

Ю.И. РОЖКО, И.А. ГЛУШНЁВ, А.А. РОЖКО

**МУЛЬТИФОКАЛЬНАЯ,
С РАСШИРЕННОЙ ГЛУБИНОЙ
ФОКУСА И МОНОВИЗУАЛЬНАЯ
ИНТРАОКУЛЯРНАЯ КОРРЕКЦИЯ**



МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ И ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА»

Ю.И. РОЖКО, И.А. ГЛУШНЁВ, А.А. РОЖКО

**МУЛЬТИФОКАЛЬНАЯ,
С РАСШИРЕННОЙ ГЛУБИНОЙ
ФОКУСА И МОНОВИЗУАЛЬНАЯ
ИНТРАОКУЛЯРНАЯ КОРРЕКЦИЯ**

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВРАЧЕЙ

ГОМЕЛЬ

617.753.3:617741-089.87

Рекомендовано в качестве практического пособия решением ученого совета ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека» №7 от 28.06.2022 года.

Составители:

Ю.И. Рожко, врач-офтальмолог высшей квалификационной категории офтальмологического отделения (микрохирургии глаза) ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», кандидат медицинских наук, доцент;

И.А. Глушнёв, врач-офтальмолог высшей квалификационной категории, клинический ординатор;

А.А. Рожко, врач-офтальмолог первой квалификационной категории, КУП «Поликлиника №7».

Рецензенты:

Н.К. Королькова, заведующий кафедрой офтальмологии УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», кандидат медицинских наук, доцент, высшая квалификационная категория;

Л.В. Дравица, заведующий курсом офтальмологии кафедры оториноларингологии с курсом офтальмологии УО «Гомельский государственный медицинский университет», кандидат медицинских наук, доцент, высшая квалификационная категория.

Рожко, Ю.И.

Мультифокальная, с расширенной глубиной фокуса и моновизуальная интраокулярная коррекция: практическое пособие для врачей / Ю.И. Рожко, И.А. Глушнёв, А.А. Рожко. – Гомель: ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», 2022. – с. 44.

Практическое пособие включает обобщенные данные о видах интраокулярных линз, принципах монозрения и мультифокальной коррекции пресбиопии в практике офтальмохирурга.

Пособие предназначено для врачей-офтальмологов поликлиник и консультантов глазных кабинетов, студентов медицинских вузов, врачей, проходящих обучение в интернатуре, клинической ординатуре на кафедрах офтальмологии медицинских вузов, а также врачей общей практики.

Конфликт интересов отсутствует.

© Рожко Ю.И.
© Оформление Глазов А.Е.

ВВЕДЕНИЕ

Массовое внедрение в повседневную жизнь компьютеров и других гаджетов, включая смартфоны и планшеты, изменило зрительные предпочтения у пациентов в возрасте от 40 лет с пресбиопией и катарактой в последние десятилетия. Помимо этого, увеличение средней продолжительности активной жизни диктует необходимость снижения очковой зависимости и высокого зрения на всех расстояниях у данной категории пациентов. С развитием культуры, науки и медицины во всем мире наметилась тенденция роста продолжительности жизни (более 75 лет, по данным ВОЗ). Все больше людей в возрасте 60 и старше лет ведут активный образ жизни, в том числе, продолжая трудовую активность, что диктует необходимость обеспечения их современными, удобными и эффективными методами коррекции пресбиопии.

Все больше людей разных возрастных групп обращаются к врачам для хирургического лечения катаракты, в том числе, больше становится востребованной интраокулярная коррекция у пациентов среднего возраста (45-59 лет) с пресбиопическими жалобами, которые желают освободиться от очков.

Потребности пациентов индивидуальны и могут быть такими, как зрение, позволяющее хорошо видеть и обходиться без элементов дополнительной коррекции на близком (33-50 см) и дальнем расстояниях (4 и более метров), так и зрение, позволяющее видеть на всем удалении от пациента.

Для удовлетворения возрастающих нужд населения и получения высокой остроты зрения на ближнем, дальнем и промежуточном расстояниях были внедрены принципы моновидения и полифокальной интраокулярной коррекции. Мы переживаем взрыв новых технологий, еще 20 лет назад у пациентов было только два варианта: монофокальная и мультифокальная линза. В дополнение к этому современные пациенты могут выбрать хрусталики монофокальные плюс, с расширенной глубиной резкости, расширенным диапазоном зрения, бифокальные (дифракционные и рефракционные), трифокальные и

аккомодирующие, и это лишь некоторые из них. Сложилось, что линзы с расширенной глубиной фокуса и расширенным диапазоном зрения иногда тоже называют мультифокальными, вместе с тем, у каждого такого искусственного хрусталика немного другая концепция со своим набором преимуществ, ограничений и недостатков. Целью данного пособия является их описание для активного применения на практике.

Интраокулярная коррекция пресбиопии должна перейти в статус «золотого стандарта» из «премиум», быть рутинной.

ИСТОРИЯ ХИРУРГИИ КАТАРАКТЫ И ИНТРАОКУЛЯРНОЙ КОРРЕКЦИИ ПРЕСБИОПИИ

История хирургии катаракты насчитывает несколько тысячелетий. Одним из первых вариантов ее лечения являлась реклинация – смещение мутного, блокирующего свет хрусталика в стекловидное тело, что частично восстанавливало функции светопроведения и светопреломления. Впервые методика была описана в Древней Индии около 2,5 тысячи лет назад.

В 1748 году французский хирург Жак Давиэль предложил не смещать, а удалять помутневший хрусталик. А спустя еще два века – в 1949 году – британский офтальмохирург Гарольд Ридли заметил, что попавшие внутрь глаза осколки кабины самолета из оргстекла могут долгое время оставаться интактными, не вызывая никаких воспалительных реакций, далее им имплантирована первая в мире интраокулярная линза (ИОЛ). Это событие стало началом революционных изменений в хирургическом лечении катаракты.

В настоящий момент жесткие хрусталики все еще используются в офтальмохирургии в определенных ситуациях. Однако на сегодняшний день подавляющее большинство интраокулярных линз являются мягкими и гибкими, что позволяет имплантировать их в глаз через маленький разрез размером 1,8-2,2 мм, для герметизации которого не требуется наложение шва.

Для достижения независимости от очков после операции по удалению катаракты технически реализованы различные стратегии, в

том числе с использованием интраокулярных линз. Относительно старым способом коррекции пресбиопии является методика монозрения (*monovision*) с имплантацией монофокальных ИОЛ, целью которой является формирование анизометропии, где расчет преломляющей силы хрусталика на одном глазу производится на эмметропию, в другом – на миопию. Методика имеет ряд недостатков, таких как длительная нейроадаптация, сложность расчета ИОЛ, отсутствие бинокулярного зрения, что ограничивает ее применение.

Новые перспективы открылись с появлением ИОЛ, способных создавать несколько фокальных плоскостей на разных расстояниях от задней поверхности имплантированной линзы. Однако зональные рефракционные мультифокальные ИОЛ оказались зрачковозависимыми и весьма чувствительными к децентрации, а четко очерченные границы переходных зон усиливали аберрации. Дифракционные ИОЛ в силу конструктивных особенностей не так чувствительны к децентрации и в значительно меньшей степени зрачковозависимы, однако снижают устойчивость к ослеплению и контрастную чувствительность, особенно в условиях низкой освещенности. Проблема поиска новых моделей с улучшенными оптическими характеристиками с учетом недостатков существующих типов бифокальных и мультифокальных интраокулярных линз является чрезвычайно актуальной. Развитие технологий и науки приводит к непрерывному совершенствованию и улучшению создаваемых новых запатентованных механизмов, позволяющих пациентам иметь высокую остроту зрения на различных расстояниях.

Стандартная оптическая коррекция не удовлетворяет потребности современного контингента людей в силу их профессиональных и психологических особенностей. Очковая и контактная коррекция пресбиопии в ряде случаев обеспечивает относительную медико-социальную реабилитацию таких пациентов, но не решает полностью проблему адаптации человека к пресбиопии, как в клиническом, так и в профессиональном аспектах. Естественно, что при замене оптики мутного хрусталика на искусственный при удалении катаракты появляется возможность корректировать и пресбиопию.

В настоящий момент существует **три способа расширения фокусной зоны зрительной системы:**

- моновизуальная коррекция при двухсторонней астигматизации, когда один глаз корригируется для дали, другой – для близи (моновидение, monovision);
- бифокальная, трифокальная (мультифокальная) коррекция астигматизации, когда ИОЛ имеет сложную оптику с формированием нескольких фокусов;
- увеличение амплитуды аккомодации, когда в конструкции ИОЛ заложена возможность ее смещения относительно главной оптической плоскости глаза.

МОНОВИЗУАЛЬНАЯ КОРРЕКЦИЯ

Несмотря на то, что термин «monovision» достаточно прочно вошел в лексику зарубежной офтальмологической литературы, в нашей практике он, согласно идее Ю.З. Розенблюма, иногда звучит как «миопическая анизокоррекция».

В данной технологии необходимо определение так называемого **ведущего глаза**. Наличие ведущего глаза является проявлением феномена асимметрии зрительного анализатора и частным случаем функциональной полушарной асимметрии головного мозга. Установлена необходимость обязательной **коррекции ведущего глаза для дали**. Это связано с тем, что именно ведущий глаз первым включается в процесс оптической установки глаз, локализации объекта в пространстве и аккомодационной фокусировки на объекте, т.е. дает толчок к запуску механизма бинокулярного слияния. Анализ причин успехов и неудач при подборе моновизуальных линз показал, что в 95% успешной коррекции ведущий глаз был корригирован на эмметропию.

Следующий важный фактор связан с физиологией восприятия бинокулярного образа при индуцированной анизометропии.

Подобно механизму восприятия при содружественном косоглазии, формирующемуся по альтернирующему либо по монологатеральному типу, при анизометропии восприятие двух различных по четкости и контрастности образов может идти по трем различным вариантам, в

зависимости от степени диссоциирующего воздействия: **фузия**, **бинокулярная конкуренция** (или подавление одного из монокулярных образов) и **диплопия**.

Попадание зрительных импульсов внутрь зоны Панума (пределы, в которых возможно видение изображения без двоения) – успешная предпосылка фузии. При увеличении диссоциирующего воздействия или при превышении диспаратности размеров зоны Панума наблюдается бинокулярная конкуренция двух образов при подавлении одного из них. Механизм такого подавления может быть доминантным или альтернирующим. **Доминантный тип** сенсорного превалирования обуславливает преобладание восприятия с доминирующего глаза, вне зависимости от качества изображения. **Альтернирующий тип** обеспечивает восприятие мозгом более четкого изображения, независимо от того, с какого глаза оно передано. В данном типе восприятия происходит относительно легкое переключение на анализ импульсов с одного или другого глаза, в зависимости от того какой из них передает более четкий образ.

Особенность моновизуальной коррекции зрения состоит в различии изображений на сетчатках глаз при зрении вдаль и вблизи. При зрении вдаль на ведущем (эмметропичном) глазу формируется четкое ретинальное изображение, на парном (миопичном) – расфокусированное. При зрении вблизи, наоборот, четкий ретинальный образ – на миопичном глазу, расфокусированный – на эмметропичном.

Эти изображения могут не восприниматься зрительным анализатором, как идентичные, вызывая феномен «соперничества рецептивных полей зрения». При этом корковым центрам необходимо определить, какое из изображений в каждом случае будет определяющим в процессе формирования бинокулярного образа. Можно предположить, что мозг при анализе образа с размытыми контурами сравнивает его с аналогичным четким изображением, выбирает в расфокусированном контуре наиболее интенсивно окрашенный участок, суммируя его с парным четким контуром.

В практике для **отбора пациентов** с катарактой для будущей анизокоррекции необходимо:

- определить возможность достижения высокой остроты зрения (выше 0,5 отн. единиц);
- определить адаптационные возможности (ведущий глаз и форма сенсорного превалирования при бинокулярном соперничестве двух глаз);
- определить оптическую силу ИОЛ на двух глазах (для дали на ведущем и для близи – на парном).

Стоит рассматривать данный метод интраокулярной коррекции афакии по системе моновидения, как альтернативный способ восстановления «аккомодации» артификачного глаза при наличии противопоказаний и невозможности использования мультифокальных или с расширенной глубиной фокуса интраокулярных линз.

Прогноз монокулярной остроты зрения. Для прогноза высокой остроты зрения (уровень 0,5 и выше обозначен для гарантированного достижения устойчивого бинокулярного зрения) необходимо учитывать ряд факторов, в том числе анамнестические данные, которые, к сожалению, могут быть не всегда информативны.

