assess impact of different intraocular lenses on posterior capsule opacification and related healthcare costs [Text] / N. Kossack [et al.] // *J. Public Health.* — 2018. — Vol. 26. — P. 81–90.
85. Gimbel, H.V. Posterior capsulorhexis with optic capture: maintaining a clear visual axis after pediatric cataract surgery [Text] / H.V. Gimbel, B.M. DeBroff // *J. Cataract Refract. Surg.* — 1994. — Vol. 20, № 6. — P. 658–664.
86. Hayashi, K. Influence on posterior capsule opacification and visual function of intraocular lens optic material [Text] / K. Hayashi, H. Hayashi // *Am. J. Ophthalmol.* — 2007. — Vol. 144. — P. 195–202.
87. Hoffer, K.J. Posterior chamber lens ridge for prevention of capsule opacification [Text] / K.J. Hoffer // *2nd U.S. Intraocular Lens Symposium.* — Los Angeles, CA, USA, 1979.

88. Holekamp, N.M. Vitrectomy surgery increases oxygen exposure to the lens: a possible mechanism for nuclear cataract formation [Text] / N.M. Holekamp, Y.-B. Shui, D.C. Beebe // *Am. J. Ophthalmol.* — 2005. — Vol. 139. — P. 302–310.
89. Huang, Y. RGD surface functionalization of the hydrophilic acrylic intraocular lens material to control posterior capsular opacification [Text] / Y. Huang, V. Bertrand, D. Bozukova // *PLoS One.* — 2014. — Vol. 9.
90. Human lens epithelial cell proliferation in a protein-free medium [Text] / I.N. Wormstone [et al.] // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* — 1997. — Vol. 38. — P. 396–404.
91. Hydrophobic versus double-square-edged hydrophilic foldable acrylic intraocular lens: effect on posterior capsule opacification [Text] / T. Iwase [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2011. — Vol. 37. — P. 1060–1068.
92. In vitro study on the closure of posterior capsulorrhexis in the human eye [Text] / V. De Groot [et al.] // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* — 2003. — Vol. 44. — P. 2076–2083.
93. Incidence and influence of posterior capsule striae on the development of posterior capsule opacification after 1-piece hydrophobic acrylic intraocular lens implantation [Text] / G.D. Shah [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2012. — Vol. 38, № 2. — P. 202–207.
94. Incidence of posterior capsule opacification after extracapsular cataract extraction in diabetic patients [Text] / M.C. Knorz [et al.] // *Metab. Pediatr. Syst. Ophthalmol.* — 1991. — Vol. 14. — P. 57–58.
95. Intraocular lenses: evolution, designs, complications, and pathology [Text] / D.J. Apple [et al.]. — Baltimore : Williams & Wilkins, 1989. — P. 313–361.
96. Iwase, T. Posterior capsule opacification following 20- and 23-gauge phacovitrectomy (posterior capsule opacification following phacovitrectomy) [Text] / T. Iwase, B.C. Oveson, Y. Nishi // *Eye.* — 2012. — Vol. 26. — P. 1459–1464.

97. Joshi, R.S. Postoperative posterior capsular striae and the posterior capsular opacification in patients implanted with two types of intraocular lens material [Text] / R.S. Joshi // *Indian J. Ophthalmol.* — 2017. — Vol. 65, № 6. — P. 466–471.
98. Jun, J.H. Nd: YAG capsulotomy after phacoemulsification in vitrectomized eyes: effects of pars plana vitrectomy on posterior capsule opacification [Text] / J.H. Jun, K.S. Kim, S.D. Chang // *J. Ophthalmol.* — 2014. — P. 1–8.
99. Kappelhof, J.P. The pathology of after cataract: a minireview [Text] / J.P. Kappelhof, G.F.J.M. Vrensen // *Acta Ophthalmol.* — 1992. — Vol. 205 (suppl.). — P. 13–24.
100. Kohnen, T. Cataract and refractive surgery [Text] / T. Kohnen, D.D. Koch. — Berlin : Springer, 2005. — P. 101–122.
101. Lindstrom, R.L. Management of the posterior capsule following posterior chamber lens implantation [Text] / R.L. Lindstrom, W.S. Harris // *Am. Intra-Ocular Implant Soc. J.* — 1980. — Vol. 6. — P. 255–258.
102. Long-term follow-up of extracapsular cataract extraction and posterior chamber intraocular lens implantation in patients with uveitis [Text] / R. Krishna [et al.] // *Ophthalmology.* — 1998. — Vol. 105. — P. 1765–1769.
103. Long-term results of sealed capsule irrigation using distilled water to prevent posterior capsule opacification: a prospective clinical randomized trial [Text] / T.M. Rabsilber [et al.] // *Br. J. Ophthalmol.* — 2007. — Vol. 91. — P. 912–915.
104. Mansfield, K.J. Effects of dexamethasone on posterior capsule opacification-like changes in a rat lens explant model [Text] / K.J. Mansfield, A. Cerra, C.G. Chamberlain // *Mol. Vis.* — 2004. — Vol. 6. — P. 728–737.
105. Masket, S. Postoperative complications of capsulorhexis [Text] / S. Masket // *J. Cataract Refract. Surg.* — 1993. — Vol. 19. — P. 721–724.
106. Meacock, W.R. Effect of intraocular lens haptic compressibility on the posterior lens capsule after cataract surgery [Text] / W.R. Meacock, D.J. Spalton // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2001. — Vol. 27, № 9. — P. 1366–1371.

