Вестник офтальмологии
2025, Т. 141, №4, с. 110–116
https://doi.org/10.17116/oftalma2025141041110

Russian Annals of Ophthalmology
2025, vol. 141, №4, pp. 110–116
https://doi.org/10.17116/oftalma2025141041110

Современные возможности повышения эффективности мультифокальных интраокулярных линз и интраокулярных линз с расширенной глубиной фокуса

© А.Э. БИРЮКОВА[1], Х.И. МЕСЛАУРОВА[1], Н.Д. ФОКИНА[1], А.С. ВВЕДЕНСКИЙ[2], М.Н. ИВАНОВ[2]

[1]ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия;
[2]ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Факоэмульсификация с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ) стала стандартом удаления катаракты любой этиологии. Наиболее прогрессивной технологией коррекции афакии после удаления хрусталика на современном уровне факохирургии считается имплантация мультифокальных линз, большое разнообразие которых является предметом дискуссии о преимуществах каждого типа ИОЛ и возможных путях повышения результатов данного хирургического вмешательства. В данном обзоре литературы представлены современные методики повышения эффективности различных типов мультифокальных ИОЛ и ИОЛ с расширенной глубиной фокуса.

Ключевые слова: *катаракта, факоэмульсификация, интраокулярная линза, мультифокальная интраокулярная линза, интраокулярная линза с расширенной глубиной фокуса (EDOF-ИОЛ).*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Бирюкова А.Э. — https://orcid.org/0009-0004-3506-0799
Меслаурова Х.И. — e-mail: khaventsimeslaurs@gmail.com; https://orcid.org/0009-0003-8298-0136
Фокина Н.Д. — e-mail: ndf808@mail.ru; https://orcid.org/0000-0003-2450-0395
Введенский А.С. — e-mail: vvandrew@mail.ru; https://orcid.org/0000-0002-8134-8089
Иванов М.Н. — e-mail: info@mnoo.org; https://orcid.org/0000-0002-2001-9310
Автор, ответственный за переписку: Введенский Андрей Станиславович — e-mail: vvandrew@mail.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:
Бирюкова А.Э., Меслаурова Х.И., Фокина Н.Д., Введенский А.С., Иванов М.Н. Современные возможности повышения эффективности мультифокальных интраокулярных линз и интраокулярных линз с расширенной глубиной фокуса. *Вестник офтальмологии*. 2025;141(4):110–116. https://doi.org/10.17116/oftalma2025141041110

Current approaches to improving the effectiveness of multifocal and extended depth of focus intraocular lenses

© A.E. BIRUKOVA[1], KH.I. MESLAUROVA[1], N.D. FOKINA[1], A.S. VVEDENSKIY[2], M.N. IVANOV[2]

[1]I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia;
[2]Krasnov Research Institute of Eye Disease, Moscow, Russia

ABSTRACT

Phacoemulsification with intraocular lens (IOL) implantation has become the standard method for cataract extraction regardless of its etiology. In modern phaco surgery, implantation of multifocal IOLs is considered the most advanced method for correcting aphakia following lens extraction. The wide range of available multifocal IOLs is promoting the ongoing discussion regarding the advantages of each type, as well as potential strategies for optimizing surgical outcomes. This literature review presents current methods for improving the performance of various types of multifocal and extended depth of focus IOLs.

Keywords: *cataract, phacoemulsification, intraocular lens, multifocal intraocular lens, extended depth of focus intraocular lens, EDOF-IOL.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Birukova A.E. — e-mail: alinaart080816@gmail.com; https://orcid.org/0009-0004-3506-0799
Meslaurova Kh.I. — e-mail: khaventsimeslaurs@gmail.com; https://orcid.org/0009-0003-8298-0136
Fokina N.D. — e-mail: ndf808@mail.ru; https://orcid.org/0000-0003-2450-0395
Vvedenskiy A.S. — e-mail: vvandrew@mail.ru; https://orcid.org/0000-0002-8134-8089
Ivanov M.N. — e-mail: info@mnoo.org; https://orcid.org/0000-0002-2001-9310
Corresponding author: Vvedenskiy A.S. — e-mail: vvandrew@mail.ru

TO CITE THIS ARTICLE:
Birukova AE, Meslaurova KhI, Fokina ND, Vvedenskiy AS, Ivanov MN. Current approaches to improving the effectiveness of multifocal and extended depth of focus intraocular lenses. *Russian Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii*. 2025;141(4):110–116. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/oftalma2025141041110

Ультразвуковая факоэмульсификация с имплантацией искусственного хрусталика стала в последние десятилетия стандартом хирургии старческой катаракты, в том числе при коморбидной офтальмопатологии [1—4]. При часто встречающемся сочетании катаракты и первичной открытоугольной глаукомы факоэмульсификация с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ), по современным данным, оказывает также положительное влияние в плане снижения внутриглазного давления [5].