Офтальмоскопия при катаракте ограничена в случаях выраженных помутнений и потери предметного зрения, во всех остальных случаях непрямая офтальмоскопия на щелевой лампе позволяет провести оценочное исследование макулярной области и диска зрительного нерва для выявления грубой патологии.

Ретинальная острота зрения в большинстве случаев служит хорошим прогностическим тестом, за исключением заднекапсулярных и перезревающих катаракт. Ее несомненное достоинство – отсутствие ложнозавышающих данных при определении прогноза остроты зрения после операции.

Результаты электрофизиологических исследований сетчатки зависят от множества факторов, которые включают и степень помутнения хрусталика, и субъективные особенности пациента. Тем не менее в клинической практике сформулированы дооперационные критерии высокого зрения после удаления катаракты по данным Н.П. Яновской, И.Э. Иошина, Д.М. Мадьяровой (рис. 1). Авторы учитывают такие показатели, как длина а- и в-волн электроретинограммы на белый и красный стимул, результаты исследования электрофосфенов,

ретиальная острота зрения (РОЗ), порог электрической чувствительности (ПЭЧ), электрическая лабильность (ЭЛ), электроокулография (ЭОГ), коэффициент Ардена (К «АРД»).

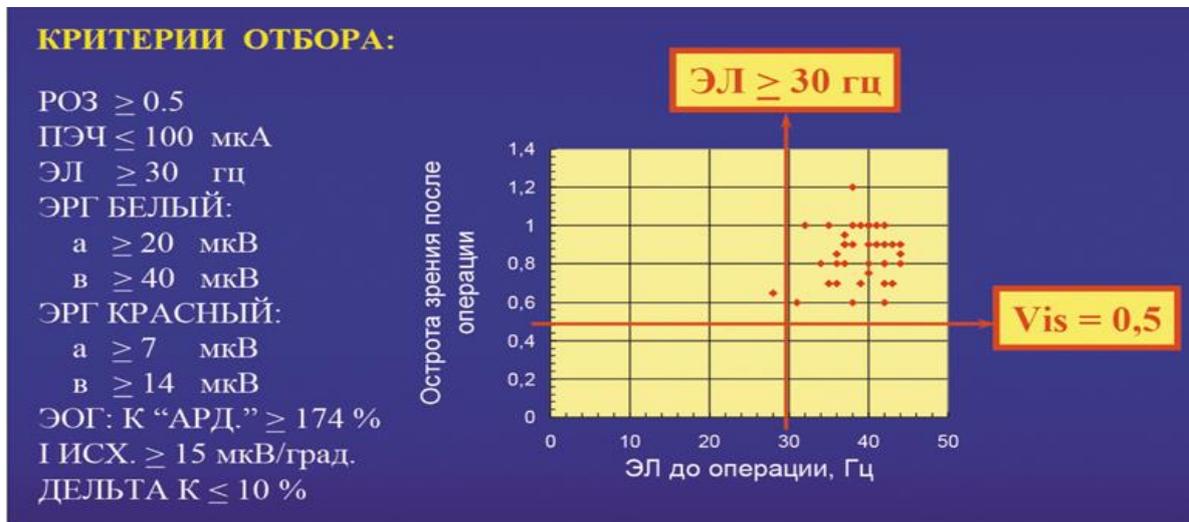


Рисунок 1 – Критерии прогнозирования остроты зрения от 0,5 и выше

Тесты для определения адаптационных возможностей.

Определение ведущего глаза проводится как для дали, так и для близи. Для этого используются диафрагмальный и зеркальный тесты, разработанные M.W. Robboy, I.G. Cox, P. Erickson (1990). Исследования проводятся в условиях оптимальной оптической коррекции.

Диафрагмальный тест определяет **ведущий глаз для дали**. Пациент смотрит на какой-либо предмет, находящийся на расстоянии 5 м, через округлое отверстие диаметром 1,5-2 см в непрозрачном экране. Экран находится на расстоянии вытянутой руки пациента. Ведущий глаз определяется при поочередном прикрывании одного из глаз. Тот глаз, который видит предмет без смещения за пределы диафрагмы, оценивается как ведущий.

Зеркальный тест предназначен для определения **ведущего глаза вблизи**. Пациент смотрит в зеркало, в центре которого нарисован кружок диаметром 2,5 см, на расстоянии 20 см от лица. Зеркало ориентируется таким образом, чтобы нос пациента зрительно проецировался им по центру этого кружка. При поочередном прикрывании одного из глаз определяется, какой из них фиксирует это изображение в центре кружка – этот глаз и будет ведущим для близи.

Обязательное условие при проведении тестов – фиксированное положение головы и тестовых принадлежностей при закрывании глаз.

Проводится исследование **формы сенсорного превалирования** при бинокулярном соперничестве двух глаз, т.е. особенностей психофизиологии зрительного восприятия, которые в послеоперационном периоде будут влиять на успех анизокоррекции. Тест проводится по методике М.Д. Коллинса, А. Гуд (1994), усовершенствованной Н.П. Яновской (2000), и основан на результатах восприятия образа в условиях оптимальной оптической коррекции при полном разделении полей зрения, когда в условиях гаплоскопии (на синоптофоре) предъявляют высококонтрастные квадратно-волновые решетки, различающиеся градусом наклона для правого и левого глаза (соответственно 35° и 145°). При этом пациент видит чередующиеся картинки «паркетного пола», «елочки», либо «решетки» с наклоном то вправо, то влево, в зависимости от чередования подавления образа правого или левого глаза. Примерно равное соотношение восприятия правого и левого наклона решетки свидетельствует об отсутствии сильного доминирования, т.е. об **альтернирующей форме** сенсорного превалирования (рис. 2). Значительное преобладание восприятия одной из решеток говорит о сильном, **доминантном характере** сенсорного превалирования. В этом случае анизокоррекция противопоказана.

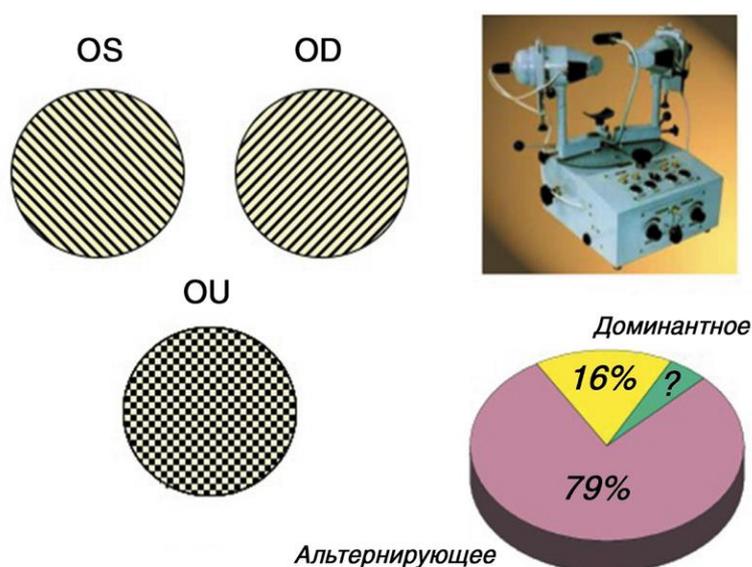


Рисунок 2 – Иллюстрация исследования для выявления формы сенсорного превалирования. 1 – решетки, 2 – синоптофор, 3 – статистика

Определение оптической силы ИОЛ для дали и близи при монозрении. Расчет оптической силы ИОЛ на ведущем глазу должен ориентироваться на эмметропию (или миопию слабой степени до -0,5 дптр) для достижения максимального зрения вдаль. На парном глазу, который должен обеспечить максимальное зрение вблизи, оптическую силу ИОЛ нужно рассчитывать для получения миопии от -2,0 дптр. до -2,5 дптр. Именно при данной степени анизокоррекции сохраняется возможность качественного зрения вдаль и вблизи при условии адекватного подбора кандидатов. Наиболее **быстрая адаптация** к новым условиям функционирования зрительного анализатора происходит в тех случаях, когда экстракция катаракты проводится **на двух глазах с минимальным сроком между операциями** (до 4 дней).

При двухсторонней катаракте сроки операции на втором глазу определяются традиционно через 1 месяц и более после экстракции катаракты на первом глазу. Вместе с тем, большой интервал между операциями не дает возможность получить бинокулярное зрение после первой операции, а ожидание второй в течение длительного срока снижает медицинскую и социальную реабилитацию больных.

Экспериментальными исследованиями доказано, что любая операционная травма сопровождается иммунным ответом как на оперируемом, так и на парном глазу, который выражается в накоплении антител в слезной жидкости и сыворотке крови к S-антигену сетчатки, роговице и хрусталику. Анализ динамики тканеспецифических антител после операции показал, что иммунный ответ характеризуется медленным развитием в первые дни после операции и более выраженным накоплением антител к 7-му дню, максимальным накоплением на 18 день и последующим постепенным уменьшением к 1 мес., а окончательным снижением – 3 мес. после операции. При этом **максимальные уровни антител**, которые выявляются **на 7-18 день** после операции, позволяют безопасно решать вопрос о хирургическом лечении катаракты на парном глазу в ранние сроки после экстракции катаракты на первом глазу.

Эти данные служат обоснованием выбора **безопасного интервала** удаления катаракты (**через 1-4 дня**) на парном глазу. Дополнительно

в решении сократить до минимального срок между операциями является, во-первых, не осложненное течение раннего послеоперационного периода после первой операции и, во-вторых, адекватная периоперативная антибактериальная профилактика на обоих глазах согласно общепринятым стандартам.

Данным стандартам придается в этом вопросе принципиальное значение. Кроме соблюдения правил асептики, внедрение периоперационной профилактики инфекционных осложнений современными фторхинолонами позволяет в рутинной практике, наряду с адекватными технологическими параметрами факоэмульсификации и качественными расходными материалами, свести к минимуму воспалительную реакцию с первых часов до окончания срока репаративных процессов к первому месяцу после операции (средняя частота иридоциклита при факоэмульсификации катаракты различной этиологии не превышает 1-2%).

Кроме определения сроков проведения операции на парном глазу при двухсторонней катаракте хирургу приходится решать вопросы выбора модели интраокулярной линзы для достижения полного реабилитационного эффекта в кратчайшие сроки после операции. Имплантация монофокальных ИОЛ позволяет, как правило, получить хорошие зрительные функции. Высокой остроты зрения (0,7-1,0) в первый день после операции при монокулярной коррекции удается добиться в 80-90% случаев. **Возможность проведения операции на двух глазах с минимальным интервалом** закономерно расширяет возможности к восстановлению не только монокулярного зрения.

Необходимо учитывать важность предварительного объяснения пациентам особенностей зрения при анизокоррекции, а именно разницу зрения вдаль и вблизи при раздельном взоре. После операции пациенты так или иначе будут прикрывать один глаз и фиксировать на этом свое внимание. Следует подчеркнуть эту особенность и заручиться согласием на данный вид коррекции до операции. После операции полезно предложить пациентам бинокулярные тренировки с яркими контрастными объектами для работы вблизи (пазлы, мозаика и др.).

Данный вид коррекции возможен при любых интраокулярных линзах, а при неполной удовлетворенности пациента анизокоррекцией возможен простой подбор очков.

Толерантность увеличивается с возрастом пациента: при средней анизометропии в 2,27 дптр удовлетворение результатами отмечено у 64% у пациентов моложе 60 лет и у 94% у пациентов старше 70 лет (M. Ito et al., 2009).

Первоначально рекомендованная разница между двумя глазами лежала в границах 2,5-2,75 дптр, однако в более поздних исследованиях проведена оценка технологии «mini-monovision» с **разницей между глазами в 1,5 дптр с лучшим компромиссом** между переносимостью и свободой от очков (Y.M. Finkelman et al., 2009).

В большей степени уровень удовлетворенности определяют личные качества человека. И это необходимо учитывать врачу при определении тактики ведения больного, особенно, если встает вопрос о применении каких-либо новых методик.

Противопоказания к миопической анизокоррекции:

- прогнозируемая монокулярная острота зрения одного из глаз ниже 0,5, либо невозможность достоверного исследования;
- коррекция ведущего глаза для близости;
- наличие доминантной формы сенсорного подавления;
- низкий интеллектуальный уровень пациента;
- завышенные ожидания результатов хирургического лечения.

