

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-3-145-150>

Интраокулярная коррекция пресбиопии в хирургии катаракты

А.Ж. Фурсова^{1, 2} ✉, А.А. Атаманенко³, Ф.К. Работа^{1, 2}, Е.И. Дмитриева^{1, 2}

¹ГБУЗ НСО «Новосибирская государственная областная клиническая больница», ул. Немировича-Данченко, д. 130, Новосибирск, 630087, Россия

²ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Красный проспект, д. 52, Новосибирск, 630091, Россия

³ООО «МЦ «ИнтерВзгляд», ул. 10 лет Октября, д. 100, Омск, 644001, Россия

Катаракта является одной из ведущих причин слепоты в мире, ее распространенность увеличивается с возрастом, варьируя от 3,9% у лиц 55–64 лет до 92,6% у лиц 80 лет и старше. Интраокулярные линзы (ИОЛ) используются при хирургии катаракты для замены естественного человеческого хрусталика и/или исправления аномалий рефракции. В последние годы разработан широкий спектр ИОЛ для коррекции пресбиопии, которые превосходят традиционные монофокальные ИОЛ. С увеличением продолжительности жизни и изменениями повседневной деятельности все большее число пациентов помимо безупречного зрения вдалеке предъявляют высокие требования к зрению вблизи и на промежуточном расстоянии. В обзоре представлен анализ современных подходов к коррекции пресбиопии на основе использования ИОЛ с различной технологией производства. Рассматриваются механизмы коррекции пресбиопии, сформулированы общие принципы мультифокальной коррекции, особенности технологии увеличенной глубины фокуса (EDOF), проанализированы достоинства и недостатки различных категорий ИОЛ: мультифокальных, улучшенных монофокальных, ИОЛ с углубленным фокусом. Особое значение уделено терминологии, разграничены понятия «EDOF» и «мультифокальные ИОЛ», которые не исключают друг друга. Бифокальная ИОЛ может иметь характеристики EDOF, как и асферическая монофокальная ИОЛ, дифракционная или рефракционная трифокальная ИОЛ, но с частичным ограничением диапазона на близком расстоянии с целью минимизации дисфотопических жалоб. В связи с активными маркетинговыми стратегиями производителей ИОЛ представленные данные могут быть полезны в клинической практике, помогут облегчить и структурировать информацию по данной проблеме для практического врача-офтальмолога. Инновационные решения в разработке материалов, оптических платформ и дизайна ИОЛ при интраокулярной коррекции пресбиопии способствуют дифференцированному подходу и достижению высоких функциональных результатов с учетом индивидуальных потребностей пациентов.

Ключевые слова: факэмульсификация катаракты; пресбиопия; улучшенные монофокальные ИОЛ, мультифокальные ИОЛ, ИОЛ с углубленным фокусом (EDOF)

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Фурсова А.Ж., Атаманенко А.А., Работа Ф.К., Дмитриева Е.И. Интраокулярная коррекция пресбиопии в хирургии катаракты. Российский офтальмологический журнал. 2024; 17 (3): 145–50. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-3-145-150>

Intraocular correction of presbyopia in cataract surgery

Anzhella Zh. Fursova^{1, 2} ✉, Andrey A. Atamanenko³, Fedor K. Rabota^{1, 2}, Elena I. Dmitrieva^{1, 2}

¹Novosibirsk Regional Clinical Hospital, 130, Nemirovich-Danchenko St., Novosibirsk, 630087, Russia

²Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny Prospekt, Novosibirsk, 630091, Russia

³Intervzglyad Medical Center, 100, 10 let Oktyabrya St., Omsk, 644001, Russia

anzhellafursova@yandex.ru

Cataract is one of the leading causes of blindness worldwide; its prevalence increases with age, ranging from 3.9 % among 55–64 years old to 92.6 % among those aged 80 years or more. Intraocular lenses (IOLs) are used in cataract surgery to replace the natural human lens and/or correct refractive errors. In recent years, a wide range of IOLs have been developed for the correction of presbyopia, which have surpassed traditional monofocal intraocular lenses. With an increased life duration and lifestyle changes, an increasing number of patients are not content with excellent distant vision alone but wish to have adequate near- and intermediate-distance vision. The review presents modern approaches to the correction of presbyopia by IOLs produced with the help of various technologies. The mechanisms of presbyopia correction, the general principles of multifocal IOL use, extended depth of focus (EDOF) technology, the advantages and drawbacks of individual IOL categories such as multifocal IOLs, improved monofocal IOLs, and deep focus IOLs are discussed. Special attention is given to terminology. Specifically, the concepts of EDOF and multifocal IOLs are distinguished, which however are not mutually exclusive as bifocal IOL, aspherical monofocal IOL, diffraction or refraction trifocal IOL can have EDOF characteristics (with partial range limitation at near distance in order to minimize dysphotopic complaints). Taking into account the active marketing strategies of IOL manufacturers, the presented data can be useful in clinical practice, facilitating and structuring the relevant information for the ophthalmologist. Innovative solutions in the development of materials, optical platforms and the design of intraocular lenses for intraocular presbyopia correction provide a differentiated approach to achieving high functional results depending on the individual needs of patients.

