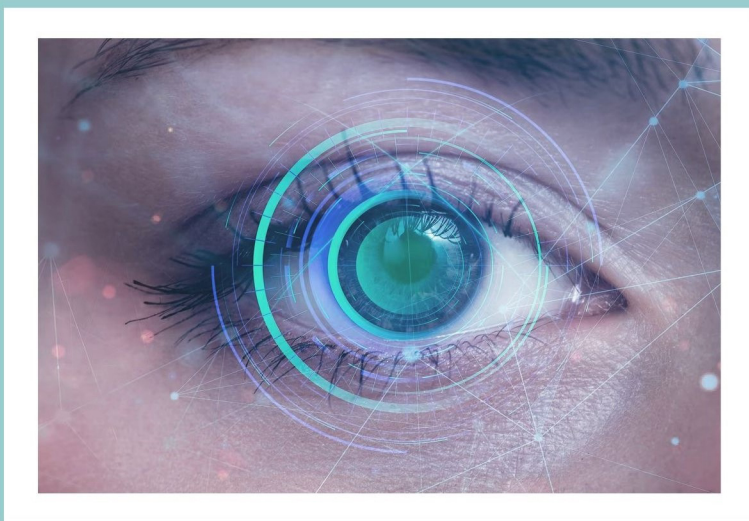


И.Л. КУЛИКОВА, Н.С. ТИМОФЕЕВА, Н.А. ПОЗДЕЕВА

КОРРЕКЦИЯ АСТИГМАТИЗМА В ХОДЕ ХИРУРГИИ КАТАРАКТЫ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



Чебоксары 2023

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
Государственное автономное учреждение Чувашской Республики
дополнительного профессионального образования
«Институт усовершенствования врачей»
Министерства здравоохранения Чувашской Республики

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Чебоксарский филиал Федерального государственного автономного
учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр
«Межотраслевой научно-технический комплекс
«Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова»

И.Л. Куликова, Н.С. Тимофеева, Н.А. Поздеева

КОРРЕКЦИЯ АСТИГМАТИЗМА В ХОДЕ ХИРУРГИИ КАТАРАКТЫ

Учебное пособие

Под общей редакцией доктора медицинских наук,
профессора Н.П. Паштаева

*Рекомендовано Координационным советом по области образования
«Здравоохранение и медицинские науки» в качестве учебного пособия
для использования в образовательных учреждениях, реализующих основные
образовательные программы высшего образования подготовки
кадров высшей квалификации по программам ординатуры
по специальности 31.08.59 «Офтальмология»*

Чебоксары 2023

УДК 617.753.3-089(07)

ББК 56.7,2;я7

К90

Рецензенты:

Самойлов Александр Николаевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой офтальмологии ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России

Копаев Сергей Юрьевич – доктор медицинских наук, заведующий отделом хирургии хрусталика и интраокулярной коррекции ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России

Куликова И.Л.

К90 Коррекция астигматизма в ходе хирургии катаракты: учебное пособие / И.Л. Куликова, Н.С. Тимофеева, Н.А. Поздеева. – Чебоксары: ГАУ ДПО «ИУВ», 2023. – 68 с.

ISBN 978-5-6048027-9-3

В учебном пособии рассмотрены вопросы проведения интраокулярной и хирургической коррекции астигматизма у пациентов с катарактой посредством методов, направленных на изменение кривизны роговицы, широко применяющихся в Чебоксарском филиале ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России.

Для использования в образовательных учреждениях, реализующих основные профессиональные образовательные программы высшего образования подготовки кадров высшей квалификации в ординатуре по специальности 31.08.59 «Офтальмология», врачей-офтальмологов специализированных глазных отделений стационаров, слушателей курсов усовершенствования последиplomного образования, а также специалистов, работающих в области офтальмологии.

Ответственный редактор д-р мед. наук И.Л. Куликова.

Утверждено Учебно-методическим советом Института.

УДК 617.753.3-089(07)

ББК 56.7,2;я7

© Куликова И.Л.,
Тимофеева Н.С.,
Поздеева Н.А., 2023

ISBN 978-5-6048027-9-3

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АК – аркуатная кератотомия

ИОЛ – интраокулярные линзы

НКОЗ – некорригированная острота зрения

ТИОЛ – торические интраокулярные линзы

ФСЛ – фемтосекундный лазер

ФЛ-АК – фемтолазерная аркуатная кератотомия

ФЭК – факоэмульсификация катаракты

ФЛЭК – фемтосекундная лазерная экстракция катаракты

ПКЧ – пространственно-контрастная чувствительность

LRI – лимбальные послабляющие разрезы роговицы

SA – сферическая абберация

ВВЕДЕНИЕ

Современные методы оперативного вмешательства по поводу катаракты направлены на получение максимально возможных показателей остроты зрения, что может быть осуществимо при одномоментном или поэтапном проведении коррекции сопутствующих аметропий. По данным литературы, катаракта является одной из наиболее распространенных причин нарушения остроты зрения в мире, на долю которой приходится около 33% слепоты [1, 71]. Внедрение в повседневную практику метода ФЭК позволило минимизировать хирургическую травму, а разработка и широкое применение интраокулярных линз премиум-класса – повысить клиничко-функциональные результаты операции.

Одно из крупномасштабных исследований пациентов после оперативного лечения катаракты показало, что только 4,2% глаз из 7500 обследованных не имели роговичного астигматизма, в то время как в 76,8% случаев наблюдался астигматизм от 0,25 до 1,50 дптр. В другом исследовании, включавшем 4540 глаз 2415 пациентов, данные показатели составили 13,2 и 64,4% соответственно [36]. В связи с этим можно сделать вывод, что оперативное лечение катаракты должно проводиться с учетом всех сопутствующих факторов, среди которых исходный роговичный астигматизм может занимать весомую часть и в связи с этим требует проведения мероприятий по его коррекции.

Астигматизм является одним из вариантов аномалии рефракции глаза и рассматривается как оптический дефект, при котором лучи света формируют две фокальные плоскости с разной преломляющей силой, приводящие к расфокусировке изображения относительно фовеолярной области, что воспринимается пациентами как искажение или размытое изображение («круги светорассеяния») [26, 106].

По данным литературы, астигматизм более 1,0 дптр может достигать 48,3%, астигматизм 3,0 дптр – 7,4 %, более 4,0 дптр – 2% случаев и зависит от этнической и расовой принадлежности [6, 69, 111, 134]. Так, например, в некоторых странах Востока астигматизм отмечается у 73,7% населения. Приведенные данные демонстрируют высокую распространенность астигматизма до 3,0

дптр, что в совокупности с тенденцией увеличения его с возрастом, обусловленного анатомо-функциональными изменениями, повышает интерес к разработке инновационных технологий интраоперационной коррекции астигматизма с одновременной экстракцией катаракты.

Достижение высокого функционального результата после операции возможно при получении сферического эквивалента в пределах от $\pm 0,5$ до $\pm 0,75$ дптр, что предполагает проведение одномоментной или поэтапной коррекции сопутствующих аметропий [133]. Остаточный, или индуцированный, астигматизм препятствует полноценной зрительной реабилитации пациентов. По статистическим данным, после операции частота астигматизма от 1,5 дптр и более составляет 18-25%; 1,0 дптр и более – 34-48% [37, 53].

Остаточный астигматизм роговицы, помимо снижения некорректированной остроты зрения, может являться причиной монокулярной диплопии, наличия бликов, астенопических жалоб и других симптомов, приводящих к общей неудовлетворенности пациента и хирурга полученным результатом операции [106].

В настоящее время с целью коррекции роговичного астигматизма применяются следующие методы: имплантация ТИОЛ, послабляющие разрезы роговицы, ФЛ-АК, имплантация интрастромальных роговичных сегментов и колец, метод биоптики и др.

Разработка и широкое внедрение инновационных технологий ФЭК с использованием фемтосекундного сопровождения призваны повысить точность основных этапов операции [57, 110, 116]. Было выявлено, что выполнение капсулотомии на ФСЛ, благодаря равномерному перекрытию оптической части линзы на протяжении 360° , гарантирует эффективную позицию линзы: центральное расположение с минимальными значениями наклона и децентрации оптической части. По данным литературы, вероятность рефракционной ошибки при децентрации на 1,0 мм достигает 1,25 дптр [47, 74]. Данное обстоятельство является важной мотивацией использования фемтолазерных технологий при проведении оперативного вмешательства, направленного на эмметропический результат, особенно при имплантации ИОЛ премиум-класса: мультифокальных и торических.

Одномоментная коррекция астигматизма при ФЛЭК возможна посредством выполнения имплантации ТИОЛ или в сочетании с ФЛ-АК.

Имплантация ТИОЛ является общепризнанным и эффективным методом коррекции астигматизма, обеспечивающим высокую прогнозируемость и стабильность полученных результатов, что подтверждено многочисленными публикациями [15, 102, 129]. Другие методы, например лимбальные послабляющие разрезы, по данным литературы, отличаются сложностью технической воспроизводимости и необходимостью выработки определенных хирургических навыков, а также неоднозначной предсказуемостью, и имеют более длительный временной интервал достижения окончательного рефракционного результата, что определяется точкой воздействия на астигматическую составляющую рефракции [68, 76].

По данным различных источников, с помощью астигматической кератотомии можно корригировать астигматизм до 2,5-4,0 дптр [23, 96, 126]. Аркуатные разрезы роговицы, создаваемые на ФСЛ, отличаются прецизионной точностью соблюдения заданных параметров условий операции (длина, глубина, угол вреза, диаметр между разрезами) и, по данным рандомизированных исследований, имеют статистически значимые различия в сравнении с мануальным исполнением, что позволяет рассматривать данный метод как один из альтернативных вариантов решения проблемы коррекции сопутствующего астигматизма слабой и средней степени в ходе хирургии катаракты [90, 96, 125].

Между тем полученные высокие зрительные функции, соответствующие успешному рефракционному результату, не всегда в полной мере отражают качество зрения. Одной из причин неудовлетворенности полученным качеством зрения на фоне высоких показателей остроты зрения в послеоперационном периоде может быть увеличение aberrаций высшего порядка, основными проявлениями которых являются световые блики, размытое изображение, плохое зрение в сумерках и др. В связи с этим все большее значение приобретают анализ и динамическое исследование изменений внутренних aberrаций глаза, определяющихся как

суммация аберраций задней поверхности роговицы, аберраций, индуцируемых оптической линзой глаза (хрусталиком или ИОЛ) и стекловидного тела. В зарубежных источниках имеют место данные о влиянии капсулотомии, проведенной с помощью фемтолазера, на уменьшение внутренних аберраций и улучшение оптических качеств зрения [67]. В отечественной литературе есть немногочисленные исследования, посвященные влиянию формирования капсулорексиса на изменения волнового фронта, а именно аберраций высших порядков после ФЛЭК с имплантацией ТИОЛ [93, 117].

Анализ материала многочисленных литературных источников позволяет заключить, что прогресс современных методов оперативного лечения катаракты, связанный с развитием фемтолазерных технологий, позволяющих автоматизировать базовые этапы операции, в совокупности с появлением ИОЛ, отличающихся совершенным дизайном и заданной функциональностью, помимо короткого периода реабилитации и улучшения качественных и количественных характеристик полученного зрения, привел к повышенным ожиданиям со стороны пациентов, постепенно сместив вектор направленности хирургического лечения на прогнозируемость рефракционного результата операции. При этом сведения о распространенности и значимости влияния астигматизма даже небольших степеней на итоговый визуальный и рефракционный результат являются резонным аргументом для хирургов к проведению одномоментных методов коррекции астигматизма в ходе хирургического лечения катаракты, которые отличаются технологией проведения коррекции, в связи с чем должны сопровождаться учетом влияния всех сопутствующих факторов, а выбранный метод должен быть обоснованным.

Изложенный материал, посвященный вопросу одномоментной коррекции астигматизма в ходе хирургии катаракты, отражает актуальность проводимых в данной области офтальмологии исследований, а также призван индивидуализировать хирургический подход, обеспечив, таким образом, новый уровень эффективности лечения катаракты.

ГЛАВА 1. ЭТИОПАТОГЕНЕЗ АСТИГМАТИЗМА

1.1. Этиология, эпидемиология и классификация астигматизма

Термин «астигматизм» впервые был введен в клиническую практику в 1869 г. профессором офтальмологии Дондерсом Францем Корнелиусом, основателем Нидерландского глазного госпиталя.

Еще в 1969 г. Б.Л. Радзиховский отнес астигматизм к одной из разновидностей рефракции глаза, характеризующейся плохим зрением вдаль и слабым вблизи и сопровождающейся явлениями астенопии, снижающими трудоспособность человека с астигматической рефракцией. Современные трактовки определения астигматизма характеризуют его как дефект оптической системы глаза, который приводит к неравномерной дефокусировке лучей света относительно сетчатки и является следствием определенного сочетания или различных видов клинической рефракции.

Основными преломляющими оптическими элементами (компонентами) глазного яблока являются роговица и хрусталик, обуславливающие вид и степень астигматизма и функционирующие как единый рефракционный комплекс [22, 122]. Роговица является главным источником астигматизма в оптической системе глаза.

Астигматизм 0,5-0,75 дптр рассматривается как физиологический и не требует мероприятий по его коррекции [111]. Практические рекомендации предусматривают проведение различных методов коррекции сопутствующего астигматизма при величине более 0,75 дптр одновременно или в различные сроки после хирургии катаракты [95, 133].

Первое описание астигматизма как линзовидного преломления относится к 1801 г. и приписывается английскому ученому Thomas Young. Спустя несколько лет Airy (1827) провел исправление астигматизма с помощью цилиндрической линзы. Изобретение в 1855 г. Hermann Helmholtz офтальмометра позволило определять радиус кривизны роговицы. Ученый пришел к выводу, что она имеет не сферическую, а эллиптическую форму. В своих исследованиях F.C. Donders (1864) описал астигматизм после хирургии катаракты, а

Snellen (1869) предположил, что размещение разреза на крутой оси уменьшит роговичный астигматизм [22, 26].

В Европе частота распространенности астигматизма 0,5 дптр и более составляет 39,7-67,97%, более 1,0 дптр – 15,6-22,5%, более 2,0 дптр – 4,2-5,4%, более 3,0 дптр – 1,6% [39, 94, 100, 101]. В странах Востока астигматизм более 1,0 достигает 73,7%, что может быть обусловлено расовыми особенностями.

Несмотря на обширные исследования, точных причин развития астигматизма до сих пор не выявлено. Как варианты рассматриваются генетическая теория наследования аномалий рефракции по аутосомно-доминантному типу [36, 53], влияние окружающей среды [4, 16, 38]. Из этого следует, что в основе этиологии патогенеза лежат изменения рефрактогенеза, связанные с наследственными (первичный) и приобретенными (вторичный) факторами. Приобретенный астигматизм может формироваться в результате развития дистрофических заболеваний, характеризующихся истончением роговицы в центральных и периферических отделах и сопровождающихся изменением радиуса кривизны с формированием конусовидной или шаровидной формы – кератоконус и кератоглобус. Различные виды дистрофии роговицы из группы наследственных заболеваний, в зависимости от степени помутнения роговицы, могут сопровождаться появлением астигматизма, носящего чаще нерегулярный характер. Установлена тенденция к увеличению степени роговичного астигматизма с возрастом, обусловленная анатомо-функциональными изменениями (уменьшением давления век, снижением напряжения экстраокулярных мышц, влиянием внутриглазного давления и возрастных дистрофических изменений роговицы).

Изменение кератотопографии роговицы может быть также следствием кераторефракционных операций или рубцовых поражений (помутнения, травмы) и сопровождаться приобретённым астигматизмом с высокой иррегулярностью, характеризующимся невозможностью или сложностью проведения очковой коррекции [9]. По данным литературных исследований, выраженный индуцированный астигматизм после радиальной кератотомии в

период наблюдения до 5 лет составил 0,3-10% и был обусловлен непредсказуемым процессом рубцевания разрезов [110, 112]. И.Л. Куликова и Н.П. Паштаев (2012) при исследовании осложнений лазерной терموкератопластики установили наличие индуцированного астигматизма в 16,5% (22 глаза), дополнительное вмешательство в период наблюдения до 2-3 месяцев потребовалось в 4,5% случаев (6 глаз) и было связано с неравномерностью нанесения коагулянтов по заданной схеме и смещением оптической зоны [116]. К.Б. Першин и Н.Ф. Пашинова (2000) в ходе анализа 12500 операций LASIK выявили индуцированный и неправильный астигматизм в 0,35% случаев, в то же время ученые особо обращали внимание на зависимость процента осложнений от отягощенности анамнеза пациента (травматические рубцы роговицы, перенесённые офтальмологические вмешательства и др.) [47, 131].

Классификация, предложенная Lyall и соавт. в 2014 г., в зависимости от величины астигматизма делит его на слабый ($< 1,5$ дптр), умеренный ($\geq 1,5 - < 2,5$ дптр) и значимый ($\geq 2,5$ дптр) и широко используется в клинической практике Великобритании и других стран Европы [9, 134].

Применяющаяся в России классификация астигматизма в соответствии с градуировкой по шкале Табо разделяет его в зависимости от расположения «сильного» и «слабого» меридиана на прямой ($90\pm 30^\circ$), обратный (0° и $180\pm 30^\circ$), косой ($30-50^\circ$ и $120-150^\circ$).

В зависимости от силы преломления в двух главных меридианах астигматизм делится на правильный, характеризующийся равномерной рефракцией, и неправильный, имеющий различную (меняющуюся) рефракцию в пределах одного меридиана, и угол, отличный от 90° .

По сочетанию рефракций в главных меридианах (положению фокальных линий коноида Штурма относительно сетчатки) рассматривают 5 видов астигматизма: сложный гиперметропический, простой гиперметропический, смешанный, простой миопический, сложный миопический.

По разнице в величине и направлению главных меридианов астигматизм делят на изометропический и анизометропический.

По форме преломляющих поверхностей глаза отличают астигматизм общий, роговичный, хрусталиковый, роговично-хрусталиковый, внутренний (особо выделяется некоторыми авторами) [62, 77, 135].

По степени (величине) астигматизм определяется как разница в рефракции слабого и сильного меридианов, выражается в диоптриях (дптр) и не имеет знака.