Удаление катаракты на современном уровне развития офтальмохирургии во многом стало рефракционной операцией, т.е. ее целью помимо восстановления прозрачности оптических сред глаза является обеспечение максимально комфортной для пациента послеоперационной рефракции. Однако имплантация традиционных монофокальных искусственных хрусталиков не избавляет от практически обязательного использования очковой коррекции, так как такие ИОЛ обеспечивают фокусировку изображения либо вдаль, либо вблизи [6, 7].

В результате развития офтальмологических технологий и с учетом вполне естественного желания пациентов обходиться после удаления катаракты без дополнительной очковой коррекции стали появляться искусственные хрусталики, обеспечивающие достаточно высокую остроту зрения без дополнительной очковой коррекции и вдаль, и вблизи, для чтения. Основными типами таких мультифокальных ИОЛ в зависимости от конструкции их оптической части являются рефракционные, дифракционные, рефракционно-дифракционные ИОЛ. Современные мультифокальные ИОЛ имеют 3 фокуса, однако фокусировка в этих линзах является прерывистой: в промежутках между этими фокусами изображение оказывается нефокусированным [8, 9].

В рефракционной мультифокальной ИОЛ каждая зона ее оптической части работает как отдельная оптическая система, создающая на сетчатке свой фокус. Различают рефракционные линзы с симметричной и асимметричной ротационной оптикой. Особенностью строения поверхности ротационно симметричных линз является комбинирование нескольких кольцевых зон с четко очерченными границами: их может быть от 3 до 5, каждая из них предназначена для зрения на определенном типе дистанции. В ротационных асимметричных линзах поверхность представляет собой диск с отличным по своим характеристикам встроенным сектором, который занимает 25% площади. Плавный переход малой протяженности к этому сектору предполагает снижение риска возникновения нежелательных оптических эффектов, таких как глэр и гало [10—14].

В дифракционных мультифокальных ИОЛ каждая точка волнового фронта является потенциальным источником вторичных волн. Часть волнового фронта, столкнувшаяся с препятствием, меняется по амплитуде и фазе, при этом различные сегменты, распространяясь за это препятствие, становятся помехами, вызывая паттерн дифракции. Данный принцип положен в основу устройства зонной пластинки Френеля: передняя и задняя поверхности линзы представлены концентрическими кольцами с дифракционной микроструктурой, отстоящими друг от друга на несколько микрометров. Кольца, выступая в качестве двухфазной решетки, способствуют возникновению явления дифракции — происходит множественное удвоение фокусов [10, 12, 14, 15].

В оптике дифракционно-рефракционных ИОЛ, которые чаще всего применяются в офтальмохирургии, объединены оба описанных выше элемента: базовый рефракционный компонент, который обеспечивает стандартное преломление лучей света, и дифракционный, который обеспечивает создание одного или нескольких дополнительных фокусов. Дифракционный элемент имеет либо пилообразную, либо бинарную форму [11, 16—19].

Однако применение мультифокальных ИОЛ с 3 фокусами сопровождается во многих случаях рядом проблем. Полноценное использование рефракционных ИОЛ в связи с конструкцией их оптики возможно только при полностью сохранной диафрагмальной функции зрачка. При сниженной диафрагмальной функции зрачка, в особенности при его недостаточной ширине, что часто бывает у пациентов старческого возраста, качество зрения без дополнительной очковой коррекции начинает страдать, в особенности на близком расстоянии. Качество зрения после применения дифракционных ИОЛ в меньшей степени зависит от сохранности диафрагмальной функции зрачка и точности центрации оптики ИОЛ [20, 21].

Характерными побочными эффектами после имплантации мультифокальных ИОЛ являются так называемые гало-эффект — появление радужных кругов вокруг источника света в темное время суток и глэр-эффект — ослепление светом ярких встречных источников, чаще всего это относится к встречным автомобилям. Данные неприятные для пациентов эффекты чаще возникают после имплантации дифракционных

ИОЛ, в том числе с асимметричной оптикой. Другим нежелательным эффектом имплантации мультифокальных (с 3 фокусами) ИОЛ, более выраженным после имплантации дифракционных мультифокальных ИОЛ, является потеря световой энергии, связанная с прохождением лучей света через дифракционную оптику. Это ведет к снижению контрастной чувствительности, снижению качества зрения при низкой освещенности и в темное время суток [8, 22].

Важным недостатком всех типов мультифокальных ИОЛ является прерывистость фокусировки, что ведет к недостаточной остроте зрения без очковой коррекции на средних дистанциях (50—60 см). В современной жизни помимо какой-либо ручной работы данная дистанция чаще всего соответствует расстоянию до экрана компьютера. В результате этого затрудняется работа без очков при пользовании не только компьютером, но и смартфоном, что создает массу проблем у лиц пожилого и старческого возраста. В особенности это нежелательно при часто имеющейся у таких пациентов патологии сетчатки и зрительного нерва, а также при коморбидной офтальмопатологии — сочетании катаракты и глаукомы [20, 23].