Keywords: cataract; phacoemulsification; presbyopia; improved monofocal plus IOLs; multifocal IOLs; extended depth of focus IOLs (EDOF)

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

Financial disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Fursova A.Zh., Atamanenko A.A., Rabota F.K., Dmitrieva E.I. Intraocular correction of presbyopia in cataract surgery. Russian ophthalmological journal. 2024; 17 (3): 145-50 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-3-145-150>

Катаракта является одной из ведущих причин слепоты во всем мире [1, 2], ее распространенность увеличивается с возрастом, варьируя от 3,9 % среди лиц 55–64 лет до 92,6 % среди лиц 80 лет и старше [3]. По прогнозам К. Монсеф и соавт. [4], количество больных катарактой увеличится к 2025 г. до 40 млн человек. Современные возможности ультразвуковой факоэмульсификации катаракты (ФЭК), позволяющие безопасно удалять хрусталик различной степени плотности у пациентов, в том числе с сопутствующими глазными заболеваниями [5, 6], обеспечивают высокие функциональные результаты и способствуют увеличению количества таких операций во всем мире [7].

Интраокулярные линзы (ИОЛ) используются при хирургии катаракты для замены естественного человеческого хрусталика и/или исправления аномалий рефракции. В последние годы разработан широкий спектр мультифокальных ИОЛ (MfIOL), которые превзошли традиционные монофокальные ИОЛ. С увеличением продолжительности и изменением образа жизни все большее число пациентов в повседневной деятельности помимо превосходного зрения вдаль предъявляют высокие требования к зрению вблизи и на промежуточном расстоянии. Кроме того, ИОЛ являются вариантом лечения пациентов с пресбиопией, которым не может быть проведена лазерная рефракционная хирургия и которые не хотят пользоваться очками для чтения. При запланированной эметропии монофокальные ИОЛ

формируют четкое изображение в плоскости сетчатки, обеспечивая детальное и высококонтрастное изображение на дальней дистанции, но размытое и малоконтрастное изображение для ближнего и промежуточного расстояния. Долгое время существующей альтернативой была тактика monovision, когда ведущий глаз нацелен на зрение вдаль, а контрлатеральный — на зрение на среднем или близком расстоянии. Значимым ограничением преимуществ этого подхода является потеря стереопсиса. Первая MfIOL была имплантирована Пирсом в 1986 г. Несмотря на наличие явных недостатков: сниженную контрастную чувствительность и тяжелые фотофеномены, большое количество пациентов достигли высокого уровня удовлетворенности и независимости от очков [8].

Интраокулярная коррекция пресбиопии, основанная на принципе одновременного видения и максимальной или полной зрительной независимости, в настоящее время может быть разделена на две большие категории: MfIOL и ИОЛ с увеличенной глубиной резкости (EDOF). В настоящее время на международном рынке существует не менее 70 видов MfIOL и EDOF, представляющих 82 различные оптические платформы. Перспективы дальнейшего развития оптической коррекции пресбиопии определила Американская академия офтальмологии, представившая консенсусное заявление о том, что EDOF должны иметь расширенную дальнюю зону фокусировки с достижением

промежуточного расстояния и обеспечивать отличное зрение вдаль и на среднем расстоянии. В настоящее время наблюдается сдвиг в сторону разработки EDOF, технология изготовления которых основана на минимизации дисфотопсии и достижения непрерывного плавного фокуса [9, 10].

Общие принципы. Особенностью мультифокальной коррекции зрения является наложение сфокусированного и расфокусированного изображений на сетчатку. Это связано с тем, что задача такого типа ИОЛ заключается в корректировке нескольких фокусных точек как для дальнего, так и для ближнего зрения. Успех мультифокального зрения зависит от способности человеческого мозга выбирать среди наложенных изображений изображение в фокусе, подавляя при этом размытое изображение вне фокуса, что осуществляется благодаря процессам нейроадаптации [11–13].

Для создания мультифокальной оптики используются два оптических явления: рефракции и дифракции.