1.2. Астигматизм задней поверхности роговицы

Оценка общей преломляющей силы роговицы должна проводиться с учетом кривизны задней поверхности, составляющей в среднем, по данным литературы, от -0,26 до -0,78 дптр. По данным Koch и соавт., средние показатели астигматизма задней поверхности роговицы составляют 0,3 дптр, что приблизительно равно 10% общей кривизны роговицы. Пренебрежение этими данными ведет к неправильной трактовке величины общего астигматизма, достигающей, по данным разных источников, $7,4 \pm 10,3^\circ$, и ошибкам определения сильной оси [44, 69].

Традиционно для оценки преломляющей силы роговицы используются методы, основанные на значениях передней кератометрии и не учитывающие торичность задней поверхности, предполагая, что разница в показателях рефракции между передней и задней поверхностями роговицы клинически незначительна [28]. В устройствах, включающих ручные и автоматические кератометры и приборы на основе Placido disk, используется стандартизированный показатель преломления роговицы (1,3375), таким образом считая фиксированное отношение кривизны передней и задней поверхностей для измерения общей мощности роговицы. Приборы, основанные на оптической когерентной томографии, и Шеймпфлюг-камеры рассчитывают общую преломляющую силу роговицы на основе данных измерения передней и задней поверхностей. В исследовании влияния задней поверхности роговицы на общий роговичный астигматизм с использованием пяти разных приборов было показано, что расчет суммарного роговичного астигматизма только по

передним измерениям роговицы приводит к завышению прямого роговичного астигматизма на 0,5-0,6 дптр, а обратного – к занижению на 0,2-0,3 дптр [19].

Впервые на заднюю поверхность роговицы обратил внимание E. Javal, который в 1890 г. в своем труде «Memoires d'Ophthalmometrie» определил величину преломления задней поверхности как клинически значимую и математически охарактеризовал отношения между рефракционным и кератометрическим астигматизмом.

В 1975 г. N.S. Jaffe и H.M. Clayman впервые была проанализирована взаимосвязь хирургической техники проведения операции с рефракционными результатами. После чего оперирующие офтальмологи стали рассчитывать хирургические изменения рефракции в попытке минимизировать индуцированный астигматизм [58]. В 2012 г. D.D. Koch и соавт., изучившие 715 глаз пациентов, пришли к выводу, что недооценка влияния астигматизма задней поверхности роговицы на величину общего астигматизма приводит к чрезмерной коррекции в глазах с прямым астигматизмом и недокоррекции – с обратным [18]. В исследовании 76 глаз 69 пациентов Diana Silva и соавт. нашли статистически значимое различие между общим астигматизмом роговицы и астигматизмом передней поверхности до и после операции [89].

1.3. Факторы, влияющие на некорригированную остроту зрения

При оперативном вмешательстве, направленном на получение запланированного рефракционного результата, необходимо учитывать все факторы, влияющие на исход хирургической коррекции и удовлетворенность пациента достигнутым результатом. Среди причин, оказывающих влияние на итоговый результат, в литературе рассматриваются размер зрачка, aberrации высшего порядка, состояние век, наличие хрусталика или псевдофакичный глаз, ориентация оси астигматизма, тип имплантированной ИОЛ, а также влияние нейроадаптации к расфокусировке изображения.

Установлено, что диаметр зрачка влияет на качественные и количественные характеристики зрения. Дело в том, что меньший

диаметр зрачка, имея все преимущества диафрагмы, позволяет увеличить глубину фокуса, способствует уменьшению значений aberrаций высшего порядка и рассеяния света, вызывая, соответственно, и снижение величины дефокусировки, столь значимой для формирования изображения. Однако, имея сложную взаимосвязь между сенсорным и эмоциональным состоянием пациента, напрямую влияющую на диаметр зрачка, соотношения дефокусировки и размера зрачка также могут снижать ПКЧ у пациентов с узким зрачком на некоторых частотах [70, 121].

Состояние век, сопровождаемое прищуриванием глаз, также может улучшать остроту зрения и уменьшать световые блики у пациентов с аномалией рефракции за счет увеличения глубины фокуса, обусловленного созданием горизонтальной щели на уровне зрачка [107].

Японский ученый К. Hayashi на протяжении многих лет исследовал влияние степени астигматизма на остроту зрения при имплантации монофокальных и мультифокальных линз. Было доказано, что ухудшение остроты зрения происходит пропорционально степени астигматизма. При этом наибольшая разница в показателях остроты зрения была выявлена при астигматизме между 0 дптр, 0,5 дптр и 1,0 дптр. Наилучшие показатели остроты зрения были достигнуты при астигматизме, не превышающем 0,75 дптр, что свидетельствует о необходимости проведения коррекции астигматизма уже при данных значениях цилиндра [42, 43].

По данным исследований М. N. Hashemian, Н. Ojaghi, М. Mohammadpour [et al.], при анализе глаз после рефракционно-лазерной коррекции (лазерный кератомилез *in situ* или фоторефракционная кератэктомия) было установлено, что направление астигматизма также оказывает влияние на остроту зрения [32]. При этом глаза с прямым роговичным астигматизмом демонстрировали более высокие показатели НКОЗ, чем с косым и обратным, что было более выражено при астигматизме 2,0 дптр и более. В связи с этим были сделаны рекомендации о более

предпочтительном остаточном астигматизме, имеющем прямое направление. Т. Yamamoto, анализируя влияние обратного и прямого простого миопического астигматизма на НКОЗ в глазах после имплантации монофокальной ИОЛ, также определил остаточный прямой астигматизм как наилучший вариант для псевдофакичных глаз [52]. Между тем существует ряд работ, в том числе основанных на математическом численном моделировании, а позже и выполненных экспериментально, утверждающих, что ось цилиндра не должна влиять на остроту зрения [105]. Например, F. Trindade обнаружил, что после операции по поводу катаракты с имплантацией ИОЛ в глазах с обратным астигматизмом были более высокие показатели зрения вблизи [97]. В ходе своих исследований A. Singh заметил, что снижение остроты зрения носит более выраженный характер в глазах с индуцированным сложным миопическим астигматизмом, чем в глазах со сложным гиперметропическим [84]. А в исследованиях N. Alpins, посвященных оптимизации результатов рефракционной хирургии, прямой роговичный астигматизм отличался лучшей переносимостью по сравнению с обратным и косым [5]. При этом большинство современных авторов, занимавшихся исследованием влияния направления астигматизма на итоговую остроту зрения, разделяют данный подход и идею индивидуального принятия решения в каждом отдельном случае проведения коррекции астигматизма в зависимости от его типа.

Детальный анализ волнового фронта оптической системы глаза расширил наши знания об aberrациях. Появление приборов нового поколения (абберометры, OPD-скан), технологически способных не только к измерению суммарных aberrаций, но и к объективной количественной оценке каждого вида aberrаций в отдельности, сделали возможным выполнение разностороннего анализа волнового фронта. Была выявлена прямая взаимосвязь между полиномами Цернике, характеризующими aberrации, и качественными характеристиками зрения, в частности ПКЧ. Известно, что положительные сферические aberrации роговицы в оптической системе глаза могут частично компенсироваться (нейтрализоваться)

отрицательными хрусталиковыми абберациями. Выполнение ФЭК с имплантацией ИОЛ изменяет существующий компромисс, следствием чего является увеличение аббераций высшего порядка, в частности, характерным является увеличение аббераций 4 порядка. При этом у пациентов с псевдофакией наибольшее значение приобретают абберации роговицы. Роговица имеет положительную сферическую абберацию (SA), которая существенно не меняется с возрастом. Сообщалось, что SA роговицы составляет приблизительно +0,27 мкм при диаметре 6 мм. По данным литературы, имплантация асферических ИОЛ демонстрирует лучшую контрастную чувствительность при тестировании в отличие от сферических. В настоящее время существуют линзы с отрицательной SA, низкой отрицательной SA, нулевой SA и положительной SA. Безабберационные асферические линзы обеспечивают хорошую глубину фокуса, при этом асферические линзы с отрицательной SA направлены на нейтрализацию имеющихся аббераций роговицы с целью получения качественного изображения, но при этом с уменьшенной глубиной фокуса. Всестороннее обследование пациента, включающее исследование аббераций высшего порядка перед операцией по поводу катаракты с анализом степени взаимодействия между расфокусировкой и показателями SA, может способствовать правильному выбору оптимального типа ИОЛ [99].

В литературе описываются также данные исследований влияния адаптации нервной системы человека к расфокусировке получаемого изображения. Абберации в зависимости от типа и величины влияют на качество изображения. Предположение о том, что восприятие фокуса изображения каким-то образом компенсирует эти абберации, до сих пор остается открытым. Одной из потенциальных форм компенсации является нейронная адаптация. Исследования L. Sawides и соавт. позволили предположить, что адаптация может быть селективной для различных моделей сфероцилиндрических ошибок, и что восприятие, вероятно, обычно корректируется путем адаптации к абберациям более низкого порядка, характеризующим индивидуальную оптику, и, таким образом, вызывает ряд различных

форм адаптации. При этом было выделено, что период адаптации зависит как от величины, так и от оси астигматизма [2].

При исследовании влияния степени астигматизма на НКОЗ на 318 глазах обнаружили значимую корреляцию между сферическим эквивалентом остроты зрения и величиной астигматизма. Причем полученные данные установили данную связь как в факических глазах, так и в псевдофакических глазах [78]. Исходя из познаний о влиянии aberrаций высшего порядка на качественные характеристики зрения, J. Rujol и соавт. анализировали влияние величины астигматизма и изменений оси астигматизма на оптические характеристики глаза [51]. Было выявлено, что сочетание различных степеней астигматизма и aberrаций более высокого порядка (например, coma) может улучшить показатели остроты зрения у некоторых пациентов, имеющих скорректированный астигматизм, что, возможно, объясняется предшествующей нервной адаптацией к уже имеющемуся астигматизму [104].

Как видно из анализа литературы, при предоперационной оценке эффективности коррекции сопутствующего роговичного астигматизма у пациентов с катарактой необходимо не только принимать во внимание основные характеристики астигматизма: величину и направление, но и учитывать целый комплекс клинически важных факторов, участвующих в формировании изображения и влияющих на зрительные функции, а следовательно, являющихся составной частью индивидуализированного подхода в каждом случае коррекции астигматизма.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое астигматизм?
 - А. Оптический дефект
 - Б. Аномалия рефракции
 - В. Дефокусировка лучей относительно сетчатки
2. Перечислите основные преломляющие элементы глазного яблока.
 - А. Роговица
 - Б. Хрусталик
 - В. Сетчатка
 - Г. Стекловидное тело
3. Какие виды астигматизма различают?
 - А. Прямой
 - Б. Косой
 - В. Обратный
 - Г. Горизонтальный
4. Какой астигматизм называется прямым?
 - А. $90\pm 30^\circ$
 - Б. 0° и $180\pm 30^\circ$
 - В. $30-50^\circ$ и $120-150^\circ$
5. Какой астигматизм называется косым?
 - А. $90\pm 30^\circ$
 - Б. 0° и $180\pm 30^\circ$
 - В. $30-50^\circ$ и $120-150^\circ$
6. Какой астигматизм называется обратным?
 - А. $90\pm 30^\circ$
 - Б. 0° и $180\pm 30^\circ$
 - В. $30-50^\circ$ и $120-150^\circ$
7. Назовите единицу измерения астигматизма по величине.
 - А. Диоптрии
 - Б. Градусы
 - В. Миллиметры
8. В соответствии с какой шкалой проводится классификация астигматизма в России?
 - А. Шкала Табо

- Б. Шкала клинической активности эндокринной офтальмопатии
В. Шкала тяжести диабетической ретинопатии
9. Какие виды астигматизма различают по форме преломляющих поверхностей?
- А. Общий
 - Б. Роговичный
 - В. Хрусталиковый
 - Г. Внутренний
10. Каким бывает астигматизм в зависимости от силы преломления в меридианах?
- А. Правильный, неправильный
 - Б. Прямой, косой, обратный
11. Назовите факторы, лежащие в основе причин развития астигматизма.
- А. Приобретенные
 - Б. Врожденные
 - В. Физические факторы
12. Перечислите факторы, оказывающие влияние на положение ИОЛ в капсульном мешке.
- А. Интракапсулярная имплантация
 - Б. Размер капсулорексиса
 - В. Модель ИОЛ
13. Причиной каких побочных явлений может рассматриваться остаточный астигматизм после хирургии катаракты?
- А. Монокулярной диплопии, наличия бликов, астенопических жалоб
 - Б. Снижения некорригированной остроты зрения
14. Какая степень астигматизма считается физиологической?
- А. 0,75 дптр
 - Б. 1,0 дптр
 - В. 0,5 дптр
15. Что оказывает влияние на общий роговичный астигматизм?
- А. Передняя поверхность роговицы
 - Б. Задняя поверхность роговицы
 - В. Передняя и задняя поверхность роговицы

ГЛАВА 2. МЕТОДЫ КОРРЕКЦИИ АСТИГМАТИЗМА

2.1. Методы хирургической коррекции астигматизма в ходе хирургии катаракты

Коррекция астигматизма возможна с помощью оптических (очковая и контактная коррекция) и хирургических методов.

Хирургические способы коррекции: основной роговичный доступ, имплантация ТИОЛ, астигматическая кератотомия на ФСЛ, лимбальные и роговичные послабляющие разрезы, кераторефракционные операции (ФемтоЛАЗИК, фоторефракционная кератэктомия), имплантация колец MyoRing и интрастромальных сегментов, метод биоптики и др.

Размещение основного хирургического доступа в ходе проведения ФЭК по оси сильного меридиана – наиболее доступный и часто используемый метод, направленный на уплощение сильной оси в зоне инцизии. Данный способ имеет ограничения, связанные с низкой эффективностью (до 1,0-1,5 дптр) и иногда сложностью выполнения хирургического вмешательства через разрез вдоль определенно заданной координатной прямой. Результативность данного метода коррекции определяется хирургически индуцированным астигматизмом, который зависит от геометрической формы, длины и расположения тоннеля относительно оптического центра роговицы, а также биомеханических свойств роговицы. Однако переход в настоящее время на разрезы длиной 2,0 мм и менее сделали их фактически оптически нейтральными, что ограничивает эффективность данного метода в коррекции астигматизма.

2.2. Торические интраокулярные линзы в коррекции астигматизма

Первые ТИОЛ, разработанные в 1992 г. Shimizu et al., были выполнены из полиметилметакрилата и предназначались для имплантации через разрез 5,7 мм [88]. Многочисленные исследования и опубликованные систематические обзоры достаточно аргументировали эффективность коррекции роговичного

астигматизма при имплантации ТИОЛ [96]. Имплантация ТИОЛ при хирургии катаракты у пациентов с астигматизмом позволяет одноэтапно, без усложнения хирургической процедуры, проводить коррекцию сопутствующего астигматизма, обеспечивая высокий прогнозируемый функциональный результат, отличающийся стабильностью в течение продолжительного времени [129].

В настоящее время ведущие фирмы-производители ИОЛ предлагают широкий выбор моделей различного дизайна (асферичные, мультифокальные), при этом ТИОЛ представлены практически во всех линейках модельного ряда ИОЛ [114]. ТИОЛ Acrysof IQ Toric (Алкон, США) позволяют корригировать астигматизм до 4,0 дптр (AcrySof Toric IQ SN6AT3-T9), ТИОЛ Acri. LISA toric & Acri comfort (Carl Zeiss, Германия) – до 12,0 дптр (табл. 1).

Показанием к имплантации ТИОЛ является наличие регулярного роговичного астигматизма от 0,75 дптр до степеней, ограниченных силой цилиндрического компонента ИОЛ. Коррекция слабой степени астигматизма величиной до 1,0 дптр выявила значительно более высокие функциональные результаты при имплантации ТИОЛ по сравнению с имплантацией сферической ИОЛ [90]. Однако примерно 6-16% пациентов, по данным статистики, имеют остаточный астигматизм более 1,0 дптр, что сопровождается снижением показателей НКОЗ [15, 102].

При невозможности применения кераторефракционных методов коррекции у пациентов молодого возраста с аномалиями рефракции практикующими хирургами широко используется рефракционная замена хрусталика.

Считается, что 0,5 дптр астигматизма примерно эквивалентно 0,25 дптр сферической ошибки, снижающей НКОЗ примерно на одну строку LogMAR [68]. В литературе имеют место данные об уменьшении глубины резкости при наличии астигматизма 0,75 и более, а также данные, демонстрирующие преимущества различных методов коррекции астигматизма слабой степени в ходе хирургии катаракты в снижении величины исходного астигматизма [48].

Торические модели ИОЛ

Toric IOL	Material	IOL design	Aspheric design	Spherical power (D)	Cylinder power (D)	Incision size (mm)
Acrysof (Alcon)	Hydrophobic acrylic	Flexible loop haptic with stable force technology	+	+6.0-+34.0	1.5-6.0 (0.75 steps)	2.2
HOYA iSert® Toric 351 Preloaded IOL System (Hoya)	Hydrophobic acrylic with PMMA haptic tips	PMMA modified C-loop haptic	+	+6.0-+30.0	1.5-6.0 (0.75 steps)	2.0
T-flex (Rayner)	Hydrophilic acrylic	Loop haptic with AVH technology	+	-10.0-+35.0	1.0-11.0 (0.25 steps)	<2.0
TECNIS toric IOL (Abbott Medical Optics)	Hydrophobic acrylic	"Tri-Fix" modified C haptic integral with optic	+	+5.0-+34.0	1.5-6 (0.5-1.0 steps)	2.2
Light-adjustable lens (Calhoun Vision)	Silicone with PMMA haptics	Modified C loop PMMA haptics	+	+17.0-+24.0	0.75-2.0	3.0
Microsil/Torica* (HumanOptics)	Silicone with PMMA haptics	C-loop haptic	-	-10.0-+35.0	1.0-15.0† (1.0 steps)	3.4
Precizon toric IOL (Ophtec)	Hydrophilic acrylic	Biconvex transitional conic toric design offset-shaped haptic	+	+1.0-+34.0	1.0-10.0 (0.5 steps)	2.2
LentisTplus (Oculentis)	Hydrophilic acrylic with hydrophobic surface	Plate haptic	+	-10.0-+35.0	0.25-12.0 (0.75/0.01* steps)	2.6
Acri.Comfort/AT Torbi* (Carl Zeiss Meditec)	Hydrophilic acrylic with hydrophobic surface	Plate haptic	+	-10.0-+32.0	1.0-12.0 (0.50 steps)	<2.0
Staar (Staar Surgical Company)	Silicone	Plate haptic	-	+9.5-+28.5	2.0 or 3.5	2.8
Morcher 89A, 92S (Morcher GmbH)	Hydrophilic acrylic	Bag-in-the-lens	-	+10.0-+30.0 D	0.5-8.0 (0.25 steps)	2.5

*Customized, †Higher customized cylinder powers available. IOL: Intraocular lens, PMMA: Polymethylmethacrylate, AVH: Anti-vaulting haptic, +: Present, -: Absent

Отмечено улучшение остроты зрения на 2 строчки по шкале LogMAR при среднем значении послеоперационного цилиндра 0,54 дптр при коррекции астигматизма слабой степени после имплантации ТИОЛ [27]. В свою очередь некоторые авторы заявляют об имеющейся вероятности ошибок в измерениях и расчетах в случаях с имплантацией ТИОЛ с низкой оптической силой [80], а также важности учета хирургически индуцированного астигматизма, значение и направление которого становятся клинически значимыми при коррекции астигматизма величиной 1,0 дптр [27].

