

Т.А. Морозова<sup>1</sup>, Т.З. Керимов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова, Москва, Российская Федерация

## Оценка клинической эффективности мультифокальных интраокулярных линз.

### Критерии отбора пациентов для мультифокальной интраокулярной коррекции

Мультифокальная интраокулярная коррекция имеет ряд особенностей в сравнении с традиционной монофокальной. Требуется серьезного подхода отбор пациентов для лечения по данной методике; для достижения рефракции цели необходимы тщательная предоперационная диагностика и расчет оптической силы интраокулярных линз. В послеоперационном периоде возможны снижение контрастной чувствительности и развитие световых явлений, в ряде случаев требуется адаптация центральной нервной системы. Кроме того, линзы данного типа обладают высокой стоимостью. В клинических исследованиях чаще всего оценивается целый ряд показателей, на основании которых делается вывод об эффективности методики: функциональные результаты остроты зрения на различных дистанциях, кривые дефокуса, очковая независимость, дисфотопсии (световые явления), субъективная удовлетворенность, результаты пространственно-контрастной чувствительности, также проводится анализ данных aberromетрии. Дополнительно анализируются осложнения на фоне мультифокальных интраокулярных линз и причины экплантации. В данный обзор включено 36 исследований (34 клинических исследования и 2 метаанализа). В работе сообщается о функциональных результатах пространственно-контрастной чувствительности, приведены данные aberromетрии, содержатся сведения о влиянии диаметра зрачка на функциональный результат мультифокальной интраокулярной коррекции, об осложнениях на фоне мультифокальной коррекции и причинах экплантации, показаниях и противопоказаниях к мультифокальной интраокулярной коррекции, методах предоперационного скрининга и критериях отбора пациентов для данной технологии.

**Ключевые слова:** мультифокальные интраокулярные линзы, пространственно-контрастная чувствительность, aberromетрия, экплантация интраокулярных линз, критерии отбора пациентов.

(Для цитирования: 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)

30

#### Функциональные результаты пространственно-контрастной чувствительности

В течение длительного временного периода в литературе появляются публикации о том, что на фоне мультифокальной коррекции происходит снижение контрастной

чувствительности, особенно на высоких пространственных частотах и в мезопических условиях. В ранних исследованиях R. Montés-Micó с соавт. [1] пришли к такому выводу путем сравнения показателей контрастной чувствительности после имплантации мультифокальных рефракционных (Array SA-40N, Allergan Medical Optics;

T.A. Morozova<sup>1</sup>, T.Z. Kerimov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russian Federation

### Multifocal Intraocular Lenses Clinical Assessment. Patient Selection for Multifocal Intraocular Correction

*There are some multifocal intraocular corrections particular qualities compared to monofocal correction. Therefore, the patient's careful selection, detail preoperative diagnosis, accurate intraocular lens power calculation are necessary to get the optimal clinical results. There are some disadvantages in the postoperative period, such as the contrast sensitivities reduction, dysphotopsia, neuroadaptation. In addition multifocal IOLs are expensive. The clinical studies include evaluating of visual acuity for different distances, defocus curve, spectacle independence, contrast sensitivity, aberrometry data. Additionally, complications after multifocal IOLs implantation and the reasons of explantation are analyzed. This review includes 36 articles (34 clinical studies and 2 meta-analysis) of the following aspects of multifocal intraocular correction: contrast sensitivity, aberrometry analysis, pupil influence on the visual outcomes, postoperative complications, analysis of explantation reasons, preoperative patient's selection for multifocal correction.*

**Key words:** multifocal intraocular lenses, contrast sensitivity, aberrometry, IOL's explantation, patient selection.

(For citation: Morozova TA, Kerimov TZ. Multifocal Intraocular Lenses Clinical Assessment, Patient Selection for Multifocal Intraocular Correction. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2018;73(1):30–39. doi: 10.15690/vramn924)

32 пациента, 32 глаза) и монофокальных (SI-40NB, Allergan Medical Optics; 32 пациента, 32 глаза) интраокулярных линз (ИОЛ). Схожие результаты получены в исследовании Н. Alió с соавт. [2]: проведя сравнение контрастной чувствительности после имплантации монофокальной (Acri. Smart 48S — группа А) и двух мультифокальных ИОЛ (рефракционно-дифракционной AcrySof ReSTOR SN6AD3 и дифракционной Acri.LISA366D — группы Б и В соответственно), авторы пришли к выводу о возможности снижения контрастной чувствительности на фоне мультифокальной коррекции по сравнению с монофокальной в фотопических и мезопических условиях освещенности.

Многие исследователи обращают внимание на сравнительный анализ контрастной чувствительности после имплантации мультифокальных и монофокальных ИОЛ.

В работе М. Packer с соавт. [3] проводился анализ контрастной чувствительности у пациентов после имплантации мультифокальной дифракционной линзы Tecnis ZM900 (Abbott Medical Optics — 244 глаза) и монофокальной линзы SeeOn 911A (Abbott Medical Optics — 245 глаз). По результатам анализа контрастной чувствительности на всех исследованных пространственных частотах (1,5; 3,0; 6,0; 12,0; 18,0 цикл/град) в фотопических (85 кд/м<sup>2</sup>) и мезопических (3 кд/м<sup>2</sup>) условиях освещенности, с искусственно вызванным фотическим феноменом засвета (Glare) и без него пациенты с имплантированными мультифокальными ИОЛ обладали более низкой контрастной чувствительностью, чем пациенты с имплантированными монофокальными ИОЛ, однако данное отличие не являлось статистически значимым ни в одном из созданных условий. Аналогичное отсутствие статистически значимой разницы в пространственной контрастной чувствительности между мультифокальными (Aragau SA-40N, Allergan Medical Optics) и монофокальными ИОЛ сообщается в более раннем исследовании [4].

В работе W. Lubiński с соавт. [5], в которой 20 пациентам (40 глаз) имплантировали мультифокальную дифракционную ИОЛ Acri.Lisa 366D, была выполнена оценка послеоперационных значений контрастной чувствительности и проведено сравнение полученных данных с возрастными нормами в популяции. По результатам исследования авторы пришли к выводу, что полученные значения контрастной чувствительности после имплантации мультифокальных ИОЛ не выходили за рамки возрастных норм.

Позднее W. Lubiński с соавт. [6] в исследовании контрастной чувствительности после факозмульсификации катаракты с имплантацией мультифокальной дифракционной ИОЛ Tecnis ZMB00 (20 пациентов, 40 глаз) также пришли к выводу, что уровень контрастной чувствительности у пациентов спустя 6 мес после проведенной имплантации сохраняется в пределах возрастных норм в различных условиях освещенности (рис. 1, 2).

В случае имплантации ИОЛ с градиентной оптикой (Градиол) показатели контрастной чувствительности, исследованные на приборе Ортес 6500, имели максимальные значения в области средних частот и снижались в области высоких частот. В фотопических условиях отмечалось умеренное снижение контрастной чувствительности на низких и высоких пространственных частотах. В мезопических условиях отмечается более выраженное снижение контрастной чувствительности с положительной динамикой в течение года наблюдения [7] (рис. 3, 4).