Зональные рефракционные линзы имеют отдельные области, или зоны, различающиеся по силе преломления света. Оптическая сила зависит от локальной кривизны поверхности, при этом участки различной кривизны определяют вариацию диоптрийности в пределах ИОЛ. Чтобы избежать эффектов рассеянного света, переход между этими областями максимально нивелируется за счет создания нескольких кольцевых областей с промежуточной оптической силой. ИОЛ ReZoom и ее предшественница Aray (Abbott Medical Optics, США) являются примерами зонально-концентрических рефракционных MfIOL. Рефракционные ИОЛ M-flex (Rayner, Великобритания) используют чередующиеся концентрические области различной мощности для обеспечения бифокальности. Эти оптические системы зависят от ширины зрачка и чувствительны к послеоперационной децентрации, а также к риску возникновения нежелательных световых явлений (дисфотопсий), таких как ореолы и блики. Уменьшение мощности аддидации позволило разработать концепцию зональных рефракционных линз EDOF, таких как Lentis Comfort (Oculentis, Германия), которые предназначены для работы на средней дистанции [14].

Дифракционные ИОЛ. Дифракционные ИОЛ для создания мультифокальности используют оптическое явление дифракции. Они основаны на геометрической концепции прохождения световых лучей и использовании преимуществ волновой природы света. Дифракционные ИОЛ создают области интерференции для световых волн, распространяющихся к сетчатке, избирательно задерживая часть светового потока (изменяя фазовые соотношения между входящими световыми волнами) в выбранных областях [14]. При этом на передней или задней поверхности линзы создаются концентрические кольцевые зоны, образуя асимметричную пластину, также называемую «дифракционной киноформой» [15]. В грубом приближении профиль киноформы напоминает пилу с высотой ступеней всего несколько микрон. Резкие перепады происходят на стыке каждой зоны, и расстояние между зонами постепенно уменьшается от центра ИОЛ к ее краю. Количество световой энергии, распределяемой по каждому фокусу, полностью зависит от дифракционной структуры и максимальной высоты ступеней [14], длины волны, а также изменения показателя преломления между материалом линзы и окружающей ее средой.

Важно понимать, что дифракционный элемент позволяет разделять поступающий свет на два основных фокуса для бифокальных ИОЛ и на три для трифокальных ИОЛ. Из-за своей дискретной и повторяющейся структуры дифракционные элементы создают конечное число не-

смежных фокусных точек для одной и той же длины волны падающего света [14].

Первая трифокальная дифракционная ИОЛ — FineVision (Physiol, Бельгия) — была выпущена в 2010 г. [16]. Ее оптический дизайн основан на сочетании двух бифокальных дифракционных линз. Первый дифракционный элемент был спроектирован с аддидацией 3,5 D (ближний) в первом порядке дифракции, а второй обеспечил аддидацию на 1,75 D. В результате процент потерянной энергии, который обычно составляет 20 % для стандартных дифракционных бифокальных линз, был снижен у этой модели примерно до 14 %. Дифракционный профиль ИОЛ также постепенно ослаблялся по всей оптической поверхности (аподизация), что сопровождалось непрерывной модуляцией распределения световой энергии, направленной на три первичных фокуса. Чем больше рассматриваемая зона, тем пропорционально больше света направляется на удаленные фокусы. Благодаря гармоническому соотношению между промежуточным и ближними фокусами, общее число дифракционных зон не изменяется по сравнению с бифокальной ИОЛ, имеющей ту же оптическую силу вблизи, в то время как высота дифракционных ступеней меняется из-за наложения промежуточного дифракционного профиля [16].

Другие трифокальные ИОЛ: AT LISA TRI 839MP (Carl Zeiss, Германия) и RayOne (Rayner, Великобритания) — используют аналогичную концепцию без аподизации, но с зоной дифракции, ограниченной 4,5 мм в центре оптической зоны [17, 18]. С.В. Кривко и соавт. [19] показали, что ИОЛ RayOne Trifocal (Rayner, Великобритания) обеспечивает высокую остроту зрения на всех дистанциях (в 68 % — для дали, 81 % — на промежуточном расстоянии и 87 % для близи), что соответствует результатам других исследователей.