МУЛЬТИФОКАЛЬНАЯ КОРРЕКЦИЯ

Как показано выше, не все пациенты толерантны к обязательной разнице в рефракции между ведущим и парным глазом. Последние 30 лет активно развивается другое перспективное направление интраокулярной коррекции афакии – разработка моделей ИОЛ с возможностью псевдоаккомодации. Не существует единой классификации ИОЛ, с целью упрощения все интраокулярные линзы по способности менять свое фокусное расстояние можно условно разделить на:

1. **неаккомодирующие** – монофокальная ИОЛ;
2. **аккомодирующие** – существуют в научных экспериментах;
3. **псевдоаккомодирующие** – используют ряд технологий для получения нескольких фокусов:

✓ **биомеханический принцип** – копирование одного из механизмов аккомодации за счет движения компонентов ИОЛ;

✓ **многофокусная оптика** – использование одного или нескольких в комбинации способов преломления светового потока (рефракционная, дифракционная, дифракционно-рефракционная);

4. **гибридные** – мультифокальные с использованием дополнительных запатентованных технологий.

АККОМОДИРУЮЩИЕ ИОЛ

Dynacurve (NuLens®, Израиль, рис. 3) имплантируется перед спавшимся капсульным мешком, а не внутри него. ИОЛ состоит из небольшой камеры, заполненной силиконовым гелем, поршневого элемента и гибкой мембраны. При активации капсульной диафрагмы поршень создает давление в камере и геле, которые затем изменяют форму мембраны. Теоретически Dynacurve может обеспечить аккомодацию до 10 дптр.



Рисунок 3 – ИОЛ Dynacurve

Vista Ocular (США, рис. 4) включает инновационную технологию, позволяющую обойти движение зрачковых и цилиарной мышц и ориентироваться на потенциал действия мышц как на аккомодационный сигнал. Тестирована сенсорная система *in vivo* для

обнаружения потенциала действия цилиарной мышцы. Эта конструкция также включает аккумуляторную батарею с гибкой системой линз для переменного изменения оптической силы.

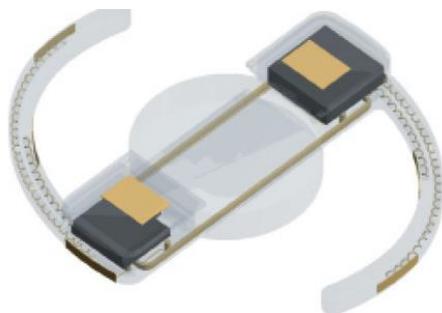


Рисунок 4 – ИОЛ Vista Ocular

FluidVision (PowerVision, Inc., США, рис. 5) полая и заполнена жидким силиконом, включая мягкие гаптики, которые помещаются в капсульный мешок. Аккомодационное усилие перемещает силикон в центральные жидкостные камеры, изменяя форму передней части линзы и смещая фокус глаза. Исследования показывают, что хрусталик может обеспечить аккомодацию не менее 5 дптр.

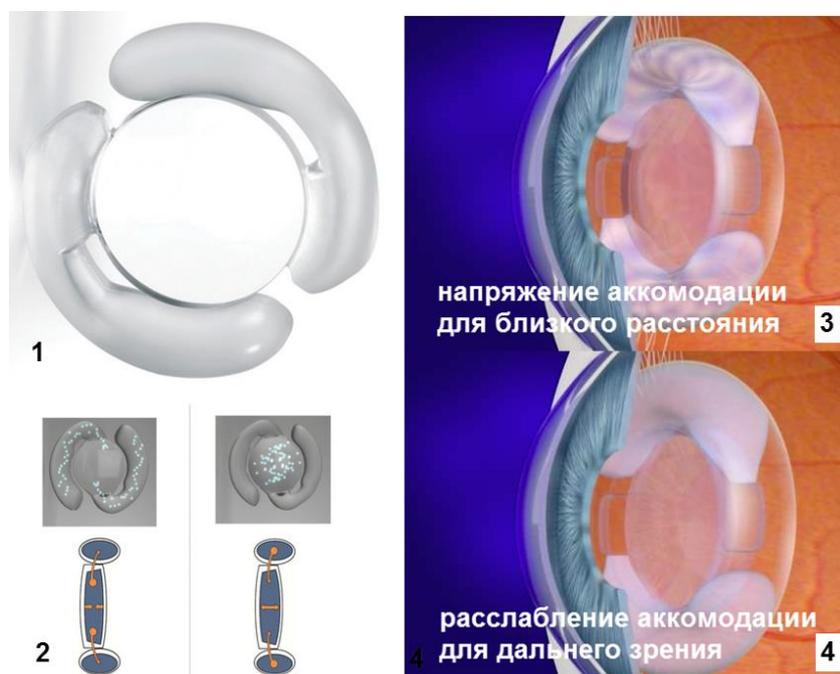


Рисунок 5 – ИОЛ FluidVision. 1 – общий вид, 2-4 – схема работы: когда цилиарные мышцы напрягаются, небольшое количество жидкости из гаптики выталкивается в оптический отдел хрусталика, вызывая увеличение передней кривизны, улучшая зрение вблизи; когда мышцы расслабляются, происходит обратное

Juvene accommodative IOL (LensGen, Irvine, California, рис. 6) – модульная жидкостно-оптическая ИОЛ с изменяемой кривизной, состоит из двух частей: базового компонента, заполняющего капсульный мешок и модульного второго имплантата, содержащего жидкую силиконовую оптику, изменяющую кривизну. ИОЛ биомиметическая, то есть имитирует естественный хрусталик: когда ресничные мышцы сокращаются, связки расслабляются, и хрусталик становится более круглым, как естественный. Кроме того, как и естественный хрусталик, она не разделяет входящий свет, работает как монофокальная линза без потери контрастной чувствительности. По этой причине качество зрения хорошее, а оптические побочные эффекты минимальны. Конструкция из двух частей позволяет потенциально использовать платформу для решения таких проблем, как астигматизм с помощью торической линзы, для доставки лекарств внутрь глаза или для выполнения электронного зондирования. Кроме того, можно извлечь секцию линзы через несколько лет после имплантации и заменить ее, если появится что-то лучшее.



Рисунок 6 – ИОЛ Juvene

Sapphire Autofocal (ELENZA Inc., Вирджиния, США, рис. 7) представлена как первая электроактивная аккомодирующая ИОЛ, содержит асферическую монофокальную ИОЛ для коррекции зрения вдаль и использует жидкие кристаллы для изменения оптической силы

в ответ на электронный сигнал. Жидкие кристаллы обладают особыми электрооптическими свойствами. Когда на молекулы жидких кристаллов действует электрическое поле, оно меняет их ориентацию и молекулярную конфигурацию, что приводит к изменению показателя преломления. Линза имеет фотогальванический элемент (выработка электрического тока при воздействии света) с фотодатчиками, которые контролируют движения зрачков пациента, связанные с аккомодацией. Во время аккомодации глаза конвергируют, зрачки сужаются, Sapphire активируется, чтобы обеспечить 3,0 диоптрии для ближнего зрения. Система также имеет ручное управление с определенной реакцией на моргание. ИОЛ содержит микроскопическую литий-ионную батарею (самую маленькую из известных), по оценкам, срок службы батареи составляет пятьдесят лет, и ее необходимо заряжать каждые три-четыре дня с помощью специальной маски для сна или подушки. ИОЛ существует в клинических исследованиях.

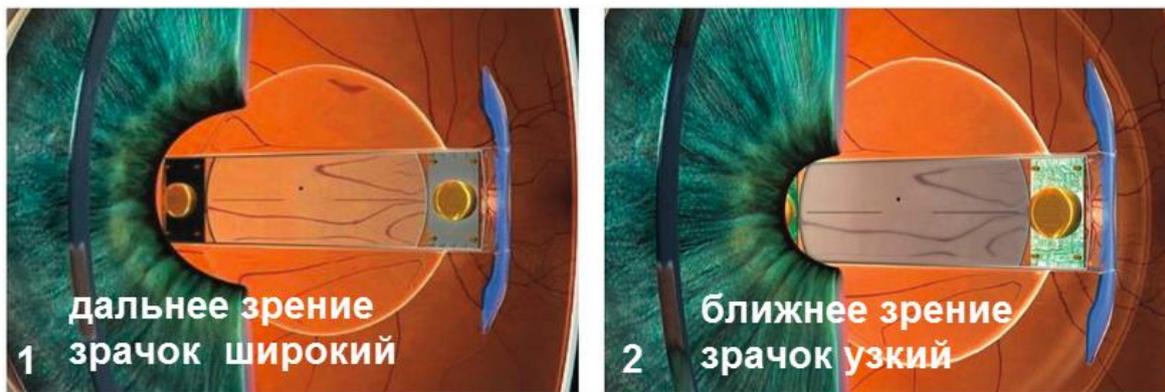


Рисунок 7 – Механизм действия ИОЛ Sapphire. 1 – для зрения вдаль линза работает как монофокальная, 2 – для зрения вблизи жидкие кристаллы преобразуются в добавку в 3,0 дптр

Synchrony (Visiogen Inc, Abbott Medical Optics, США, рис. 8) интересна в качестве ознакомления с ходом инженерной мысли, представляет собой цельную силиконовую линзу с двойной оптикой. Передний компонент ИОЛ имеет высокую положительную силу (32 дптр), превышающую ту, которая требуется для получения эметропии. Задний компонент ИОЛ имеет отрицательную силу возвращать глазу эметропию. Идея заключается в том, что эти две

линзы разделены «пружинным» механизмом. Гаптика разделяет линзы на заданном расстоянии под напряжением капсулы, и во время расслабления капсулы после аккомодационного усилия переднее движение положительной передней оптики увеличивает силу для зрения вблизи.



Рисунок 8 – ИОЛ Synchrony. 1 – общий вид; 2 – интраоперационное складывание перед имплантацией в малый разрез; 3, 4 – положение в глазу

ПСЕВДОАККОМОДИРУЮЩИЕ ИОЛ

Бифокальная, а впоследствии мультифокальная коррекция при артефакции используется с 80-х годов прошлого века. Мультифокальные ИОЛ предназначены для создания нескольких отдельных фокусных центров вдоль оптической оси, таким образом создавая функциональный эквивалент аккомодации.

Их цель заключается в обеспечении хорошего невооруженного дальнего и ближнего зрения, а также функционального

промежуточного зрения. Клинические исследования, проведенные с использованием различных мультифокальных конструкций, показали, что пациенты в первую очередь воспринимают только сфокусированное изображение, однако некоторые замечают нежелательные световые изображения, такие как блики, вспышки, полосы и ореолы. Это происходит потому, что четкое изображение всегда сопровождается одним или более размытыми изображениями.

Для достижения мультифокальности в этих линзах использованы принципы дифракции, рефракции или комбинация рефракции и дифракции. Выделяют:

1. **дифракционные** мультифокальные ИОЛ;
2. **рефракционные** мультифокальные ИОЛ;
3. **дифракционно-рефракционные (гибридные)**;
4. **градиентные** – в них преломляющая сила линзы регулируется в функции меняющегося рефракционного индекса материала.

Дифракционные ИОЛ. Первая модель дифракционной ИОЛ из полиметилметакрилата с выпукло-вогнутой оптикой (мениск) была представлена компанией «ЗМ» в 1987 году. Формирование фокуса света происходит за счет явления дифракции волн света (рис. 9).

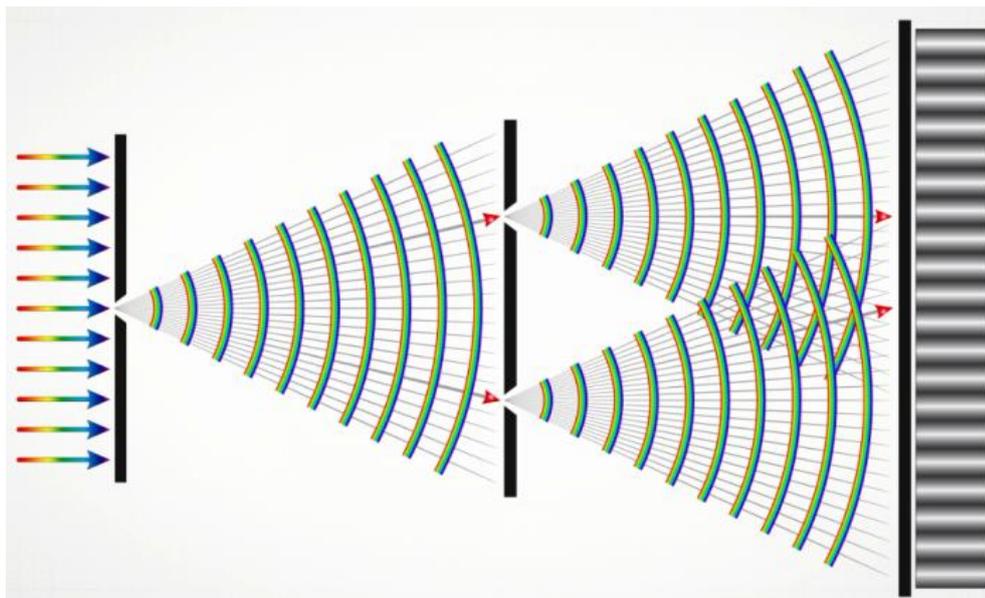


Рисунок 9 – Схема явления дифракции – огибание волнами краев препятствий

Дифракционные ИОЛ имеют концентрические кольца на передней или задней оптической поверхности, которые отделены друг от друга на шаг высотой в несколько микрометров. Эти кольца выполняют роль двухфазной решетки, приводящей к дифракции падающего света, и, следовательно, позволяют создавать два фокуса независимо от диаметра зрачка.