В метаанализе Е. Rosen с соавт. [8] сообщается о 132 публикациях по изучению контрастной чувствительности, в 31 из которых сравнивали контрастную чувстви-

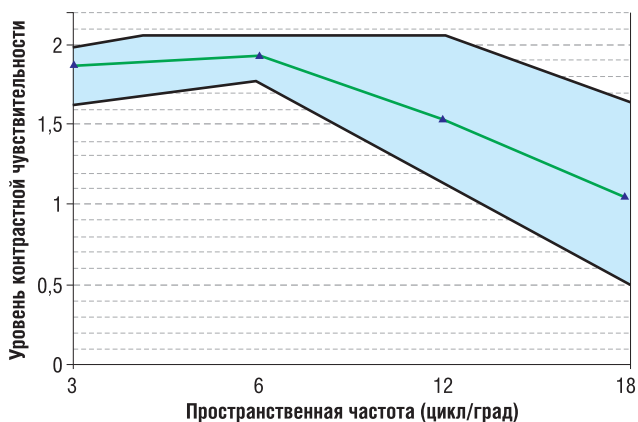


Рис. 1. Значения бинокулярной контрастной чувствительности на дальней дистанции в фотопических условиях освещенности (зеленая линия) с проекцией на возрастные нормы (зона графика, ограниченная черными линиями)

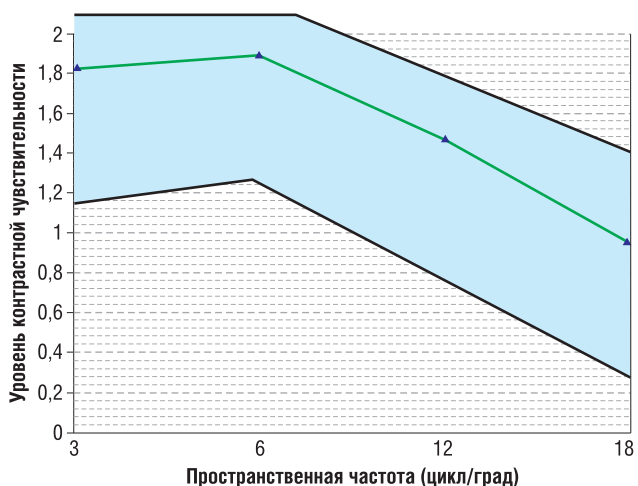


Рис. 2. Значения бинокулярной контрастной чувствительности на дальней дистанции в мезопических условиях освещенности (зеленая линия) с проекцией на возрастные нормы (зона графика, ограниченная черными линиями)

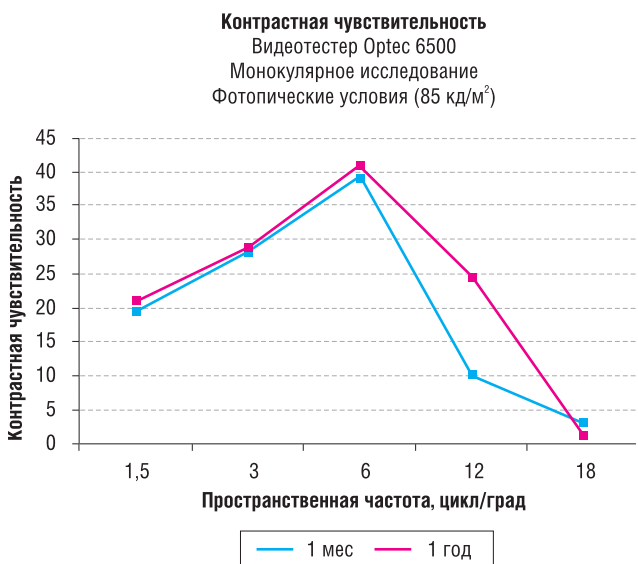
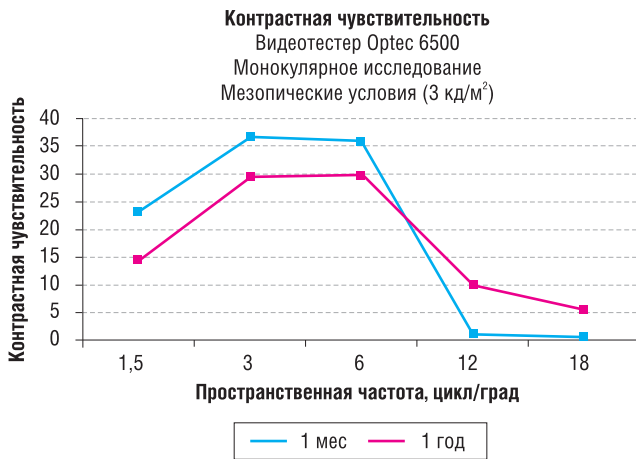


Рис. 3. Пространственно-контрастная чувствительность в фотопических условиях освещенности на фоне мультифокальных градиентных интраокулярных линз (Градиол)

Примечание. Монокулярное исследование на видеотестере Ортес 6500.



**Рис. 4.** Пространственно-контрастная чувствительность в мезопических условиях освещенности на фоне мультифокальных градиентных интраокулярных линз (Градиол)

*Примечание.* Монокулярное исследование на видеотестере Ортес 6500.

тельность после имплантации мультифокальных и монофокальных ИОЛ. По итогам проведенных исследований, авторы 11 из них не выявили существенных отличий в контрастной чувствительности на фоне мультифокальных и монофокальных ИОЛ, однако авторы остальных 20 публикаций отметили некоторое уменьшение контрастной чувствительности после имплантации мультифокальных интраокулярных линз на высоких пространственных частотах по сравнению с монофокальными ИОЛ. Тем не менее контрастная чувствительность всегда остается в пределах возрастных норм.

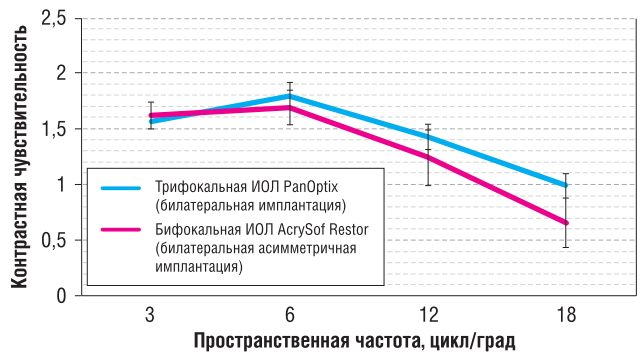
В исследовании J. Kim с соавт. [9] проведен анализ контрастной чувствительности в зависимости от использованной силы добавки мультифокальных дифракционных ИОЛ. Пациенты (43 пациента, 65 глаз) были разделены на 3 группы: первой группе (23 глаза) имплантировались мультифокальные ИОЛ с добавкой +2.75 дптр (ИОЛ Tecnis ZKB00), второй группе — +3.25 дптр (21 глаз, ИОЛ Tecnis ZLB00), третьей группе — +4.00 дптр (21 глаз, ИОЛ Tecnis ZMB00). Контрастная чувствительность была исследована на приборе Ортес 6500 в диапазоне пространственных частот от 1,5 до 18 цикл/град в фотопических (85 кандел/м<sup>2</sup>) и мезопических (3 кандел/м<sup>2</sup>) условиях освещенности с засветом и без него. Авторы исследования пришли к выводу, что контрастная чувствительность не имела статистически значимых отличий между группами.

На сегодняшний день крайне актуальными являются сравнительные исследования контрастной чувствительности бифокальных и трифокальных ИОЛ, поскольку длительный отрезок времени существовала объективная настороженность, что деление светового потока на три фокуса приведет к критическому снижению функции контрастной чувствительности и потере качества зрения. Современные исследования опровергают эту точку зрения.

В наиболее поздней работе С. Vilár с соавт. [10] сравнивались функциональные результаты 20 пациентов (40 глаз), полученные на фоне билатеральной имплантации трифокальной ИОЛ PanOptix TFNT00 (группа 1 — 20 глаз) и билатеральной асимметричной имплантации бифокальных ИОЛ Acrysof Restor SV25T0 (с аддидацией +2,5 дптр) в ведущий глаз и Acrysof Restor SN6AD1 (с аддидацией +3,0 дптр) в ведомый глаз (группа 2 — 20 глаз). По результатам исследования, в фотопических

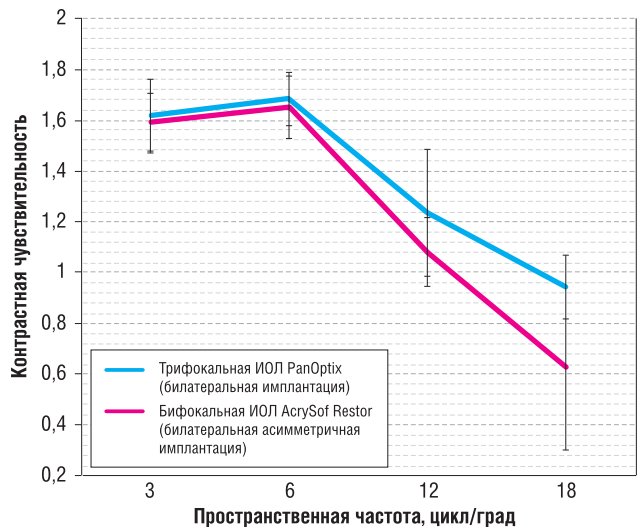
и мезопических условиях бинокулярная контрастная чувствительность на высоких пространственных частотах, как с засветом, так и без него, была лучше у пациентов с имплантированными трифокальными ИОЛ (рис. 5–8).