Осложнения при имплантации ТИОЛ идентичны осложнениям полостной хирургии и включают воспалительные и инфекционные осложнения, связанные с внедрением инфекционного агента извне (экзогенно) или распространяющиеся с током крови (эндогенно); интраоперационные осложнения, включающие разрыв капсулы хрусталика, выпадение стекловидного тела, отслойку сетчатки и прочие, а также осложнения, связанные с позиционированием ТИОЛ в капсульном мешке (дислокация, внекапсулярная фиксация), и отдаленные осложнения (развитие вторичной катаракты и фимоза капсульного мешка) [64, 80].

2.2.1. Факторы, влияющие на ротацию торических интраокулярных линз

Основным условием успешно проведенной операции с имплантацией ТИОЛ является точное позиционирование ИОЛ относительно сильного меридиана роговицы, сочетающееся с ротационной стабильностью ТИОЛ. Каждый градус рассогласования заданной и фактической оси ведет к потере 3,3% эффекта цилиндрической коррекции, 15° – к снижению эффекта наполовину, 30° и более – к потере эффекта ТИОЛ, появлению индуцированного астигматизма. В литературе представлена формула, позволяющая на основе теоретического моделирования более точно вычислить величину остаточного цилиндра, вызванную осевой погрешностью $C=2FX\sin\alpha$, где C – остаточный астигматизм, F – исходный астигматизм, α – смещение оси. Используя данное уравнение можно

определить, что ошибка оси 10° дает 34% снижения эффективности указанного метода коррекции астигматизма. При исследовании качественных характеристик зрения было выявлено, что при повороте линзы на 5° от целевого меридиана происходило уменьшение на 7,03%, при повороте на 10° – на 11,09% и при повороте на 30° – на 56,70%, что свидетельствует о снижении качества полученного зрения при увеличении угла отклонения.

Среди основных патогенетических факторов снижения функциональных результатов после коррекции ТИОЛ является фиброзирование капсульного мешка, сопровождающееся поворотом линзы, которое, как правило, осуществляется в течение первых трех месяцев после операции [24, 85, 91]. При ретроспективной оценке 6431 глаза с имплантированными ТИОЛ повторное вмешательство с целью репозиции проводилось в 0,653% случаев, в результате средний угол ротации уменьшился с $32,9 \pm 15,7^\circ$ до $8,8 \pm 9,7^\circ$ [49]. При этом была установлена прямая связь между сроком, прошедшим после репозиции, и визуальными исходами, соответственно которой проведение репозиции рекомендовано в течение первой недели после имплантации ТИОЛ. Исследование 72 глаз после имплантации ТИОЛ Tecnis выявило, что около 60% ротаций произошло в первый час после операции с последующим минимальным вращением в течение 1 недели [54]. В связи с этим называются наиболее вероятные причины ротации: остатки вискоэластика в капсульном мешке, влияние материала и конструкции линзы на ротацию ТИОЛ, связанное с несоответствием размера капсульного мешка оптической части линзы, а также особенности анатомического строения глаза – увеличение поперечного размера (толщины) хрусталика, глубины передней камеры и другие [17, 92, 103]. Анализ зависимости ротационной нестабильности от материала ИОЛ выявил различие в адгезивных свойствах, по которым гидрофобные акриловые линзы превосходят гидрофильные и силиконовые [7]. Исследования взаимодействия материала ИОЛ с капсульным мешком *in vitro* выявили важную роль белков, в частности – фибронектина и витронектина, в поддержании адгезивных механизмов прикрепления ИОЛ к капсульному мешку [3].

Установлена меньшая вращательная способность ТИОЛ при формировании дозированного капсулорексиса [113]. Отмечена более существенная ротация ТИОЛ на глазах после проведенной ранее витрэктомии, достигающая, по данным литературы, 9%, что может объясняться слабостью связочного аппарата хрусталика после вмешательства и неравномерным распределением сил, обеспечивших напряженность капсульного мешка вокруг имплантированной линзы. Исследованиями также выявлено, что ТИОЛ с более низкой оптической силой цилиндрического компонента обеспечивают меньшее значение резидуального (индуцированного) астигматизма в случае ротации ТИОЛ на 5° и более в сравнении с ТИОЛ, рассчитанными на более высокую оптическую силу цилиндра, и являются более предпочтительными при имплантации в глаза, имеющие повышенный риск ротации ИОЛ [109].

На сегодняшний день предложены различные методы повышения ротационной стабильности ТИОЛ: использование имплантации капсульного кольца с выступами для ограничения вращения ИОЛ, проведение заднего капсулорексиса в ходе операции с целью снижения вероятности формирования фиброза капсульного мешка, ущемление оптической части линзы в сформированном капсулорексисе [98, 120]. Исследование ротации ТИОЛ у 42 пациентов, прооперированных по методу ущемления ИОЛ в сформированном капсулорексисе, выявило средний угол поворота $0,8 \pm 1,20^\circ$ за 12 мес., традиционным способом имплантации ТИОЛ в капсульный мешок – $2,2 \pm 2,0^\circ$. При этом положительный результат данных методов ограничивается высокой вероятностью повреждения капсулы хрусталика, ведущего к развитию интраоперационных осложнений различной степени тяжести [130].

2.2.2. Методы интраоперационной маркировки при имплантации торической интраокулярной линзы

В настоящее время все методы корректировки положения ТИОЛ разделяются на мануальные и выполняемые с использованием цифровых навигационных систем.

Особенностью мануальной маркировки является использование разметчиков различных конструкций и маркеров для проведения в предоперационном периоде отметки горизонтального, либо крутого меридиана в соответствии с методикой последующего сопоставления торической оси линзы с сильной осью роговицы. Как правило, маркировка при ручном методе осуществляется в два этапа: сначала в амбулаторных условиях под щелевой лампой проводится отметка горизонтального меридиана с коаксиальным тонким лучом света под углом 0-180° с последующим обозначением референтной оси в условиях операционной посредством использования разметчика. Предложены различные оптимизированные методики, включающие разнообразные модели торических разметчиков (кольцо Мендеса, гравитационные, маятникообразные, пузырьковые, с клиновидными выступами и др.), а также способы маркировки сильного меридиана (маркировка с созданием эпителиальной травмы на роговице инсулиновой иглой или цистотомом, с использованием специальных фломастеров и др.) (рис. 1, 2, 3, 4).



Рис. 1. Кольцо Мендеса для маркировки оси астигматизма



Рис. 2. Разметчик для торических линз



Рис. 3. Гравитационный разметчик

Недостатками мануальной маркировки являются кратковременность создаваемых ориентиров, связанная с размытием или полным смыванием красителя под действием слезной пленки, а также

субъективность в данном подходе, связанная с человеческим фактором, обусловленным возможным рассеиванием внимания при выполнении маркировки хирургом, так как данная процедура сопряжена с одновременным контролем за горизонтальным уровнем и выполнением разметки на роговице. Однако в силу финансовых причин мануальные методы маркировки являются наиболее распространенными и часто применяемыми.

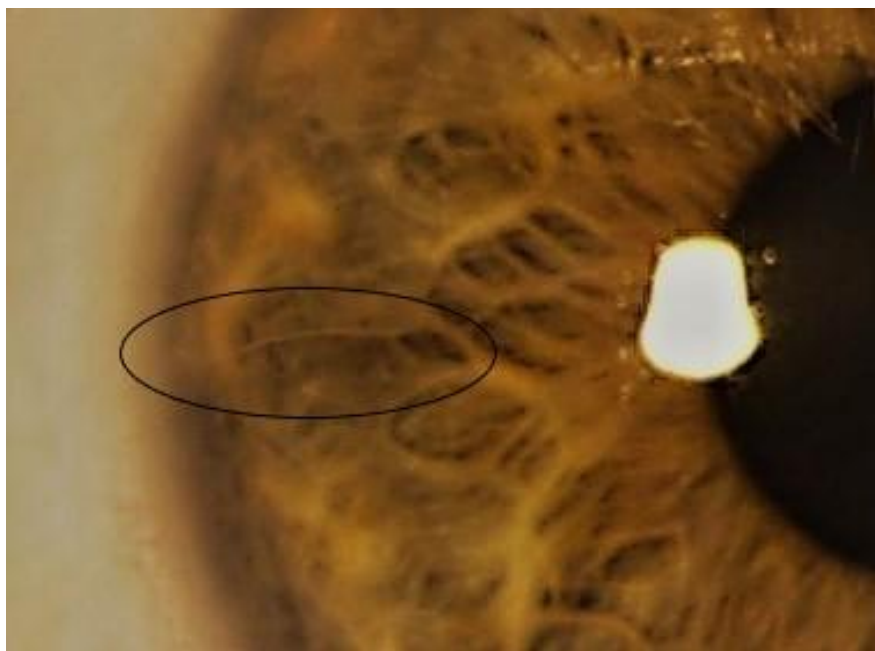


Рис. 4. Эпителиальные метки на роговице, созданные инсулиновой иглой

Наряду с вышеперечисленным современные навигационные системы (Verion, Callisto и другие) предназначены для повышения точности и снижения количества ошибок при позиционировании ТИОЛ относительно сильного меридиана роговицы. Цифровые системы выравнивания обеспечивают стандартизированную и простую в использовании технологию.

Система Verion, разработанная компанией Alcon (США), представляет собой объединение трех модулей: диагностического, аналитического и навигационной системы. В функции диагностического модуля входит автоматическая диагностика параметров глаза, включающая получение изображения глаза в высоком разрешении, позволяющем определить показатели кератометрии с установлением величины и направления астигматизма (рис. 5).

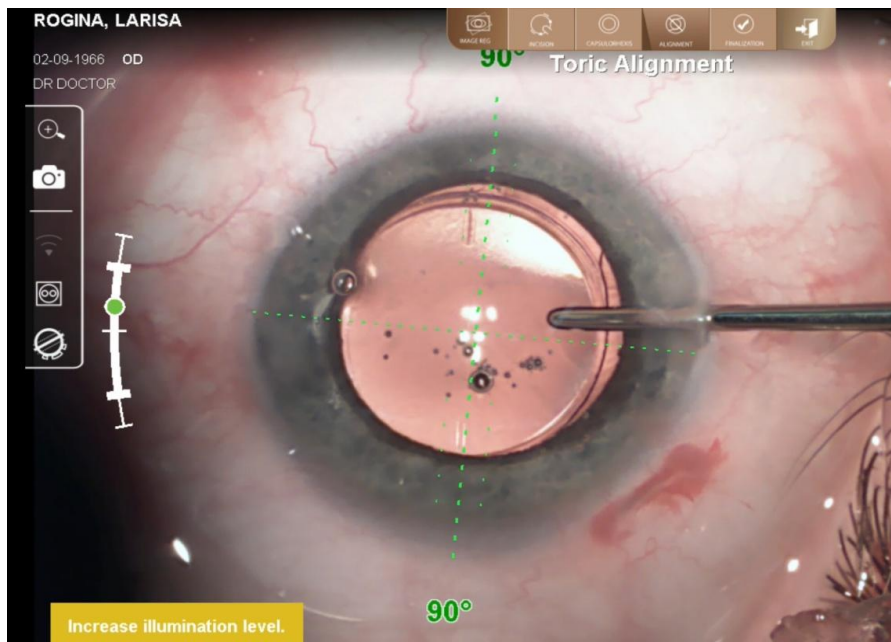
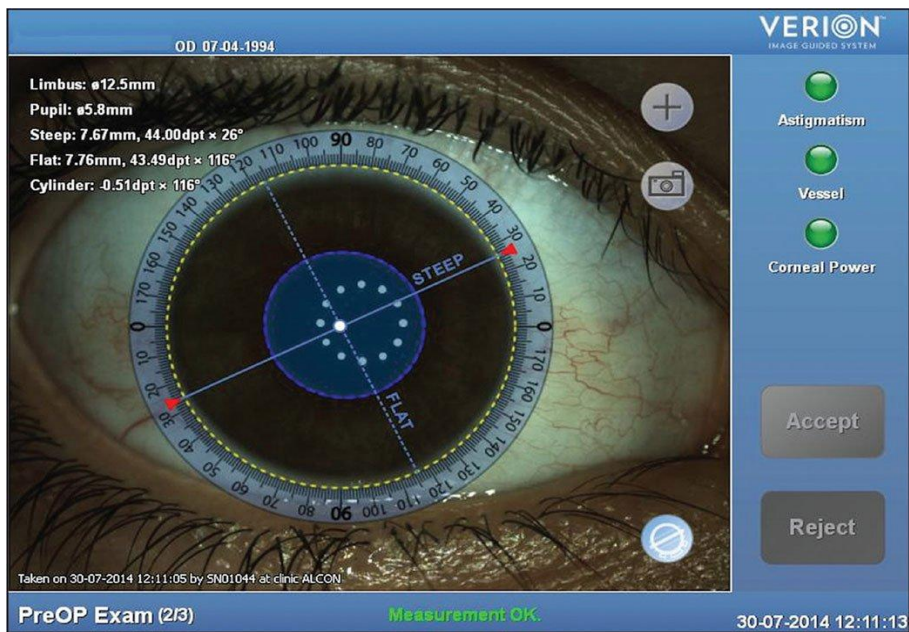


Рис. 5. Изображения, полученные с диагностического и навигационного модулей

Полученные данные анализируются в аналитическом модуле, предоставляющем возможность расчета оптической силы ИОЛ с применением целого ряда современных формул последнего поколения и учетом отклонений в рефракции, к которым в первую очередь относится астигматизм. В результате на экране модуля создается план проведения хирургического вмешательства, содержащий схему позиционирования цилиндрического компонента ТИОЛ относительно сильной оси роговицы, оптимальное

расположение основного хирургического доступа и парацентезов, а также предполагаемый рефракционный результат операции с альтернативными вариантами остаточного сферического и цилиндрического компонентов рефракции, соответствующих гипоплюзии или гиперплювии. Полученные результаты импортируются на хирургический модуль навигационной системы, выводящий параметры операции прямо в модуль операционного микроскопа, последовательно проецируя на поверхность роговицы виртуальные ориентиры, соответствующие расположению роговичных разрезов, заданный диаметр капсулорексиса и точное направление сильного меридиана с указанием угла ориентации в градусах. Таким образом, цифровые навигационные системы могут рассчитать направление и степень циклоторсии, синхронизируя изображения пациента в положении лежа с дооперационными изображениями переднего сегмента глазного яблока, фиксированного в горизонтальном положении.

В литературе имеются результаты исследований сравнительного анализа цифровых и мануальных методов маркировки, которые в большинстве своем сходятся на преимущественном использовании цифровых систем, так как возможность непосредственно визуализировать оптимальный меридиан с наибольшей оптической силой в ходе хирургического вмешательства позволяет избежать ошибок ручной маркировки и добиться более точного совпадения последнего с обозначенной осью ТИОЛ, гарантированно обеспечив запланированный рефракционный результат коррекции. Danmin Cao при исследовании 72 глаз с астигматизмом более 1,0 дптр обнаружил отклонение маркированной оси ТИОЛ в течение 1 часа после операции на $1,5 \pm 1,4^\circ$ в группе фемтосекундной лазерной маркировки капсулы и $4,4 \pm 2,1^\circ$ – в группе ручной маркировки. Отклонение от целевой оси имплантации составило $1,6 \pm 1,3^\circ$ в группе капсульного ФСЛ и $4,8 \pm 2,5^\circ$ в группе ручной маркировки через 1 месяц после операции [79].

Также имеются методики маркировки сильного меридиана с использованием Nd:YAG-лазера в виде зон дезэпителизации, которые наносятся в бессосудистой зоне и длительно сохраняются на конъюнктиве, что позволяет повысить точность при позиционировании цилиндрического компонента торической линзы (рис. 6) [128].

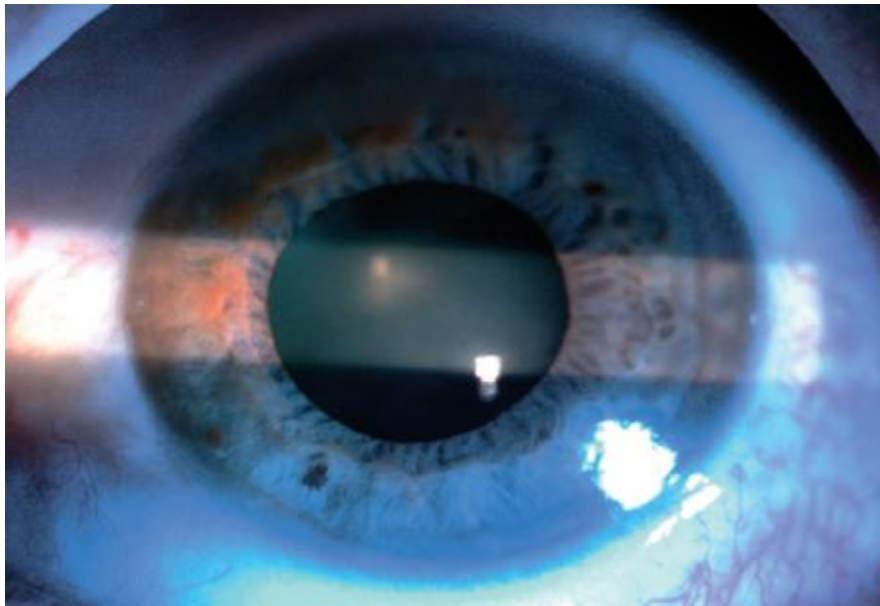


Рис. 6. Локальные зоны деэпителизации по горизонтальной оси роговицы, вызванные Nd:YAG-лазером

Широкое использование фемтосекундных лазерных установок на этапе фемтоассистенции хирургии катаракты и актуальность проведения одномоментной коррекции астигматизма наряду с автоматизированным подходом к этапу формирования капсуло-рексиса сделали насущным процесс оптимизации этапа капсулотомии посредством создания меток IntelliAxis Refractive Capsulorhexis (LENSAR Орландо, Флорида, США) по намеченной оси астигматизма (рис. 7).