Дифракционные линзы основаны на том принципе, что каждую точку волнового фронта можно рассматривать как свой собственный источник вторичных волн, которые затем распространяются в сферическом распределении (принцип Гюйгенса-Френеля).

Амплитуда оптического поля за этой точкой является просто суммой всех этих волн. Когда часть волнового фронта сталкивается с препятствием, область волнового фронта изменяется по амплитуде или фазе, а различные сегменты волнового фронта, которые распространяются за препятствие, мешают и вызывают дифракционный паттерн. Путем размещения дифракционных микроструктур в кольцевых зонах и уменьшения расстояния между зонами по мере их удаления от центра создается так называемая зонная пластинка Френеля, которая может создавать оптические фокусы (рис. 10, 11).

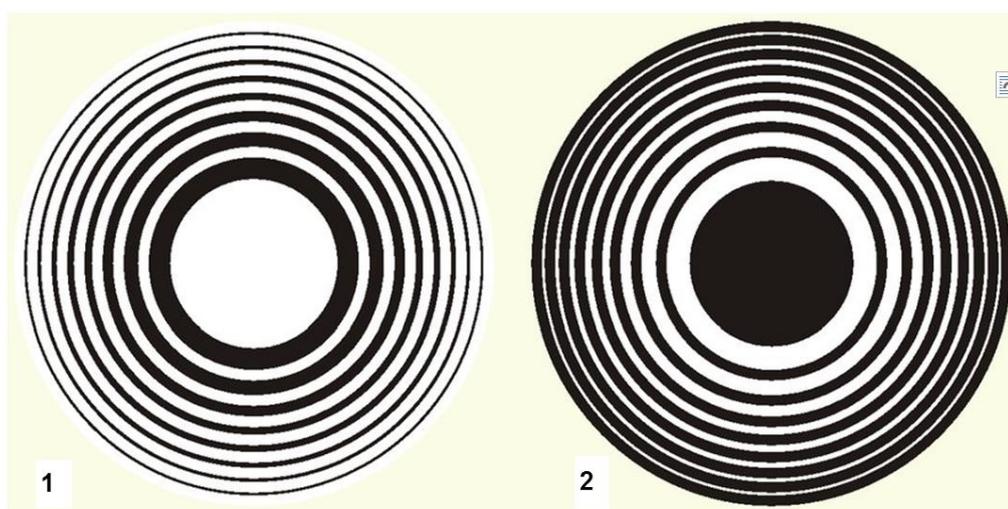


Рисунок 10 – Схема зонной пластинки Френеля. 1 – открыты нечетные зоны (1, 3, 5), 2 – четные (2, 4, 6...)

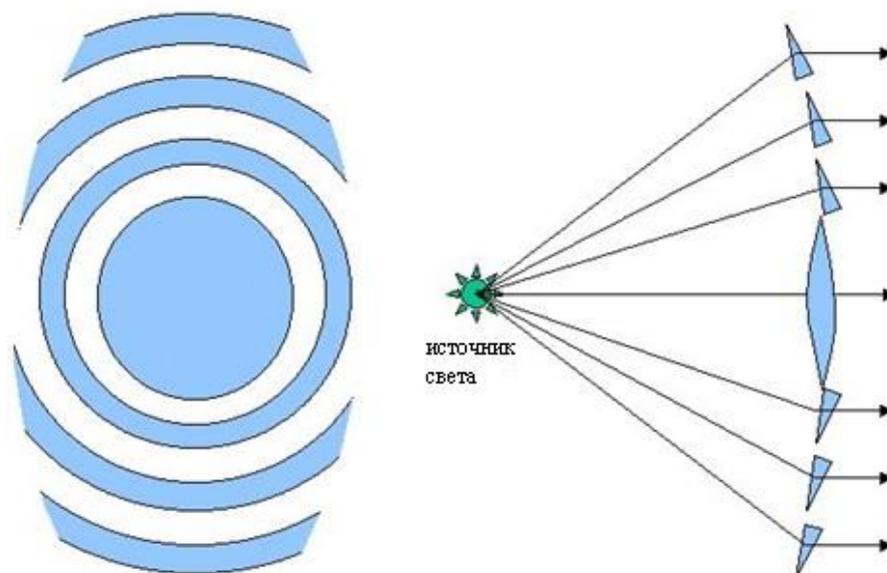


Рисунок 11 – Схема хода лучей через пластинку Френеля

Дифракционная мультифокальная линза обычно обеспечивает хорошее зрение на близком расстоянии и очень хорошее зрение вдаль. Зрение на среднем расстоянии приемлемо, но уступает зрению на дальнем и ближнем расстоянии. Дифракционные ИОЛ меньше зависят от размера зрачка и более толерантны к углу каппа и децентрации, тем не менее, их основным недостатком является потеря энергии, вызванная рассеянием света на дифракционных поверхностях.

Дифракционные мультифокальные линзы обладают высоким потенциалом для создания эффектов глэр и гало из-за большего количества областей без переходов. Данные недостатки могут снизить качество зрения, особенно в мезопических и фотопических условиях. Некоторые модели мультифокальных ИОЛ изменяют показатель преломления таким образом, что он меняется от периферии к центру линзы, обеспечивая мультифокальную оптическую структуру, изменяющуюся в зависимости от размера зрачка. Асферические линзы предназначены для устранения сферической аберрации в ИОЛ, оставляя сферическую аберрацию роговицы для создания увеличенной глубины фокуса (рис. 12). Для того чтобы мультифокальная линза была эффективна, астигматизм должен быть полностью устранен или сведен к минимуму. На качество зрения после имплантации линзы

отрицательно влияет наличие значительно увеличенных aberrаций высокого порядка роговицы.

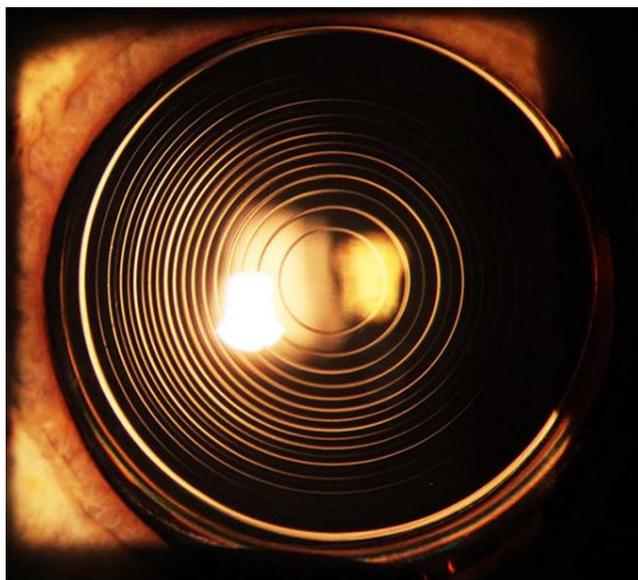


Рисунок 12 – Имплантированная дифракционная ИОЛ

Высота и размер шага дифракционной решетки на оптике используются для долевого разделения дальнего и ближнего фокусов (как правило, 50/50). Для данных линз наиболее характерны ночные фотопсии гало и глэр.

Рефракционные ИОЛ. Рефракционные ИОЛ содержат на передней поверхности две или более сферических зоны различных радиусов кривизны. Одна зона постоянного преломления предназначена для зрения вдаль, а другая – для близи. Эффективность линз зависит от размера зрачка.

Первая такая ИОЛ была разработана компанией «IoLab» в 1986 г. под названием «NuVue». Линза имела центральную зону диаметром 2 мм с аддидацией +4 дптр; периферия оптики была предусмотрена для зрения вдаль. Смысл конструкции линзы заключался в том, что при зрении вблизи за счет сужения зрачка периферическая часть ИОЛ была бы выключена из зрения. В результате только центральная зона была эффективной с четким изображением ближнего объекта. При просмотре удаленного объекта зрачок расширяется, и при достаточно большой площади периферийной зоны обеспечивает эффективное

зрение вдаль. Эти линзы требуют более точной центрации, а также при миозе теряется возможность для четкого зрения вдаль.

Последующие модели рефракционных ИОЛ получили 3-5 концентрических зон. Как правило, они содержат центральную часть для зрения вдаль, далее идет промежуточная зона, предназначенная для зрения вблизи, и, наконец, периферия оптики – для зрения вдаль.

В 1997 г. первые 5-зональные линзы «ReZoom» из силикона представлены компанией «Allergan Medical Optics». В конструкции предусмотрены центральная зона для зрения вдаль, после чего последовательно зоны вблизи, вдаль, вблизи и снова вдаль (рис. 13). Фазы входящего света непоследовательны, создавая деструктивную интерференцию, происходит влияние на интенсивность сфокусированного света, что приводит к снижению яркости предмета и остроты зрения.

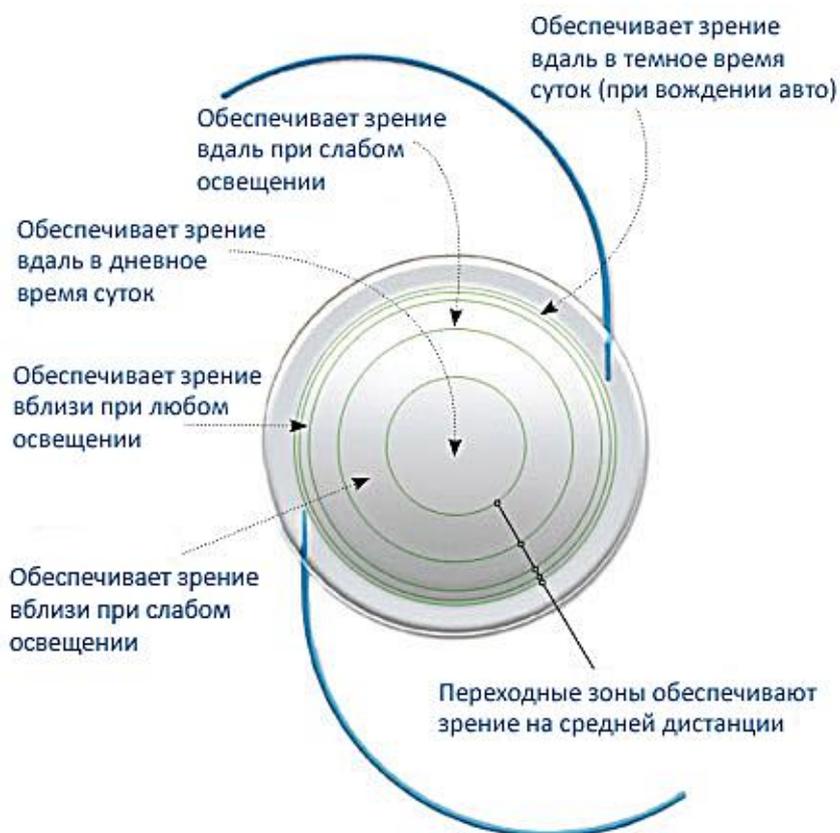


Рисунок 13 – Пример распределения рефракционных зон

Рефракционно-дифракционные ИОЛ. Исходя из преимуществ и недостатков описанных конструкций мультифокальных ИОЛ,

следующая генерация сочетает рефракционную и дифракционную оптику (комбинированные мультифокальные ИОЛ, рефракционно-дифракционные).

Комбинированная «AcriLISA» – монолитная акриловая асферическая ИОЛ, поверхность разделена на основные и фазные зоны: основные зоны отвечают за рефракцию, фазные зоны выполняют функцию дифракционной оптики. Оптическая сила ИОЛ при зрении вдаль и близи формируется одновременно как от рефракции, так и от дифракции. Структура дифракционной части имеет плавный переход из фазной зоны между основными зонами, чтобы уменьшить нежелательные световые явления и улучшить качество изображения на сетчатке. ИОЛ имеет асферический профиль для исправления положительной сферической аберрации роговицы (рис.14).