В исследовании 2016 г. А. Plaza-Puche и соавт. [11] ученые поставили перед собой задачу изучить контрастную чувствительность на фоне различных современных мультифокальных линз: трифокальной дифракционной ИОЛ AT LISA tri MP (группа А), трифокальной дифракционной ИОЛ FineVision (группа Б), бифокальной рефракционной ИОЛ Lentis Mplus-LS 313 (группа В), бифокальной дифракционной ИОЛ Acri.Lisa 366 D (группа Г), бифокальной рефракционно-дифракционной AcrySof ReSTOR SN6AD1 (группа Д), монофокальной сферической ИОЛ (группа Е, контрольная). Исследование контрастной чувствительности проводилось с помощью прибора ОРТЕС 6500 спустя 3 мес после операции с величиной освещения 85 и 3 кд/м<sup>2</sup>. Авторами не обнаружено отличий в контрастной чувствительности между группами на пространственных частотах 1,5; 3,0; 6,0; 12,0 цикл/град. Однако была обнаружена существенная разница между группами Д (AcrySof ReSTOR SN6AD1) и Е (монофокальная ИОЛ) при значении пространственной частоты 18 цикл/град с лучшими значениями в группе Е. Таким образом, ученые утверждают, что существенных отличий в контрастной чувствительности на фоне современных мультифокальных ИОЛ различных конструкций не выявлено, и что пациенты



**Рис. 5.** Показатели контрастной чувствительности в фотопических условиях без засвета

*Примечание.* ИОЛ — интраокулярная линза.



**Рис. 6.** Показатели контрастной чувствительности в фотопических условиях с засветом

*Примечание.* ИОЛ — интраокулярная линза.

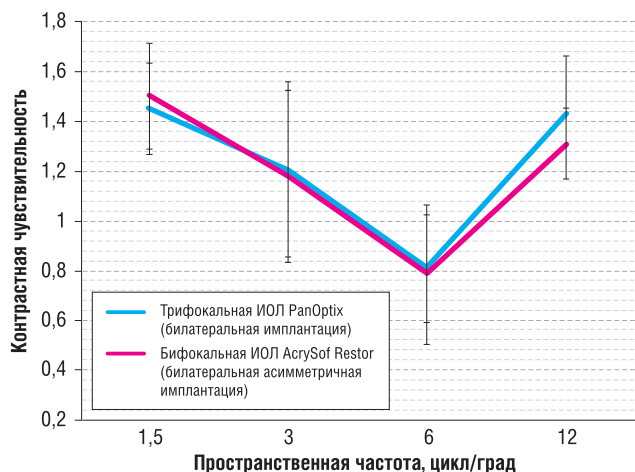


Рис. 7. Показатели контрастной чувствительности в мезопических условиях без засвета

Примечание. ИОЛ — интраокулярная линза.

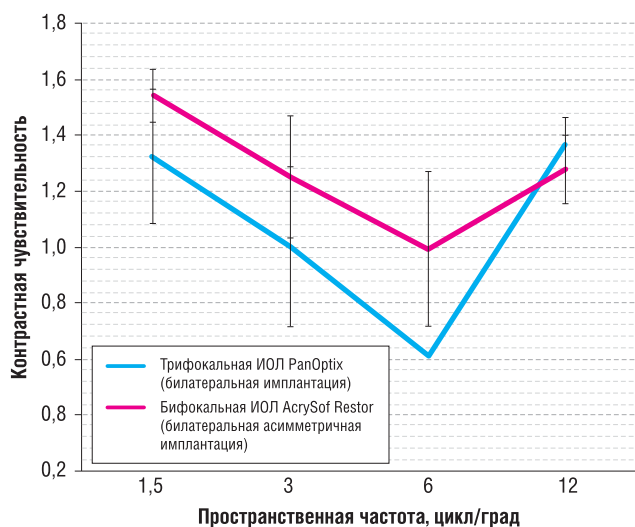


Рис. 8. Показатели контрастной чувствительности в мезопических условиях с засветом

Примечание. ИОЛ — интраокулярная линза.

после имплантации бифокальной дифракционной ИОЛ ReSTOR SN6AD1 показали очевидно худшие результаты значений контрастной чувствительности по сравнению с контрольной группой при высоких значениях пространственных частот. Аналогичные данные получены в исследовании В. Cochener [12], в котором путем анализа контрастной чувствительности на пространственных частотах 1,5; 3,0; 6,0; 12,0 цикл/град было доказано, что после имплантации трифокальной дифракционной ИОЛ FineVision и бифокальной дифракционной ИОЛ Tecnis ZMB00 пациенты обладают контрастной чувствительностью в пределах возрастных норм, при этом отсутствуют статистически значимые отличия в контрастной чувствительности на фоне засвета и без него в каждой из групп.

### Анализ данных aberromетрии

Исследований остроты зрения и контрастной чувствительности недостаточно для описания системы артификальных глаз, особенно на фоне мультифокальной коррекции. С целью более детального описания качества оптической системы применяется aberromетрия с до-

полнительным анализом функции передачи модуляции (MTF/ФПМ), представляющей собой частотно-контрастную характеристику, и функции рассеяния точки (PSF/ФРТ), описывающей зависимость распределения освещенности от координат в плоскости изображения [13]. Анализатор волнового фронта (aberromетр) широко используется с целью изолированного изучения воздействий aberраций низкого и высокого порядка и оценки вклада aberраций различного порядка в изменения оптической системы. С развитием систем, таких как *дабл-насс*, оптическое качество стало измеряться еще более точно. Система базируется на измерении записи изображений от точечного источника инфракрасного света после отражения на сетчатке и двойного прохождения через среды глаза. Клинически система *дабл-насс* предоставляет данные о качестве изображения на сетчатке (ФПМ, коэффициент Штреля, ФРТ, объективный показатель псевдоаккомодации), а также позволяет дать оценку качества и стабильности слезной пленки при наличии минимальных симптомов сухого глаза. В работе Н. Lee с соавт. [13] анализировалось влияние глазных aberраций на объективные параметры качества оптической системы артификального глаза после имплантации мультифокальной ИОЛ. С этой целью были использованы система *дабл-насс* и aberromетр с системой слежения. Результат показал существенную отрицательную корреляцию между параметром качества ретинального изображения (коэффициент Штреля) и суммарными aberрациями. Дополнительно была проведена оценка объема объективной псевдоаккомодации, которая до операции у пациентов в возрасте 46–55 лет составляла  $0,73 \pm 0,33$  дптр, а после имплантации этим пациентам мультифокальных ИОЛ (AcrySof IQ ReSTOR SN6AD1; 20 глаз, 20 пациентов) —  $1,55 \pm 0,64$  дптр.