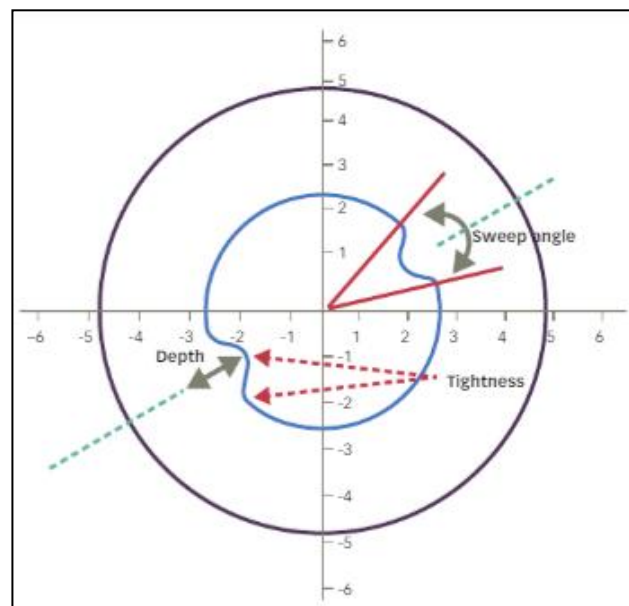


Рис. 7. Схема капсульной маркировки, предназначенной для имплантации торических моделей ИОЛ

Преимуществом такого подхода является расположение сформированных интраоперационно меток на передней капсуле хрусталика в проекции заданного меридиана, располагающихся после имплантации ИОЛ непосредственно в плоскости оптической части линзы, что позволяет полностью избежать явление параллакса и сделать процесс выравнивания цилиндрического компонента торической линзы более прецизионным (рис. 8).

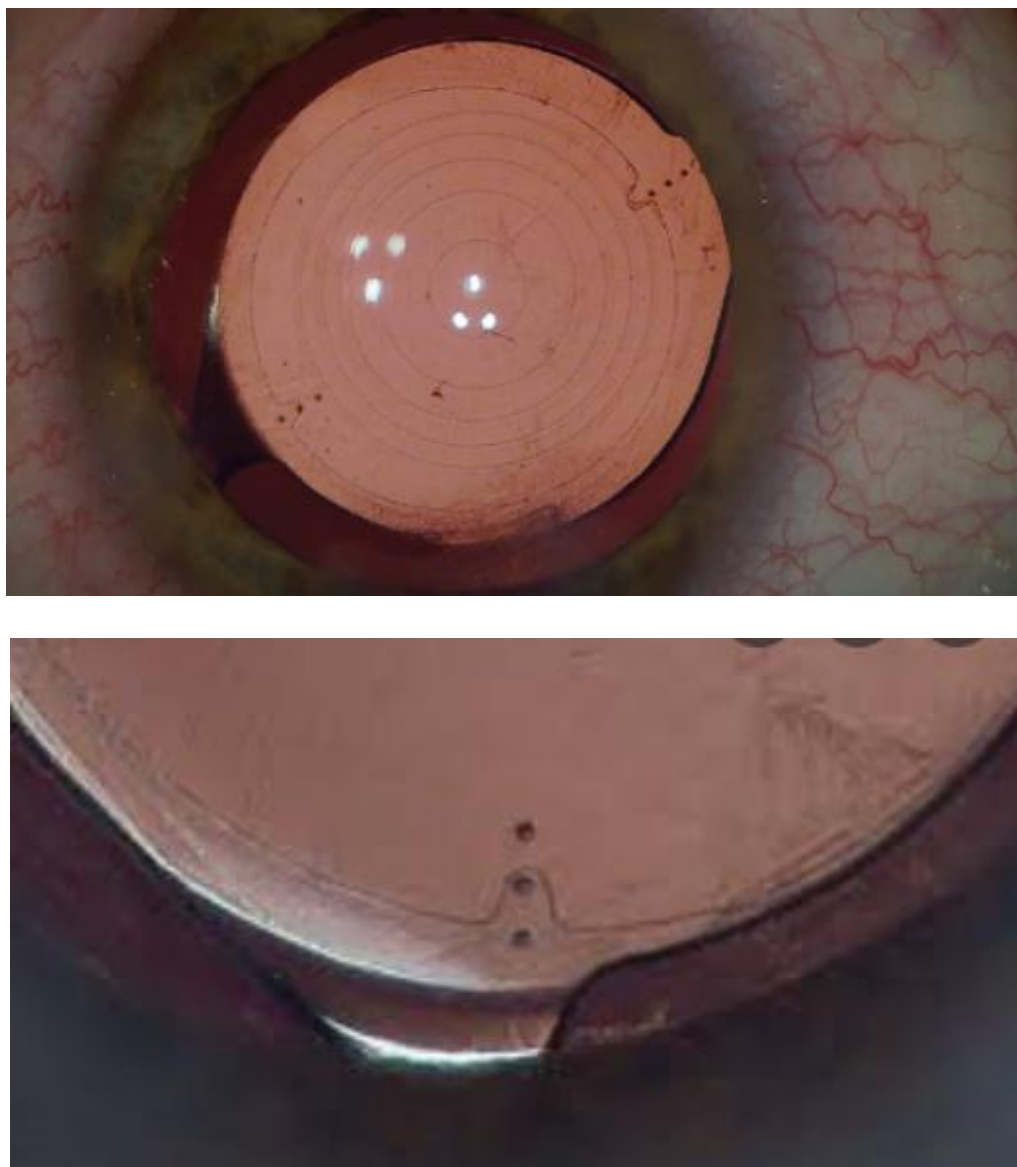


Рис. 8. Маркировка передней капсулы, выполненная ФСЛ

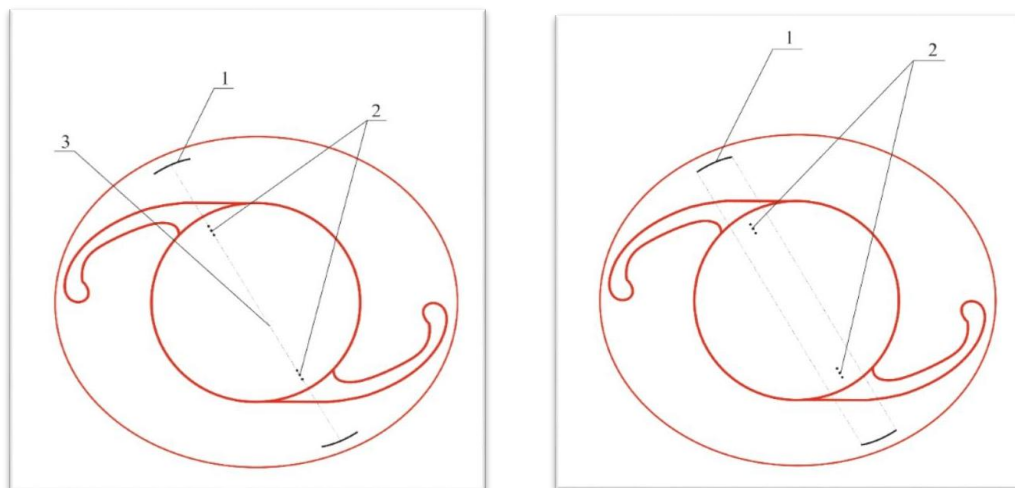
Так, ошибка, связанная с явлением параллакса, может привести к смещению ИОЛ примерно на $2-5^\circ$ [101]. Исследования демонстрируют преимущество капсульных меток по сравнению с другими технологиями маркировки в достижении остаточного

рефракционного астигматизма $\leq 0,25$ D и остроты зрения без коррекции, равной 1,0 и выше [12]. В результате проводимого метода коррекции при среднем кератометрическом цилиндре 2,11 дптр до операции рефракционный цилиндр после операции составил 0,15 дптр ($p < 0,001$). 56% глаз не имели остаточного астигматизма и 98% глаз достигли остаточного рефракционного астигматизма $\leq 0,5$ D [71].

В литературе также имеются исследования, посвященные сравнительному анализу фемтолазер-ассистированного метода создания меток на передней капсуле хрусталика в группе из 16 пациентов и в группе, включающей 18 пациентов, в которой позиционирование линзы выполнялось с использованием навигационной системы CALLISTO (Carl Zeiss, Германия). Было выявлено, что метод маркировки передней капсулы позволяет лучше прогнозировать послеоперационный остаточный рефракционный астигматизм, который в первой группе составил $0,02 \pm 0,31$ и $0,15 \pm 0,41$ дптр, во второй группе – $0,18 \pm 0,23$ и $0,36 \pm 0,35$ дптр соответственно [13].

Учитывая важность точности позиционирования ТИОЛ относительно сильного меридиана роговицы, актуальным является разработка новых методов маркировки. Был разработан и апробирован метод интраоперационной разметки сильного меридиана при имплантации ТИОЛ с применением ФСЛ LenSx (Alcon, США). Метод интраоперационной маркировки заключается в формировании двух симметрично расположенных аркуатных разрезов в 9,0-миллиметровой зоне с длиной дуги $10-15^\circ$, расположенных соответственно координатам проекции сильного меридиана роговицы и выполняемых непосредственно во время фемтолазерного этапа операции. Данные аркуатные разрезы являются анатомическими ориентирами расположения меридиана с наибольшей оптической силой (заявка на патент № 2021107538), позволяющими повысить точность позиционирования цилиндрического компонента ТИОЛ, а также использовать его в качестве ориентира при определении ротационной нестабильности ТИОЛ в отдаленных периодах наблюдения (рис. 9). Еще одним подходом к оптимизации данного метода интраоперационной

маркировки может быть формирование аркуатных разрезов соответственно диаметру оптической части линзы (например, для Acrysof IQ диаметр между разрезами будет составлять 6,0 мм), при котором создаваемые анатомические ориентиры будут располагаться непосредственно над краем оптической части линзы с отмеченными на ней цилиндрическими метками, таким образом минимизируя явления параллакса.



1 – парные аркуатные разрезы, 2 – торические отметки на ИОЛ,
3 – осевая линия, соединяющая геометрический центр разрезов
и проходящая через оптическую ось.

Рис. 9. Позиционирование цилиндрических меток ТИОЛ
относительно аркуатных разрезов роговицы

Несомненным преимуществом ориентиров, выполненных с использованием ФСЛ, является их долговременное существование на анатомических структурах глаза – роговице или капсуле хрусталика, таким образом делая возможным контроль вращательной способности линзы с течением времени.

2.3. Циклоторсия в коррекции астигматизма у пациентов с катарактой

Циклоторсия – вращательное движение глазного яблока вокруг сагиттальной оси при перемене положения тела из вертикального в горизонтальное, характеризуется углом циклоторсии. По данным литературы, угол циклоторсии может варьировать от 0 до 19° [108].

С физиологической точки зрения циклоторсия рассматривается как механизм, позволяющий сохранить бинокулярное зрение при изменении положения головы. В этом участвуют глазодвигательные мышцы глаза – верхние и нижние прямые и косые в соответствии с функциональными особенностями последних (рис. 10). Согласно существующему положению взаимосвязи базовых понятий физических терминов, циклоторсия имеет две противоположные формы: статическую и динамическую. Статическая форма выявляется при перемене положения из вертикального в горизонтальное. Динамическая форма циклоторсии проявляет себя во время лазерного вмешательства интраоперационно и является физиологическим инструментом удержания изображения на сетчатке, таким образом делая ее основным источником ошибок при операции по коррекции астигматизма.

Основополагающим фактором, определяющим эффективность коррекции астигматизма, является точность проведения запланированной хирургической процедуры соответственно сильному меридиану, что подразумевает дооперационную разметку с целью предупреждения эффекта циклоторсии.

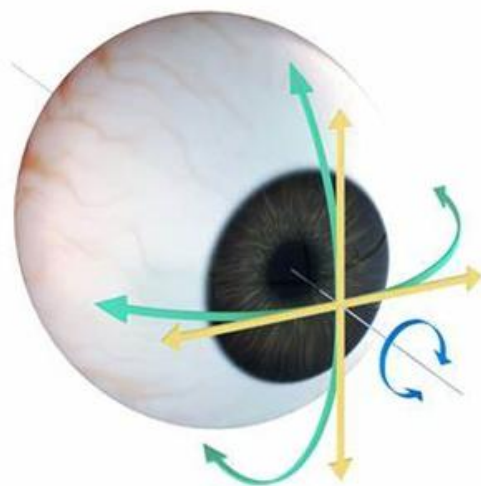


Рис. 10. Возможные движения глаз с учетом циклоторсии

При имплантации ТИОЛ наиболее часто используются стандартные методы проведения разметки сильного меридиана в

предоперационном периоде, включающие применение различных видов разметчиков, позволяющих маркировать горизонтальный меридиан в положении пациента сидя. При этом правильно выполненная маркировка сводит к минимуму интраоперационные ошибки, относящиеся к циклоторсии. В связи с этим разработка методов, позволяющих создавать долгосрочные анатомические ориентиры для интраоперационного сопоставления цилиндрических меток ТИОЛ с фактической осью астигматизма, а также контроль ротации в послеоперационном периоде необходимы для получения высокого функционального результата после операции по поводу коррекции астигматизма у пациентов с катарактой.

Имеются публикации, оценивающие влияние циклоторсии на рефракционные исходы во время операции по удалению лентикулы при применении технологии SMILE и предлагающие различные способы ее компенсации [20, 56].

Имеют место исследования, подтверждающие наличие клинически значимой циклоторсии у пациентов в ходе ФЛЭК, оказывающей влияние на результаты коррекции астигматизма, обусловленные комбинацией различных факторов, к наиболее значимым из которых, наряду с вышеперечисленными, относятся положение головы во время операции и погрешности в процессе стыковки интерфейса пациента [21]. Предложены различные способы учета угла циклоторсии у пациентов при проведении ФЛЭК, выполненной в сочетании с ФЛ-АК.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Перечислите хирургические способы коррекции астигматизма.
 - А. Кераторефракционные операции
 - Б. Астигматическая кератотомия на ФСЛ
 - В. Лимбальные и роговичные послабляющие разрезы
2. Назовите методы маркировки сильного меридиана.
 - А. Мануально
 - Б. Использование навигационных систем
 - В. Без учета циклоторсии
3. Объясните, для чего необходима маркировка меридиана с наибольшей преломляющей силой.
 - А. Для предупреждения эффекта циклоторсии
 - Б. Для возможности правильно расположить голову пациента во время операции
 - В. В исследовательских целях
4. Отклонение цилиндрического компонента на 3° ведет к снижению рефракционного эффекта на:
 - А. 10%
 - Б. 30%
 - В. Отсутствие коррекции
5. Что относится к недостаткам мануальных методов маркировки?
 - А. Кратковременность пребывания метки на поверхности глаза
 - Б. Применение красителей
 - В. Невозможность удаления полученной метки с поверхности глаза
6. Какие факторы влияют на точное позиционирование ТИОЛ в капсульном мешке?
 - А. Циклоторсия
 - Б. Ошибка параллакса
 - В. Ошибка предоперационной маркировки сильного меридиана
7. В каком положении проводят маркировку сильного меридиана с помощью разметчиков в предоперационном периоде?
 - А. В положении стоя

- Б. В горизонтальном положении
 - В. Сидя перед щелевой лампой
8. Какие этапы можно выполнять с помощью ФСЛ?
- А. Капсулорексис
 - Б. Роговичные разрезы
 - В. Факофрагментацию
9. Что такое циклоторсия?
- А. Поворот головы при изменении положения тела
 - Б. Поворот глазного яблока при изменении положения тела
 - В. Нарушение конвергенции
10. Какие разновидности разметчиков существуют?
- А. Маятникообразные
 - Б. Пузырьковые
 - В. Кольцо Мендеса
11. Назовите факторы, оказывающие влияние на ротацию ТИОЛ.
- А. Остатки вискоэластика в капсульном мешке
 - Б. Материал ИОЛ
 - В. Конструкция ИОЛ
12. Для чего предназначен аналитический модуль системы Verion?
- А. Для повышения точности позиционирования ТИОЛ
 - Б. Для расчета оптической силы ИОЛ
 - В. Для выполнения капсулорексиса
13. Назовите возможности хирургического модуля системы Verion.
- А. Проецировать на поверхность роговицы виртуальные ориентиры роговичных разрезов, парацентезов, точное направление сильного меридиана
 - Б. Проецировать заданный диаметр капсулорексиса
 - В. Проводить расчет оптической силы ИОЛ
14. Перечислите виды разметчиков.
- А. Кольцо Мендеса
 - Б. Гравитационные, маятникообразные, пузырьковые
 - В. Разметочный циркуль

2.4. Астигматическая кератотомия

2.4.1. Лимбальные послабляющие разрезы

Лимбальные послабляющие разрезы роговицы (LRI) – метод снижения степени астигматизма, суть которого заключается в индуцировании уплощения роговицы в результате уменьшения ее преломляющей способности путем формирования одного или двух разрезов, расположенных вдоль сильного меридиана. Стандартным параметром является расположение разрезов на 0,5 мм от лимба на глубину ~ 600 мкм. При проведении LRI имеет место низкий риск развития нерегулярного астигматизма [60].

В 1869 г. Snellen, выполняя операцию по поводу катаракты, предположил, что размещение разреза на крутой оси способствует уменьшению роговичного астигматизма. Впервые перфорирующий лимбальный разрез выполнил в 1885 г. норвежский офтальмолог L. Schiøtz (Schiøtz L., 1885). В 1894 г. Bates отметил, что хирургические или травматические периферические рубцы, расположенные под углом 90° , способны выравнивать роговицу в меридиане, пересекающем рубец. В последующие годы в изучение данного вопроса последовательно внесли свой вклад Faber (1895) и Lucciola (1896). Lans изучил и описал принципы астигматической коррекции (1898).