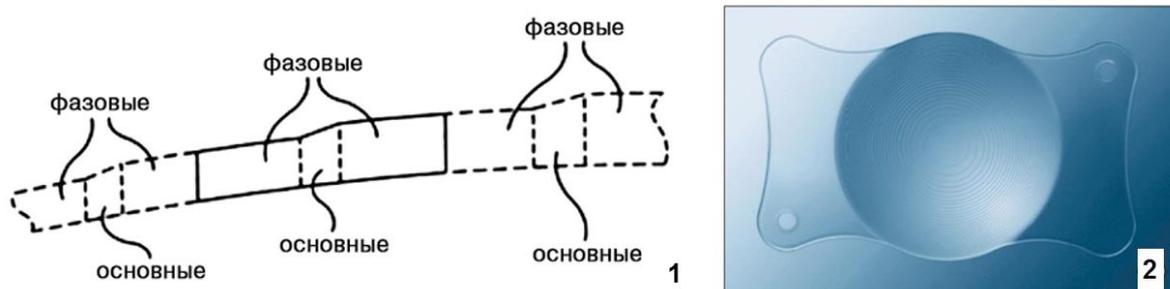


Рисунок 14 – Рефракционно-дифракционная линза. 1 – схема оптических зон, 2 – общий вид ИОЛ «AcriLISA»

В дальнейшем при разработке ИОЛ учитывали два принципиальных момента. Во-первых, при широком зрачке в условиях плохого освещения хорошее зрение вблизи не актуально. Во-вторых, наиболее актуально в условиях плохого освещения сведение к минимуму ореолов и бликов при зрении вдаль.

Следующей примененной технологией, которая сводила к минимуму эффекты гало и глэр, является **аподизация**.

Аподизация позволяет изменяться балансу оптической системы в зависимости от диаметра зрачка таким образом, чтобы это соответствовало естественным зрительным потребностям в различных условиях освещения и совместимо с учетом адаптивного рефлекса

зрачка и определяется постепенным снижением высоты и ширины дифракционных шагов от центра к периферии, в результате чего доля световой энергии остается постоянной для обоих фокусов (рис. 15).



Рисунок 15 – Рефракционно-дифракционная линза. 1 – схема ступенек, 2 – общий вид

Центральные ступеньки в условиях нормального освещения при узком зрачке делят световой поток довольно равномерно между двумя фокусами линзы (дальним и ближним). При расширении зрачка за счет уменьшения высоты ступенек происходит равномерное перераспределение светового потока от ближнего фокуса к дальнему. Периферическая часть оптики лишена дифракционных ступенек, поэтому весь световой поток распределяется на дальний фокус.

Рефракционно-дифракционные мультифокальные ИОЛ основаны на принципе одновременного формирования изображения, при котором на сфокусированное изображение, сформированное одним фокусом, накладывается одно или несколько вторичных расфокусированных изображений, образованных другими фокусами.

Этот эффект влияет на контраст изображения и является одной из причин ореолов и бликов, о которых сообщают пациенты после имплантации.

Для решения этой проблемы были предложены конструкции интраокулярных линз, основанные на расширении диапазона фокусировки. В идеале линза с увеличенной глубиной резкости дает длинный и узкий фокусный сегмент в области изображения. EDoF

(Extended Depth of Focus) IOL переводится, как ИОЛ с увеличенной глубиной фокуса.

Интраокулярные линзы с EDoF эффектом позволяют получить качественное зрение на различной дистанции.

ЛИНЗЫ С РАСШИРЕННОЙ ГЛУБИНОЙ ФОКУСА

ИОЛ такой конструкции позволяет получать изображения в непрерывном диапазоне зрения. Технологии EDOF представляют собой область новых разработок в офтальмологии.

Данная технология обладает немаловажными плюсами в сравнении с многофокусными ИОЛ, к ним относятся повышение контрастной чувствительности, плавный переход в отсутствие границ между отдельными фокусами, непрерывность (рис. 16).

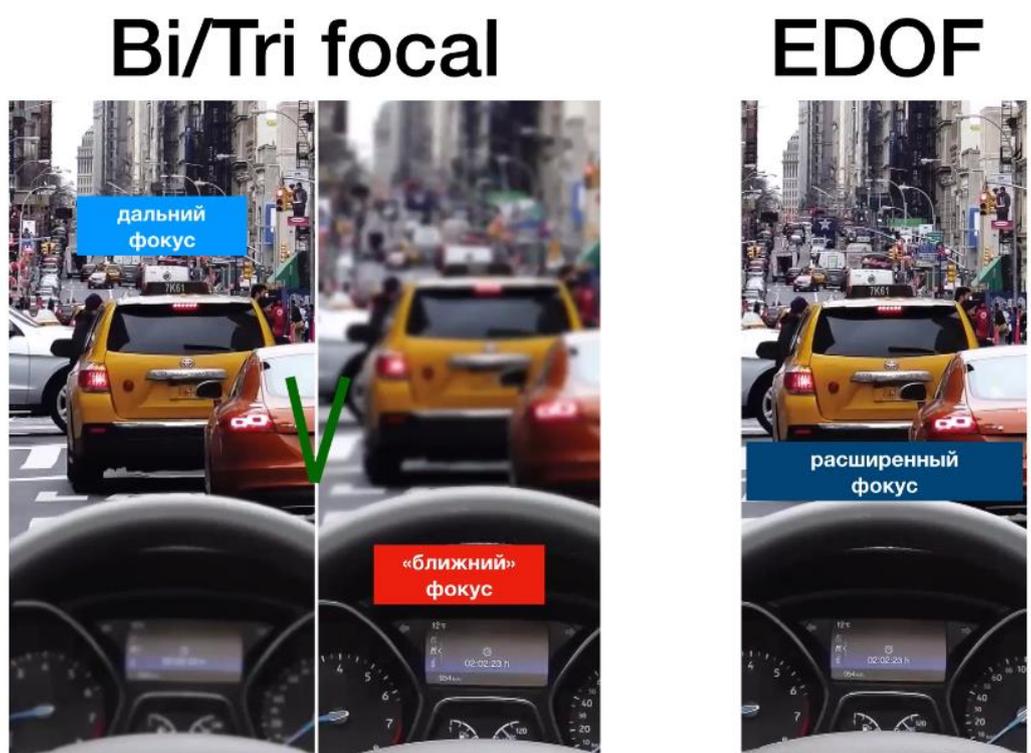


Рисунок 16 – Иллюстрация отличия воспринимаемого изображения с ИОЛ с несколькими фокусами и ИОЛ с расширенной глубиной резкости

Выделяют:

- «чистые» EDOF – имеющие увеличенный фокус, как правило, не захватывающий весь диапазон аккомодации, дают более комфортное

зрение с меньшими аберрациями, чем полифокальные линзы, но могут требовать использования очков;

- гибридные EDOF – сочетающие в себе преимущества мультифокальных и EDOF-линз и захватывающие практически весь диапазон аккомодации.

Конструкция EDOF-линз обладает следующими **достоинствами** по сравнению с мультифокальными линзами:

- отсутствие бликов, засветов и гало-эффекта за счет асферического компонента;

- лучшая контрастная чувствительность, то есть способность улавливать различия в освещенности и яркости двух соседних объектов;

- относительно быстрая нейроадаптация;

- более стабильная острота зрения при переходе между фокальными точками (у «чистых» EDOF единая фокальная плоскость – все объекты одинаково четкие).

Недостатки EDOF обычно связаны с меньшей остротой зрения на близких расстояниях (до 40-45 см) и высокой стоимостью хрусталиков (что больше относится к «чистым» EDOF).

Следующим логичным шагом в улучшении функциональности зрения стала разработка ИОЛ с сохранением плюсов EDOF-линз с улучшением зрения вблизи. Один из таких примеров – ИОЛ EDEN (Swiss Advanced Vision, 2017, Швейцария).

Для увеличения глубины фокуса, что позволяет видеть на близком расстоянии, применяется технология мгновенной псевдоаккомодации *Instant Focus* – уникальная запатентованная технология, которая заменяет естественную аккомодацию хрусталика. Высокоточный асферический элемент, расположенный в центре оптической части, создает плавный переход фокуса от ближнего расстояния к среднему, за счет чего формируется непрерывное восприятие без неблагоприятных оптических эффектов. Эта технология позволяет увеличить глубину фокуса, характеризующуюся постоянным разрешением и пиковой интенсивностью света. Этот пик света

достигается за счет создания концепции конструктивной интерференции световых волн асферической поверхностью в центре линзы. Полученный пучок света называется **псевдонедиффрагирующий пучок**. В результате интерференции световых волн формируется постоянная четкость и сила светового потока на сетчатке.

В дополнение к асферическому элементу дифракционная зона обеспечивает зрение в ближнем и дальнем диапазонах, рефракционная зона обеспечивает зрение в дальнем диапазоне. В темное время суток зрение вдаль улучшается, за счет увеличения диаметра зрачка и открытия рефракционной зоны. Дифракционный луч начинает расходиться от фокальной точки, тогда как псевдонедиффрагирующий пучок начинает расходиться через некоторое расстояние (рис. 17).

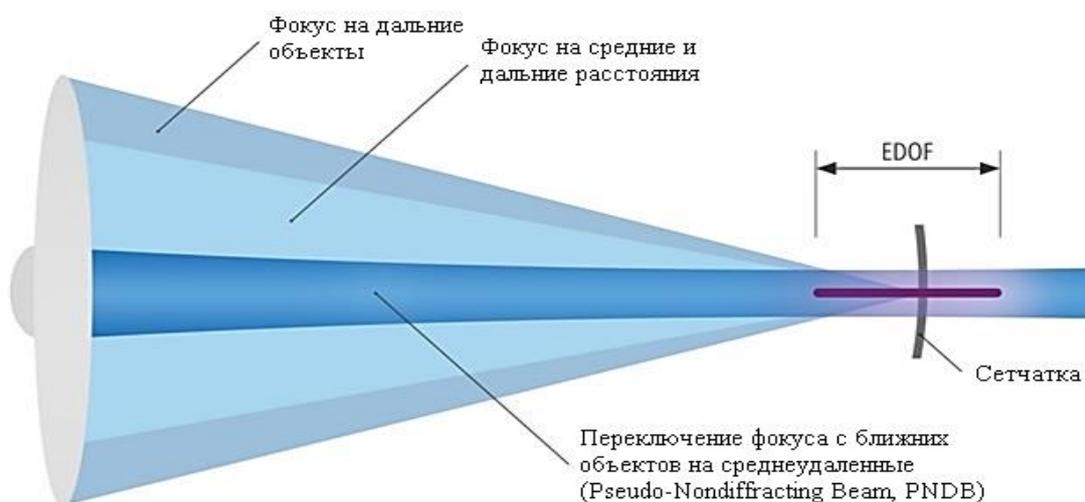


Рисунок 17 – Схема EDOF эффекта

ВАРИФОКАЛЬНЫЕ ИОЛ

Все описанные выше ИОЛ являются вращательно-симметричными, имея кольцевые зоны с различными коэффициентами преломления, чтобы обеспечить соответствующий фокус для объектов вблизи и вдали.

Некоторые версии являются несимметричными по отношению к вращению с нижним сегментом с преломляющей силой, необходимой для обеспечения хорошего зрения вблизи.

Одним из представителей такой ИОЛ является Lentis (Oculentis GmbH, Берлин и Torcon, Роттердам, Нидерланды, рис. 18). Это неротационная симметричная мультифокальная ИОЛ, которая разработана для обеспечения высокой контрастной чувствительности и минимизации эффектов гало и бликов. Эта линза с рефракционным дизайном включает асферическую асимметричную зону для зрения вдаль и встроенный сектор для зрения вблизи (с добавкой +3,0 дптр).