Перечисленные выше проблемы способствовали созданию принципиально новой конструкции оптики ИОЛ и появлению в факохирургии так называемых Extended Depth of Focus (EDOF)-ИОЛ. Конструкция EDOF-ИОЛ позволяет не только устранить побочные оптические эффекты, характерные для рефракционных, дифракционных и рефракционно-дифракционных типов линз, но и за счет специальной конструкции оптики обеспечивать высокую остроту зрения на среднем расстоянии без очковой коррекции, а также достаточно высокую, приемлемую для большинства пациентов остроту зрения вдаль и вблизи. Данный тип ИОЛ связан с более коротким периодом нейроадаптации, что важно для пациентов пожилого и старческого возраста. В отличие от мультифокальных ИОЛ, которые обеспечивают «прерывистое» зрение, т.е. каждой фокальной точке соответствует четко сфокусированное пространство согласно оптической силе линзы, EDOF-ИОЛ формирует «непрерывное» зрение, расширяя глубину фокуса [24, 25].

В настоящее время уже известны два типа EDOF-ИОЛ, так называемые «чистые» и «гибридные». В «чистых» EDOF-ИОЛ, к которым, в частности, относится уже широко применяемая в офтальмохирургической практике ИОЛ Alcon IQ Vivity, использована технология формирования волнового фронта нового поколения, которая позволяет растягивать и сдвигать световой пучок, что обеспечивает глубину фокуса. В центральной зоне оптической части искусственного хрусталика диаметром около 2 мм имеются два элемента, которые формируют волновой фронт. Первый формирующий волновой фронт элемент имеет вид кольца высотой около 1 мкм, что позволяет растягивать волновой фронт, создавая непрерывную глубину фокуса. Второй формирующий элемент представляет собой зону с измененной кривизной, которая сдвигает волновой фронт, что позволяет использовать всю световую энергию, как в стандартной монофокальной ИОЛ. Преобразованный волновой фронт приобретает форму центральной зоны поверхности оптики ИОЛ. По периферии он ускоряется, а в центре он замедляется, и в итоге по направлению к сетчатке свет концентрируется в пучок, создавая непрерывную глубину фокуса [25—27].

У «гибридных» EDOF-ИОЛ, к которым относится, например, имеющая достаточно широкое применение ИОЛ Tecnis Symfony, задняя поверхность оптики представлена дифракционной решеткой, которая увеличивает расширение фокуса, а ахроматическая передняя поверхность характеризуется асферическим строением, что обеспечивает коррекцию сферической аберрации с целью повышения контрастной чувствительности. Однако и этот тип ИОЛ не лишен одного существенного недостатка. После имплантации таких ИОЛ острота зрения без очков вблизи, т.е. на расстоянии 30—40 см, являющемся оптимальным для чтения, при прочих равных условиях оказывается ниже по сравнению с мультифокальными ИОЛ. В особенности это проявляется у пациентов с патологией сетчатки и зрительного нерва, что характерно для больных старческого возраста [25, 28, 29].

Таким образом, при выборе типа ИОЛ хирургу приходится решать непростую задачу: какой искусственный хрусталик в наибольшей степени подходит данному больному? Большое разнообразие современных типов ИОЛ и персонализация выбора ИОЛ являются одними из наиболее дискутабельных вопросов современной хирургии старческой катаракты. Выбор оптимального для конкретного больного искусственного хрусталика начинают прежде всего с выяснения желания пациента обходиться без очков после удаления катаракты или же пользоваться очками, что обязательно после имплантации монофокальной ИОЛ, когда необходимы очки либо для близи (иногда двое очков, т.е. одни для чтения, другие для работы на расстоянии 50—60 см), либо для дали, что почти всегда бывает удобнее пациентам с исходной многолетней близорукостью. При отказе пациента от стандартной монофокальной ИОЛ выбирают тип искусственного хрусталика, который позволяет избежать дополнительной очковой коррекции после факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ [22, 28].

Важнейшим условием успешной в рефракционном плане имплантации как мультифокальной ИОЛ, так и EDOF-ИОЛ, в особенности при планируемой билатеральной имплантации с целью полной независимости от очков, является точный расчет опти-

ческой силы искусственного хрусталика с использованием современных формул расчета. Для эффективного использования любого метода расчета прежде всего необходимо применять оптическую биометрию величины передне-задней оси глазного яблока, которая в силу многих причин точнее традиционной ультразвуковой биометрии. Можно сказать, что оптическая когерентная биометрия является в современной факохирургии обязательным условием для полноценного применения мультифокальных ИОЛ и EDOF-ИОЛ. Однако ее выполнение возможно только при условии сохранения достаточной прозрачности хрусталика. При зрелой и перезрелой катаракте проведение современной оптической биометрии невозможно, что затрудняет точный прогноз послеоперационной рефракции [30—32].