В исследовании R. Montés-Micó с соавт. [14] изучались оптические свойства системы глаза после имплантации гибридной рефракционно-дифракционной ИОЛ AcrySof Restor SN6AD1 с добавкой +3,0 дптр и рефракционной ИОЛ с асимметричной оптикой Lentis Mplus LS-312 с добавкой +3,0 дптр, а также эффект, оказываемый наклоном и децентрацией ИОЛ. С этой целью была использована модель глаза. Произведено исследование функции передачи модуляции и функции рассеяния точки со зрачком 5 мм в пяти различных ситуациях положения ИОЛ: центрирована, децентрирована на 0,2 мм, децентрирована на 0,4 мм, наклонена на 2 градуса, наклонена на 4 градуса. По результатам исследования, наивысшие показатели функции передачи модуляции на всех пространственных частотах были получены на фоне рефракционно-дифракционной ИОЛ. Функция передачи модуляции ИОЛ AcrySof Restor SN6AD1 снижалась, когда линза была децентрирована или наклонена, показав лучшую устойчивость к наклону, чем к децентрации. В случае с ИОЛ Lentis Mplus LS-312 во время исследования ФПМ не было обнаружено отличий в данном параметре ни в одном из создаваемых условий. При анализе ФРТ на фоне гибридной ИОЛ было обнаружено, что данный параметр не имел существенных отличий в обоих создаваемых состояниях наклона по сравнению с центрированным положением. Однако параметр ФРТ был слегка снижен в случае децентрации как на 0,2 мм, так и на 0,4 мм. Параметр функции рассеяния точки на фоне ИОЛ Lentis Mplus LS-312 во всех случаях был одинаково снижен. Полученное распределение параметров демонстрировало немного лучшие показатели ФРТ в случае наклоненной ИОЛ (особенно при наклоне 4 градуса), чем в случае центрированного вертикального положения. В связи с этим была обнаружена выражен-

ная положительная связь между горизонтальной комой и углом наклона. Это означает, что высокие значения комы на фоне данной ИОЛ частично компенсировались индуцированным наклоном. На фоне обеих интраокулярных линз показатели имели различный разброс в каждой ситуации и, как следствие, разное качество оптики, которое связано с изменением ФПМ. Снижение в значениях показателя функции передачи модуляции и более плохие изображения со сниженным показателем ФРТ, вызванные наклоном и децентрацией, оказались выраженнее у рефракционной ИОЛ с асимметричной оптикой. Авторы пришли к выводу, что гибридные мультифокальные интраокулярные линзы предоставляют лучшее качество оптики, чем рефракционные ИОЛ с асимметричной оптикой. Наклон и децентрация оказывают существенное влияние на качество оптических характеристик на фоне исследованных типов мультифокальных интраокулярных линз, с большей степенью выраженности у рефракционных ИОЛ с асимметричной оптикой.

В исследовании Н. Tchah с соавт. [15] проанализированы aberrации высокого порядка на фоне имплантации мультифокальных рефракционных ИОЛ Lentis Mplus при диаметре зрачка 4 мм. Дополнительно анализировались угол каппа, диаметр зрачка, дистанция между центрами зрачка в фотопических и мезопических условиях и их влияние на развитие дисфотопсий. Выявлена корреляция между смещенным центром зрачка и развитием световых явлений, а также между предоперационным значением угла каппа и развитием световых явлений. Учеными была поставлена цель определить конкретные факторы, имеющие связь с фотическими феноменами у пациентов с имплантированными рефракционными мультифокальными ИОЛ. Для исследования были отобраны 34 пациента, которым выполнили монолатеральную факоэмульсификацию катаракты с имплантацией ИОЛ Lentis Mplus. По результатам исследования было подтверждено существенное влияние угла каппа и дистанции между центром зрачка в фотопических и мезопических условиях на развитие фотических феноменов в послеоперационном периоде. Дополнительная оценка aberrаций глаза на приборе OPD-scan позволила составить представление об aberrациях высокого порядка при диаметре зрачка 4 мм, показав наличие существенной суммарной aberrации, выраженных значений aberrации трефойла и комы (табл. 1).

В исследовании V. Akondi с соавт. [16] стандартная оценка aberrаций у пациентов с имплантированными асимметричными рефракционными ИОЛ (Lentis Mplus) приводит к выводу о наличии первичной вертикальной комы большой величины, которая объяснялась дизайном (внутренними свойствами) ИОЛ. Новый предлагаемый авторами метод анализа данных aberrометрии позволит дифференцировать влияние силы ИОЛ на перераспределение световых потоков от истинных aberrаций высокого

**Таблица 1.** Значения aberrаций высокого порядка после факоэмульсификации катаракты с имплантацией интраокулярных линз Lentis Mplus

Послеоперационные данные aberrаций высшего порядка	$X \pm S$ , среднее квадратичное отклонение, мкм
Суммарная	1,95±1,25
Кома	0,24±0,15
Трефойл	0,71±0,33
Сферическая	0,07±0,06
Коэффициент Штреля	0,013±0,02

порядка. Новый метод, который использует ретинальную точку, полученную от ближнего и дальнего фокуса, был протестирован с использованием симуляционной оптики в компьютерной модели глаза с виртуально имплантированной моделью ИОЛ Lentis Mplus. Полученные результаты свидетельствуют, что aberrации высокого порядка, измеренные с помощью симуляции на компьютере, и реальные диаграммы сетчатки совпадали с номинальными aberrациями (ориентировочно 98%) после предложенного метода. Ранее сообщаемая первичная вертикальная кома у пациентов с данным типом ИОЛ после применения предлагаемой методики потеряла свою актуальность. Ученым удалось сделать вывод, что имплантация ИОЛ данной конструкции не приводит к появлению вертикальной комы в послеоперационном периоде.

В метаанализе J. Liu с соавт. [17] сравниваются aberrации высокого порядка у мультифокальных ИОЛ сферического и асферического типа. Изучив международные компьютерные базы данных, авторы выбрали случаи имплантации различных моделей сферических (164 клинических случая) и асферических (178 клинических случаев) мультифокальных интраокулярных линз. Проведя данный анализ, группа ученых пришла к выводу, что глаза пациентов, которым имплантируются асферические модели мультифокальных ИОЛ, имеют меньшую сферическую aberrацию и значительно меньшие aberrации высокого порядка.

В работе J. Kim с соавт. [9] проведено исследование aberrаций 43 пациентам (65 глаз), разделенных на 3 группы в зависимости от использованной силы добавки мультифокальных дифракционных ИОЛ. Первой группе пациентов имплантировались мультифокальные ИОЛ с добавкой +2.75 дптр (23 глаза; ИОЛ Tecnis ZKB00), второй группе — +3.25 дптр (21 глаз; ИОЛ Tecnis ZLB00), третьей группе — +4.00 дптр (21 глаз; ИОЛ Tecnis ZMB00). Данные aberrометрии были получены на aberrометре с системой слежения без дополнительного фармакологического мидриаза в состоянии зрачка 4 мм, в мезопических условиях. Среднее квадратичное (RMS) суммарной aberrации было высчитано вместе с общим среднеквадратичным отклонением aberrаций высшего порядка, используя измерения комы, трефойла и сферических aberrаций. Не наблюдалось существенной разницы между группами ни в среднеквадратичном суммарной aberrации (группа 1 — 0,76±0,52 мкм; группа 2 — 0,99±0,35 мкм; группа 3 — 0,92±0,63 мкм), ни в среднеквадратичном aberrации высших порядков (0,49±0,46; 0,74±0,51 и 0,53±0,54 мкм соответственно). Данные линзы имеют отрицательную сферическую aberrацию -0,27 мкм, что приводит практически к нулевым значениям послеоперационной сферической aberrации при зрачке 3–6 мм и также позволяет повысить контрастную чувствительность. Авторы исследования приходят к выводу, что мультифокальная ИОЛ Tecnis ZMA00 предоставляет сопоставимые данные по сферической aberrации с монофокальными асферическими линзами этого же производителя и значительно превосходит по данному критерию сферические монофокальные интраокулярные линзы.