AcrySof IQ PanOptix (Alcon, США) представляет собой квадрифокальную ИОЛ, с помощью которой подавляется один из порядков дифракции при фокусировке на большем промежуточном расстоянии зрения (1,1 D) и обеспечивается сила аддидации вблизи +3,25 D и на среднем расстоянии +2,17 D [20]. Ее дифракционный дизайн отличается от трехфокальных линз, благодаря чему гармонизирована взаимосвязь между ближним и промежуточным фокусами [21]. В исследовании Б.Э. Малюгина и соавт. [22] были проанализированы результаты ФЭК с имплантацией трифокальной AcrySof IQ PanOptix (Alcon, США) в 1-й группе (25 глаз) и трифокальной торической AT LISA TRI (Carl Zeiss, Германия) ИОЛ — во 2-й группе (25 глаз). Через 12 мес после вмешательства остроту зрения (ОЗ) измеряли монокулярно вдаль, на промежуточной дистанции и вблизи с применением десятичной шкалы системы LogMAR и интерактивной компьютерной программы (ИКП). Для оценки контрастной чувствительности применяли прибор Optec 6500. Степень выраженности световых феноменов и показатели качества зрения оценивали при помощи анкеты. После имплантации обеих трифокальных ИОЛ отмечались высокие функциональные результаты — повышение ОЗ у пациентов на разных расстояниях с преимуществом таковых в группе AcrySof IQ PanOptix (Alcon, США). После имплантации обеих ИОЛ кривая контрастной чувствительности имела типичный вид с максимальным показателем в области средних частот и снижением такового в области высоких частот с наилучшими результатами после имплантации AcrySof IQ PanOptix (Alcon, США). Послеоперационный период характеризовался высокой степенью субъективной удовлетворенности пациентов в обеих группах [22].

Особенности технологии EDOF. Основной оптический принцип заключается в создании единственной удлинённой фокусной точки для увеличения глубины фокусировки, в отличие от монофокальных ИОЛ (в которых свет фокусируется в единственной точке) или MfIOL (имеющих 2 или 3 отдельные точки). Этот удлинённый фокус введен для минимизации наложения ближних и дальних изображений, характерных для традиционных MfIOL, что устраняет эффект ореола. Основная задача этих ИОЛ — улучшение качества зрения на среднем и ближнем расстоянии без влияния на зрение вдаль. ИОЛ EDOF обеспечивают непрерывный диапазон фокусировки без явно асимметричного распределения оптической силы ИОЛ с устранением присутствия вторичных изображений с расфокусировкой.

Влияние индуцированных аберраций на качество изображения и глубину фокуса. Коррекция пресбиопии — это баланс трех взаимосвязанных факторов: качества зрения, глубины резкости и дисфотопсии.

Сферическая аберрация — аберрация, связанная с разницей фокусных расстояний центрального и периферического световых лучей, проходящих через ИОЛ. Среднее значение сферической аберрации роговицы составляет $0,310 \pm 0,135$ мм для зрачка размером 6 мм. Возможности ее нейтрализации ограничены выбором ИОЛ с отрицательной сферической аберрацией. Преимущество асферической ИОЛ заключается в обеспечении более четкого фокуса и, следовательно, лучшего зрения на определенном расстоянии. Хотя аберрации более высокого порядка ухудшают качество зрения, в большинстве случаев наличие некоторых из них (особенно сферических, комы и вторичного астигматизма) увеличивает глубину фокуса. Хроматические аберрации (ХА) являются следствием различия в длине волны различных участков света видимого спектра. Роговица человека индуцирует ХА из-за большего преломления синего света, чем красного. На индуцированные ИОЛ ХА влияют дисперсия оптического материала и оптический дизайн ИОЛ, которые способны поддерживать и усиливать ХА, индуцируемые роговицей. Напротив, дифракционные ИОЛ способны минимизировать ХА. Ахроматизация не приводит к увеличению глубины резкости, но способствует улучшению контрастной чувствительности и повышению качества зрения [23].

Существует только два способа добиться EDOF как такового: сузить диафрагму (как у диафрагмы фотоаппарата, например ИОЛ IC8 (AcuFocus, США) или использовать сферическую аберрацию (например, PhysIOL/BVI, Бельгия, или Vivity Alcon, США). Любая дифракционная система опирается на генерацию «дискретных» фокусов. Так, ИОЛ Symphony Johnson & Johnson (США) представляет собой бифокальную линзу с промежуточным расстоянием и хроматической компенсацией [24] и зональную рефракционную систему с дискретными зонами, которые также обеспечивают дискретные фокусы, пока эти зоны различимы. Если зоны смешаны (например, ИОЛ Vivity Alcon, США), то такие ИОЛ относятся к категории линз, использующих аберрации высшего порядка (нет «зон», но есть глобальная зона с асферическим дизайном).