Кроме того, при полном созревании и особенно при перезревании катаракты значительно ухудшаются биомеханические, прочностные свойства передней капсулы хрусталика. Это, в свою очередь, негативно влияет на центрацию ИОЛ и точное положение ИОЛ по оптической оси, что необходимо для получения полноценной мультифокальности искусственного хрусталика. Таким образом, на современном этапе развития офтальмохирургии не только бесполезно, но и вредно ожидание созревания катаракты. С точки зрения хирургической техники больной может быть прооперирован на любой стадии созревания катаракты, а в ряде случаев мультифокальные ИОЛ и EDOF-ИОЛ имплантируются при удалении прозрачного хрусталика с целью улучшения оптической системы обоих глаз, в большей степени удовлетворяющей пациента, т.е. с рефракционной целью [33, 34].

Выбор ИОЛ так называемого премиум-класса, т.е. мультифокальной или EDOF-ИОЛ, начинают с оценки офтальмологического статуса больного. При нарушении диафрагмальной функции зрачка, обычно при его недостаточном диаметре, что часто бывает у пациентов старческого возраста, предпочтительнее имплантировать EDOF-ИОЛ, так как мультифокальная линза может быть малоэффективна вследствие конструкции своей оптики, о чем сказано выше [20—22, 26].

Вопрос о целесообразности имплантации EDOF-ИОЛ при наличии сопутствующей достаточно выраженной возрастной макулярной дегенерации является одним из дискутабельных в современной офтальмохирургии, однако в ряде работ указывается, что такой тип ИОЛ эффективнее в ситуации при чтении без очков по сравнению с мультифокальными (трифокальными) линзами [20, 28].

При отсутствии у пациента перечисленных выше выраженных возрастных изменений глазного яблока важнейшую роль в определении показаний к тому или иному типу премиум-ИОЛ играет анамнез. В случае если пациент, несмотря на возраст, ведет активный образ жизни, продолжает водить личный автомобиль, занимается какой-либо ручной либо физической работой или, наоборот, постоянно пользуется компьютером, т.е. связан со зрительной нагрузкой на средней дистанции, целесообразно рекомендовать ему имплантацию EDOF-ИОЛ. Данный тип ИОЛ, как отмечено выше, вследствие принципа действия такой линзы обеспечивает фокусировку изображения именно на средних дистанциях. После имплантации EDOF-ИОЛ в значительно меньшей степени и существенно реже отмечаются такие побочные оптические эффекты, как глэр-эффект и гало-эффект, которые особенно неприятны, раздражают пациента и мешают ему при вождении автомобиля в темное время суток. Относительно недостаточную остроту зрения без очковой коррекции при чтении (на расстоянии 30—40 см), особенно мелкого текста, можно компенсировать периодическим пользованием очками в таких случаях или с помощью специальной хирургической тактики при планировании билатеральной имплантации ИОЛ [7, 28, 35, 36].

Наоборот, если пациент со старческой катарактой ведет малоактивный образ жизни, мало выходит из квартиры, не водит автомобиль и т.д., однако много читает и смотрит телевизор, то ему при желании обходиться после операции без очков целесообразно имплантировать мультифокальную ИОЛ с 3 фокусами, которая обеспечивает максимально возможное при одинаковом состоянии нейрорецепторного аппарата глаза качество зрения в фиксированных фокусах вблизи и вдаль, при этом предупредив о возможных оптических феноменах и некотором снижении качества зрения в темное время суток [8, 28].

В последнее время появился новый тип рефракционной мультифокальной ИОЛ — с мультисегментной оптикой и с непрерывным переходным фокусом, который, согласно проведенным исследованиям, позволяет существенно уменьшить частоту и степень выраженности нежелательных побочных оптических эффектов глэр и гало, а также снизить контрастную чувствительность [13, 37].

Наличие возрастной макулярной дегенерации не является противопоказанием к использованию мультифокальной ИОЛ или EDOF-ИОЛ, но пациент должен быть предупрежден, что в ряде случаев при чтении мелкого текста ему потребуются дополнительные очки. Имеются работы, в которых отмечены преимущества EDOF-ИОЛ у больных с возрастной макулярной дегенерацией [22, 38].

При планируемом билатеральном удалении старческой катаракты известны различные варианты хирургической тактики, позволяющие существенно повысить вероятность полного отказа от очков в послеоперационном периоде. Для этого используют мультифокальные ИОЛ или EDOF-ИОЛ с разной оптической силой. В один глаз имплантируют ИОЛ с максимально возможной остротой зрения

без очков для дали, а в другой — ИОЛ с несколько большей диоптрийностью, как правило, с разницей 0,5—0,75 дптр, которая позволяет лучше фокусировать изображение на близком расстоянии. Такая тактика получила название «мини-монозрение», т.е. каждый глаз в большей степени оказывается приспособленным для зрения вдаль или вблизи. Практически единственными недостатками такой билатеральной имплантации являются более долгая нейроадаптация к новой оптической системе по сравнению с симметричными ИОЛ, а также риск значительного снижения мультифокального эффекта в случае ошибки при расчете оптической силы искусственного хрусталика, что, впрочем, маловероятно при применении оптической биометрии у пациента с незрелой катарактой [35, 39].