В 1939 г. японский офтальмолог T. Sato в своем труде по изучению кератоконуса "The treatment of conical cornea: Incision of Descemet's membrane" изложил теорию влияния разрывов десцеметовой мембраны на изменение кривизны роговицы, тем самым заложив основные представления о возможности воздействия на сильный меридиан роговицы с целью его уплощения [87]. Он использовал радиальные разрезы на задней поверхности роговицы для коррекции миопии слабой степени (до 2,0 дптр) и сочетал их с передними радиальными разрезами при большей степени миопии. Несмотря на то, что первичные результаты носили обнадеживающий характер, разрезы десцеметовой мембраны в конечном счете послужили причиной дистрофии роговицы, развившейся, по историческим данным, примерно через 20 лет после операции.

Данную идею развил в 1970-х гг. отечественный ученый С.Н. Федоров, разработавший формулу с несколькими переменными для расчета прогнозируемого результата на основе рефракционных данных и предложивший методику передней дозированной кератотомии, получившую широкое применение во всем мире. При этом радиальная кератотомия с целью коррекции сложного миопического астигматизма могла сочетаться с поперечными разрезами. В то же время было определено, что дугообразные разрезы эффективнее, чем прямые поперечные, так как имеют большую длину (примерно на 10%), вызывая равномерное уплощение роговицы и, как следствие, большую преломляющую способность [11, 61]. Данный принцип заложен в алгоритм расчета параметров операции LRI.

В 1995 г. F. W. Price и соавт. использовали математическую модель, определившую размер оптической зоны, длину разрезов и возраст как наиболее значимые факторы достижения эффективной коррекции астигматизма методом LRI [9].

Основной механизм формирования рефракционного эффекта при проведении аркуатных разрезов связан с особенностями изменения биомеханических свойств ткани роговицы, в результате чего уплощение сильного меридиана вдоль разреза вызывает компенсаторное увеличение кривизны перпендикулярного меридиана.

В настоящее время в мировой практике астигматические разрезы роговицы применяются с целью коррекции астигматизма слабой и средней степени (по данным литературы, до 4,0 дптр), а также в комбинации с другими способами коррекции, включающими кераторефракционную хирургию, имплантацию монофокальной или ТИОЛ [73, 133]. Потенциальными преимуществами данного метода коррекции являются периферическое расположение разрезов и сохранение центральной оптической зоны роговицы, что способствует менее выраженным явлениям дискомфорта в послеоперационном периоде и индуцированию меньших значений aberrаций высшего порядка. Однако предсказуемость, долгосрочная стабильность и диапазон возможной коррекции с точки зрения величины корригируемого астигматизма могут носить ограниченный

характер. Так, исследование М. Hussain и соавт. 50 глаз после LRI установило уменьшение роговичного астигматизма с $1,78 \pm 0,81$ до $0,73 \pm 0,71$, при этом авторами сделаны выводы о тенденции к недокоррекции астигматизма данным методом [46]. В исследованиях М. J. Carvelho и соавт. было выявлено статистически значимое уменьшение астигматизма – с $1,93 \pm 0,58$ до $1,02 \pm 0,60$ – через 6 месяцев после операции [59].

2.4.2. Фемтолазерная аркуатная кератотомия в ходе хирургии катаракты

АК является простым и доступным методом коррекции роговичного астигматизма. Однако понадобилось время для принятия данного метода хирургами за рубежом. В России АК не получила широкого распространения в связи со сложностью техники мануальной воспроизводимости точных параметров АК и, как следствие, с непредсказуемыми исходами и осложнениями [50, 66]. Формирование разрезов роговицы с помощью ФСЛ отличается высокой точностью, что позволяет прогнозируемо достичь запланированного визуального и рефракционного результата, а, значит, ставит данный метод коррекции в один ряд с общепризнанными методами.

Первые клинические результаты ФЛ-АК на посткератопластических глазах были представлены L. Kiraly, M. Harissi-Dagher и D.T. Azar в 2008 г. Так, L. Kiraly формировал роговичные разрезы ФСЛ Femtec (длина волны 1052 нм) на 10 глазах с астигматизмом 4,0 дптр и более. M. Dagher и D.T. Azar проводили коррекцию на 2 глазах с астигматизмом 8,5 и 7,0 дптр. Авторами была отмечена безопасность данного метода, а также преимущество возможности осуществления контроля глубины и расположения аркуатных разрезов, позволяющее избежать интраоперационных осложнений [41, 81]. Многочисленные публикации об эффективности ФЛ-АК в последующие годы в подавляющем большинстве были посвящены эффективности коррекции астигматизма на глазах после кератопластики, проводившейся с целью уменьшения величины исходного роговичного астигматизма, что позволило бы пациенту

применение очковой коррекции [31, 45]. Для пациентов после ФЭК с ИОЛ рекомендован данный метод при коррекции астигматизма, не превышающего 1,5 дптр [14]. Рассмотрена эффективность данного метода при нерегулярном астигматизме и недостаточной толщине роговицы для проведения кераторефракционного вмешательства как варианта поэтапного хирургического лечения [75, 126]. Сравнительные исследования ФЛ-АК и LRI показали эффективность проводимого оперативного вмешательства с целью уменьшения величины цилиндрического компонента рефракции, однако ФЛ-АК выявила больший индуцированный вектор астигматизма (SIA), который составил 73% целевого вектора астигматизма (TIA) в отличие от 48% LRI [82]. Формирование аркуатных разрезов ФСЛ, по данным разных авторов, превосходит мануальный метод в результатах НКОЗ и КОЗ, однако без статистически значимой разницы между группами [99, 119]. При этом эффективность коррекции астигматизма при хирургии катаракты методом ФЛ-АК в пределах $\leq 0,5$ достигала 32,1%, $\leq 1,0$ – 85,7%, $\geq 1,0$ – 14,3% [23].

Авторы отмечают зависимость результативности АК от трех основных факторов: длины дуги, величины глубины разреза и диаметра между разрезами относительно оптического центра роговицы [55, 65]. В исследовательских работах доказано наличие корреляции между рефракционным эффектом – длиной разреза и диаметром между разрезами [126]. В зависимости от комбинации данных параметров применяются различные виды номограмм, доступные on-line и опубликованные в открытых источниках. Наиболее используемые номограммы – это номограмма Линдстрема и номограмма Ханна [29, 40]. А. Abbeu и соавт. сообщили об использовании модифицированной версии номограммы Линдстрема для ФЛ-АК на ФСЛ. Астигматизм снизился с $-3,50/+5,25 \times 89$ до операции до $-1,75/+2,75 \times 90$ после операции в правом глазу и с $-3,50/+5,25 \times 83$ до $-1,75/+2,25 \times 85$ в левом глазу [34]. В.С. Костеневым и М.С. Стройко усовершенствована сочетанная технология коррекции астигматизма с применением модифицированной номограммы для анатомически тонких роговиц [127].

При послабляющих разрезах имеет значение угол вреза, в основном составляющий 90° , за исключением указанных в исследованиях, проведенных С. Cleary и соавт. и Т. Rückl и соавт., в которых использовались 135° и 60° соответственно [10, 35]. В литературе есть единичные сообщения о микроперфорациях, развившихся при ФЛ-АК, инфекционном кератите (4,8%), развитии инфильтрата на месте роговичного разреза, отторжении трансплантата, а также об одном случае эндофтальмита (2,2-4,8%) [8, 25, 30, 32, 86].

Одной из первых публикаций, посвященных сравнительному анализу ФЛ-АК и LRI, осуществленных мануально при проведении хирургии катаракты, является работа Harry W. Roberts и соавт., в которой группа ФЛ-АК достигла более высокого индекса коррекции и меньшего вектора разности с меньшими значениями послеоперационного цилиндра [83]. Было выявлено, что разрезы, сделанные ФСЛ, в меньшей степени влияют на изменение топографии роговицы и индуцируют меньшее количество аберраций высшего порядка в сравнении с мануальной техникой исполнения [5, 63, 72]. Yoo Aeri и соавт. (2015), анализируя 48 глаз (23 глаза ФЛЭК с ТИОЛ и 25 глаз ФЛЭК с ФЛ-АК), определили, что средний рефракционный астигматизм уменьшился с $1,71 \pm 0,15$ до $0,78 \pm 1,06$ дптр в группе с ФЛ-АК и с $1,67 \pm 0,13$ до $0,83 \pm 0,09$ дптр в группе ФЛЭК с ТИОЛ без статистически значимой разницы между группами. Отмечено снижение величины астигматизма в группе ФЛ-АК в течение 5 месяцев после операции без существенных изменений в группе ТИОЛ. Векторный анализ имел статистически значимую разницу по величине угла ошибки между группами ($p=0,05$) [33].

2.4.3. Расчет параметров аркуатной кератотомии

Исследования, посвященные эффективности методов коррекции астигматизма с использованием аркуатной кератотомии, основывались на трех основных принципах, обоснованных Т. Oshika в 1998 г., который методом множественного регрессионного анализа доказал, что размер оптической зоны, длина и количество разрезов достоверно

коррелируют с хирургическим эффектом операции, и предложил номограмму, отвечающую данным требованиям. Данная номограмма явилась основой для разработки следующих, более оптимальных, по мнению авторов, номограмм, заключающихся в варьировании показателями длины разрезов при постоянном параметре диаметра оптической зоны и глубины роговичных разрезов [123].

Так, согласно модифицированной номограмме Wallace, на основе которой проводили свои исследования T.C.Y. Chan et al. (2015) и F. Loffler et al. (2017), для лимбальных послабляющих разрезов аркуатные надрезы выполнялись на глубину 450 мкм в оптической зоне 8,0 мм. При использовании номограммы L. Wang et al. (2003) аркуатные разрезы выполнялись на глубину 80% всей толщины роговицы в оптической зоне 9,0 мм. Номограмма P.C. Hoffman et al. (2015) была разработана на базе номограммы T. Oshika и включала параметры аркуатных разрезов 80% толщины роговицы при диаметре оптической зоны 8,5 мм.

Существуют несколько номограмм для LRI, выполняемых вручную. Наиболее распространенным является LRI Calculator (рис. 11). При этом сообщений о применении указанных номограмм при формировании аркуатных разрезов с помощью ФСЛ в литературе очень мало.

Как правило, номограммы для АК в псевдофакических глазах основаны на послеоперационной рефракции. Однако, когда аркуатные разрезы рассчитываются для одномоментной ФЭК, номограмма, основанная на астигматизме передней поверхности роговицы, также должна учитывать непосредственное влияние хирургически индуцированного астигматизма, а также астигматизма задней поверхности роговицы, что необходимо для более точной оценки оптической силы основных меридианов. Таким образом, расчет параметров АК должен проводиться индивидуально, в каждом конкретном случае. Номограмма, разработанная с учетом кривизны задней поверхности роговицы, представлена в табл. 2. Параметры длины дуги определяются в зависимости от направления меридиана с наибольшей оптической силой и степени астигматизма.

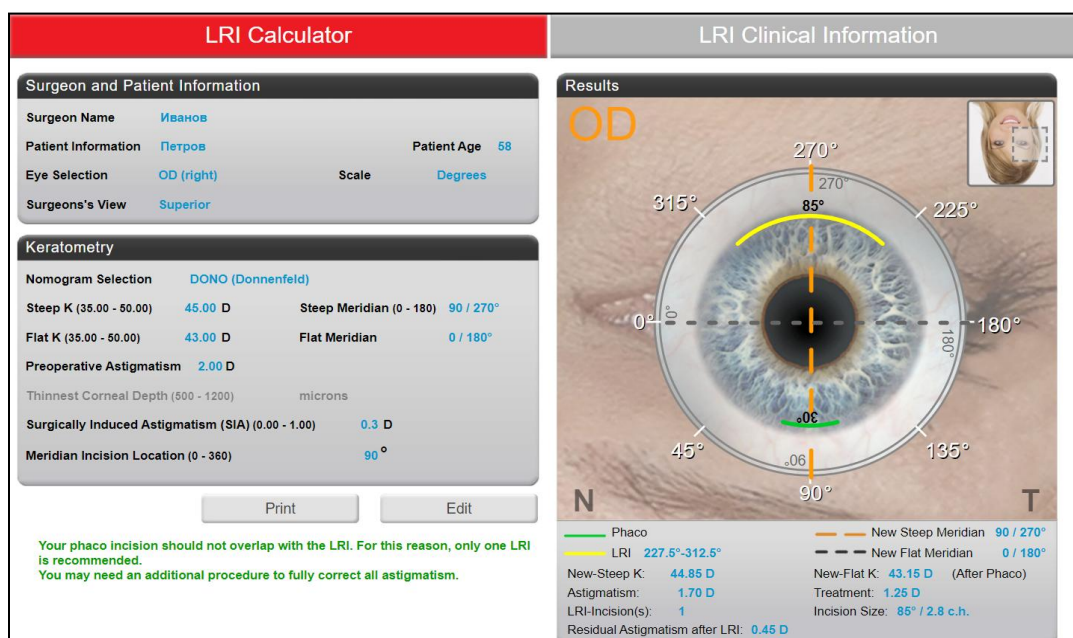
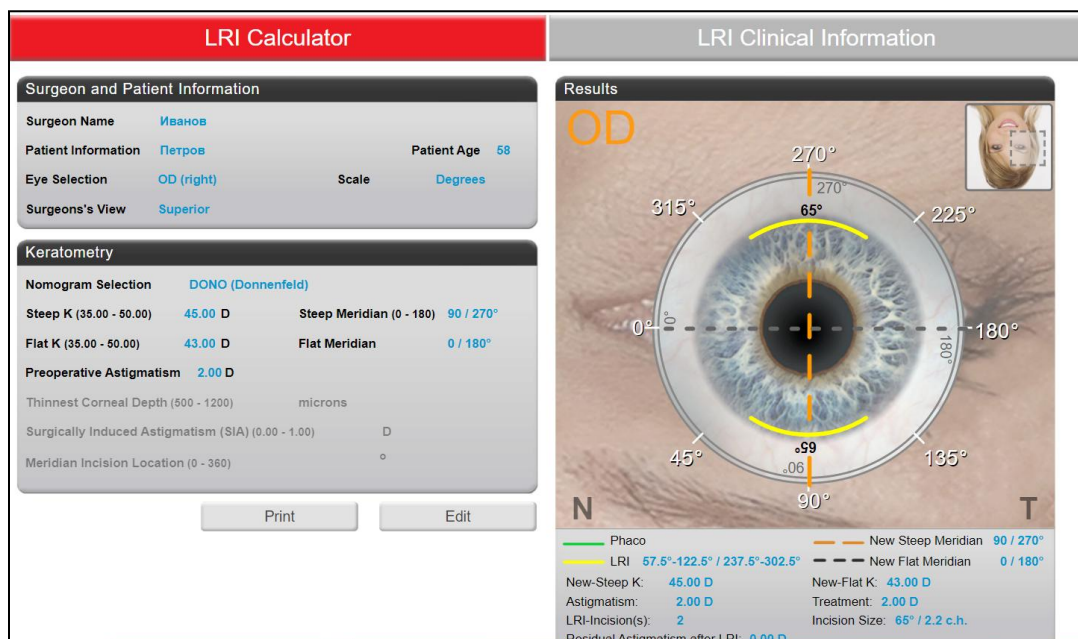


Рис. 11. Пример расчета параметров с двумя и одним аркуатными разрезами

В соответствии с данными расчетами угол раскрытия имеет максимальные значения при обратном астигматизме и минимальные – при прямом. Данные показатели учитывали высокую частоту однонаправленности астигматизма задней поверхности роговицы с горизонтально ориентированным меридианом роговицы и позволяли избежать гиперкоррекции при прямом астигматизме, гипокоррекции при обратном и получить соответствующую коррекцию косого астигматизма.

Номограмма для расчета угла раскрытия при ФЛ-АК

Роговичный астигматизм	Сильный меридиан	Угол раскрытия (°)	Глубина роговичных разрезов (%)
От 1,5 до 1,99	Прямой 90±30°(60-120)	50	90
	Обратный 180±30° (0-30 и 150-180)	65	90
	Косой 45±14° и 135±14°	60	90
От 2,00 до 3,49	Прямой 90±30°(60-120)	55	90
	Обратный 180±30° (0-30 и 150-180)	75	90
	Косой 45±14° и 135±14°	65	90

2.4.4. Хирургическая техника проведения фемтолазерной аркуатной кератотомии в ходе хирургии катаракты

При ФЛ-АК формирование аркуатных разрезов роговицы и основные этапы факоэмульсификации проводятся с помощью ФСЛ. На рис. 12 представлена схема расположения аркуатных и лимбальных роговичных разрезов, на которой показано различие создаваемых форм в зависимости от выбора параметров и техники операции.

Непосредственно перед оперативным вмешательством проводится инстилляционная анестезия местными анестетиками.

Рассчитанные параметры роговичных разрезов последовательно вводятся в фемтолазерную установку с заданными значениями капсулорексиса и факофрагментации. Тоннельный разрез и парацентезы проводятся в зависимости от хирургической необходимости и соответственно координатным осям аркуатных

разрезов роговицы. Стыковка («докинг») интерфейса фемтолазера с глазом пациента должна проводиться с соблюдением всех предосторожностей и при максимально возможном точном центрировании. Неправильное расположение интерфейса может привести к интраоперационным осложнениям: несимметричному и нецентральному расположению аркуатных роговичных разрезов, непредсказуемому углу вреза, возможности микроперфораций и др. Так как воздействие на ткани происходит исключительно в точке фокусировки, достижение хорошей аппланации является залогом выполнения запланированного объема фемтопроцедуры высокого качества.