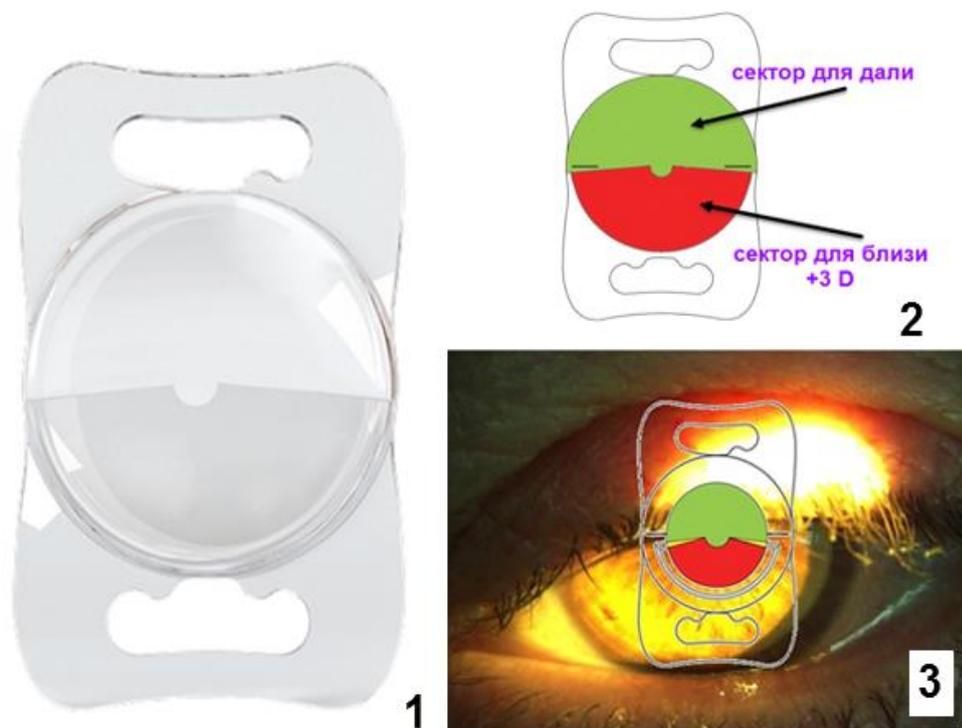


Рисунок 18 – ИОЛ LENTIS Comfort. 1 – общий вид, 2 – схема оптики, 3 – при опущенном веке закрыта часть ИОЛ для зрения вдаль, пациент смотрит через сегмент для ближнего зрения

ТОРИЧЕСКИЕ МУЛЬТИФОКАЛЬНЫЕ ИОЛ

Нельзя не учитывать такой аспект, как роговичный астигматизм у пациентов, ибо это может значительно отразиться на конечном результате показателя остроты зрения. Следует обращать внимание на

пациентов с **обратным астигматизмом более 0,5 дптр.** и с **прямым астигматизмом более 1,0 дптр.**

Необходимо информировать пациента о наличии роговичного астигматизма, ведь зачастую он и узнает о последнем именно на предоперационном осмотре. Приходится объяснять важность коррекции ввиду значимого удорожания торических мультифокальных ИОЛ в сравнении с мультифокальными ИОЛ без торического компонента. В противном случае ожидания пациента от проведенного хирургического лечения не совпадут с конечным результатом, что может явиться причиной даже эксплантации ИОЛ.

Практически все современные мультифокальные ИОЛ имеют свои же торические аналоги для коррекции роговичного астигматизма.

Факоэмульсификация является рутинной операцией, имплантация торической мультифокальной ИОЛ требует необходимости от хирурга повторимости результатов, имеют значение ранее рассчитанный индивидуальный хирургически индуцированный астигматизм, точность разметки и центрации ИОЛ в капсульном мешке.

При осмотре в щелевой лампе определение торического компонента возможно по меткам на самой ИОЛ, которые применяются для точного расположения ИОЛ в капсульном мешке (рис. 19).

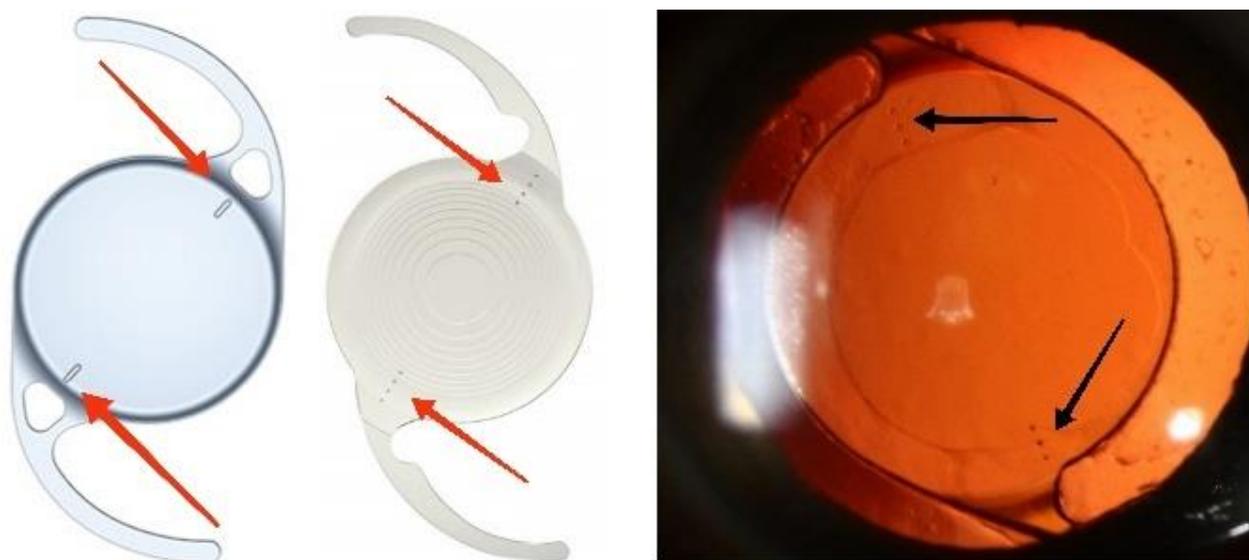


Рисунок 19 – Пример торических ИОЛ, стрелками указаны метки расположения

ПОКАЗАНИЯ К ИМПЛАНТАЦИИ ПСЕВДОАККОМОДИРУЮЩИХ ИОЛ

- Наличие у пациента с катарактой профессиональной, бытовой необходимости получить высокие зрительные функции на различных расстояниях без дополнительной очковой коррекции;
- наличие у пациентов дискомфорта при необходимости использовать очковую или контактную коррекцию (непереносимость);
- пресбиопия без помутнения хрусталика в сочетании с аномалиями рефракции;
- практически каждая ситуация, где нет противопоказаний.

ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ИМПЛАНТАЦИИ ПСЕВДОАККОМОДИРУЮЩИХ ИОЛ

Разнообразие технологических конструкций линз позволяет подобрать и имплантировать их в подавляющем большинстве случаев.

Абсолютные противопоказания:

- значимая сопутствующая патология со стороны органа зрения (дистрофия роговицы, кератоконус, псевдоэксфолиативный синдром с выраженным нарушением диафрагмальной функции зрачка, грубая витреальная деструкция, грубая патология макулярной зоны (отек, дегенерация продвинутых стадий), пролиферирующая диабетическая ретинопатия, субатрофия зрительного нерва с выраженным сужением полей зрения и др.);
- осложненные аметропии высоких степеней;
- патология связочного аппарата хрусталика (подвывих 2-3 степени).
- новообразование в глазу;
- отслоение сетчатки;
- глаукома (нестабилизованная, III-IV стадия).

Относительные противопоказания (варьируются от модели хрусталика):

- астигматизм обратный роговичный более 0,5 дптр, астигматизм прямой роговичный более 1,0 дптр (за исключением применения мультифокальной торической линзы);

- патология связочного аппарата хрусталика (подвывих I степени), псевдоэксфолиативный синдром, монофокальная интраокулярная коррекция другого глаза;

- пациенты, имеющие длительную зрительную нагрузку в вечернее время, или чья профессиональная деятельность связана с вождением автомобиля в ночное время;

- кераторефракционные операции в анамнезе;

- синдром сухого глаза, протоз, косоглазие, нистагм и пр.;

- осложненное течение хирургии с нарушением целостности капсульного мешка хрусталика.

А также особое внимание хирургу необходимо обратить на:

- завышенные ожидания пациента от результатов операции;

- низкий интеллектуальный уровень пациента.

При наличии относительных противопоказаний важен индивидуальный подход к каждому пациенту, заключающийся в общей оценке всего комплекса данных анамнеза, предоперационного офтальмологического обследования, соматического статуса, психологического настроения пациента.

Закономерен вопрос: что же выбрать – моновидение или мультифокальную коррекцию? И ожидаемый ответ – единого мнения нет. Офтальмохирург решает этот вопрос персонально для каждого пациента, учитывая финансовую составляющую, исходный офтальмологический статус, прогноз операции и предшествующий опыт, как собственный, так и коллег.

В ряде работ, которые сравнили результаты двухсторонней имплантации ИОЛ по моновизуальной технологии и двухсторонней имплантации бифокальной ИОЛ, получены данные:

- сравнимые данные по зрению вдаль и чтению;

- лучшее промежуточное зрение в группе моновижн;

- выше удовлетворенность в группе моновижн, однако трудиться и привыкать приходится дольше.

Одно из основных условий удовлетворения пациентов – двухсторонняя имплантация мультифокальных ИОЛ.

Односторонняя имплантация мультифокальных ИОЛ возможна при определенных показаниях, как правило, связанных с аметропиями и анизометропиями:

- односторонняя монофокальная астигматизация при миопии;
- эметропия парного глаза при анизометропии у молодых пациентов.

Учитывая, что планирование коррекции пресбиопии при хирургии катаракты, как это было показано выше, должно учитывать бинокулярные функции, вопрос о хирургии парного глаза становится все актуальнее. Так же стоит отметить то, что, когда речь заходит о зрении, для многих пациентов вопрос цены играет не такую значительную роль, как вопрос качества. Они хотят верить, что имплантированная ИОЛ не только улучшит или вернет привычный образ жизни, но и даст возможность свободно видеть на разных расстояниях без комплекта очков. Важно понимать, что ни один искусственный хрусталик не вернет молодое зрение со 100% остротой на любых объектах в любое время суток, но можно подобрать оптимальную модель по самым важным для пациента критериям.

Возможность **проведения операции на двух глазах с минимальным интервалом** закономерно расширяет возможности к восстановлению не только монокулярного зрения. Доказано, что оптимальной коррекцией астигматизации является двусторонняя имплантация интраокулярных линз. **Бинокулярная имплантация мультифокальных ИОЛ в сроки 1-4 дня** позволяет получить высокую остроту зрения и быструю фокусную адаптацию как вдаль (0,7-1,0), так и вблизи (0,6-1,0), что способствует ранней реабилитации и демонстрирует не только возможность, но и **преимущества раннего проведения экстракции катаракты на парном глазу** при двухсторонней катаракте.

Мультифокальная или EDOF коррекция должна перейти в статус «золотого стандарта» из «премиум», быть рутинной. Если вопрос стоит в цене, то стоит прооперировать позже, после финансовых накоплений пациентом, но лучше. Разнообразие линейки выбора ИОЛ позволяет нивелировать ограничения из-за противопоказаний.

ДО- И ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЕ ВЕДЕНИЕ

В предоперационном периоде стратегия успеха при имплантации мультифокальных ИОЛ заключается в тщательном подборе и подготовке пациентов.

С течением времени и все большем значении рекламы в выборе желаемого зрения у пациентов возросли требования к процедуре факоэмульсификации, и они часто предполагают, что после операции с мультифокальной ИОЛ их ожидает «идеальное зрение», быстрое восстановление функций, отсутствие какого-либо дискомфорта, тем более отсутствие осложнений.

Пациент перед операцией должен быть:

- информирован о типах линз, их свойствах и предназначениях;
- информирован о возможных осложнениях в ходе хирургии и связанных с ними изменениями «идеального зрения», а также методах, позволяющих минимизировать последние;
- четко излагать свои ежедневные потребности, которые указывали бы на выбор линз с мультифокальным эффектом;
- в результате полной информированности иметь реалистичные ожидания относительно результатов операции и не иметь противопоказаний к использованию выбранной ИОЛ.

Достижение в послеоперационном периоде запланированной рефракции зависит от многих факторов, включая предоперационные биометрические показатели и комплексную диагностику, состояние конъюнктивы, роговицы, слезного мениска. Так, измерение осевой длины глаза рекомендовано выполнять на оптических биометрах, которые точно измеряют передне-заднюю ось глаза, последние модели позволяют наглядно удостовериться о попадании исследующего луча именно в центральную ямку (*fovea centralis*) сетчатки.

Стандартную кератометрию рекомендовано дополнить кератотопографией для более точной диагностики астигматизма с учетом качества слезной пленки. Для детальной диагностики риска развития макулярной патологии необходимо использование

оптической когерентной томографии. По показаниям выполняют периметрию, электрофизиологические методы и др.