Для получения мини-монозрения можно использовать как мультифокальные ИОЛ (с 3 фокусами), так и EDOF-ИОЛ. Последние являются предпочтительными, так как более сильная линза на втором глазу позволяет компенсировать практически единственный недостаток EDOF-ИОЛ, а именно недостаточную остроту зрения при чтении без очков (на расстоянии 30 см). Благодаря такой двусторонней имплантации EDOF-ИОЛ происходит как бы еще большее растяжение фокусировки изображения по оптической оси [35, 36, 38, 39].

При использовании мультифокальных (с 3 фокусами) ИОЛ достигается хорошее качество зрения вблизи, но фокусировка остается прерывистой по зрительной оси в отличие от непрерывной после имплантации EDOF-ИОЛ [40].

Известны исследования, оценивающие опыт применения EDOF-ИОЛ в комбинации с мультифокальной ИОЛ на парном глазу — методики, получившей название mix-and-match. Целью такой комбинации является использование положительных качеств обоих типов ИОЛ [40, 41]. Данная методика в некоторых работах названа premium monovision (премиальное монозрение), так как при этом используются премиальные ИОЛ [9]. Отмечено, что только при комбинированной (mix-and-match) имплантации практически все пациенты могли обходиться без дополнительной очковой коррекции для чтения вблизи (на расстоянии 30 см) при сохранении высокой остроты зрения на средних и дальних дистанциях [40, 41].

В то же время частота нежелательных оптических феноменов, таких как глэр-эффект и гало-эффект, особенно при вождении автомобиля в темное время суток, в среднем была в 2 раза выше после имплантации EDOF-ИОЛ в комбинации с мультифокальной ИОЛ на парном глазу [7, 41, 42].

Данный вопрос остается дискутабельным в современной офтальмохирургии и требующим дополнительного изучения с целью получения максимального качества зрения при такой комбинированной билатеральной имплантации. Необходимо отметить, что в большинстве случаев в зарубежной офтальмохирургии ранее не использовали такое сочетание двух типов ИОЛ с целью обеспечения комфортного зрения без очков в послеоперационном периоде. При этом в качестве главной причины указывается увеличение частоты и интенсивности побочных оптических эффектов, а также ухудшенная и более продолжительная нейроадаптация пациента [22, 39].

Таким образом, разнообразие типов и моделей мультифокальных ИОЛ и искусственных хрусталиков с расширенной глубиной фокуса, с одной стороны, увеличивает возможности офтальмохирурга в достижении высокой остроты зрения и зрительного комфорта без дополнительной очковой коррекции, а с другой — ставит перед ним задачу персонализированного выбора искусственного хрусталика для конкретного больного. При этом выбор типа ИОЛ зависит не только от чисто офтальмологических факторов, но и от анамнестических данных, касающихся общесоматического состояния пациента и его образа жизни. Применение тактики мини-монозрения с использованием EDOF-ИОЛ различной оптической силы на современном уровне в наибольшей степени уменьшает зависимость пациента от очков и связано с меньшей частотой и степенью выраженности побочных оптических эффектов по сравнению с использованием для этой цели мультифокальных (трифокальных) ИОЛ.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Юсеф Ю.Н., Юсеф С.Н., Иванов М.Н., Аветисов К.С. Гибридная факоэмульсификация: новый этап в совершенствовании хирургии катаракты (?). *Вестник офтальмологии*. 2014;130(2):4-7.
Avetisov SÉ, Mamikonian VR, Yusef YuN, Yusef SN, Ivanov MN, Avetisov KS. Hybrid phacoemulsification: a new stage in the improvement of cataract surgery (?). *Russian Annals of Ophthalmology*. 2014;130(2):4-7. (In Russ.).
2. Юсеф Ю.Н., Юсеф С.Н., Введенский А.С., Алхарки Л., Фокина Н.Д., Альхумиди К. Результаты гибридной (фемтолазерной) факоэмульсификации перезрелой катаракты при подвывихе хрусталика. *Вестник офтальмологии*. 2021;137(1):40-45.
Yusef YuN, Yusef SN, Vvedenskiy AS, Alkharki L, Fokina ND, Alkhumidi K. Results of hybrid (femtosecond laser-assisted) phacoemulsification of hypermature cataract in patients with lens subluxation. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2021;137(1):40-45. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/oftalma202113701140
3. Аветисов К.С., Юсеф Ю.Н., Аветисов С.Э., Юсеф С.Н. Гибридная (фемтолазерная) факоэмульсификация: технологические аспекты и функциональные результаты. *Вестник офтальмологии*. 2023;139(3-2):28-37.