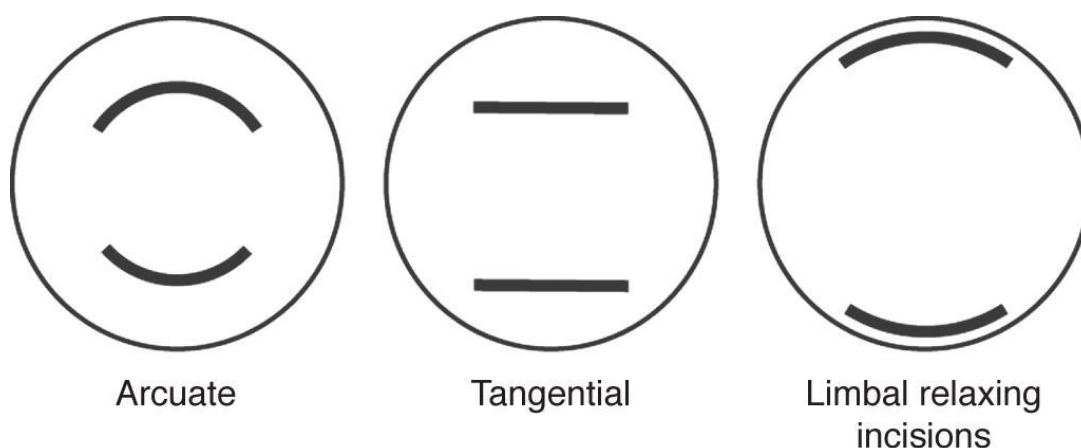
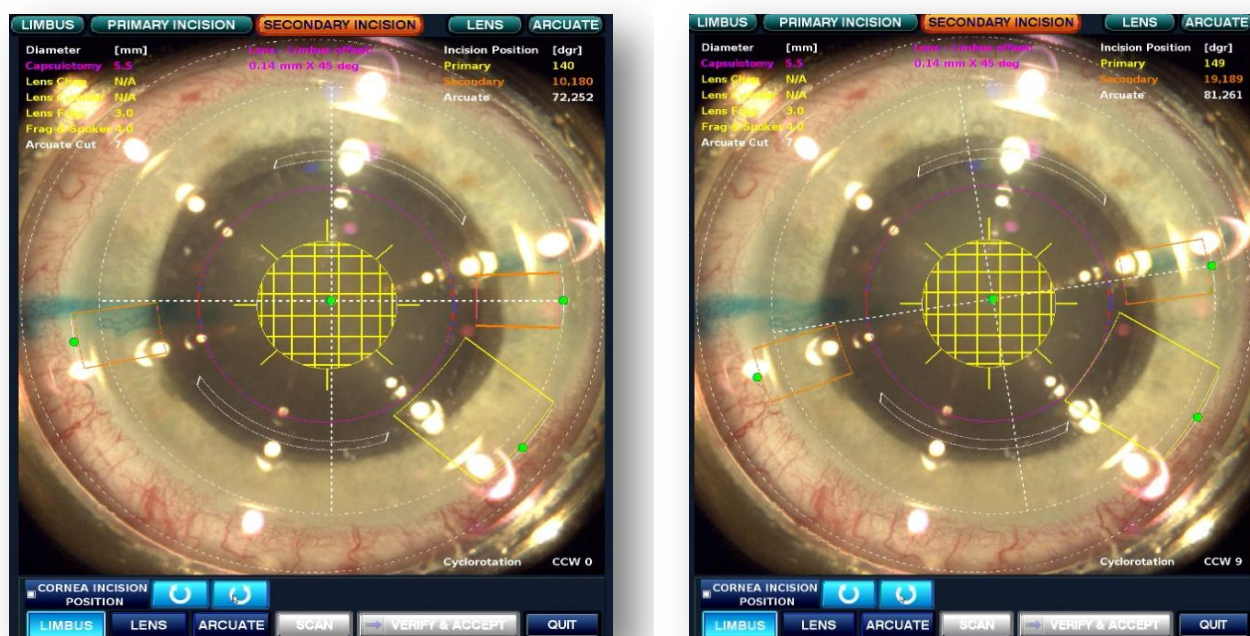


Рис. 12. Схема расположения аркуатных и лимбальных роговичных разрезов

При данном методе коррекции, в зависимости от исходных значений астигматизма, а именно его направления и величины, возможно выполнение коррекции посредством одной или двух, симметрично расположенных, аркуатных дуг. Необходимо отметить, что данный метод подчиняется основным принципам коррекции астигматизма, заключающимся в направленном выполнении вмешательства непосредственно вдоль сильного меридиана роговицы, так же как и при имплантации ТИОЛ.

Нами разработан метод компенсации угла циклоторсии в ходе выполнения ФЛ-АК, заключающийся в проведении разметки горизонтального меридиана роговицы в предоперационном периоде в

положении пациента сидя за щелевой лампой. Координата одного из парацентезов (или обоих) устанавливается на 0° или 180° . После процедуры «докинга» производится совмещение заданного парацентеза путем вращения последнего с помощью шарика-манипулятора в ручном режиме с маркированным в предоперационном периоде горизонтальным меридианом (рис. 13). Вычисленная разница координат между этими осями с получением числового значения угла в градусах соответствует углу циклоторсии глазного яблока в горизонтальном положении. Изменение координат аркуатных дуг на величину угла циклоторсии, таким образом, обеспечивает точную ориентацию аркуатных роговичных разрезов относительно сильной оси роговицы. После этого осуществляется запуск работы фемтолазерной установки с последовательным выполнением всех запланированных этапов ФЛЭК, завершающийся формированием аркуатных разрезов со скорректированными координатами и последующим хирургическим проведением ФЭК с (без) раскрытием шпателем роговичных разрезов.



а – ось парацентеза соответствует $0-180^\circ$; б – ось парацентеза ротируется в проекции горизонтального меридиана.

Рис. 13. Экран монитора ФСЛ. Сопоставление осей парацентеза и горизонтального меридиана

2.5. Методы коррекции астигматизма

В последние годы все большую распространенность получает метод интрастромальной имплантации колец MyoRing, изначально разработанный для хирургической коррекции миопии, сочетающейся с астигматизмом, и приобретающий все большую актуальность при лечении кератоконуса. Имплантация колец MyoRing осуществляется по общепринятой или оптимизированной методике путем формирования интрастромального кармана микрокератомом Rocket Maker или ФСЛ [124]. В настоящее время к показаниям для имплантации колец MyoRing относятся средняя и высокая степени миопии с астигматизмом до 4,0 дптр. Преимущество данного метода – его обратимость с удалением кольца в различные сроки после операции [125]. Альтернативным подходом к коррекции астигматизма также является имплантация интрастромальных роговичных сегментов. З.И. Мороз и Ю.Ю. Калинин (2013) применили данную методику у трех пациентов с астигматизмом высокой степени с кератопластикой в анамнезе и добились повышения визуальных показателей до 0,5-0,7 [132].

Биоптический метод коррекции астигматизма у пациентов с катарактой, предложенный Zaldivar в 1999 г., не только позволяет проводить коррекцию исходно высокой степени астигматизма (выше 5,0 D), но и исправлять ошибки расчета оптической силы ИОЛ, а также является одним из возможных вариантов коррекции иррегулярного посттравматического астигматизма при ФЭК. Поэтапность оперативного вмешательства, а именно расчет ИОЛ на миопию после 2-го этапа, дает пациенту возможность выбора рефракционного результата, что исключено при других методах коррекции [119].

Нередко при оперативном лечении катаракты пациенты не удовлетворены полученной остротой зрения, связанной с «непопаданием» расчетной точности ИОЛ в запланированную рефракцию. Существует несколько способов исправления ситуации: имплантация добавочной ИОЛ (методика piggyback IOL), в том числе

с цилиндрической оптикой; имплантация ИОЛ Sulcoflex с фиксацией в цилиарной борозде (SulcoflexToric); замена ИОЛ на торическую. Повторное хирургическое вмешательство вне зависимости от сроков операции, каким бы продуманным и обоснованным оно ни было, всегда сопровождается определенным риском получения осложнений: повреждение и разрыв капсулы хрусталика, развитие эндофтальмита, свойственные для piggyback осложнения и др.

Кераторефракционные подходы к коррекции псевдофакической аметропии (ФемтоЛАЗИК, фоторефракционная кератэктомия и др.), особенно астигматизма, в представлении «полостного хирурга» обладают большей прогнозируемостью при исправлении рефракционного результата. Сопутствующими моментами являются дополнительные материальные расходы после хирургического лечения катаракты, возможность проведения коррекции через 3-6 мес., что не всегда соответствует требованиям пациентов.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какие методы для хирургической коррекции сопутствующего астигматизма применяются в настоящее время?
 - А. Имплантация ТИОЛ
 - Б. Послабляющие разрезы роговицы
 - В. ФЛ-АК
 - Г. Витреоретинальное вмешательство
2. Для чего применяется ФЛ-АК?
 - А. Для коррекции астигматизма
 - Б. Для проведения тоннеля и парацентезов
 - В. С целью профилактики осложнений
3. Кем предложен метод дозированной кератотомии?
 - А. С.Н. Федоровым
 - Б. Т. Sato
 - В.Н. Snellen
4. Назовите этапы фемтолазерного сопровождения катаракты
 - А. Выполнение капсулорексиса
 - Б. Выполнение тоннеля
 - В. Выполнение парацентезов
 - Г. Выполнение факофрагментации
5. С чем связана эффективность дугообразных разрезов роговицы?
 - А. Имеют большую длину (примерно на 10%), чем поперечные
 - Б. Имеют меньшую длину, чем поперечные
 - В. Не имеют преимуществ перед поперечными
6. Назовите возможные осложнения при проведении ФЛ-АК.
 - А. Микроперфорации
 - Б. Нерегулярный астигматизм
 - В. Эндофтальмит
 - Г. Разрыв капсулы хрусталика
7. Какие разрезы может включать аркуатная кератотомия?
 - А. Один аркуатный разрез роговицы
 - Б. Парные аркуатные разрезы роговицы
 - В. Линейные роговичные разрезы роговицы

8. Что необходимо учитывать при расчете параметров аркуатной кератотомии?
- А. Направление сильного меридиана
 - Б. Величину астигматизма
 - В. Толщину роговицы
 - Г. Возраст пациента
9. Расскажите о механизме формирования рефракционного эффекта после ФЛ-АК.
- А. Роговичные разрезы вызывают снижение оптической силы сильного меридиана и компенсаторное увеличение слабого меридиана
 - Б. Роговичные разрезы вызывают увеличение оптической силы сильного меридиана и компенсаторное уменьшение слабого меридиана
 - В. Роговичные разрезы вызывают снижение оптической силы сильного меридиана и снижение слабого меридиана
10. Назовите стандартные параметры при выполнении LRI.
- А. Расположение разрезов на 0,5 мм от лимба на глубину ~ 600 мкм
 - Б. 80% толщины роговицы при диаметре оптической зоны 8,5 мм
 - В. На глубину 450 мкм в оптической зоне 8,0 мм
11. К чему может привести неправильное расположение интерфейса ФСЛ?
- А. Несимметричному и нецентральному расположению аркуатных роговичных разрезов
 - Б. Непредсказуемому углу вреза
 - В. Возникновению микроперфораций
12. Укажите степени астигматизма, для коррекции которых применяется ФЛ-АК
- А. Слабая и средняя степени
 - Б. Средняя и высокая степени
13. Перечислите методы коррекции астигматизма
- А. Имплантации колец MyoRing

Б. Биоптический метод коррекции

В. Пересадка роговицы

14. Назовите способы исправления ситуации при «непопадании» расчетной точности ИОЛ в запланированную рефракцию.

А. Имплантация добавочной ИОЛ

Б. Имплантация ИОЛ Sulcoflex

В. Замена ИОЛ на торическую

15. Назовите сроки проведения кераторефракционной коррекции при псевдофакической аметропии.

А. Через 1 мес.

Б. Через 3-6 мес.

В. Через 1 год

Ответы к вопросам и заданиям для самоконтроля

Номер вопроса или задания	Номер главы		
	1	2	2
1	А, Б, В	А, Б, В	А, Б, В
2	А, Б	А, Б	А
3	А, Б, В	А	А
4	А	А	А, Б, В, Г
5	В	Б	А
6	Б	А, Б, В	А
7	А	В	А, Б
8	А	А, Б, В	А, Б, В, Г
9	Б, В	Б	А
10	А	А, Б, В	А
11	А, Б	А, Б, В	А, Б, В
12	А, Б, В	А, Б	А
13	А, Б	А, Б	А, Б
14	А	А, Б	А, Б, В
15	В		Б

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abraham, A. G. The new epidemiology of cataract / A. G. Abraham, N. G. Condon, E. West Gower // *Ophthalmol. Clin. North Am.* – 2006. – № 19. – P. 415-425.
2. Adaptation to astigmatic blur / L. Sawides, S. Markos, S. Ravikumar [et al.]. – DOI 10.1167/10.12.22. – Text : electronic // *Journal of Vision.* – 2010. – Vol. 10, iss. 12. – P. 22–22.
3. Adhesion of fibronectin, vitronectin, laminin, and collagen type IV to intraocular lens materials in pseudophakic human autopsy eyes. Part 2: explanted intraocular lenses / R. J. Linnola, L. Werner, S. K. Pandey. – DOI 10.1016/s0886-3350(00)00747-1. – Text : electronic // *J. Cataract. Refract. Surg.* – 2000. – Vol. 26, № 12. – P. 1807–1818.
4. Aggregation of refractive error and 5-year changes in refractive error among families in the Beaver Dam eye study / K. E. Lee, B. E. Klein, R. Klein, J. P. Fine. – DOI 10.1001/archoph.119.11.1679. – Text : electronic // *Arch. Ophthalmol.* – 2001. – Vol. 119, № 11. – P. 1679–1685.
5. Alpins, N. A. New method of targeting vectors to treat astigmatism / N. A. Alpins. – Text : immediate // *J. Cataract Refract Surg.* – 1997. – №23. – P. 65–75.
6. Analysis of astigmatic keratotomy / P. J. Agapitos, R. L. Lindstrom, P.A. Williams, D. R. Sanders. – DOI 10.1016/s0886-3350(89)80134-8. – Text : electronic // *J. Cataract. Refract. Surg.* – 1989. – Vol. 15, № 1. – P. 13–18.
7. Analysis of intraocular lens surface adhesiveness by atomic force microscopy / M. Lombardo, G. Carbone, G. Lombardo [et al.]. – DOI 10.1016/j.jcrs.2009.02.029. – Text : electronic // *J. Cataract. Refract. Surg.* – 2009. – Vol. 35, №7. – P. 1266–1272.
8. Arcuate keratotomy infiltration following uneventful femtosecond laser assisted cataract surgery / P. Biswas, S. Chatterjee, S. Batra [et al.]. – DOI 10.4103/ijo.IJO_72_19. – Text : electronic // *Indian. J. Ophthalmol.* – 2019. – Vol. 67, 10. – P. 1742–1744.
9. Astigmatism reduction clinical trial: a multicenter prospective evaluation of the predictability of arcuate keratotomy. Evaluation of surgical nomogram predictability. ARC-T Study Group / F. W. Price, R. B. Grene, R. G. Marks, J. S. Gonzales. – DOI 10.1001/archoph.1995.01100030031017. – Text : electronic // *Arch. Ophthalmol.* – 1995. – Vol. 113, № 3. – P. 277–282.
10. Beveled femtosecond laser astigmatic keratotomy for the treatment of high astigmatism post–penetrating keratoplasty / C. Cleary, M. Tang, H. Ah-

med [et al.]. – DOI 10.1097/ICO.0b013e31825ea2e6. – Text : electronic // Cornea. – 2013. – Vol. 32, № 1. – P. 54–62.

11. Buzard, K. A. Clinical results of arcuate incisions to correct astigmatism / K. A. Buzard, E. Laranjeira, B. R. Fundingsland. – DOI 10.1016/s0886-3350(96)80119-2. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 1996. – Vol. 22, № 8. – P. 1062–1069.

12. Cao, D. Comparison of Toric Intraocular Lens Alignment Between Femtosecond Laser–Assisted Capsular Marking and Manual Corneal Marking / D. Cao, Y. Xu, Y. Wang. – DOI:10.3928/1081597X-20200602-01. – Text : electronic // Journal of refractive surgery. – 2020. – Vol. 36, № 8. – P. 536–542.

13. Chan, P.S. Comparison of markerless versus laser-assisted anterior capsule marking for Toric IOL alignment / P.S. Chan, H. Uy. – American Society of Cataract and Refractive Surgery Annual Meeting, San Diego, May 1-5, 2019. Available at: <http://ascrs.org/resources/abstracts/comparison-markerless%C2%A0versus-laser-assisted-anterior-capsule-marking-toric-iol-alignment> (accessed July 11, 2019). – Text : electronic.

14. Chang, J. S. Femtosecond laser-assisted astigmatic keratotomy: a review / J. S. Chang. – DOI 10.1186/s40662-018-0099-9. – Text : electronic // Eye Vis (Lond). – 2018. – № 5. – P. 6.

15. Clinical outcomes of TECNIS toric intraocular lens implantation after cataract removal in patients with corneal astigmatism / K. L. Waltz, K. Featherstone, L. Tsai, D. Trentacost. – DOI 10.1016/j.optha.2014.06.027. – Text : electronic // Ophthalmology. – 2015. – Vol. 122, № 1. – P. 39–47.

16. Comparative corneal topography and refractive variables in monozygotic and dizygotic twins / S. Valluri, J. B. Minkovitz, K. Budak [et al.]. – DOI 10.1016/s0002-9394(98)00319-5. – Text : electronic // Am. J. Ophthalmol. – 1999. – Vol. 127, № 2. – P. 158–163.

17. Comparison of two toric iols with different haptic design: optical quality after 1 year / K. Miháltz, M. Lasta, M. Burgmüller [et al.]. – DOI 10.1155/2018/4064369. – Text : electronic // J. Ophthalmol. – Article ID 4064369. – 7 p.

18. Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism / D. D. Koch, S. F. Ali, M. P. Weikert [et al.]. – DOI 10.1016/j.jcrs.2012.08.036. – Text : electronic // J. Cataract Refract. Surg. – 2012. – Vol. 38, № 12. – P. 2080–2087.

19. Correcting astigmatism with toric intraocular lenses: effect of posterior corneal astigmatism / D. D. Koch, R. B. Jenkins, M. P. Weikert [et al.]. –

DOI 10.1016/j.jcrs.2013.06.027. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 2013. – Vol. 39, № 12. – P. 1803–1809.

20. Correction of astigmatism with SMILE with axis alignment: 6-month results from 622 eyes. / P. Chen, Y. Ye, N. Yu [et al.]. – DOI 10.3928/1081597X20190124-02. – Text : electronic // J. Refract. Surg. – 2019. – Vol. 35, № 3. – P. 138–145.

21. Cyclorotation during femtosecond laser- assisted cataract surgery measured using iris registration / C. D. Hummel, V. F. Diakonis, N. R. Desai [et al.]. – DOI 10.1016/j.jcrs.2017.04.034. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 2017. – Vol. 43, № 7. – P. 952–955.

22. David, M. Epidemiology of Refractive Errors / M. David, A.S. Difford; M. David, A. S. Clifford editors // A Text Book of Ophthalmology. – Philadelphia : Elsevier, 2004. – 2nd ed. – P. 68–70. – Text : immediate.

23. Day, A. C. Nonpenetrating femtosecond laser intrastromal astigmatic keratotomy in eyes having cataract surgery / A. C. Day, N. M. Lau, J. D. Stevens. – DOI 10.1016/j.jcrs.2015.07.045. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 2016. – Vol. 42, № 1. – P. 102–109.