В исследовании R. Mastropasqua с соавт. [18] проводится сравнительный анализ данных aberrометрии у пациентов с имплантированными интраокулярным кольцом и без него. Пациенты (60 человек, 60 глаз), перенесшие факоэмульсификацию катаракты с имплантацией мультифокальной ИОЛ, были разделены на группы: в первую вошли 30 пациентов с имплантированными рефракционно-дифракционными ИОЛ AcrySof ReSTOR

SN60D3 и внутрикапсульным кольцом Corneal ACPI 11, во вторую группу — пациенты с такой же моделью ИОЛ, но без капсульного кольца. Среднее квадратичное отклонение глазных аберраций с роговичным компонентом и без роговичного компонента существенно отличалось как в раннем послеоперационном периоде (20 дней), так и спустя год наблюдения. Среднее квадратичное отклонение общих и внутренних глазных аберраций, а также внутренний трефойл и кома были существенно ниже в первой группе по сравнению со второй ( $p < 0,05$ ). Глазная, роговичная и суммарная без роговичного компонента функция передачи модуляции на низких и высоких пространственных частотах и глазной, роговичной, суммарной без роговичного компонента коэффициент Штреля существенно отличались между группами. Авторы исследования акцентируют внимание на высокие показатели качества зрения у пациентов обеих групп, что, по мнению ученых, вызвано существенным снижением сферической аберрации высокого порядка благодаря оптическим свойствам интраокулярной линзы. Имплантация внутрикапсульного кольца позволяет дополнительно снижать внутриглазной волновой фронт, что связано с уменьшением аберраций третьего порядка за счет более сцентрированного положения ИОЛ в капсульном мешке.

Группу ученых во главе с М. Wang (2014 г.) [19] исследовал сравнительный анализ мультифокальных дифракционных ИОЛ с плоскостной гаптикой (AcRivaUD Reviol BB MFM 611, VSY Biotechnology, Амстердам; группа 1) и мультифокальных ИОЛ с C-loop-дизайном гаптических элементов (AcRivaUD Reviol BB MF 613, VSY Biotechnology, Амстердам; группа 2). В исследование были включены 107 пациентов (158 глаз). В роговичных аберрациях высокого порядка не обнаружено существенной статистически значимой разницы в зависимости от гаптики, однако глазные аберрации высокого порядка были существенно выше у пациентов 2-й группы по сравнению с 1-й. На этом основании авторы пришли к выводу о возможности получения лучших оптических результатов при использовании ИОЛ с плоскостной гаптикой. Данные остроты зрения и контрастной чувствительности также были лучше у пациентов группы 1. Авторы считают первой причиной такой ситуации стабильность положения ИОЛ в капсульном мешке, второй причиной — особенности свойства материала ИОЛ (в данном случае акрилата, в котором уровень содержания воды достигает 25%, что, по мнению авторов, ведет к повышенной эластичности гаптических элементов, наклону и децентрации ИОЛ, вследствие чего увеличиваются кома и суммарные аберрации, о чем сообщается также в работе U. Mester с соавт. [20], которую исследователи приводят в качестве подтверждения своих результатов).

### **Влияние диаметра зрачка на функциональный результат мультифокальной интраокулярной коррекции**

Большинство мультифокальных ИОЛ являются зрачковозависимыми: функциональный результат определяется диаметром зрачка [21].

В экспериментальном исследовании J. Esteve-Taboada и соавт. [22] оценивали влияние большой апертуры на оптическое качество у трех интраокулярных линз (дифракционной ИОЛ с расширенной глубиной фокуса Tecnis Symphony ZXR00; трифокальной дифракционной ИОЛ AT LISA tri 839 MP; трифокальной дифракционной ИОЛ FineVision PhysIOL) на лучшем для каждой из них фокус-

ном расстоянии от -1,50 до -3,00 дптр с шагом 0,5 дптр и апертурой 4,5 мм. Доказано, что линза AT LISA 839 MP предоставляет лучшее оптическое качество на близкой дистанции, линза FineVision PhysIOL — на дальней дистанции, линза Tecnis Symphony ZXR00 — на средней дистанции, к тому же из всех представленных линз последняя имеет самое равномерное распределение светового потока.

В работе М. Wang с соавт. (2016 г.) [23] после проведенной имплантации мультифокальной торической ИОЛ Lentis Mplus toric LU-313 30TY 16 пациентам (27 глаз) было подтверждено наличие существенной корреляции между послеоперационной остротой зрения и размером зрачка. Оказалось, что пациенты с большим диаметром зрачка всегда имели лучшую послеоперационную остроту зрения. Авторы подчеркивают значимость предоперационной оценки диаметра зрачка, поскольку доказано его влияние на послеоперационные зрительные результаты.

В работе ряда исследователей [24] оценивалось влияние диаметра зрачка на качество изображения у двух мультифокальных ИОЛ — рефракционной Lentis Mplus и дифракционной AcRi.LISA. Как оказалось, ИОЛ Lentis Mplus показывает лучшее качество изображения со зрачком 3, 4, 5 мм в дальнем фокусе по сравнению с ИОЛ AcRi.LISA, которая показала худшие результаты; в ближнем фокусе Lentis Mplus вновь была лучшей, но уже лишь с диаметром зрачка 4 и 5 мм, а со зрачком 3 мм лучшей была AcRi.LISA, при этом аберрации в дальнем фокусе были одинаковыми. Таким образом, авторы пришли к выводу, что секторальный дизайн линзы больше подходит пациентам с диаметром зрачка более 3 мм, а также что линза Lentis Mplus предоставляет лучшее качество изображения вдаль, чем AcRi.LISA, которая имеет превосходство вблизи.

### **Осложнения на фоне мультифокальных ИОЛ Анализ причин эксплантации**

Согласно данным литературы [8], осложнения, возникающие после имплантации мультифокальных ИОЛ, встречаются крайне редко. В анализе J. Venter с соавт. [25], включившем 9366 имплантаций, сообщается о 1,1% случаев центрального макулярного отека, 0,04% случаев отслойки сетчатки и 0,01% случаев эндофтальмита. При этом полученные значения отличаются от данных американского Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (Food and Drug Administration Grid, FDA), согласно которым макулярный отек наблюдается в 3,0% случаев, отслойка сетчатки в 0,3%, эндофтальмит в 0,1% случаев (табл. 2, 3).

На фоне проводимого анализа осложнений обращает на себя внимание невысокий процент повторного хирургического вмешательства, связанный с особенностями конструкции интраокулярных линз данного типа.

По данным различных наблюдателей, отмечен очень низкий процент эксплантаций мультифокальных ИОЛ. Так, в работе Van der M. Moogen с соавт. [26] описаны два случая эксплантации мультифокальных ИОЛ (Acrysof Restor SN60AD3) у 2 пациентов в связи с возникновением глестенинга (помутнение ИОЛ вследствие накопления микровакуолей с жидкостью). В обоих случаях пациенты жаловались на размытое и затуманенное зрение, и в обоих случаях при осмотре выявлен существенно выраженный глестенинг в ИОЛ. Пациентам была проведена замена мультифокальных ИОЛ на монофокальные, в результате чего жалобы на оптические явления исчезли, а острота

**Таблица 2.** Осложнения после имплантации ReSTOR MA60D3 и ReSTOR SA60D3, согласно данным мультицентрового клинического исследования, проведенного в США и странах Европы, в сравнении с данными статистики американского института FDA

Осложнения	ReSTOR MA60D3 n=440		ReSTOR SA60D3 n=126		Встречаемость по данным FDA (США) %
	n	%	n	%	
Эндофталмит	0	0	0	0	0,1
Макулярный отек	12	2,7	1	0,8	3
Отслойка сетчатки	0	0	1	0,8	0,3
Гифема	0	0	0	0	2,2
Зрачковый блок	1	0,2	0	0	0,1
Дислокация интраокулярной линзы	0	0	0	0	0,1
Повторное хирургическое вмешательство	10	2,3	2	1,6	0,8

**Таблица 3.** Осложнения после имплантации Tecnis ZKB00 и Tecnis ZLB00, согласно данным мультицентрового клинического исследования, проведенного в США и странах Европы, в сравнении с данными статистики международной организации по стандартизации ISO (International Organization for Standardization)

Осложнения	Данные ISO, %	ZKB00				ZLB00			
		Первый глаз n=147		Второй глаз n=145		Первый глаз n=150		Второй глаз n=150	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Макулярный отек	3	2	1,4	1	0,7	0	0	0	0
Гипопион	0,3	0	0	0	0	0	0	1	0,7
Эндофталмит	0,1	0	0	0	0	0	0	1	0,7
Дислокация ИОЛ из задней капсулы	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
Зрачковый блок	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
Отслойка сетчатки	0,3	0	0	0	0	0	0	1	0,7
Глаза с необходимым повторным хирургическим вмешательством:	0,8	0	0	3	2,1	5	3,3	5	3,3
• связанные с ИОЛ	-	0	0	1	0,7	1	0,7	0	0
• не связанные с ИОЛ	-	0	0	2	1,4	4	2,7	5	3,3

Примечание. ИОЛ — интраокулярная линза.

