

Интраокулярные линзы с углубленным фокусом (EDOF) и трифокальные линзы: преимущества и недостатки. Что определяет выбор оптической коррекции? Обзор

А.Н. Фурсова^{1,2}А.А. Атаманенко³

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

² ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Красный проспект, 52, Новосибирск, 630091, Российская Федерация

³ ООО «МЦ «ИнтерВзгляд»
ул. 10 лет Октября, 100, Омск, 644001, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2024;21(4):674–680

Цель — обзор сравнительных исследований, касающихся интраокулярных линз (ИОЛ), основанных на технологии расширенной глубины фокуса (EDOF), и трифокальных ИОЛ (ТИОЛ). **Методы.** Сравнительный анализ проведен на основе данных метаанализов, систематических обзоров, результатов рандомизированных клинических и ретроспективных исследований. Электронная база данных включала «PubMed», «Elibrary». Важными анализируемыми характеристиками наиболее часто были: послеоперационная рефракция, острота зрения, оптические aberrации, контрастная чувствительность, качество зрения, зависимость от очков, оптические феномены. **Результаты.** ТИОЛ имеет значимые преимущества по сравнению с EDOF с точки зрения послеоперационной рефракции и остроты зрения, что продемонстрировано значительно меньшим значением послеоперационной остаточной сферической коррекции и сферического эквивалента. Показано отсутствие статистически значимой разницы в послеоперационном роговичном астигматизме между двумя группами. Анализ остроты зрения и свободы от очковой коррекции показывает преимущества EDOF на среднем и ТИОЛ на близком расстоянии, ряд исследователей предпочитает комбинацию этих двух типов ИОЛ для получения максимального результата. Опубликованные данные частоты оптических феноменов свидетельствуют о более значительном количестве дисфотопсий в группе ТИОЛ, но результаты исследований являются весьма противоречивыми, учитывая их разнородность. Значительное снижение контрастной чувствительности наблюдалось как в фотопических, так и в мезопических условиях во всех группах, но показано преимущество EDOF на более низких пространственных частотах. В контексте удовлетворенности полученным результатом после операции между двумя группами ИОЛ не было выявлено достоверных различий, поскольку все пациенты сообщали о высоком уровне удовлетворенности. **Заключение.** Бинокулярная имплантация ТИОЛ может обеспечить более высокую независимость от очков и хорошее зрение на средних и ближних расстояниях, но пациентов необходимо предупреждать о возможном снижении контрастной чувствительности и качества зрения, особенно в ночное время, сопровождающемся дискомфортом при вождении автомобиля. Выбор EDOF является определяющим, если в повседневной жизни требуется больше активности на промежуточных дистанциях и пациент при необходимости не видит проблем в дополнительной очковой коррекции при работе на близком расстоянии. В клинической практике знание характеристик ИОЛ помогает оправдать ожидания пациентов и достичь высокой степени удовлетворенности.

Ключевые слова: фактоэмulsionификация катаракты, пресбиопия, мультифокальные ИОЛ, ИОЛ с углубленным фокусом (ЭДОФ), трифокальные ИОЛ

Для цитирования: Фурсова А.Н., Атаманенко А.А. Интраокулярные линзы с углубленным фокусом (EDOF) и трифокальные линзы: преимущества и недостатки. Что определяет выбор оптической коррекции? Обзор. *Офтальмология*. 2024;21(4):674–680. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2024-4-674-680>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Extended Depth of Focus (EDOF) and Trifocal Lenses: Advantages and Disadvantages. What Determines the Choice of Optical Correction? Review

A.Zh. Fursova^{1,2}, A.A. Atamanenko³

¹ Novosibirsk State Regional Clinical Hospital
Nemirovich-Danchenko str., 130, Novosibirsk, 630087, Russian Federation

² Novosibirsk State Medical University
Krasny ave., 52, Novosibirsk, 630091, Russian Federation

³ Intervzglyad
10 let Oktyabrya str., 100, Omsk, 644001, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2024;21(4):674–680