24. Determination of post-operative IOL alignment - Analyzed by two different methods: Slit-lamp versus Adobe Photoshop // J. H. Farooqui, A. Koul, R. Dutta, N. M. Shroff. – DOI 10.4103/1858-540x.150996. – Text : electronic // Sudanese Journal of Ophthalmology. – 2014. – Vol. 6, № 2. – P. 57–61.

25. Development of a nomogram for femtosecond laser astigmatic keratotomy for astigmatism after keratoplasty / R. M. St Clair, A. Sharma, D. Huang [et al.]. – DOI 10.1016/j.jcrs.2015.12.053. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 2016. – Vol. 42, № 4. – P. 556–562.

26. Elkington, A. R. Refraction of Light. Clinical optics / A. R. Elkington, H. J. Frank, J. G. Michael. – London: Blackwell Science Ltd, 1999. – 3rd ed. – P. 34–124. – Text : immediate.

27. Ernest, P. Влияние предоперационного положения оси астигматизма на результаты операций с имплантацией торической ИОЛ с низким компонентом цилиндрической коррекции / P. Ernest, R. Potvin. – Текст : непосредственный // Новое в офтальмологии. – 2015. – № 1.

28. Estimation accuracy of surgically induced astigmatism on the cornea when neglecting the posterior corneal surface measurement. / L-S. Cheng, C-Y. Tsai, R. J.-F. Tsai [et al.]. – DOI 10.1111/j.1755-3768.2009.01732.x. – Text : electronic // Acta. Ophthalmol. – 2011. – Vol. 89, № 5. – P. 417–422.

29. Evaluation of femtosecond laser intrastromal incision location using optical coherence tomography / L. Wang, L. Jiang, K. Hallahan. – DOI 10.1016/j.ophtha.2017.03.022. – Text : electronic // *Ophthalmology*. – 2017. – Vol. 124, № 8. – P. 1120–1125.
30. Femtosecond astigmatic keratotomy for postkeratoplasty astigmatism/ N. Al Sabaani, S. Al Malki, M. Al Jindan [et al.]. – DOI 10.1016/j.sjopt.2016.04.003.– Text : electronic // *Saudi. J. Ophthalmol.* – 2016. – Vol. 30, № 3. – P. 163–168.
31. Femtosecond laser arcuate keratotomy for the correction of high astigmatism after keratoplasty / M. Nubile, P. Carpineto, M. Lanzini. – DOI 10.1016/j.ophtha.2009.01.013. – Text : electronic // *Ophthalmology*. – 2009. – Vol. 116, № 6. – P. 1083–1092.
32. Femtosecond laser arcuate keratotomy for the correction of postkeratoplasty high astigmatism in keratoconus / M. N. Hashemian, H. Ojaghi, M. Mohammadpour [et al.]. – DOI 10.4103/1735-1995.200267. – Text : electronic // *J. Res. Med. Sci.* – 2017. – Vol. 22. – P. 17.
33. Femtosecond Laser-assisted Arcuate Keratotomy Versus Toric IOL Implantation for Correcting Astigmatism / Yoo Aeri, Yun Samyoung, Kim JaeYong [et al.]. – DOI 10.3928/1081597X-20150820-01. – Text : electronic // *Journal of refractive surgery*. – 2015.– Vol. 31, iss.9. – P. 574–578.
34. Femtosecond laser-assisted astigmatic keratotomy in naturally occurring high astigmatism / A. Abbey, T. Ide, G. D. Kymionis, S. H. Yoo. – DOI 10.1136/bjo.2008.149971.– Text : electronic // *Br. J. Ophthalmol.* – 2009. – Vol. 93, № 12. – P. 1566–1569.
35. Femtosecond laser-assisted intrastromal arcuate keratotomy to reduce corneal astigmatism / T. Rückl, A. K. Dexl, A. Bachernegg [et al.]. – DOI 10.1016/j.jcrs.2012.10.043. – Text : electronic // *J. Cataract. Refract. Surg.* – 2013. – Vol. 39, № 4. – P. 528–538.
36. Ferrer-Blasco, T. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery / T. Ferrer-Blasco, R. Montes-Mico, S. C. Peixoto-de-Matos [et al.]. – DOI 10.1016/j.jcrs.2008.09.027. – Text : electronic // *J. Cataract. Refract. Surg.* – 2009. – Vol. 35, № 1. – P. 70–75.
37. Genes and environment in refractive error: the twin eye study / G. J. Hammond, H. Sneider, C. E. Gilbert, T. D. Spector. – Text : immediate // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 2001. – Vol. 42, № 6. – P. 1232–1236.
38. Genetic and environmental effects on oculometric traits / J. Teikari, J. J. O'Donnell, J. Kaprio, M. Koskenvuo. – DOI 10.1097/00006324-198909000-00005. – Text : electronic // *Optom. Vis. Sci.* – Vol. 66, № 9. – P. 594–599.

39. Global and regional estimates of prevalence of refractive errors: Systematic review and meta-analysis / H. Hashemi, A. Fotouhi, A. Yekta [et al.]. – DOI 10.1016/j.joco.2017.08.009. – Text : electronic // J. Curr. Ophthalmol. – 2018. – Vol. 30, № 1. – P. 3–22.
40. Hardten, D. R. Surgical correction of refractive errors after penetrating keratoplasty / D. R. Hardten, R. L. Lindstrom. – DOI 10.1097/00004397-199703710-00003. – Text : electronic // Int. Ophthalmol. Clin. – 1997. – Vol. 37, № 1. – P. 1–35.
41. Harissi-Dagher, M. Femtosecond laser astigmatic keratotomy for postkeratoplasty astigmatism / M. Harissi-Dagher, D. T. Azar. – DOI 10.3129/i08-043. – Text : electronic // Can. J. Ophthalmol. – 2008. – Vol. 43, № 3. – P. 367–369.
42. Hayashi K. et al. Effect of astigmatism on visual acuity in eyes with a diffractive multifocal intraocular lens // Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 2010. – Vol. 36, № 8. – P. 1323-1329.
43. Hayashi K. et al. Effect of refractive astigmatism on all-distance visual acuity in eyes with a trifocal intraocular lens // American journal of ophthalmology. – 2021. – Vol. 221. – P. 279-286.
44. Ho, J. D. Accuracy of corneal astigmatism estimation by neglecting the posterior corneal surface measurement / J. D. Ho, C. Y. Tsai, S. W. Liou. – DOI 10.1016/j.ajo.2008.12.020. – Text : electronic // Am. J. Ophthalmol. – 2009. – Vol. 147, № 5. – P. 788–795.
45. Hurmeric, V. Femtosecond-assisted astigmatic keratotomy enabling precise and predictable corneal incisions / V. Hurmeric, S. H. Yoo. – Text : immediate // Cataract. Refract. Surg. Today Europe . – 2010. – № 10. – P. 30–33.
46. Hussain, M. Limbal Relaxing Incision during Phacoemulsification for the Correction of Astigmatism / M. Hussain, M. M. Quraishy. – Text : immediate // Pak. J. Ophthalmol. – 2015. – Vol. 31, № 2. – P. 77–82.
47. Hyperopic shift in refraction associated with implantation of the singlepiece Collamer intraocular lens / D. R. Sanders, R. W. Higginbotham, I. E. Opatowsky, J. Confino. – DOI 10.1016/j.jcrs.2006.07.030. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 2006. – Vol. 32, № 12. – P. 2110–2112.
48. Impact of corneal aberrations on through-focus image quality of presbyopia-correcting intraocular lenses using an adaptive optics bench system/ L. Zheleznyak, M. J. Kim, S. MacRae, G. Yoon. – DOI 10.1016/j.jcrs.2012.05.032. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 2012. – Vol. 38, № 10. – P. 1724–1733.

49. Incidence and outcomes of repositioning surgery to correct misalignment of toric intraocular lenses / T. Oshika, M. Inamura, Y. Inoue [et al.]. – DOI 10.1016/j.ophtha.2017.07.004.– Text : electronic // *Ophthalmology*. – 2018. – Vol. 125, № 1. – P. 31–35.

50. Infectious keratitis 355 after astigmatic keratotomy in penetrating keratoplasty; review of 356 three cases / S. D. Adrean, R. Cochrane, C. D. Reilly, M. J. Mannis. – DOI 10.1097/01.ico.0000151552.70982.6e. – Text : electronic // *Cornea*. – 2005. – Vol. 24, № 5. – P. 626–628.

51. Influence of amount and changes in axis of astigmatism on retinal image quality / J. Pujol, M. Arjona, J. Arasa, V. Badia. – Text : immediate // *J. Opt. Soc. Am. A Opt. Image Sci.* – 1998. – Vis. 15. – P. 2514–2521.

52. Influence of simple myopic against-the-rule and with-the-rule astigmatism on visual acuity in eyes with monofocal intraocular lenses / T. Yamamoto, T. Hiraoka, S. Beheregaray, T. Oshika. – DOI 10.1007/s10384-014-0337-1. – Text : electronic // *Jpn. J. Ophthalmol.* – 2014. – Vol. 58, iss. 5. – P.409–414.

53. Inheritance of astigmatism: evidence for a major autosomal dominant locus / M. Clementi, M. Angi, P. Forabosco [et al.]. – DOI 10.1086/302014.– Text : electronic // *Am. J. Hum. Genet.* – 1998. – Vol. 63, № 3. – P. 825–830.

54. Inoue, Y. Axis misalignment of toric intraocular lens: placement error and postoperative rotation / Y. Inoue, H. Takehara, T. Oshika. – DOI 10.1016/j.ophtha.2017.05.025. – Text : electronic // *Ophthalmology*. – 2017. – Vol. 124, № 6. – P. 1424–1425.

55. IntraLase-enabled astigmatic keratotomy for post-keratoplasty astigmatism: on-axis vector analysis/ N. L. Kumar, I. Kaiserman, R. Shehadeh-Mashor [et al.]. – DOI 10.1016/j.ophtha.2009.10.041. – Text : electronic // *Ophthalmology*. – 2010. – Vol. 117, № 6. – P. 1228–1235.

56. IntraLase-enabled astigmatic keratotomy for postkeratoplasty astigmatism / I. Bahar, E. Levinger, I. Kaiserman [et al.]. – DOI 10.1016/j.ajo.2008.07.004. – Text : electronic // *Am. J. Ophthalmol.* – 2008. – Vol. 146, № 6. – P. 897–904.

57. IntraLase-enabled astigmatic keratotomy for postkeratoplasty astigmatism / I. Bahar, E. Levinger, I. Kaiserman [et al.]. – DOI 10.1016/j.ajo.2008.07.004. – Text : electronic // *Am. J. Ophthalmol.* – 2008. – Vol. 146, № 6. – P. 897–904.

58. Jaffe, N. S. The pathophysiology of corneal astigmatism after cataract extraction / N. S. Jaffe, H. M. Clayman. – Text : immediate // *Trans. Am. Acad. Ophthalmol. Otolaryngol.* – 1975. – Vol. 79. – P. 615–630.

59. Limbal relaxing incision to correct corneal astigmatism during phacoemulsification / M. J. Carvelho, S. H. Suzuki, L. L. Freitas [et al.]. – Text : immediate // *J. Refract. Surg.* – 2007. – Vol. 23, № 5. – P. 499–504.
60. Limbal relaxing incisions to correct astigmatism in clear corneal cataract surgery / K. Muller-Jensen, P. Fischer, U. Siepe [et al.]. – Text : immediate // *J. Refract. Surg.* – 1999. – Vol. 15, № 5. – P. 586–589.
61. Lindstrom, R. L. Cataract surgery and astigmatic keratotomy / R. L. Lindstrom, P. J. Agapitos, D. D. Koch. – DOI 10.1097/00004397-199403420-00011. – Text : electronic // *Int. Ophthalmol. Clin.* – 1994 Spring. – Vol. 34, № 2. – P. 145–164.
62. Liu, T. Compensation of corneal oblique astigmatism by internal optics: a theoretical analysis / T. Liu, L. N. Thibos. – DOI 10.1111/opo.12364. – Text : electronic // *Ophthalmic. Physiol. Opt.* – 2017. – Vol. 37, № 3. – P. 305–316.
63. Maloney, W. F. Astigmatic keratotomy to correct preexisting astigmatism in cataract patients / W. F. Maloney, D. R. Sanders, D. E. Pearcy. – DOI 10.1016/s0886-3350(13)80698-0. – Text : electronic // *J. Cataract. Refract. Surg.* – 1990. – Vol. 16, № 3. – P. 297–304.
64. Mamalis, N. Noninfectious Inflammation in cataract surgery / N. Mamalis, S. R. Fuller // Pleyer, U. Immune modulation and anti-inflammatory therapy in ocular disorders / U. Pleyer, J. Alió, T. Barisani-Asenbauer [et al.] (eds). – Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. – DOI 10.1007/978-3-642-54350-0_4. – Text : electronic.
65. Management of postkeratoplasty astigmatism by paired arcuate incisions with compression sutures / U. Fares, A. A. Mokashi, M. A. Al-Aqaba [et al.]. – DOI 10.1136/bjophthalmol-2012-302128. – Text : electronic // *Br. J. Ophthalmol.* – 2013. – Vol. 97, № 4. – P. 438–443.
66. Mechanized astigmatic 352 arcuate keratotomy with the Hanna arcitome for astigmatism after 353 keratoplasty / L. Hoffart, O. Touzeau, V. Borderie, L. Laroche. – DOI 10.1016/j.jcrs.2007.01.031. – Text : electronic // *J. Cataract. Refract. Surg.* – 2007. – Vol. 33, № 5. – P. 862–868.
67. Mihaltz, K. Internal aberration and optical quality after femtosecond laser anterior capsulotomy in cataract surgery / K. Mihaltz, M. C. Knorz, J. L. Alio et al. // *J. Refract. Surg.* – 2011. – Vol. 27. – P. 711–716.
68. Miller, A. D. Effect of small focal errors on vision / A. D. Miller, M. J. Kris, A. C. Griffiths. – DOI 10.1097/00006324-199707000-00020. – Text : electronic // *Optom. Vis. Sci.* – 1997. – Vol. 74, № 7. – P. 521–526.

69. Mohammadi, S. F. Posterior corneal astigmatism: a review article / S. F. Mohammadi, M. Khorrami-Nejad, M. Hamidirad. – DOI 10.2147/OPTO.S210721. – Text : electronic // Clin. Optom. (Auckl). – 2019. – Vol. 11. – P. 85–96.
70. Ophthalmic physiol opt 1999 sep;19(5):415-26.effects of defocus and pupil size on human contrast sensitivity. n c strang 1, d a atchison, r l woods af-filiations expand. pmid: 10768022
71. Packer Mark. Image-guided Femtosecond Laser Capsular Marks for Toric Intraocular Lens Alignment—The Refractive Capsulorhexis / Mark Packer. – Text : electronic // Touch Ophthalmology. – 2019. – №12(2). – P. 60–64. – URL: <https://www.touchophthalmology.com/cataract-surgery/journal-articles/image-guided-femtosecond-laser-capsular-marks-for-toric-intraocular-lens-alignment-the-refractive-capsulorhexis/>. – (дата обращения: 28.03.2022).
72. Paired actuate keratotomy: a surgical approach to mixed and myopic astigmatism / R. J. Duffy, V. N. Jain, H. Than [et al.]. – DOI 10.1001/archophth.1988.01060140286043. – Text : electronic // Arch. Ophthalmol. – 1988. – Vol. 106, № 8. – P. 1130–1135.
73. Pascolini, D. Global estimates of visual impairment: 2010 / D. Pascolini, S. P Mariotti // Br. J. Ophthalmol. – 2011. – № 3. – P. 134–144.
74. Pineda, R. Arcuate keratotomy: an option for astigmatism correction after laser in situ keratomileusis / R. Pineda, V. Jain. – DOI 10.1097/ICO.0b013e31819db422. – Text : electronic // Cornea. – 2009. – Vol. 28, № 10. – P. 1178–1180.
75. Pineda, R. Arcuate keratotomy: an option for astigmatism correction after laser in situ keratomileusis / R. Pineda, V. Jain. – DOI 10.1097/ICO.0b013e31819db422. – Text : electronic // Cornea. – 2009. – Vol. 28, № 10. – P. 1178–1180.
76. Posterior corneal astigmatism modifications after cataract surgery and its role on total corneal astigmatism / D. Silva, M. Mota, C. Pedrosa [et al.]. – DOI 10.21037/aes.2018.07.01. – Text : electronic // Ann. Eye Sci. – 2018. – Vol. 3, № 7. – P. 40.
77. Power vector analysis of refractive, corneal, and internal astigmatism in an elderly Chinese population: the Shihpai Eye Study / Y. C. Liu, P. Chou, R. Wojciechowski [et al.]. – DOI 10.1167/iovs.11-7641. – Text : electronic // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2011. – Vol. 52, № 13. – P. 9651–9657.
78. Prediction of distance visual acuity in presbyopic astigmatic subjects / R. Hoshikawa, K. Kamiya, F. Fujimura, N. Shoji. – DOI 10.1038/s41598-021-85313-3. – Text : electronic // Scientific Reports. – 2021. – Vol. 11, iss.1.

79. Quality of images with toric intraocular lenses / D. Tognetto, A. A. Perrotta, F. Bauci [et al.]. – DOI 10.1016/j.jcrs.2017.10.053. – Text : electronic // Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 2018. – Vol. 44, № 3. – P. 376-381.

80. Randomized controlled clinical trial to evaluate different intraocular lenses for the surgical compensation of low to moderate-to-high regular corneal astigmatism during cataract surgery / M. Emesz, A. K. Dexl, E. M. Krall [et al.]. – DOI 10.1016/j.jcrs.2015.07.036. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 2015. – Vol. 41, № 12. – P. 2683–2694.

81. Reduction of astigmatism by arcuate incisions using the femtosecond laser after corneal transplantation / L. Kiraly, C. Herrmann, M. Amm, G. Duncker. – DOI 10.1055/s-2008-1027126. – Text : electronic // Klin. Monatsbl. Augenheilkd. – 2008. – Vol. 225, № 1. – P. 70–74.

82. Refractive outcomes after limbal relaxing incisions or femtosecond laser arcuate keratotomy to manage corneal astigmatism at the time of cataract surgery / H. W. Roberts, V. K. Wagh, D. L. Sullivan [et al.]. – DOI 10.1016/j.jcrs.2018.05.027. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 2018. – Vol. 44, № 8. – P. 955–963.