зрения без коррекции вдаль была улучшена на 4 строчки. По мнению авторов, эти случаи наглядно демонстрируют, что светорассеяние, вызванное глистенингом, у мультифокальных ИОЛ является клинически значимым. В исследовании O. Kermani и G. Gerten [27] сообщается о 12 случаях необходимой эксплантации мультифокальных ИОЛ после 1438 имплантаций на протяжении нескольких лет. Во всех клинических случаях (78% пациентов с хирургией катаракты, 22% — после рефракционной замены хрусталика) были имплантированы гидрофобные асферические рефракционно-дифракционные мультифокальные ИОЛ — Acrysof ReSTOR и ReSTOR toric с добавкой +2,5; +3,0; +4,0 дптр. Сообщается о четырех линзах, которые были удалены вследствие существенного несоответствия расчетной рефракции (4 глаза). Причинами эксплантации были эпиретинальный глиоз в сочетании с хирургическим отслаиванием мембраны (2 глаза), оптический дискомфорт, жалобы на световые явления (4 глаза), 1 случай глистенинга спустя 5 лет после имплантации и 1 случай нестабильности торической мультифокальной ИОЛ, связанный с патологией цинновой связки. Общая частота эксплантации составила 0,83%, из них лишь 0,28% причин — вследствие выраженных фотических феноменов. Авторы акцентируют внимание на том, что пациенты хорошо адаптируются к мультифокальным ИОЛ, и в большинстве случаев причина эксплантации не связана со сложной оптикой мультифокальных линз.

### Показания и противопоказания к мультифокальной интраокулярной коррекции

Показанием к данному виду хирургического лечения являются односторонняя или двусторонняя неосложненная начальная или незрелая катаракта, а также пресбиопия [28]. В случае пресбиопии необходимо быть особенно осторожным, поскольку рефракционная ленсэктомия может повлечь за собой крайнюю степень неудовлетворенности пациентов в послеоперационном периоде.

Абсолютными противопоказаниями к имплантации мультифокальных ИОЛ являются сопутствующая патология со стороны органа зрения: дистрофии и дегенерации роговицы, псевдоэкзофалиативный синдром с нарушением диафрагмальной функции радужки, макулярная патология, диабетическая ретинопатия, глаукома и другие заболевания, при которых отсутствует прогноз на получение высоких зрительных функций в послеоперационном периоде или прогнозируется прогрессивное снижение зрительных функций на фоне сопутствующего заболевания. Также к абсолютным противопоказаниям относится выраженная патология связочного аппарата хрусталика и аметропия высоких степеней, которые не только могут сопровождаться сопутствующей патологией, но и приводить к грубым ошибкам в расчете оптической силы ИОЛ [29].

К относительным противопоказаниям следует отнести обратный роговичный астигматизм более 0,5 дптр, прямой роговичный астигматизм более 0,75 дптр, если не планируются рефракционное вмешательство вторым этапом (биооптика) или имплантация дополнительной ИОЛ.

Зрелая катаракта, при которой возможно нарушение диафрагмальной функции зрачка или высок риск интраоперационных осложнений, незначительная патология связочного аппарата хрусталика, псевдоэкзофолиативный синдром с незначительным нарушением диафрагмальной функции радужки также являются относительными противопоказаниями. К ним же следует отнести кераторефракционную операцию в анамнезе в связи с трудностью получения рефракции цели и монофокальную интраокулярную коррекцию парного глаза. В последнем случае при принятии решения о возможности имплантации мультифокальной ИОЛ обязательно определение ведущего глаза и формы сенсорного подавления [28].

### Методы предоперационного скрининга и критерии отбора пациентов для мультифокальной интраокулярной коррекции

Предоперационная диагностика пациента состоит из объективных и субъективных методик исследования, обязательных для анализа критериев отбора пациентов и расчета оптической силы ИОЛ. Предоперационная объективная оценка пациента включает проведение кератометрии (желательно на одном приборе) с целью определения показателей преломления роговицы и степени астигматизма. Также обязательно определение особенностей астигматизма передней и задней поверхности роговицы с помощью Шаймпфлюг-камеры.

Биомикроскопия позволяет оценить диафрагмальную функцию радужки. Предоперационное исследование должно включать оценку аберраций передней поверхности роговицы для исключения пациентов с аберрациями 3-го и 4-го порядка, особенно комы и кератоконуса.

В настоящее время актуальна оценка кератотопографии для анализа изменений поверхности роговицы, угла каппа и состояния слезной пленки. Угол каппа — это угол между зрачковой и зрительной осями; он положителен, когда зрачковая ось расположена медиальнее зрительной оси глаза и отрицателен при латеральном ее положении. Согласно данным литературы [29], высокие значения угла каппа могут способствовать функциональной децентрации мультифокальной ИОЛ, в случае если линза центрирована по одной из осей (зрачковой или зрительной) и децентрирована по другой. G. Prakash с соавт. [30] обнаружено, что высокие значения послеоперационного угла каппа после имплантации мультифокальных ИОЛ достоверно коррелировали с частотой возникновения симптомов глер ( $r^2=0,26$ ;  $p=0,033$ ). J. Berdahl и G. Waring [31] предположили, что мультифокальные ИОЛ нельзя использовать, если угол каппа больше половины диаметра центральной оптической зоны. В случае использования линз ReSTOR это значение не должно превышать 0,4 мм, в случае имплантации линз Tecnis — 0,5 мм.

В последнее время многие хирурги включают микропериметрию и оптическую когерентную томографию макулярной зоны в методы предоперационного скрининга состояния сетчатки. По данным исследования S. Kluse с соавт. [32], у двух пациентов (из 10 случайно отобранных), готовящихся к хирургии катаракты с имплантацией мультифокальной ИОЛ, после проведенной микропериметрии была найдена макулярная патология. После

хирургического вмешательства именно у этих пациентов по сравнению с другими имелись сниженные результаты послеоперационной остроты зрения. Авторы исследования утверждают, что данный метод может определить клинически значимую патологию сетчатки, полученные результаты могут помочь в выборе типа ИОЛ, а также документально закрепить послеоперационный прогноз.

В работе В. Klein с соавт. [33] перед предстоящей хирургией катаракты с последующей имплантацией мультифокальных ИОЛ проведено 264 ОКТ-скана (оптическая когерентная томография) макулярной области 149 пациентам, в результате чего макулярная патология была выявлена в 35 глазах. Наиболее часто встречалась возрастная макулярная дегенерация (15 глаз) и эпиретинальная мембрана (11 глаз). Таким образом, авторы наглядно продемонстрировали значимость проведения скрининга макулярной патологии у пациентов, ожидающих операции по поводу катаракты с последующей имплантацией мультифокальной ИОЛ.

Для правильного расчета оптической силы ИОЛ и достижения рефракции цели обязательным является получение точных данных длины глаза и преломляющей силы роговицы. В последнее время иммерсионная и оптическая когерентная биометрия стали стандартом, поскольку являются более точными методиками определения длины глаза. При расчете оптической силы ИОЛ руководствуются следующим правилом. Формула SRK/T хорошо подходит для работы с пациентами с эметропией и миопией, в то время как формула Hoffer Q — для пациентов с гиперметропией. Такие формулы, как Holladay 2 и Haigis, подходят для всех ситуаций, даже для крайних значений длины глаза [34].

Повторные объективные исследования во избежание ошибки в расчете оптической силы ИОЛ проводятся в случаях средней рефракции роговицы менее 40 или более 47 дптр, длины глаза менее 22,0 и более 25,0 мм, при разнице между глазами в рефракции роговицы более 1,0 дптр, длине глаза более 0,3 мм, когда разница в силе ИОЛ, рассчитанной на эметропию, составляет более 1,0 дптр между парными глазами [28].