107. Menapace, R. Aspiration curette for anterior capsule polishing: laboratory and clinical evaluation [Text] / R. Menapace, S. Di Nardo // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2006. — Vol. 32. — P. 1997–2003.
108. Menapace, R. Posterior capsulorhexis combined with optic buttonholing: an alternative to standard in-the-bag implantation of sharp-edged intraocular lenses? A critical analysis of 1000 consecutive cases [Text] / R. Menapace // *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* — 2008. — Vol. 246. — P. 787–801.
109. Menapace, R. Routine posterior optic buttonholing for eradication of posterior capsule opacification in adults [Text] / R. Menapace // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2006. — Vol. 32. — P. 929–943.
110. Micropatterned protective membranes inhibit lens epithelial cell migration in posterior capsule opacification model [Text] / C.M. Magin [et al.] // *Tran Vis Sci Tech.* — 2014. — Vol. 4, № 2. — P. 9.
111. Nagata, T. Adhesiveness of AcrySof to a collagen film [Text] / T. Nagata, A. Minakata, I. Watanabe // *J. Cataract Refract. Surg.* — 1998. — Vol. 24. — P. 367–370.
112. Nagata, T. Optic sharp edge or convexity: comparison of effects on posterior capsular opacification [Text] / T. Nagata, I. Watanabe // *Jpn. J. Ophthalmol.* — 1996. — Vol. 40. — P. 397–403.
113. ND:YAG laser capsulotomy rates following implantation of square-edged intraocular lenses: polymethyl methacrylate versus silicone versus acrylic [Text] / J. Ram [et al.] // *Can. J. Ophthalmol.* — 2009. — Vol. 44, № 2. — P. 160–164.
114. Nishi, O. Capsule-bending ring for the prevention of capsular opacification: a preliminary report [Text] / O. Nishi, K. Nishi, R. Menapace // *Ophthalmic Surg. Lasers.* — 1998. — Vol. 29. — P. 749–753.
115. Nishi, O. Effect of the optic size of a single-piece acrylic intraocular lens on posterior capsule opacification [Text] / O. Nishi, K. Nishi // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2003. — Vol. 29. — P. 348–353.
116. Nishi, O. Evaluation of posterior capsule opacification using a new posterior view method in rabbits. Single-piece acrylic versus 3-piece acrylic intraocular lens