В послеоперационном периоде не менее важной частью является реабилитация пациентов. Качественное зрение, которое обеспечивается сложной оптикой изделия, может быть реализовано только при адекватном течении и медикаментозном сопровождении послеоперационного периода (антибиотикотерапия, нестероидные противовоспалительные, глюкокортикоиды, кераторепаранты). Длительность назначения и комбинация противовоспалительных препаратов должна быть как при выраженных сопутствующих факторах риска воспалительных осложнений – в частности, рекомендовано применение нестероидных противовоспалительных средств до 4-8 недель после операции.

Правильное послеоперационное ведение очень важно, поэтому любые вопросы, которые возникают у пациента, следует обсуждать и своевременно корректировать. Процесс должен быть начат еще до операции в качестве адекватной подготовки больных относительно того, что их может ожидать после операции. Это позволит уменьшить количество послеоперационных недоразумений. Часто пациенты хотят, чтобы их проблемы были выслушаны и подтверждены хирургом, и просто взаимная уверенность в их разрешении – это все, что необходимо.

В послеоперационном периоде на амбулаторном этапе может наблюдаться ряд **негативных проявлений**.

Нечеткое (размытое) зрение: наиболее частой причиной послеоперационного нечеткого зрения является остаточная аметропическая рефракция как результат ошибки в расчетах. При значимом субъективном дискомфорте возможный способ коррекции – лазерная кераторефракционная хирургия после стабилизации рефракции (как правило, к 3 месяцам).

Синдром сухого глаза также может быть причиной нечеткого зрения, и поэтому важно тщательно оценить состояние больных до операции и активно назначать соответствующую терапию до и после хирургического вмешательства.

Макулярный отек (1-3 месяца после операции) – редкое, особенно на фоне современной терапии нестероидными противовоспалительными средствами, осложнение в отсутствие факторов риска.

Помутнение задней капсулы, вторичная катаракта. Даже начальные уплотнения задней капсулы могут оказывать значительное влияние на качество зрения у пациентов с мультифокальной линзой, поэтому вопрос о лазерной дисцизии можно решать в более ранние сроки, в отличие от рекомендуемых обычно 6 месяцев после операции.

Гало: ореол вокруг источников света в ночное время считается одной из частых форм фотопсии, характерной для мультифокальных ИОЛ. Важно до операции предупредить пациента о возможности такого явления, и тогда реакция пациента будет более сдержанной. Кроме этого, положительная со временем динамика в выраженности ореолов, которые обычно проходят в сроки от полугода до года, внушает определенный оптимизм. При значительных фотопсиях можно временно рекомендовать миотики и при неадекватной оценке своих ощущений и очевидной невозможности качественной жизни – предложить замену ИОЛ на монофокальную или другую модель. Это предложение иногда может быть тестом реального влияния описываемых явлений на мезопические зрительные функции.

Неустойчивое зрение вблизи: качество зрения вблизи даже при мультифокальной интраокулярной коррекции может быть не идеально, что отражает ограничения данного вида коррекции пресбиопии ИОЛ. Требуется четко предупредить пациентов до операции, что эти линзы уменьшают зависимость от очков, но не всегда устраняют необходимость в очках, в частности, для длительного чтения, особенно в некомфортных условиях. Еще важное обстоятельство, что после операции зрение вблизи продолжает улучшаться в течение недель или месяцев, поэтому пациентам необходимо тренироваться и учиться пользоваться новой оптикой. В случае двухсторонней катаракты важно объяснить пациенту, что качество зрения улучшится после имплантации такой же ИОЛ во второй глаз за счет бинокулярной работы зрительного аппарата. Кроме того, полезно показать пациентам, каким было бы зрение вблизи, если бы им не была имплантирована

пресбиопическая ИОЛ, и это может быть легко продемонстрировано попыткой прочитать текст в очках *concave* (–) 2,5-3,0 дптр, которые компенсируют добавочную оптику мультифокальной линзы.

ОБЗОР ЧАСТОИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИОЛ

Трифокальная ИОЛ AcrySof PanOptix (Alcon, США, рис. 20) – дифракционный хрусталик из гидрофобного сополимера акрилата и метакрилата для коррекции пресбиопии с желтым фильтром. Зрение вдаль более чем на 120 см, для средней зоны – 60 см, для работы вблизи – 42 см. В линзе добавление силы +2,17 дптр. для средней и +3,25 дптр. для ближней дистанции. Хрусталик подойдет для чтения и работы за компьютером, поскольку обеспечивает плавный переход между средней и ближней зонами четкости, однако между средним и дальним фокусом может возникать «провал» в резкости. Желтый светофильтр призван снизить негативное влияние УФ-излучения на сетчатку и улучшить остроту зрения при падении освещенности.

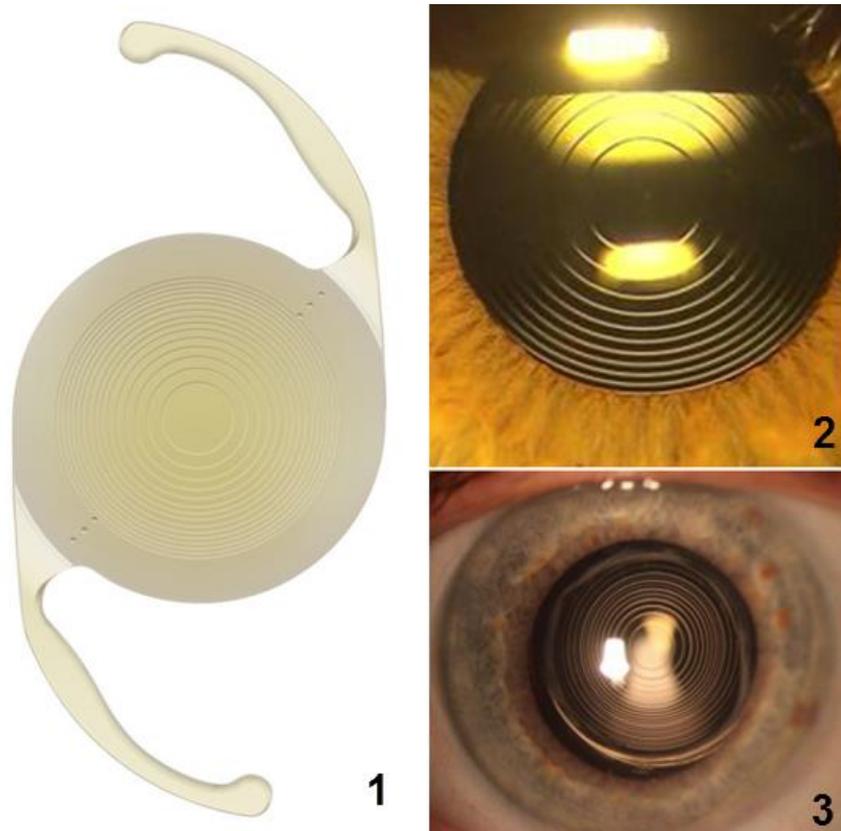


Рисунок 20 – ИОЛ AcrySof PanOptix. 1 – общий вид; 2, 3 – центрированное положение в глазу

Трифокальная ИОЛ AT Lisa (Zeiss, ФРГ, рис. 21) – асферическая высокоэластичная линза прямоугольной формы из гидрофильного акрилата для качественного зрения в среднем диапазоне благодаря широкому расстоянию между ближним и средним фокусами: 40 и 80 см. Особый дизайн линзы снижает количество негативных сферических aberrаций и гало-эффектов, однако пользователи могут отмечать остроту зрения 0,7-0,75 для средне-ближних объектов в диапазоне 50-60 см.

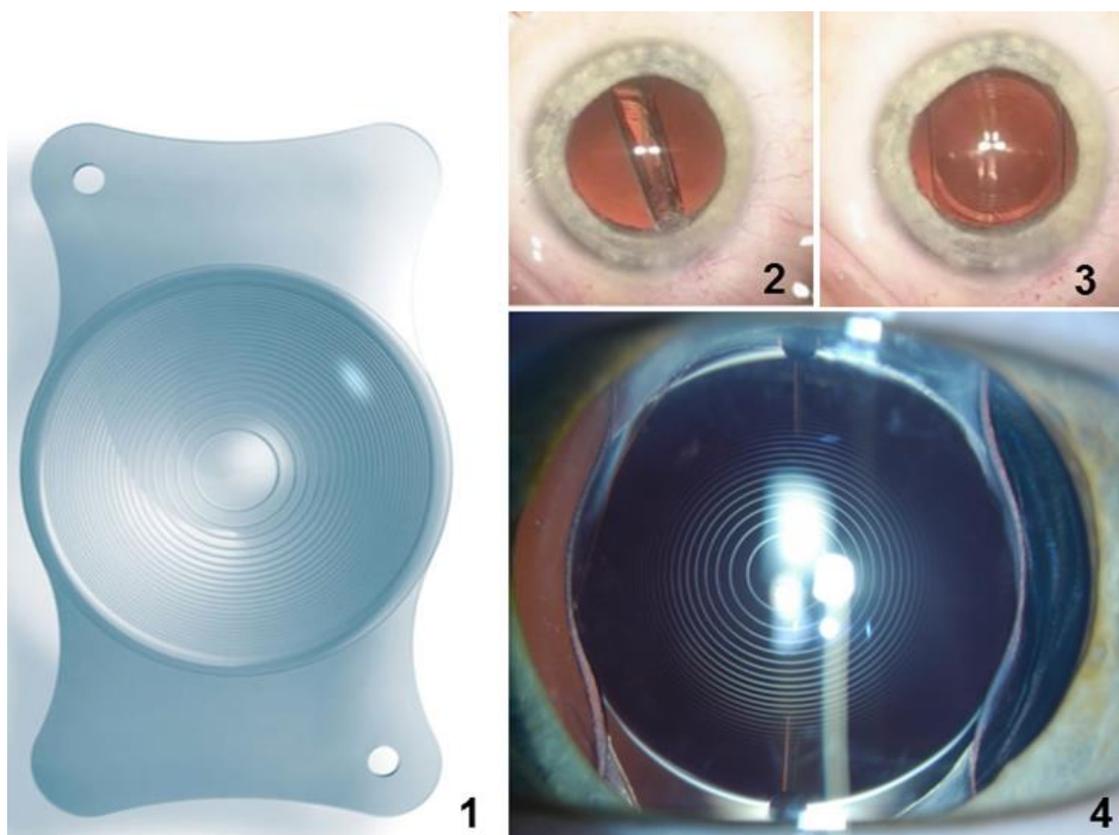


Рисунок 21 – ИОЛ AT Lisa. 1 – общий вид, 2 – сложенная имплантированная ИОЛ, 3 – расправленная ИОЛ интраоперационно, 4 – послеоперационный вид

Tecnis Symphony TM IOL (Johnson&Johnson Vision Care Inc, США, рис. 22) – EDOF-линза из гидрофобного акрила с прозрачным УФ-фильтром и квадратным краем для снижения риска развития вторичной катаракты с увеличенным диапазоном фокуса. Особая ахроматическая технология позволяет максимально повысить контрастность изображения. Подходит для пациентов, которым принципиально важно зрение вдаль, поскольку обеспечивает высокую остроту зрения на

расстояния более 2 метров, но относительно низкую вблизи – 50-70% (до 45 см), в зависимости от степени освещенности.