Оценка субъективных особенностей также необходима, поскольку пациенты с идеальным результатом проведенной операции могут быть недовольны, если в предоперационном периоде не были учтены все нюансы. Пациентам следует в обязательном порядке знать о возможности развития световых явлений и возможной необходимости очковой коррекции [35]. При отборе пациента на мультифокальную интраокулярную коррекцию важно понять его образ жизни, зрительные потребности и ожидания от операции, провести подробный опрос об условиях работы и досуга, а также о количестве времени, проведенного в этих условиях. Необходимо познакомиться пациента с основными характеристиками различных моделей интраокулярных линз, описать их сильные и слабые стороны, попытаться сопоставить модель ИОЛ и ее характеристики с конкретными потребностями пациента и выбрать оптимальную линзу [21].

Следующей частью консультации должен быть рассказ о возможных улучшениях функционального результата с помощью двухэтапного лечения — дополнительного рефракционного вмешательства (биооптики) или имплантации дополнительной ИОЛ. Предупреждение пациента о возможных тратах на улучшение зрения после фактоэмульсификации катаракты с имплантацией мультифокальной ИОЛ позволит избежать беспокойства и ощущения, что что-то было проведено неправильно во время первого этапа лечения. Стоит проявлять крайнюю



осторожность в беседе с пациентами с нереальными ожиданиями.

В целом критерии отбора пациентов к мультифокальной коррекции можно разделить на 4 группы: возрастные, анатомо-физиологические, психологические, профессиональные.

Возрастные критерии предполагают отбор пациентов в возрасте до 75 лет на данную методику лечения с учетом возрастных норм остроты зрения.

Анатомо-физиологические критерии включают высокую прогнозируемую ретинальную остроту зрения (0,8 и выше), диаметр зрачка не менее 2,5 мм и не более 3,5 мм, значение угла каппа в пределах средних в популяции (у эметропов, миопов, гиперметропов  $5,72 \pm 1,10$ ;  $5,13 \pm 1,50$ ;  $5,52 \pm 1,19$  градуса соответственно [36]), сохранную диафрагмальную функцию зрачка, отсутствие фотофобии нейросенсорного характера.

Психологические критерии подразумевают отсутствие нарушений поведенческих реакций, сохраненный интеллект, отсутствие нереальных требований и ожиданий, а также настроенность пациента решить проблему артификаческой пресбиопии за счет интраокулярной коррекции.

Профессиональные критерии исключают из потенциальных кандидатов на мультифокальную коррекцию пациентов с прецизионными видами деятельности и пациентов, длительно находящихся за рулем, особенно в темное время суток [28].

### Заключение

Мультифокальная интраокулярная коррекция — отдельное направление современной хирургии катаракты. Особенность мультифокальных интраокулярных линз заключается в том, что за счет сложной конструкции оптической части они могут создавать два или более фокусов на сетчатке, обеспечивая тем самым возможность видеть на разных дистанциях. Теория одновременного зрения объясняет такую способность тем, что мозг выбирает из двух одновременно существующих изображений то, которое в данный момент является приоритетным.

Множество конструкций мультифокальных ИОЛ было предложено еще в 80-е годы прошлого века, однако бурное развитие данная методика получила только после широкого внедрения технологии факоэмульсификации катаракты, использующей малые разрезы в качестве хирургических доступов, сохраняющей архитектуру глаза и минимизирующей индуцированный астигматизм в послеоперационном периоде. Технология факоэмульсификации позволила

пациентам и офтальмохирургам получить все преимущества мультифокальных ИОЛ в полном объеме.

На сегодняшний день мультифокальные интраокулярные линзы входят в группу интраокулярных линз, корректирующих пресбиопию. Группа представлена аккомодирующими, мультифокальными, мультифокальными торическими хрусталиками, а также интраокулярными линзами с расширенной глубиной фокуса. Все ИОЛ данной группы обеспечивают дополнительные возможности пациентам в послеоперационном периоде — коррекцию артификаческой пресбиопии, при необходимости — коррекцию астигматизма.

Анализ функциональных результатов имплантации современных моделей мультифокальных ИОЛ позволяет сделать вывод о высокой эффективности и безопасности данной методики хирургического лечения у пациентов с катарактой.

Мультифокальные ИОЛ на сегодняшний день обеспечивают высокую остроту зрения на различных дистанциях, обладают значительной степенью очковой независимости, обеспечивают в большинстве случаев 100% удовлетворенность пациентов от проведенного лечения, значительно снижают риск развития световых явлений и обеспечивают контрастную чувствительность, сопоставимую с данными возрастными норм.

Для получения максимальных результатов от мультифокальной интраокулярной коррекции необходимы тщательная предоперационная диагностика и отбор пациентов по целому ряду критериев.

В случае правильного отбора пациента, а также грамотного подбора индивидуальной модели мультифокальной ИОЛ с учетом особенностей зрительной работы пациента можно достигнуть максимальной реабилитации в послеоперационном периоде и оценить все преимущества данной методики, которая заняла прочные позиции среди высокотехнологичных методов хирургического лечения в офтальмологии.

### Источник финансирования

Поисково-аналитическая работа и публикация статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

### ЛИТЕРАТУРА

- Montes-Mico R, Espana E, Bueno I, et al. Visual performance with multifocal intraocular lenses - Mesopic contrast sensitivity under distance and near conditions. *Ophthalmology*. 2004;111(1):85–96. doi: 10.1016/S0161-6420(03)00862-5.
- Alio JL, Plaza-Puche AB, Pinero DP, et al. Quality of life evaluation after implantation of 2 multifocal intraocular lens models and a monofocal model. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(4):638–648. doi: 10.1016/j.jcrs.2010.10.056.
- Packer M, Chu YR, Waltz KL, et al. Evaluation of the aspheric TECNIS multifocal intraocular lens: one-year results from the first cohort of the food and drug administration clinical trial. *Am J Ophthalmol*. 2010;149(4):577–584. doi: 10.1016/j.ajo.2009.10.022.
- Sen HN, Sarikkola AU, Uusitalo RJ, Laatikainen L. Quality of vision after AMO array multifocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg*. 2004;30(12):2483–2493. doi: 10.1016/j.jcrs.2004.04.049.
- Lubinski W, Podboraczynska-Jodko K, Gronkowska-Serafin J, Karczewicz D. Visual outcome three and six months after implantation of Acri.LISA 366D lenses. *Klin Oczna*. 2012;114(4):249–254.
- Lubiński W, Gronkowska-Serafin J, Podboraczynska-Jodko K. Clinical outcomes after cataract surgery with implantation of the TECNIS ZMB00 multifocal intraocular lens. *Medical Science Monitor*. 2014;20:1220–1226. doi: 10.12659/MSM.890585.
- Малюгин Б.Э., Морозова Т.А., Фомина О.В. Исследование в динамике функции контрастной чувствительности пациентов на фоне интраокулярной коррекции афакии мультифокальной линзой с градиентной оптикой // *Современные технологии в офтальмологии*. — 2016. — №5 — С. 62–64. [Malyugin BE, Morozova TA, Fomina OV. Issledovanie v dinamike funktsii kontrastnoi chuvstvitel'nosti patsientov na fone intraokulyarnoi korrektsii afakii mul'tifokal'noi linzoi s gradientnoi optikoi. *Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii*. 2016;(5):62–64. (In Russ).]