- [Text] / O. Nishi, K. Nishi, Y. Osakabe // J. Cataract Refract. Surg. — 2005. — Vol. 31. — P. 2369–2374.
117. Nishi, O. Incidence of posterior capsule opacification in eyes with and without posterior chamber intraocular lenses [Text] / O. Nishi // J. Cataract Refract. Surg. — 1986. — Vol. 12. — P. 519–522.
118. Nishi, O. Posterior capsule opacification. Part I: Experimental investigations [Text] / O. Nishi // J. Cataract Refract. Surg. — 1999. — Vol. 25. — P. 106–117.
119. Nishi, O. Preventing posterior capsule opacification by creating a discontinuous sharp bend in the capsule [Text] / O. Nishi, K. Nishi // J. Cataract Refract. Surg. — 1999. — Vol. 25, № 4. — P. 521–526.
120. Nishi, O. Speed of capsular bend formation at the optic edge of acrylic, silicone, and poly(methyl methacrylate) lenses [Text] / O. Nishi, K. Nishi, J. Acura // J. Cataract Refract. Surg. — 2002. — Vol. 28. — P. 431–437.
121. Nishi, O. Synthesis of interleukin-1 and prostaglandin E2 by lens epithelial cells of human cataracts [Text] / O. Nishi, K. Nishi, M. Imanishi // Br. J. Ophthalmol. — 1992. — Vol. 76. — P. 338–341.
122. Ong, M. Fibronectin adhesive properties of various intraocular lens materials [Text] / M. Ong, L. Wang, M. Karakelle // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. (ARVO Annual Meeting Abstract). — 2013. — Vol. 54. — P. 819.
123. Oshika, T. Adhesion of lens capsule to intraocular lenses of polymethylmethacrylate, silicone, and acrylic foldable materials: an experimental study [Text] / T. Oshika, T. Nagata, Y. Ishii // Br. J. Ophthalmol. — 1998. — Vol. 82. — P. 549–553.
124. Photographic image analysis system of posterior capsule opacification [Text] / M.R. Tetz [et al.] // J. Cataract Refract. Surg. — 1997. — Vol. 23. — P. 1515–1520.
125. Pleyer, U. Uveitis and immunological disorders [Text] / U. Pleyer, B. Mondino. — Berlin : Springer, 2005. — P. 273–284.

126. Polishing methods for the lens capsule: histology and scanning electron microscopy [Text] / C.F. Mathey [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 1994. — Vol. 20. — P. 64–69.
127. Posterior capsule opacification: a review of the aetiopathogenesis, experimental and clinical studies and factors of prevention [Text] / S.K. Pandey [et al.] // *Indian J. Ophthalmol.* — 2004. — Vol. 52. — P. 99–112.
128. Posterior capsule opacification after cataract surgery in patients with uveitis [Text] / M.R. Dana [et al.] // *Ophthalmology.* — 1997. — Vol. 104. — P. 1387–1393.
129. Posterior capsule opacification and Nd:YAG rates with two acrylic intraocular lenses after age-related cataract treatment: three-year results [Text] / M. Kalauz [et al.] // *Semin. Ophthalmol.* — 2018. — Vol. 33, № 3. — P. 395–401.
130. Posterior capsule opacification and neodymium: YAG laser capsulotomy rates with a round-edges silicone and a sharp-edged hydrophobic acrylic intraocular lens 10 years after surgery [Text] / L. Vock [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2009. — Vol. 35. — P. 459–465.
131. Posterior capsule opacification following diabetic extracapsular cataract extraction [Text] / A. Ionides [et al.] // *Eye.* — 1994. — Vol. 8. — P. 535–537.
132. Posterior capsule opacification in silicone and hydrophobic acrylic intraocular lenses with sharp-edge optics six years after surgery [Text] / L. Vock [et al.] // *Am. J. Ophthalmol.* — 2009. — Vol. 147. — P. 683–690.
133. Posterior capsule opacification prevention by an intraocular lens incorporating a micropatterned membrane on the posterior surface [Text] / N. Ellis [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2020. — Vol. 46. — P. 102–107.
134. Posterior capsule opacification. Surv [Text] / D.J. Apple [et al.] // *Ophthalmol.* — 1992. — Vol. 37, № 2. — P. 73–116.
135. Posterior capsular opacification with hydrogel, polymethylmethacrylate, and silicone intraocular lenses: two-year results of a randomized prospective trial [Text] / E.J. Hollick [et al.] // *Am J Ophthalmol.* — 2000. — Vol. 129. — P. 577–584.