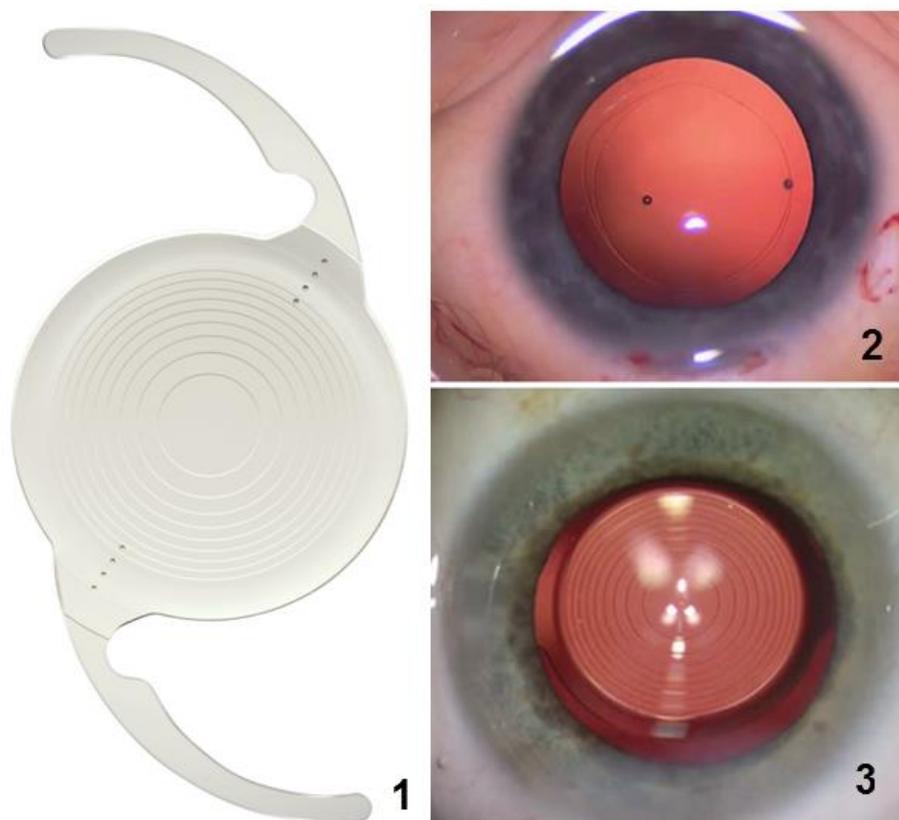


Рисунок 22 – Торическая ИОЛ Tecnis Symphony. 1 – общий вид, 2 – интраоперационно после удаления хрусталика, центрированные капсулорексисы, 3 – постоперационное таргетное положение ИОЛ в капсульном мешке

LuxSmart (Baush&Lomb, США, рис. 23) – акриловая линза имеет четырехточечную фиксацию и дизайн с квадратным краем 360°. Двояковыпуклая асферическая оптика включает в себя технологию *Pure Refractive Optics* с центром EDOF (центральная часть ИОЛ содержит чисто преломляющую оптику, которая сочетает в себе сферические aberrации шестого и четвертого порядка противоположных знаков для оптимизации и увеличения субъективной глубины резкости), запатентованной переходной зоной (предназначена для плавного уменьшения оптической вергенции от центра к периферии и управления траекторией световых лучей во избежание потери света) и монофокальной асферической периферией. Линза создает сплошную зону обзора и не имеет дифракционных колец.



Рисунок 23 – ИОЛ LuxSmart. 1 – общий вид, 2 – схема оптики, 3 – сложенная линза в капсульном мешке, 4 – послеоперационный вид *in situ*, стрелками обозначены метки ориентации

Мы переживаем взрыв новых технологий ИОЛ. Еще несколько десятков лет назад у пациентов было только два варианта: монофокальная и бифокальная. В дополнение к этому современные пациенты могут выбрать монофокальные плюс, с увеличенным диапазоном фокуса (EDoF), бифокальные (дифракционные и рефракционные), трифокальные и аккомодирующие ИОЛ, и это лишь некоторые из них. У каждого хрусталика немного другая концепция со своим набором преимуществ и недостатков.

Интраокулярная коррекция пресбиопии должна перейти в статус «золотого стандарта» из «премиум», быть рутинной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беликова Е.И., Антонюк С.В., Кочергин С.А. Коррекция пресбиопии артификацией с монозрением и мультифокальными интраокулярными линзами. *Офтальмологические ведомости*. 2011;4(3):45-49.
2. Брошюра с характеристиками интраокулярной линзы LuxSMART (Электронный ресурс) URL: <https://www.luxsmartiol.com/wp-content/uploads/2021/11/Brochure.pdf> (дата обращения 25.05.2022)
3. Винницкий Д.А. Хирургическая реабилитация пациентов с катарактой с имплантацией трифокальной и бифокальной интраокулярной линзы: 14.01.07, Научный руководитель: доктор медицинских наук, профессор Бойко Э.В. Санкт-Петербург 2019, 115 с.
4. Иошин И.Э., Толчинская А.И. Хирургическое лечение пациентов с двухсторонней катарактой. *Офтальмохирургия*. 2013;2:10-15.
5. Каталог аккомодирующих линз (электронный ресурс) URL: https://iols.eu/catalog/?swoof=1&pa_optical-function=accommodating (дата обращения 30.05.2022)
6. Малюгин Б.Э., Морозова Т.А. Исторические аспекты и современное состояние проблемы мультифокальной интраокулярной коррекции. *Офтальмохирургия*. 2004;3:23-29.
7. Морозова Т.А., Керимов Т.З. Оценка клинической эффективности мультифокальных интраокулярных линз. Критерии отбора пациентов для мультифокальной интраокулярной коррекции. *Вестник РАМН*. 2018;73(1):30-39. doi: 10.15690/vramn924
8. Морозова Т.А., Покровский Д.Ф., Медведев И.Б., Керимов Т.З. Современные аспекты мультифокальной интраокулярной коррекции. *Вестник РАМН*. 2017;72(4):268-275. doi: 10.15690/vramn835
9. Официальный сайт Johnson&Johnson Vision (электронный ресурс) URL: <https://www.jjvc.ru/TECNIS-Symfony-IOL> (дата обращения 24.05.2022)
10. Официальный сайт Swiss Advanced Vision (электронный ресурс) URL: <https://sav-iol.com/product-eden/> (дата обращения 24.05.2022)
11. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Коновалова М.М., Цыганков А.Ю., Коновалов М.Е. Интраокулярная коррекция пресбиопии методом имплантации мультифокальных линз. Обзор литературы. *Acta biomedica scientifica*. 2019;4(4):41-55. doi: 10.29413/ABS.2019-4.4.6
12. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Антонов Е.А. Первый опыт имплантации мультифокальных и торических интраокулярных линз с увеличенной глубиной фокуса (анализ краткосрочных результатов). *Офтальмология*. 2021;18(3):408-414. doi: 10.18008/1816-5095-2021-3-408-414
13. Федеральные клинические рекомендации по оказанию офтальмологической помощи пациентам с возрастной катарактой. Экспертный совет по проблеме хирургического лечения катаракты / ООО «Межрегиональная ассоциация врачей-офтальмологов». – М.: Изд-во «Офтальмология», 2015. – 32 с.
14. Alio J.L., Plaza-Puche A.B., Fernandez-Buenaga R., Pikkell J., Maldonado M. Multifocal intraocular lenses: An overview. *Surv. Ophthalmol.* 2017;62(5):611-634. doi: 10.1016/j.
15. Alió J.L., Simonov A.N., Romero D. et al. Analysis of accommodative performance of a new accommodative intraocular lens. *J. Refract. Surg.* 2018;34(2):78-83. doi: 10.3928/1081597X-20171205-01
16. Blancafort Alias S., Carrasco Z.D.C., Miras I.S., Mariné S.L. et al. Exploring vision-related quality of life: A qualitative study comparing patients' experience of cataract surgery with a standard monofocal IOL and an enhanced monofocal IOL. *Clinical Ophthalmology* 2022;16:1641–1652. doi: 10.2147/OPTH.S358386
17. Charters L. Fluid-filled accommodative IOL shows stable visual function over 18 months. *Ophthalmology Times; North Olmsted*. 2015;40:9-28.

18. Corbelli E., Iuliano L., Bandello F., Fasce F. Comparative analysis of visual outcome with 3 intraocular lenses: monofocal, enhanced monofocal, and extended depth of focus. *J. Cataract Refract. Surg.* 2022;48(1):67-74. doi:10.1097/j.jcrs.0000000000000706
19. Davison J.A., Simpson M.J. History and development of the apodized diffractive intraocular lens. *J. Cataract Refract. Surg.* 2006;32:849-858.
20. Evans, B.J.W. Monovision: a review. *Ophthalmic and Physiological Optics.* 2007;27(5):417-439.
21. Gil-Cazorla R., Shah S., Naroo S.A. A review of the surgical options for the correction of presbyopia. *Br. J. Ophthalmol.* 2016;100:62-70.
22. Jeon Y.J., Yoon Y., Kim T.I., Koh K. Comparison Between an Intraocular Lens With Extended Depth of Focus (Tecnis Symphony ZXR00) and a New Monofocal Intraocular Lens With Enhanced Intermediate Vision (Tecnis Eyhance ICB00). *Asia Pac. J. Ophthalmol. (Phila).* 2021;10(6):542-547. doi: 10.1097/APO.0000000000000439.
23. Hütz W.W., Eckhardt H.B., Röhrig B., Grolmus R. Reading ability with 3 multifocal intraocular lens models. *J. Cataract. Refract. Surg.* 2006;32:2015-2021.
24. Kondylis G., Klavdianou O., Palioura S. Multifocal and extended depth of focus intraocular lenses. *Ann Eye Sci.* 2019;4:5. doi: 10.21037/aes.2019.01.01
25. Lee J.H., Moon S.Y., Chung H.S., Park S.Y. et al. Clinical outcomes of a monofocal intraocular lens with enhanced intermediate function compared with an extended depth-of-focus intraocular lens. *J. Cataract Refract. Surg.* 2022;48(1):61-66. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000710. PMID: 34117177
26. Lopes D., Loureiro T., Carreira R. et al. Comparative evaluation of visual outcomes after bilateral implantation of an advanced or conventional monofocal intraocular lens. *Eur. J. Ophthalmol.* 2021:229-234. doi:10.1177/1120672121995343
27. Lundstrom M., Albrecht S., Nilsson M., Aebrom B. Benefit to patient of bilateral same-day cataract extraction. *J. Cataract Refract. Surg.* 2006;32:826-830.
28. Mencucci R., Cennamo M., Venturi D. et al. Visual outcome, optical quality, and patient satisfaction with a new monofocal IOL, enhanced for intermediate vision: preliminary results. *J. Cataract Refract. Surg.* 2020;46:378-387.
29. Naujokaitis T., Zhao L., Scharf D., Khoramnia R., Auffarth G.U. Monofocal intraocular lens with enhanced intermediate function as substitute for multifocal intraocular lens in positive dysphotopsia. *Am. J. Ophthalmol. Case Rep.* 2022;26:101511. doi: 10.1016/j.ajoc.2022.101511
30. Packer M., Williams J.I., Feinerman G., Hope R.S. Prospective multicenter clinical trial to evaluate the safety and effectiveness of a new glistening-free one-piece acrylic toric intraocular lens. *Clin. Ophthalmol.* 2018;12:1031-1039.
31. Ramsay A.L., Diaper C.J.M., Suba S.N. et al. Simultaneous bilateral cataract extraction. *J. Cataract Refract. Surg.* 1999;25:753-762.
32. Royo M., Jiménez Á., Piñero D.P. Clinical outcomes of cataract surgery with implantation of a continuous transitional focus intraocular lens. *J. Cataract Refract Surg.* 2020;46:567-572.
33. Silva S.R., Evans J.R., Kirthi V., Ziaei M., Leyland M. Multifocal versus monofocal intraocular lenses after cataract extraction. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;12:CD003169. doi: 10.1002/14651858. CD003169.pub4 pmid: 27943250
34. Smith G.T., Liu C.S.C. Is it time for a new attitude to «simultaneous» bilateral cataract surgery? *Br. J. Ophthalmol.* 2001;85:1489-1496.
35. Yangzes S., Kamble N., Grewal S., Grewal S.P.S. Comparison of an aspheric monofocal intraocular lens with the new generation monofocal lens using defocus curve. *Indian J. Ophthalmol.* 2020;68(12):3025-3029. doi: 10.4103/ijo.IJO_985_20

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ИСТОРИЯ ХИРУРГИИ КАТАРАКТЫ И ИНТРАОКУЛЯРНОЙ КОРРЕКЦИИ ПРЕСБИОПИИ.....	4
МОНОВИЗУАЛЬНАЯ КОРРЕКЦИЯ.....	6
МУЛЬТИФОКАЛЬНАЯ КОРРЕКЦИЯ.....	13
АККОМОДИРУЮЩИЕ ИОЛ.....	14
ПСЕВДОАККОМОДИРУЮЩИЕ ИОЛ.....	18
ЛИНЗЫ С РАСШИРЕННОЙ ГЛУБИНОЙ ФОКУСА.....	26
ВАРИФОКАЛЬНЫЕ ИОЛ.....	28
ТОРИЧЕСКИЕ МУЛЬТИФОКАЛЬНЫЕ ИОЛ.....	29
ПОКАЗАНИЯ К ИМПЛАНТАЦИИ	31
ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ИМПЛАНТАЦИИ.....	31
ДО- И ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЕ ВЕДЕНИЕ.....	34
ОБЗОР ЧАСТОИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЛИНЗ.....	37
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	41

Подписано в печать 30.06.2022 г. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Ризография. Усл. печ. л. 2,33.

Тираж 100 экз. Заказ № 35.

Отпечатано в ГУ «Республиканский научно-практический центр
радиационной медицины и экологии человека».

Свидетельство № 1/410 от 14.08.2014 г.

246042, Гомель, ул. Ильича, 290