8. Rosen E, Alio JL, Dick HB, et al. Efficacy and safety of multifocal intraocular lenses following cataract and refractive lens exchange: metaanalysis of peer-reviewed publications. *J Cataract Refract Surg.* 2016;42(2):310–328. doi: 10.1016/j.jcrs.2016.01.014.
9. Kim JS, Jung JW, Lee JM, et al. Clinical outcomes following implantation of diffractive multifocal intraocular lenses with varying add powers. *Am J Ophthalmol.* 2015;160(4):702–709. doi: 10.1016/j.ajo.2015.07.021.
10. Vilar C, Hida WT, de Medeiros AL, et al. Comparison between bilateral implantation of a trifocal intraocular lens and blended implantation of two bifocal intraocular lenses. *Clin Ophthalmol.* 2017;11:1393–1397. doi: 10.2147/OPHTH.S139909.
11. Plaza-Puche AB, Alio JL. Analysis of defocus curves of different modern multifocal intraocular lenses. *Eur J Ophthalmol.* 2016;26(5):412–417. doi: 10.5301/ejo.5000780.
12. Cochener B. Prospective clinical comparison of patient outcomes following implantation of trifocal or bifocal intraocular lenses. *J Refract Surg.* 2016;32(3):146–151. doi: 10.3928/1081597x-20160114-01.
13. Lee H, Lee K, Ahn JM, et al. Evaluation of optical quality parameters and ocular aberrations in multifocal intraocular lens implanted eyes. *Yonsei Med J.* 2014;55(5):1413–1420. doi: 10.3349/Ymj.2014.55.5.1413.
14. Montes-Mico R, Lopez-Gil N, Perez-Vives C, et al. In vitro optical performance of nonrotational symmetric and refractive-diffractive aspheric multifocal intraocular lenses: impact of tilt and decentration. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38(9):1657–1663. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.03.040.
15. Tchah H, Nam K, Yoo A. Predictive factors for photic phenomena after refractive, rotationally asymmetric, multifocal intraocular lens implantation. *Int J Ophthalmol.* 2017;10(2):241–245. doi: 10.18240/ijo.2017.02.10.
16. Akondi V, Perez-Merino P, Martinez-Enriquez E, et al. Evaluation of the true wavefront aberrations in eyes implanted with a rotationally asymmetric multifocal intraocular lens. *J Refract Surg.* 2017;33(4):257–265. doi: 10.3928/1081597x-20161206-03.
17. Liu JP, Zhang F, Zhao JY, et al. Visual function and higher order aberration after implantation of aspheric and spherical multifocal intraocular lenses: a meta-analysis. *Int J Ophthalmol.* 2013;6(5):690–695. doi: 10.3980/j.issn.2222-3959.2013.05.27.
18. Mastropasqua R, Toto L, Vecchiarino L, et al. Multifocal IOL implant with or without capsular tension ring: study of wavefront error and visual performance. *Eur J Ophthalmol.* 2013;23(4):510–517. doi: 10.5301/ejo.5000258.
19. Wang M, Corpuz CC, Fujiwara M, Tomita M. Visual and optical performance of diffractive multifocal intraocular lenses with different haptic designs: 6 month follow-up. *Clin Ophthalmol.* 2014;8:919–926. doi: 10.2147/OPHTH.S60493.
20. Mester U, Sauer T, Kaymak H. Decentration and tilt of a single-piece aspheric intraocular lens compared with the lens position in young phakic eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2009;35(3):485–490. doi: 10.1016/j.jcrs.2008.09.028.
21. Морозова Т.А., Покровский Д.Ф., Медведев И.Б., Керимов Т.З. Современные аспекты мультифокальной интраокулярной коррекции (обзор) // *Вестник Российской академии медицинских наук.* — 2017. — Т.72. — №4 — С. 268–275. [Morozova TA, Pokrovskiy DF, Medvedev IB, Kerimov TZ. Modern aspects of multifocal intraocular correction: a review. *Annals of the Russian academy of medical sciences.* 2017;72(4):268–275. (In Russ).] doi: 10.15690/vramn835.
22. Esteve-Taboada JJ, Dominguez-Vicent A, Del Aguila-Carrasco AJ, et al. Effect of large apertures on the optical quality of three multifocal lenses. *J Refract Surg.* 2015;31(10):666–676. doi: 10.3928/1081597X-20150928-01.
23. Wang M, Corpuz CC, Huseynova T, Tomita M. Pupil influence on the visual outcomes of a new-generation multifocal toric intraocular lens with a surface-embedded near segment. *J Refract Surg.* 2016;32(2):90–95. doi: 10.3928/1081597X-20160105-01.
24. Garcia-Domene MC, Felipe A, Peris-Martinez C, et al. Image quality comparison of two multifocal IOLs: influence of the pupil. *J Refract Surg.* 2015;31(4):230–235. doi: 10.3928/1081597X-20150319-02.
25. Venter JA, Pelouskova M, Collins BM, et al. Visual outcomes and patient satisfaction in 9366 eyes using a refractive segmented multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39(10):1477–1484. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.03.035.
26. van der Mooren M, Steinert R, Tyson F, et al. Explanted multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41(4):873–877. doi: 10.1016/j.jcrs.2015.02.005.
27. Kermani O, Gerten G. [Explantation of multifocal intraocular lenses - frequency, causes and course. (In German).] *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 2016;233(8):928–932. doi: 10.1055/s-0042-104065.
28. Морозова Т.А. *Интраокулярная коррекция афакии мультифокальной линзой с градиентной оптикой. Клинико-теоретическое исследование:* Автореф. дис. канд. мед. наук. — М.; 2006. — 26 с. [Morozova TA. *Intraokulyarnaya korrektsiya afakii mul'tifokal'noi linzoi s gradientnoi optikoi. Kliniko-teoreticheskoe issledovanie.* [dissertation abstract] Moscow; 2006. 26 p. (In Russ).]
29. Moshirfar M, Hoggan RN, Muthappan V. Angle kappa and its importance in refractive surgery. *Oman J Ophthalmol.* 2013;6(3):151–158. doi: 10.4103/0974-620X.122268.
30. Prakash G, Prakash DR, Agarwal A, et al. Predictive factor and kappa angle analysis for visual satisfactions in patients with multifocal IOL implantation. *Eye (Lond).* 2011;25(9):1187–1193. doi: 10.1038/eye.2011.150.
31. Berdahl JP, Waring GO. Match right lens to patient needs: 10 objective measurements can improve multifocal IOL implantation outcomes. *Ophthalmology Times* [Internet]. 2012 [cited 2017 Dec 12]:28–29. Available from: <http://digital.healthcaregroup.advantstar.com>.
32. Klyce SD, McDonald MB, Morales MU. Screening patients with cataract for premium iol candidacy using microperimetry. *J Refract Surg.* 2015;31(10):690–696. doi: 10.3928/1081597X-20150928-02.
33. Klein BR, Brown EN, Casden RS. Preoperative macular spectral-domain optical coherence tomography in patients considering advanced-technology intraocular lenses for cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2016;42(4):537–541. doi: 10.1016/j.jcrs.2016.01.036.
34. Braga-Mele R, Chang D, Dewey S, et al. Multifocal intraocular lenses: relative indications and contraindications for implantation. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40(2):313–322. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.12.011.
35. Морозова Т.А., Керимов Т.З. Современные подходы к анализу дисфотопсий, оценка субъективной удовлетворенности и очковой независимости на фоне мультифокальной интраокулярной коррекции. Обзор // *Вестник Российской академии медицинских наук.* — 2017. — Т.72. — №5 — С. 355–364. [Morozova TA, Kerimov TZ. Modern approaches to dysphotopsia analysis, assessment of patient satisfaction and spectacle independence after multifocal intraocular correction: review. *Annals of the Russian academy of medical sciences.* 2017;72(5):355–364. (In Russ).] doi: 10.15690/vramn883.
36. Hashemi H, Khabazkhoob M, Yazdani K, et al. Distribution of angle kappa measurements with Orbscan II in a population-based survey. *J Refract Surg.* 2010;26(12):966–971. doi: 10.3928/1081597X-20101114-06.

#### КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Морозова Татьяна Анатольевна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры офтальмологии факультета ДПО ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России  
**Адрес:** 117997, Москва, ул. Островитянова, д. 1, **e-mail:** TatianaMorozovaMD@gmail.com, **SPIN-код:** 3459-3956, **ORCID iD:** <http://orcid.org/0000-0002-3320-5366>

**Керимов Тимур Захирович**, аспирант кафедры глазных болезней ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России  
**Адрес:** 127473, Москва, ул. Делегатская, д. 20, стр. 1, **e-mail:** timkerimov2014@yandex.ru, **SPIN-код:** 1297-9373, **ORCID iD:** <https://orcid.org/0000-0001-8967-6370>