83. Refractive outcomes after limbal relaxing incisions or femtosecond laser arcuate keratotomy to manage corneal astigmatism at the time of cataract surgery/ H. W. Roberts, V. K. Wagh, D. L. Sullivan [et al.]. – DOI 10.1016/j.jcrs.2018.05.027. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 2018. – Vol. 44, № 8. – P. 955–963.

84. Relation between uncorrected astigmatism and visual acuity in pseudophakia / A. Singh, P. Veerendranath, P. Garg, R. Bharadwaj. – Doi:10.1097/OPX.0b013e318288afb5. – Text : electronic // Optom Vis Sci. – 2013. – Vol. 90, № 4. – P. 378–384.

85. Rotational stability of the AcrySof SA60TT toric intraocular lenses: a cohort study / B. Zuberbuhler, T. Signer, R. Gale, E. Haefliger. – DOI 10.1186/1471-2415-8-8. – Text : electronic // BMC Ophthalmol. – 2008. – Vol. 8. – P. 8.

86. Safety and efficacy of femtosecond laser-assisted arcuate keratotomy to treat irregular astigmatism after penetrating keratoplasty / A. Fadlallah, C. Mehanna, J. J. Saragoussi [et al.]. – DOI 10.1016/j.jcrs.2014.08.046. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 2015. – Vol. 41, № 6. – P. 1168–1175.

87. Sato, T. Posterior incision of cornea; surgical treatment for conical cornea and astigmatism / T. Sato. – DOI 10.1016/0002-9394(50)91613-8. – Text : electronic // Am. J. Ophthalmol. – 1950. – Vol. 33, № 6. – P. 943–948.

88. Shimizu, K. Toric intraocular lenses: Correcting astigmatism while controlling axis shift / K. Shimizu, A. Misawa, Y. Suzuki. – DOI 10.1016/s0886-3350(13)80232-5. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 1994. – Vol. 20, № 5. – P. 523–526.

89. Silva, D. Posterior corneal astigmatism modifications after cataract surgery and its role on total corneal astigmatism / D. Silva, M. Mota, C. Pedrosa [et al.]. – DOI 10.21037/aes.2018.07.01. – Text : electronic // Ann. Eye Sci. – 2018. – Vol. 3, № 7. – P. 40

90. Statham, M. Comparison of the AcrySof SA60 spherical intraocular lens and the AcrySofToric SN60T3 intraocular lens outcomes in patients with low amounts of corneal astigmatism / M. Statham, A. Apel, D. Stephensen. – DOI 10.1111/j.1442-9071.2009.02154.x. – Text : electronic // Clin. Exp. Ophthalmol. – 2009. – Vol. 37, № 8. – P. 775–779.

91. Strenn, K. Capsular bag shrinkage after implantation of an open-loop silicone lens and a poly (methyl methacrylate) capsule tension ring / K. Strenn, R. Menapace, C. Vass. – DOI 10.1016/s0886-3350(97)80027-2. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 1997. – Vol. 23, № 10. – P. 1543–1547.

92. Surgical management of astigmatism with toric intraocular lenses / B. V. Ventura, L. Wang, M. P. Weikert [et al.]. – DOI 10.5935/0004-2749.20140032. – Text : electronic // Arq. Bras. Oftalmol. – 2014. – Vol. 77, № 2. – P. 125–131.

93. The effect of astigmatism axis on visual acuity // M. Mimouni, A. Nemet, R. Pokroy [et al.]. – DOI 10.5301/ejo.5000890. – Text : electronic // Eur. J. Ophthalmol. – 2017. – Vol. 27, iss.3. – P. 308–311.

94. The prevalence of astigmatism and its determinants in a rural population of Iran: the “Nooravaran Salamat” mobile eye clinic experience / H. Hashemi, F. Rezvan, A. A. Yekta [et al.]. – DOI 10.4103/0974-9233.129772. – Text : electronic // Middle. East. Afr. J. Ophthalmol. – 2014. – Vol. 21, № 2. – P. 175–181.

95. Thornton, S. P. Astigmatic keratotomy: a review of basic concepts with case reports / S. P. Thornton. – DOI 10.1016/s0886-3350(13)80795-x. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 1990. – Vol. 16, № 4. – P. 430–435.

96. Toric intraocular lenses in the correction of astigmatism during cataract surgery: a systematic review and meta-analysis / L. Kessel, J. Andresen, B. Tendal [et al.]. – DOI 10.1016/j.ophtha.2015.10.002. – Text : electronic // Ophthalmology. – 2016. – Vol. 123, № 2. – P. 275–286.

97. Trindade, F. Benefit of against-the-rule astigmatism to uncorrected near acuity / F. Trindade, A. Oliveira, M. Frasson. – Text : immediate // J Cataract Refract Surg. – 1997. – №23. – P. 82–85.

98. Tseng, S. S. Calculation the optimal rotation of a misaligned toric intraocular lens / S. S. Tseng, J. K. Ma. – DOI 10.1016/j.jcrs.2008.05.057. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 2008. – Vol. 34, № 10. – P. 1767–1772.

99. Uday Devgan, MD Aspheric IOLs improve image quality for patients Ocular surgery news April 01, 2006 George H.H. Beiko, BM, BCh, FRCSC Understanding Corneal Asphericity and IOLs PUBLISHED 18 NOVEMBER 2008 Review of ophthalmology)

100. Varssano, D. Etiology and clinical presentation of astigmatism. DOI 10.5772/18338. – Text : electronic / D. Varssano; ed. M. Goggin // Astigmatism - Optics, Physiology and Management. – London: Intechopen, 2012. – P. 15–32.

101. Venkataraman. Visual outcome and rotational stability of open loop toric intraocular lens implantation in Indian eyes / Venkataraman, Arvind; Kalpana. – DOI 10.4103/0301-4738.123142. – Text : electronic // Indian Journal of Ophthalmology. – 2013. – Vol. 61, iss.11. – P. 626–629.

102. Visser, N. Toric intraocular lenses: historical overview, patient selection, IOL calculation, surgical techniques, clinical outcomes, and complications / N. Visser, N. J. Bauer, R. M. Nuijts. – DOI 10.1016/j.jcrs.2013.02.020. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 2013. – Vol. 39, № 4. – P. 624–637.

103. Visser, N. Toric intraocular lenses: historical overview, patient selection, IOL calculation, surgical techniques, clinical outcomes, and complications / N. Visser, N. J. Bauer, R. M. Nuijts. – DOI 10.1016/j.jcrs.2013.02.020. – Text : electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 2013. – Vol. 39, № 4. – P. 624–637.

104. Visual acuity under combined astigmatism and coma: optical and neural adaptation effects / P. de Gracia, C. Doronsoro, G. Marin [et al.]. – DOI 10.1167/11.2.5. – Text : electronic // J Vis. – 2011. – Vol. 11, №2. –P. 1–11.

105. Visual acuity with computer simulated and lens-induced astigmatism / L. Remón, J. Benlloch, A. Pons [et al.]. – DOI 10.5277/oa140403. – Text : electronic // Opt Appl. – 2014. – Vol 44, №4. – P. 521–531.

106. Waddell, K. Spherical Refraction for General Eye workers / K. Waddell. -Text : immediate // Community. Eye. Health. – 2000. – Vol. 13, № 33. – P. 6–7.

107. What are the visual benefits of eyelid squinting? / Sheedy, James E.; Truong, Susan D.; Hayes and John R. – DOI 10.1097/00006324-200311000-

00009. – Text : electronic // *Optom. Vis. Sci.* – 2003. – Vol.80, iss. 11. – P. 740 – 744.

108. Xiang, W. Ocular Cyclorotation and Corneal Axial Misalignment in Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery / W. Xiang, W. Chen, R. Liu [et al.]. – DOI 10.1080/02713683.2019.1638943. – Text : electronic // *Curr. Eye Res.* – 2019. – Vol. 44, № 12. – P. 1313–1318.

109. Yae, Y. A. New Method for Calculating Residual Astigmatism Produced by Toric Intraocular Lens Rotation / Y. Yae, T. Kubota. – Text : immediate // *Ophthalmology Research: An International Journal.* – 2014. – Vol. 2, № 6. – P. 368–377.

110. Анисимова, С. Ю. Эффективность фемтолазерного сопровождения факоэмульсификации осложненных катаракт / С. И. Анисимов, И. В. Новак, К. М. Авсинеева [и др.]. – Текст : непосредственный // *Вестник офтальмологии.* – 2016. – Т. 132, № 1. – С. 57–62.

111. Глазные болезни: учебник / под ред. В. Г. Копаевой. – М.: Медицина, 2012. – 560 с. – Текст : непосредственный.

112. Гусев, Ю. А. Эффективность интраокулярной коррекции астигматизма у пациентов с катарактой после перенесенной ранее радиальной кератотомии / Ю. А. Гусев, Л. В. Жежелева. – Текст: непосредственный // *Современные технологии в офтальмологии.* – 2015. – Т. 8, № 4. – С. 36–38.

113. Ильинская, И. А. Клинические аспекты интраокулярной коррекции астигматизма : специальность 14.01.07 «Глазные болезни» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Ильинская Ирина Анатольевна; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Институт повышения квалификации Федерального медико-биологического агентства». – Москва, 2014. – 24 с. – Место защиты: ФГБОУ ДПО ИПК ФМБА. – Текст: непосредственный.

114. Колесников, А. В. Торические ИОЛ Acrysof® Torik® – эффективность одноэтапной хирургии катаракты и роговичного астигматизма / А. В. Колесников, О. В. Шевякова // *Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии: сб. науч. статей.* – М., 2012. – С. 84. – Текст : непосредственный.

115. Коррекция остаточной аметропии после факоэмульсификации катаракты. Кераторефракционные подходы / К. Б. Першин, Н. Ф. Пашинова, А. Ю. Цыганков [и др.]. – Текст: непосредственный // *Офтальмология.* – 2017. – Т. 14, № 1. – С. 18–26.

116. Костенев, С. В. Фемтосекундная лазерная хирургия: Принципы и применение в офтальмологии / С. В. Костенев, К. В. Черных. – Новосибирск : Наука, 2012. – 142 с. – Текст : непосредственный.

117. Куликов, И. В. Сравнительный анализ рефракционных данных, аббераций высшего порядка и зрительных функций после стандартной факоэмульсификации и факоэмульсификации с фемтолазерным сопровождением / И. В. Куликов, Н. П. Паштаев. – Текст : непосредственный // Современные технологии в офтальмологии. – 2016. – Т. 12, № 4. – С. 125–127.

118. Куликова, И. Л. Кераторефракционная лазерная хирургия в реабилитации детей и подростков с гиперметропической рефракцией / И. Л. Куликова, Н. П. Паштаев. – М. : Офтальмология, 2012. – 236 с. – Текст : непосредственный.

119. Люткевич, В. Г. Биоптика в комплексе средств коррекции аномалий рефракции / В. Г. Люткевич, Л. П. Алехина. – Текст : непосредственный // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19, № 2. – С. 330–331.

120. Пензева, К. В. Анализ толщины сетчатки после выполнения первичного заднего капсулорексиса / К. В. Пензева, Ю. В. Тахтаев. – Текст : непосредственный // Катарактальная и рефракционная хирургия. – 2012. – Т. 12, № 2. – С. 17–20.

121. Психофизиологические методы исследования психических функций человека: учебно-методическое пособие. – Казань, 2015. – 115 с. – Текст : непосредственный.

122. Радзиховский, Б. Л. Астигматизм человеческого глаза / Б. Л. Радзиховский. – М.: Медицина, 1969. – 196 с. – Текст : непосредственный.

123. Результаты аркуатной кератотомии, выполненной с помощью низкоэнергетической фемтолазерной системы при роговичном астигматизме слабой и средней степени / L. Schwarzenbacher, D. Schartmuller, V. Roggla [et al.]. – Text : electronic // Новое в офтальмологии. – 2021. – №2. – URL: <https://eyepress.ru/sbornik.aspx?11094>. (дата обращения 28.03.2022).

124. Сеницын, М. В. Клинико-экспериментальная оценка эффективности интрастромальной имплантации колец Myoring по оптимизированной технологии в реабилитации пациентов с кератоконусом: специальность 14.01.07 «Глазные болезни»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Сеницын Максим Владимирович ; Чебоксарский филиал ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза»

им. акад. С. Н. Федорова. – Москва, 2017. – 24 с. – Место защиты: ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова. – Текст : непосредственный.

125. Сеницын, М. В. Отдаленные клинические-функциональные результаты оптимизированной технологии имплантации интрастромальных колец MyoRing с применением фемтосекундного лазера у пациентов с кератоконусом / М. В. Сеницын, Н. А. Поздеева. – Текст : непосредственный // Восток-Запад. Точка зрения. – 2017. – № 1. – С. 47–50.

126. Стройко, М. С. Фемтосекундная астигматическая кератотомия в сочетании с топографически ориентированной фоторефрактивной кератэктомией для коррекции роговичного астигматизма у пациентов с тонкой роговицей : специальность 14.01.07 «Глазные болезни»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Стройко Милла Сергеевна ; ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова». – Москва, 2018. – 24 с. – Место защиты : ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова». – Текст : непосредственный.

127. Стройко, М.С. Коррекция роговичного астигматизма у пациентов с тонкой роговицей с помощью усовершенствованной сочетанной технологии / М. С. Стройко, С. В. Костенев, А. Л. Пахомова. – Текст : непосредственный // Офтальмология. – 2018. – Т. 15, № 2S. – С. 166–173.

128. Темиров, Н. Э. Новый способ разметки горизонтальной оси глаза перед имплантацией торической ИОЛ с помощью горизонтально стабилизированного Nd:YAG-лазера / Н. Э. Темиров, П. Б. Вакарев // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. – 2013. – URL:<https://eyepress.ru/article.aspx?13619> (дата обращения: 25.03.2022).

129. Трубилин, В. Н. Интраокулярная коррекция роговичного астигматизма в процессе хирургического лечения катаракты. Обзор / В. Н. Трубилин, И. А. Ильинская, А. В. Трубилин. – Текст : непосредственный // Катарактальная и рефракционная хирургия. – 2014.–Т. 14, №3. – С. 4–10.

130. Федяшев, Г. А. Способ повышения ротационной стабильности торических интраокулярных линз / Г. А. Федяшев. – Текст : непосредственный // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2015. – Т. 61, № 3. – С. 26–28.

131. Фролычев, И. А. Послеоперационный эндофтальмит. Обзор литературы / И. А. Фролычев, Н. А. Поздеева. – Текст : непосредственный // Практическая медицина. – 2017. – Т. 110, № 110. – С. 192–195.

132. Хирургическое лечение астигматизма после сквозной кератопластики (предварительные результаты) / З. И. Мороз, Ю. Ю. Калинин, С. Л. Легких [и др.]. – Текст : непосредственный // Новое в офтальмологии. – 2013. – № 2. – С. 28–30.

133. Хрипун, К. В. Лимбальные послабляющие разрезы как способ докоррекции остаточного астигматизма при имплантации мультифокальной торической ИОЛ Acrysof IQ Restor Toric при высоких степенях астигматизма / К. В. Хрипун, С. Ю. Астахов, Я. С. Коненкова. – Текст : непосредственный // Офтальмологические ведомости. – 2012. – Т. 5, № 4. – С. 66–70.

134. Хрипун, К.В. коррекция астигматизма при высоких степенях гиперметропии – какой способ выбрать?/ К.В. Хрипун, С. Ю. Астахов// Офтальмол. ведомости. – 2014. – Т. 7, № 2. – С. 9-12.

135. Хрипун, К. В. Хирургическая коррекция астигматизма во время и после экстракции катаракты: специальность 14.01.07 «Глазные болезни» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Хрипун Кирилл Владимирович ; ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова». – Москва, 2016. – 22 с. – Место защиты: Моск. науч.-исслед. ин-т глаз. болезней им. Гельмгольца. – Текст : непосредственный.

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ЭТИОПАТОГЕНЕЗ АСТИГМАТИЗМА	8
1.1. Этиология, эпидемиология и классификация астигматизма.....	8
1.2. Астигматизм задней поверхности роговицы	11
1.3. Факторы, влияющие на некорригированную остроту зрения.....	12
Вопросы и задания для самоконтроля	17
ГЛАВА 2. МЕТОДЫ КОРРЕКЦИИ АСТИГМАТИЗМА	19
2.1. Методы хирургической коррекции астигматизма в ходе хирургии катаракты	19
2.2. Торические интраокулярные линзы в коррекции астигматизма.....	19
2.2.1. Факторы, влияющие на ротацию торических интраокулярных линз	22
2.2.2. Методы интраоперационной маркировки при имплантации торической интраокулярной линзы.....	24
2.3. Циклоторсия в коррекции астигматизма у пациентов с катарактой ...	32
Вопросы и задания для самоконтроля	35
2.4. Астигматическая кератотомия.....	37
2.4.1. Лимбальные послабляющие разрезы	37
2.4.2. Фемтолазерная аркуатная кератотомия в ходе хирургии катаракты	39
2.4.3. Расчет параметров аркуатной кератотомии	41
2.4.4. Хирургическая техника проведения фемтолазерной аркуатной кератотомии в ходе хирургии катаракты.....	44
2.5. Методы коррекции астигматизма	47
Вопросы и задания для самоконтроля	49
Ответы к вопросам и заданиям для самоконтроля	51
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	52

Учебное издание

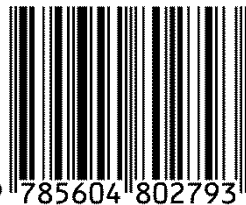
КУЛИКОВА Ирина Леонидовна,
ТИМОФЕЕВА Нина Сергеевна,
ПОЗДЕЕВА Надежда Александровна

**КОРРЕКЦИЯ АСТИГМАТИЗМА
В ХОДЕ ХИРУРГИИ КАТАРАКТЫ**

Учебное пособие

Отв. за выпуск О.М. Садовникова

ISBN 978-5-6048027-9-3



9 785604 802793

Подписано в печать 27.04.2023.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Печать оперативная.
Усл.-печ. л. 3,95. Тираж 100 экз. Заказ № 9

ГАУ ДПО «Институт усовершенствования врачей»
Минздрава Чувашии
428018, г. Чебоксары, ул. М. Сеспеля, д. 27

Чебоксарский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК
«Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова»
428028, г. Чебоксары, пр. Тракторостроителей, д. 10