Л.М. Низамудинова и соавт. [25] провели оценку долгосрочных результатов имплантации недифракционной ИОЛ с расширенной глубиной фокуса Vivity (Alcon, США). Через 12 мес после операции некорректируемая ОЗ вдаль составила $0,88 \pm 0,06$, на средней дистанции — $0,77 \pm 0,02$, вблизи — $0,60 \pm 0,05$, максимальная корректируемая ОЗ вдаль — $0,93 \pm 0,04$, на среднем расстоянии — $0,81 \pm 0,07$, вблизи — $0,65 \pm 0,01$. У одного (5 %) пациента были

выявлены периодические круги светорассеяния (гало) и еще у одного (5 %) пациента — снижение контрастной чувствительности. Трудностей с вождением автомобиля не было. По мнению авторов, ИОЛ Vivity обеспечивает повышение ОЗ на всех дистанциях, 85 % пациентов оценили результаты на «отлично», 15 % — «хорошо».

Наибольший практический интерес представляет классификация, предложенная R. Rampat и D. Gatinel [14], согласно которой разделяют ИОЛ с эффектами EDOF *in vitro* (оптический дизайн) и *in vivo* (визуальный) с малыми апертурами и асферическими непрерывными конструкциями и ИОЛ, использующие дискретные множественные фокусы для достижения эффекта EDOF *in vivo* (преломляющие зональные и дифракционные конструкции). Тем не менее вопрос качества зрения на близком расстоянии остается предметом дискуссии. Так, D. Freyer и соавт. [26] отметили при использовании EDOF высокую остроту зрения вдаль на среднем расстоянии, но недостаточное зрение вблизи у большинства пациентов. Один из способов компенсации недостаточности остроты зрения — это мини-моновидение или стратегии сочетания с дифракционными линзами с низкой аддитацией. Но при этом необходимо отметить, что использование мини-моновидения может вызвать ухудшение зрения вдаль и появление дополнительных ореолов из-за низкой близорукости в контрлатеральном глазу. Исследования В. Cochener и соавт. [13] показали, что формирование смешанного зрения с MfIOL или EDOF является многообещающим вариантом катарактальной или рефракционной хирургии у пациентов, претендующих на отказ от очковой коррекции, и представляют значимую альтернативу использованию трифокальных ИОЛ. Нейроадаптация является серьезной проблемой после имплантации MfIOL или EDOF, этот процесс занимает много времени и зависит от индивидуальных факторов. Наличие аберраций, определяющее особенности оптической конструкции ИОЛ для улучшения зрения вблизи, может трудно переноситься пациентом, хотя мозг постепенно адаптируется к определенному количеству аберраций. Через 4–6 мес после операции у 87,0–97,6 % людей не наблюдается умеренной интенсивности ореолов, бликов или восприятия звездообразования [27].

Терминология. При отсутствии ясного понимания терминологии представляется важным разделить основные понятия. EDOF — это ИОЛ, у которой увеличена сферическая аберрация для удлинения фокуса без наличия как рефракционной, так и дифракционной дополнительной мультифокальности. Важно отметить, что технология EDOF не может обеспечить диапазон фокусировки более чем на 1 дптр. Характеристики мультифокальности и EDOF не исключают друг друга. Бифокальная ИОЛ может иметь характеристики EDOF, как и асферическая монофокальная ИОЛ, дифракционная или рефракционная трифокальная ИОЛ, но с частичным ограничением диапазона на близком расстоянии с целью минимизации дисфотопических жалоб. R. Rampat и D. Gatinel [14] предложили название этой группе — «гибридные ИОЛ». Symphony (Johnson & Johnson, США), AT LARA TRI (Carl Zeiss, Германия) — это гибридные ИОЛ, сочетающие EDOF с мультифокальностью.

Улучшенные монофокальные линзы. Недавно разработанные улучшенные монофокальные ИОЛ, или монофокальные «плюс», сочетают в себе характеристики разных типов линз: они обеспечивают ту же остроту зрения вдаль, что и стандартные монофокальные, но с лучшей промежуточной остротой зрения и отсутствием нежелательных световых явлений. Новое поколение ИОЛ включает TECNIS®

Eyhance ICB00 (Johnson & Johnson, США), ИОЛ хаст™ Mono-EDoF™ (Santen, Япония), ISOP-URE® (PhysIOL/BVI, Бельгия) и RayOne EMV (Rayner, Великобритания). Улучшенные монофокальные ИОЛ увеличивают глубину резкости, вызывая небольшую дополнительную положительную сферическую aberrацию. Другие ИОЛ, имеющие асферическую конструкцию, изготавливаются таким образом, чтобы компенсировать асферичность роговицы, что фактически уменьшает глубину фокусировки глаза в целом [14]. Они могут обеспечить достаточную глубину фокуса при использовании в условиях умеренного монозрения со смещением примерно от $-0,75$ до $-1,50$ дптр между доминирующим и недоминирующим глазом, что обеспечивает превосходное зрение на промежуточном уровне. Линза подходит для пациентов, которые не являются кандидатами на дифракционные трифокальные линзы и/или EDOF и хотят получить некоторую независимость от очков с отсутствием дисфотопсий [28].