136. Posterior continuous curvilinear capsulorhexis with and without optic capture of the posterior chamber intraocular lens in the absence of vitrectomy [Text] / U.K. Raina [et al.] // *J. Pediatr. Ophthalmol. Strabismus*. — 2002. — Vol. 39. — P. 278–287.
137. Pseudoexfoliation syndrome and secondary cataract [Text] / M. Kuechle [et al.] // *Br. J. Ophthalmol.* — 1997. — Vol. 81. — P. 862–866.
138. Ravalico, G. Capsulorhexis size and posterior capsule opacification [Text] / G. Ravalico, D. Tognetto, M.A. Palomba // *J. Cataract Refract. Surg.* — 1996. — Vol. 22. — P. 98–103.
139. Safety of irrigation with 5-fluorouracil in a sealed-capsule irrigation device in the rabbit eye [Text] / M.T. Abdelwahab [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2007. — Vol. 33. — P. 1619–1623.
140. Saika, S. Histology of anterior capsule opacification with a polyHEMA/HOHEXMA hydrophilic hydrogel intraocular lens compared to poly(methyl methacrylate), silicone, and acrylic lenses [Text] / S. Saika, T. Miyamoto, Y. Ohnishi // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2003. — Vol. 29. — P. 1198–1203.
141. Secondary closure of posterior continuous curvilinear capsulorhexis in normal eyes and eyes at risk for postoperative inflammation [Text] / M.J. Tassignon [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 1998. — Vol. 24. — P. 1333–1338.
142. Selective and specific targeting of lens epithelial cells during cataract surgery using sealed-capsule irrigation [Text] / A. Maloof [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2003. — Vol. 29. — P. 1566–1568.
143. Sharma, P. Trypan blue injection into the capsular bag during phacoemulsification: initial postoperative posterior capsule opacification results [Text] / P. Sharma, M. Panwar // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2013. — Vol. 39. — P. 699–704.
144. Simone, J.N. Effects of anti-inflammatory drugs following cataract extraction [Text] / J.N. Simone, M.M. Whitacre // *Curr. Opin. Ophthalmol.* — 2001. — Vol. 12. — P. 63–67.

145. Square-edge polymethylmethacrylate intraocular lens design for reducing posterior capsule opacification following paediatric cataract surgery: initial experience [Text] / G.S. Brar [et al.] // *Clin. Experiment. Ophthalmol.* — 2008. — Vol. 36. — P. 625–630.
146. Surgically-induced inflammation with 20-, 23-, and 25-gauge vitrectomy systems: an experimental study [Text] / Y. Inoue [et al.] // *Retina.* — 2009. — Vol. 29. — P. 477–480.
147. Tetz, M.R. Posterior capsule opacification/ Part 2: clinical findings [Text] / M.R. Tetz, C. Nimsgern // *J. Cataract Refract. Surg.* — 1999. — Vol. 25. — P. 1662–1674.
148. Trypan blue staining for capsulorhexis: ultrastructural effect on lens epithelial cells and capsules [Text] / A.L. Portes [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2010. — Vol. 36. — P. 582–587.
149. Vasavada, A.R. Necessity of vitrectomy when optic capture is performed in children older than 5 years [Text] / A.R. Vasavada, R.H. Trivedi, R. Singh // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2001. — Vol. 27. — P. 1185–1193.
150. Vasavada, A.R. Posterior capsule management in congenital cataract surgery [Text] / A.R. Vasavada, M.R. Praveen, M-J. Tassignon // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2011. — Vol. 37. — P. 173–193.
151. Vasavada, A.R. Posterior capsule striae [Text] / A.R. Vasavada, R.H. Trivedi // *J. Cataract Refract. Surg.* — 1999. — Vol. 25, № 11. — P. 1527–1531.
152. Vasavada, A.R. Primary posterior capsulorhexis with and without anterior vitrectomy in congenital cataracts [Text] / A.R. Vasavada, J. Desai // *J. Cataract Refract. Surg.* — 1997. — Vol. 23. — P. 645–651.
153. Vasavada, A.R. Visual axis opacification after AcrySof intraocular lens implantation in children [Text] / A.R. Vasavada, R.H. Trivedi, V.C. Nath // *J. Cataract Refract. Surg.* — 2004. — Vol. 30, № 5. — P. 1073–1081.

154. Wolken, M.A. Linear posterior capsule opacification with the AcrySof intraocular lens [Text] / M.A. Wolken, T.A. Oetting // J. Cataract Refract. Surg. — 2005. — Vol. 31. — P. 1231–1237.
155. Zaczek, A. Posterior capsule opacification after phacoemulsification in patients with postoperative steroidal and nonsteroidal treatment [Text] / A. Zaczek, C.G. Laurell, C. Zetterstroem // J. Cataract Refract. Surg. — 2004. — Vol. 30. — P. 316–320.