Avetisov KS, Yusef YuN, Avetisov SE, Yusef SN. Hybrid (femtolaser) phacoemulsification: technical aspects and functional results. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2023;139(3-2):28-37. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/oftalma202313903228

4. Юсеф Ю.Н., Юсеф С.Н., Введенский А.С., Иванов М.Н., Алхарки Л. Факохирургия при нарушениях связочно-капсулярного аппарата хрусталика. *Вестник офтальмологии*. 2023;139(3-2):21-27.
Yusef YuN, Yusef SN, Vvedenskiy AS, Ivanov MN, Alkharki L. Phaco surgery in disorders of the capsular-zonular apparatus of the lens. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2023;139(3-2):21-27. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/oftalma202313903221

5. Антонов А.А., Хдери Х., Берсункаев М.К., Патеюк Л.С. Влияние факоэмульсификации возрастной катаракты на уровень офтальмотонуса и параметры иридокорнеального угла при первичной открытоугольной глаукоме. *Вестник офтальмологии*. 2023;139(6):60-68.
Antonov AA, Khderi Kh, Bersunkayev MK, Pateyuk LS. The effect of phacoemulsification of age-related cataract on intraocular pressure and iridocorneal angle parameters in primary open-angle glaucoma. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2023;139(6):60-68. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/oftalma202313906160

6. Воронин Г.В., Мамиконян В.Р., Шелудченко В.М., Нарбут М.Н. Клинические результаты коррекции афакии мультифокальными интраокулярными линзами. *Вестник офтальмологии*. 2017;133(1):37-41.
Voronin GV, Mamikonyan VR, Sheludchenko VM, Narbut MN. Clinical results of aphakia correction with multifocal intraocular lenses. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2017;133(1):37-41. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/oftalma2017133137-41

7. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Антонов Е.А., Коновалова М.М. Результаты билатеральной имплантации трифокальной интраокулярной линзы и интраокулярной линзы с расширенной глубиной фокуса. *Вестник офтальмологии*. 2022;138(5):30-36.
Pershin KB, Pashinova NF, Tsygankov AYu, Antonov EA, Konovalova MM. Outcomes of bilateral implantation of trifocal and extended depth of focus IOLs. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2022;138(5):30-36. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/oftalma2022138052130

8. DeVries N, Webers C, Touwslager W, Bauer N, de Brabander J, Berendschot T, Nuijs R. Dissatisfaction after implantation of multifocal intraocular lenses. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 2011;37(5):859-865. https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.11.032

9. Labiris G, Panagiotopoulou E-K, Parente A, Ntonti P, Konstantinos D, Fotiadis I, Konstantinidis A, Dardabounis D. Premium Monovision versus Bilateral Myopic Monovision, Hybrid Monovision and Bilateral Trifocal Implantation: A Comparative Study. *Clinical Ophthalmology*. 2022;16:619-629. https://doi.org/10.2147/OPHT.S351091

10. Alió JL, Tavolato M, De la Hoz F, Claramonte P, Rodríguez-Prats JL, Galal A. Near vision restoration with refractive lens exchange and pseudoaccommodating and multifocal refractive and diffractive intraocular lenses: comparative clinical study. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 2004;30(12):2494-2503. https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2004.04.052

11. Искаков И.А. Технологии производства мультифокальных дифракционно-рефракционных интраокулярных линз. *Автометрия*. 2017;53(5):30-39.
Iskakov IA. Processes for manufacturing multifocal diffractive-refractive intraocular lenses. *Autometry*. 2017;53(5):30-39. (In Russ.). https://doi.org/10.15372/AUT20170503

12. Ленкова Г.А. Особенности оптических поверхностей мультифокальных дифракционно-рефракционных хрусталиков глаза. *Автометрия*. 2017;53(5):17-29.
Lenkova GA. Features optical surface of multifocal diffractive-refractive eye lenses. *Autometry*. 2017;53(5):17-29. (In Russ.). https://doi.org/10.15372/AUT20170502

13. Alió JL, Yébana P, Cantó M, Plaza AB, Vega A, Alió Del Barrio JL, Lugo F. Clinical outcomes with a new design in multifocal intraocular lens: a pilot study. *Eye and Vision*. 2020;7:38. https://doi.org/10.1186/s40662-020-00205-3

14. Guo S, Huang H, Li B, Huang M, Gao L, Chen J, Zeng Y, Yang Y, Liu L, Cheng L, Yao S, Cheng H. Comparatively analysing the postoperative optical performance of different intraocular lenses: a prospective observational study. *BMC Ophthalmology*. 2024;24(1):198. https://doi.org/10.1186/s12886-024-03439-0

15. Carballo-Alvarez J, Vazquez-Molini JM, Sanz-Fernandez JC, Garcia-Bella J, Polo V, García-Feijoo J, Martinez-de-la-Casa JM. Visual outcomes after bilateral trifocal diffractive intraocular lens implantation. *BMC Ophthalmology*. 2015;15:26. https://doi.org/10.1186/s12886-015-0012-4

16. Искаков И.А., Коронкевич В.П., Ленкова Г.А., Корольков В.П. Отечественная дифракционно-рефракционная ИОЛ: конструкция, оптические свойства. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2007;S(78):85-88.
Iskakov IA, Koronkevich VP, Lenkova GA, Korolkov VP. Native bifocal diffraction-refracting intraocular lens: construction, optical characteristics. *Bulletin of the Orenburg State University*. 2007;S(78):85-88. (In Russ.).