Н.Э. Темиров и Н.Н. Темиров [29] сочли ИОЛ с дозированным сочетанием сферических aberrаций Ray One EMV (Rayner, Великобритания) наиболее уравновешенными по показателям ОЗ на разных дистанциях с минимальным количеством жалоб на световые феномены. М.Е. Коновалов и А.В. Моренко [30] показали, что конструктивные особенности позволяют рассматривать имплантацию Ray One EMV (Rayner, Великобритания) как вариант индивидуального подхода с учетом возможности применения у пациентов, профессиональная деятельность которых связана с длительной зрительной работой на промежуточных расстояниях (например, пользователи персональных компьютеров).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря инновационным решениям в разработке используемых материалов, оптических платформ и дизайна ИОЛ, принципиально изменились возможности выбора интраокулярной коррекции пресбиопии для дифференцированного подхода, обеспечивающего высокие функциональные результаты в зависимости от индивидуальных потребностей пациентов. Соответствующее предоперационное диагностическое обследование, активный диалог, управление ожиданиями пациента являются ключом к достижению успеха при имплантации MfIOL, EDOF или улучшенных монофокальных ИОЛ.

Литература/References

1. Kovin N, Kempen John H, Stephen G, et al. Prevalence and causes of vision loss in sub-Saharan Africa in 2015: magnitude, temporal trends and projections. *Br J Ophthalmol*. 2020; 104: 1658–68. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2019-315217>
2. Lee Cameron M, Afshari Natalie A. The global state of cataract blindness. *Curr Opin Ophthalmol*. 2017; 28: 98–103. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000340>
3. Yu-Chi L, Mark W, Terry K, et al. Cataracts. *Lancet*. 2017; 390: 600–12. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30544-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30544-5)
4. Moncef K, Rim K, Rupert B, et al. Number of people blind or visually impaired by cataract worldwide and in world regions, 1990 to 2010. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015; 56: 6762–9. <https://doi.org/10.1167/iovs.15-17201>
5. Дмитриева Е.И., Фурсова А.Ж., Никулич И.Ф., Ким Т.Ю., Гамза Ю.А. Хирургия катаракты у пациентов с возрастной макулярной дегенерацией: вопросы и противоречия. *Российский офтальмологический журнал*. 2022; 15 (1): 133–9. [Dmitrieva E.I., Fursova A.Zh., Nikulich I.F., Kim T.J., Gamza Yu.A. Cataract surgery in patients with age-related macular degeneration: questions and controversies. *Russian ophthalmological journal*. 2022; 15 (1): 133–9 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-1-133-139>
6. Медведев И.Б., Покровский Д.Ф. Бинокулярная фактоэмульсификация катаракты: отношение зарубежных офтальмологов. *Российский офтальмологический журнал*. 2021; 14 (4): 154–7. [Medvedev I.B., Pokrovsky

- D.F. Bilateral phacoemulsification of cataract: the opinion of foreign ophthalmologists. *Russian ophthalmological journal*. 2021; 14 (4): 154–7 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2021-14-4-154-157>
7. Cicinelli MV, Buchan JC, Nicholson M, Varadaraj V, Khanna RC. Cataracts. *Lancet*. 2023 Feb 4; 401 (10374): 377–89. doi: 10.1016/S0140-6736(22)01839-6
8. Zvorničanin J, Zvorničanin E. Premium intraocular lenses: The past, present and future. *J Curr Ophthalmol*. 2018 May 18; 30 (4): 287–96. doi: 10.1016/j.joco.2018.04.003
9. MacRae S, Holladay JT, Glasser A, et al. Special report: American Academy of Ophthalmology task force consensus statement for extended depth of focus intraocular lenses. *Ophthalmology*. 2017 Jan; 124 (1): 139–41. doi: 10.1016/j.opht.2016.09.039
10. Коновалов М.Е., Моренко А.В. Медико-технические аспекты применения интраокулярных линз с расширенной глубиной резкости. *Российский офтальмологический журнал*. 2023; 16 (3): 159–64. [Konovalov M.E., Morenko A.V. Medical and technical aspects of using intraocular lenses with extended depth of field. *Russian ophthalmological journal*. 2023; 16 (3): 159–64 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-3-159-164>
11. Pedrotti E, Bruni E, Bonacci E, et al. Comparative analysis of the clinical outcomes with a monofocal and an extended range of vision intraocular lens. *Journal of Refractive Surgery*. 2016; 32: 436–42. <http://dx.doi.org/10.3928/1081597x-20160428-06>
12. Pandit RT. Monocular clinical outcomes and range of near vision following cataract surgery with implantation of an extended depth of focus intraocular lens. *Journal of Ophthalmology*. 2018; 2018: 1–6. <http://dx.doi.org/10.1155/2018/8205824>
13. Cochener B, Boutillier G, Lamard M, Auberger-Zagnoli C. A comparative evaluation of a new generation of diffractive trifocal and extended depth of focus intraocular lenses. *J Refract Surg*. 2018 Aug 1; 34 (8): 507–14. doi: 10.3928/1081597X-20180530-02. PMID: 30089179
14. Rampat R, Gatineau D. Multifocal and extended depth-of-focus intraocular lenses in 2020. *Ophthalmology*. 2021 Nov; 128 (11): e164–e185. doi: 10.1016/j.opht.2020.09.026
15. Royo M, Jiménez Á, Piñero DP. Clinical outcomes of cataract surgery with implantation of a continuous transitional focus intraocular lens. *J Cataract Refract Surg*. 2020 Apr; 46 (4): 567–72. doi: 10.1097/j.jcrs.000000000000108
16. Kretz FT, Choi CY, Müller M, et al. Visual outcomes, patient satisfaction and spectacle independence with a trifocal diffractive intraocular lens. *Korean J Ophthalmol*. 2016 Jun; 30 (3): 180–91. doi: 10.3341/kjo.2016.30.3.180
17. Mendicute J, Kapp A, Lévy P, et al. Evaluation of visual outcomes and patient satisfaction after implantation of a diffractive trifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg*. 2016 Feb; 42 (2): 203–10. doi: 10.1016/j.jcrs.2015.11.037
18. Oliveira RF, Vargas V, Plaza-Puche AB, Alió JL. Long-term results of a diffractive trifocal intraocular lens: Visual, aberrometric and patient satisfaction results. *Eur J Ophthalmol*. 2020 Jan; 30 (1): 201–8. doi: 10.1177/1120672118818019
19. Кривко С.В., Белонюженко Я.В., Сорокин Е.Л., Семенова Т.К. Первый опыт имплантации интраокулярных линз модели RayOne Trifocal. *Современные технологии в офтальмологии*. 2022; 2 (42): 66–71. [Krivko S.V., Belonozhenko Ya.V., Sorokin E.L., Semenova T.K. The first experience of implantation of intraocular lenses of the RayOne Trifocal model. *Modern technologies in ophthalmology*. 2022; 2 (42): 66–71 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25276/2312-4911-2022-2-66-71>
20. Cochener B. Prospective clinical comparison of patient outcomes following implantation of trifocal or bifocal intraocular lenses. *J Refract Surg*. 2016 Mar; 32 (3): 146–51. doi: 10.3928/1081597X-20160114-01
21. Mendicute J, Kapp A, Lévy P, et al. Evaluation of visual outcomes and patient satisfaction after implantation of a diffractive trifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg*. 2016 Feb; 42 (2): 203–10. doi: 10.1016/j.jcrs.2015.11.037
22. Малоги́н Б.Э., Соболев Н.П., Фомина О.В., Белокопытов А.В. Сравнительный анализ функциональных результатов имплантации различных моделей трифокальных дифракционных интраокулярных линз. *Вестник офтальмологии*. 2020; 136 (1): 80–9. [Maliugin B.E., Sobolev N.P., Fomina O.V., Belokopytov A.V. Comparative analysis of the functional results after implantation of various diffractive trifocal intraocular lenses. *Vestnik oftal'mologii*. 2020; 136 (1): 80–9 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/oftalma202013601180>
23. Artal P, Manzanera S, Piers P, Weeber H. Visual effect of the combined correction of spherical and longitudinal chromatic aberrations. *Opt Express*. 2010; 18: 1637–48. <https://doi.org/10.1364/OE.18.001637>
24. Black S. A clinical assessment of visual performance of combining the TECNIS® Symphony Extended Range of Vision IOL (ZXR00) with the +3.25 D TECNIS Multifocal 1-piece IOL (ZLB00) in subjects undergoing bilateral cataract extraction. *Clin Ophthalmol*. 2018 Oct 23; 12: 2129–36. doi: 10.2147/OPHTH.S175901