17. Поздеева Н.А., Паштаев Н.П. Первый опыт имплантации трифокальной дифракционно-рефракционной интраокулярной линзы с прямоугольным профилем дифракционной структуры «МИОЛ-РЕКОРД-3». *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2007;S(78):156-158.
Pozdeeva NA, Pashtaev NP. First experiebce of inplantation of frifocal diffractive-refractive intraocular lens with rectangular profile of diffraction structure «MIOL-RECORD-3». *Bulletin of the Orenburg State University*. 2007;S(78):156-158. (In Russ.).

18. Ленкова Г.А. Дифракционно-рефракционные хрусталики глаза с бинарными структурами. *Автометрия*. 2018;54(5):469-476.
Lenkova GA. Diffractive-refractive intraocular lenses with binary structures. *Autometry*. 2018;54(5):469-476. (In Russ.). https://doi.org/10.15372/AUT20180507

19. Gyõry JF, Srinivasan S, Madár E, Balla L. Long-term performance of a diffractive-refractive trifocal IOL with centralized diffractive rings: 5-year prospective clinical trial. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 2021;47(10):1258-1264. https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000670

20. Álvarez-García MT, Fuente-García C, Muñoz-Puyol C, Piñero DP. Clinical Outcomes with Extended Depth of Focus Intraocular Lenses in Cases in Which Multifocal Lenses Are Not Primarily Recommended. *Journal of Ophthalmology*. 2023;2023:8814627 https://doi.org/10.1155/2023/8814627

21. Ichhpujani P, Bhartiya S, Sharma A. Premium IOLs in Glaucoma. *Journal of Current Glaucoma Practice*. 2013;7(2):54-57. https://doi.org/10.5005/jp-journals-10008-1138

22. Li BW, Huang H, Huang MS, Guo SL, Gao L, Zeng YY, Cheng L, Yao SY, Lin JQ, Liu L, Yang Y, Lu XM, Cheng H. Changes in visual performance after implantation of different intraocular lenses. *International Journal of Ophthalmology*. 2024;17(7):1273-1282. https://doi.org/10.18240/ijo.2024.07.12

23. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Соловьева Г.М., Мийович О.П. Клинико-функциональные результаты имплантации бифокальных интраокулярных линз в ходе комбинированной хирургии катаракты и глаукомы. *Вестник офтальмологии*. 2018;134(6):46-52.
Pershin KB, Pashinova NF, Tsygankov AYu, Soloveva GM, Miovich OP. Clinical and functional results of bifocal IOLs implanted during combined cataract and glaucoma surgery. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2018;134(6):46-52. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/oftalma2018134061 46

24. Rocha K. Extended depth of focus IOLs: The next chapter in refractive Thechnology? *Journal of Refractive Surgery*. 2017;33(3):146-149. https://doi.org/10.3928/1081597X-20170217-01

25. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Антонов Е.А., Косова И.В., Корнеева Е.А. Результат имплантации интраокулярных линз с расширенной глубиной фокуса. *Вестник офтальмологии*. 2024;140(2):40-46.
Pershin KB, Pashinova NF, Tsygankov AYu, Antonov EA, Kosova IV, Korneeva EA. Outcomes of extended depth of focus intraocular lenses implantation. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2024;140(2):40-46. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/oftalma202414002140

26. Kerr NM, Moshegov S, Lim S, Simos M. Visual Outcomes, Spectacle Independence, and Patient-Reported Satisfaction of the Vivity Extended Range of Vision Intraocular Lens in Patients with Early Glaucoma: An Observational Comparative Study. *Clinical Ophthalmology*. 2023;17:1515-1523. https://doi.org/10.2147/OPTH.S411561

27. Mendroch D, Oberheide U, Altmeyer S. Functional Design Analysis of Two Current Extended-Depth-of-Focus Intraocular Lenses. *Translational Vision Science & Technology*. 2024;13(8):33. https://doi.org/10.1167/tvst.13.8.33

28. Giers BC, Khoramnia R, Varadi D, Wallek H, Son HS, Attia MS, Auffarth GU. Functional results and photic phenomena with new extended-depth-of-focus intraocular Lens. *BMC Ophthalmology*. 2019;19(1):197. https://doi.org/10.1186/s12886-019-1201-3

29. Sharlin PK, Patel S, C Kuritza V, Pompey N, Gomez KD, Vakharia MR. Clinical and Visual Outcomes of Four Presbyopia Correcting Intraocular Lenses. *Journal of Ophthalmic and Vision Research*. 2024;19(2):152-160. https://doi.org/10.18502/jovr.v19i2.11034

30. Аветисов С.Э., Ворошилова Н.А., Иванов М.Н. Оптическая когерентная биометрия. *Вестник офтальмологии*. 2007;123(4):46-48.
Avetisov SE, Voroshilova NA, Ivanov MN. Optic coherent biometry. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2007;123(4):46-48. (In Russ.).

31. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Антонов Е.А. Методы расчета оптической силы интраокулярной линзы с увеличенной глубиной фокуса. *Современные технологи в офтальмологии*. 2022;5(45): 138-146.
Pershin KB, Pashinova NF, Tsygankov AYu, Antonov EA. Calculation of intraocular lens optical power with enhanced depth of focus. *Modern Technologies in Ophthalmology*. 2022;5(45):138-146. (In Russ.).
https://doi.org/10.25276/2312-4911-2022-5-138-146

32. Arens S, Böhringer D, Lapp T, Reinhard T, Heinzelmann-Mink S. Comparative Analysis of Refractive Outcomes Following Cataract Surgery Using IOL Master 500 and IOL Master 700 Biometry Devices: A Retrospective Analysis. *Journal of Clinical Medicine*. 2024;13(17):5125.
https://doi.org/10.3390/jcm13175125

33. Аветисов К.С., Бахчиева Н.А., Аветисов С.Э., Новиков И.А., Беликов Н.В., Хайдукова И.В. Биомеханические аспекты передней капсулотомии в факохирургии. *Вестник офтальмологии*. 2017;133(3):82-88.
Avetisov KS, Bakhchieva NA, Avetisov SE, Novikov IF, Belikov NV, Khaydukova IV. Biomechanical aspects of anterior capsulotomy in cataract surgery. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2017;133(3):82-88. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/oftalma2017133382-88

34. Пирогова Е.С., Фабрикантов О.Л., Николашин С.И. Оптимизация технологии факоэмульсификации морганиевой катаракты. *Вестник офтальмологии*. 2024;140(2):24-32.
Pirogova ES, Fabrikantov OL, Nikolashin SI. Optimization of phacoemulsification technique for Morgagnian cataract. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2024;140(2):24-32. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/oftalma202414002124

35. Campos N. Clinical Outcomes and Patient Satisfaction of an Enhanced Depth of Focus Intraocular Lens Targeted for Mini-Monovision. *Clinical Ophthalmology*. 2024;18:1607-1613.
https://doi.org/10.2147/OPTH.S459868

36. Won YK, Choi SH, Chung TY, Lim DH. Clinical Outcomes after Bilateral Implantation of a Wavefront-Shaping Extended Depth of Focus (EDOF) IOL with Mini-Monovision. *Journal of Clinical Medicine*. 2024;13(11):3225.
https://doi.org/10.3390/jcm13113225

37. León-Ibáñez L, Piñero DP. Analysis of the visual function with the continuous transitional focus intraocular lens Precizon Presbyopic. *European Journal of Ophthalmology*. 2025;35(3):930-937.
https://doi.org/10.1177/11206721241293830

38. Can I, Bayhan HA. Clinical Outcomes of Enhanced Monofocal (Mono-EDOF) Intraocular Lenses with the Mini-Monovision Technique versus Trifocal Intraocular Lenses: A Comparative Study. *Turkish Journal of Ophthalmology*. 2024;54(4):190-197.
https://doi.org/10.4274/tjo.galenos.2024.27805

39. Kabbani J, Price L, Patel R, Din N, Bizrah M. A survey of intraocular lens preferences of UK refractive surgeons for cataract surgery and refractive lens exchange. *BMC Ophthalmology*. 2024;24(1):397.
https://doi.org/10.1186/s12886-024-03639-8

40. Labiris G, Panagis C, Ntonti P, Konstantinidis A, Bakirtzis M. Mix-and-match vs bilateral trifocal and bilateral EDOF intraocular lens implantation: the spline curve battle. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 2024;50(2):167-173.
https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000001336

41. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Антонов Е.А., Косова И.В., Баталина Л.В. Комбинированная имплантация мультифокальных ИОЛ и ИОЛ с расширенной глубиной фокуса. *Офтальмология*. 2024;21(2):282-288.
Pershin KB, Pashinova NF, Tsygankov AYu, Antonov EA, Kosova IV, Batalina LV. Mix-and-match Implantation of Multifocal and Extended Depth of Focus IOLs. *Ophthalmology in Russia*. 2024;21(2):282-288. (In Russ.).
https://doi.org/10.18008/1816-5095-2024-2-282-288

42. McNeely RN, Moutari S, Stewart S, Moore JE. Visual outcomes and patient satisfaction 1 and 12 months after combined implantation of extended depth of focus and trifocal intraocular lenses. *International Ophthalmology*. 2021;41(12):3985-3998.
https://doi.org/10.1007/s10792-021-01970-3

Поступила 13.01.2025
Received 13.01.2025
Принята в печать 13.03.2025
Accepted 13.03.2025