25. Низамудинова Л.М., Стебнев В.С., Стебнев С.Д., Малов И.В. Долгосрочные результаты имплантации новой недифракционной ИОЛ с расширенной глубиной фокуса. *Точка зрения Восток — Запад*. 2023; 2: 37–41. [Nizamutdinova L.M., Stebnev V.S., Stebnev S.D., Malov I.V. Long-term results of implantation of a new non-diffractive IOL with an expanded depth of focus. *The East — West point of view*. 2023; 2: 37–41 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2023-2-37-41>
26. Breyer DRH, Kaymak H, Ax T, et al. multifocal intraocular lenses and extended depth of focus intraocular lenses. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2017 Jul-Aug; 6 (4): 339–49. doi: 10.22608/APO.2017186
27. Savini G, Schiano-Lomoriello D, Balducci N, Barboni P. Visual performance of a new extended depth-of-focus intraocular lens compared to a distance-dominant diffractive multifocal intraocular lens. *J Refract Surg*. 2018 Apr 1; 34 (4): 228–35. doi: 10.3928/1081597X-20180125-01
28. Labuz G, Son HS, Naujokaitis T, et al. Laboratory investigation of preclinical visual-quality metrics and halo-size in enhanced monofocal intraocular lenses. *Ophthalmol Ther*. 2021 Dec; 10 (4): 1093–104. doi: 10.1007/s40123-021-00411-9
29. Темиров Н.Э., Темиров Н.Н. Сравнительный анализ функциональных результатов имплантации различных моделей ИОЛ с продленным фокусом. *Современные технологии в офтальмологии*. 2023; 4 (50): 165–9. [Temirov N.E., Temirov N.N. Comparative analysis of the functional results of implantation of various IOL models with extended focus. *Modern technologies in ophthalmology*. 2023; 4 (50): 165–9 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25276/2312-4911-2023-4-165-169>
30. Коновалов М.Е., Моренко А.В. Сравнительная оценка кривой дефокусировки монофокальной ИОЛ, ИОЛ с расширенной глубиной фокуса и трифокальной ИОЛ. *Офтальмология*. 2023; 20 (4): 683–7. [Konovalov M.E., Morenko A.V. Comparative evaluation of the defocusing curve of monofocal IOL, IOL with extended depth of focus and trifocal IOL. *Ophthalmology in Russia*. 2023; 20 (4): 683–7 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-4-683-687>

Вклад авторов в работу: А.Ж. Фурсова, А.А. Атаманенко — концепция и дизайн обзора, анализ данных литературы, написание, редактирование и финальная подготовка статьи к публикации; Ф.К. Работы, Е.И. Дмитриева — сбор и обработка данных литературы, написание и редактирование статьи.

Authors' contribution: A.Zh. Fursova, A.A. Atamanenko — concept and design of the review, analysis of literature data, writing, editing and final preparation of the article for publication; F.K. Rabota, E.I. Dmitrieva — collection and processing of literature data, writing and editing of the article.

Поступила: 16.04.2024. Переработана: 23.04.2024. Принята к печати: 24.04.2024

Originally received: 16.04.2024. Final revision: 23.04.2024. Accepted: 24.04.2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

¹ ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница», ул. Немировича-Данченко, д. 130, Новосибирск, 630087, Россия

² ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Красный проспект, д. 52, Новосибирск, 630091, Россия

³ ООО «МЦ «ИнтерВзгляд», ул. 10 лет Октября, д. 100, Омск, 644001, Россия

Анжелла Жановна Фурсова — д-р мед. наук, доцент, заведующая офтальмологическим отделением¹, заведующая кафедрой офтальмологии², ORCID 0000-0001-6311-5452

Андрей Андреевич Атаманенко — врач-офтальмолог³

Федор Константинович Работы — врач-офтальмолог¹, аспирант кафедры офтальмологии²

Елена Игоревна Дмитриева — врач-офтальмолог¹, ассистент кафедры офтальмологии²

Для контактов: Анжелла Жановна Фурсова,
anzhellafursova@yandex.ru

¹ Novosibirsk Regional Clinical Hospital, 130, Nemirovich-Danchenko St., Novosibirsk, 630087, Russia

² Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny Prospekt, Novosibirsk, 630091, Russia

³ Intervglyad Medical Center, 100, 10 let Oktyabrya St., Omsk, 644001, Russia

Anzhella Zh. Fursova — Dr. of Med. Sci., head of the ophthalmological department¹, head of chair of ophthalmology², ORCID 0000-0001-6311-5452

Andrey A. Atamanenko — ophthalmologist³

Fedor K. Rabota — ophthalmologist¹, PhD student of chair of ophthalmology²

Elena I. Dmitrieva — ophthalmologist¹, assistant of chair of ophthalmology²

For contacts: Anzhella Zh. Fursova,
anzhellafursova@yandex.ru