The purpose: to compare the results of studies on intraocular lenses (IOLs) with extended depth of focus (EDOF) and trifocal intraocular lenses (THIOLs). **Methods.** The comparative analysis was conducted based on data from meta-analyses, systematic reviews, and randomized clinical trials. The electronic databases used were PubMed and Elibrary. The most commonly analyzed characteristics were postoperative refraction, visual acuity, optical aberrations, contrast sensitivity, visual quality, and dependence on glasses. **Results.** THIOL has significant advantages over EDOF in terms of postoperative refraction and visual acuity. This is demonstrated by a significantly lower postoperative residual spherical correction and spherical equivalent. There was no significant difference in postoperative astigmatism between the two groups. The analysis of visual acuity and eyeglass independence shows the advantages of EDOF for medium distances and THIOL for close distances. Some researchers prefer a combination of these two IOL types to achieve maximum results. Published data on optical phenomena indicate a higher number of dysphotopsias in the THIOL group. However, research results are highly contradictory due to their heterogeneity. A significant decrease in contrast sensitivity was observed in all groups for both photopic and mesopic conditions. Nevertheless, EDOF showed an advantage at lower spatial frequencies. In terms of satisfaction with the results obtained after surgery, there were no significant differences between the two groups of intraocular lenses (IOLs), as all patients reported a high level of satisfaction. **Conclusion.** Binocular implantation of a THIOL can provide greater independence from glasses and good vision at medium and short distances. However, patients should be aware of a possible decrease in contrast sensitivity and visual quality, especially at night, which may be accompanied by discomfort while driving. If more activity is required at intermediate distances in daily life, the choice of an EDOF IOL is crucial, and the patient may not require additional eyeglasses for close-range work if necessary. In clinical practice, knowing the characteristics of an IOL helps meet patient expectations and achieve high levels of satisfaction.

Keywords: phacoemulsification of cataracts, presbyopia, multifocal IOLs, extended depth of focus IOLs (EDOF), trifocal IOLs

For citation: Fursova A.Zh., Atamanenko A.A. Extended Depth of Focus (EDOF) and Trifocal Lenses: Advantages and Disadvantages. What Determines the Choice of Optical Correction? Review. *Ophthalmology in Russia*. 2024;21(4):674–680. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2024-4-674-680>

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

There is no conflict of interests.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие технологий катарактальной хирургии сопровождается значительным расширением выбора интраокулярных линз (ИОЛ), возрастающим уровнем требований пациентов к качеству зрения и минимизацией побочных эффектов. Наиболее часто используемые монофокальные ИОЛ, обеспечивающие коррекцию одного фокуса, требуют очковой коррекции для ближнего и/или среднего расстояния. Все более возрастают предпочтения в достижении независимости от очков на средних и близких расстояниях, несмотря на различия в ожиданиях пациентов и влияние потенциальных социально-экономических факторов. Появление моделей мультифокальных ИОЛ, позволяющих добиться независимости от очков, открыло новую сторону жалоб пациентов на изменения качества

зрения из-за световых явлений, аберраций более высокого порядка, снижение контрастной чувствительности (КЧ) и остроты зрения между отдельными фокусными точками по мере их распределения. «Несчастный пациент с мультифокальными линзами» — хорошо известная и часто очень сложная проблема для большинства хирургов, занимающихся хирургией катаракты. Появление трифокальных ИОЛ (ТИОЛ) стало ответом на высокую потребность в оптимальном зрении на промежуточном расстоянии и улучшенной контрастной чувствительности. Основная задача трифокальных ИОЛ — распределить свет по трем точкам фокуса, сохраняя зрение вблизи, на среднем расстоянии и вдаль, оптимизируя остроту зрения независимо от расстояния. Преимущества трифокальных ИОЛ показаны рядом рандомизированных клинических исследований и реальной клинической

A.Zh. Fursova, A.A. Atamanenko

Contact information: Fursova Angela Z. anzhellafursova@yandex.ru

Extended Depth of Focus (EDOF) and Trifocal Lenses: Advantages and Disadvantages...

практикой. На российском рынке представлено множество вариантов трифокальных линз, таких как FineVision (Physiol), Acrysof IQ Panoptix (Alcon), Versario 3F (Bausch & Lomb), TECNIS Synergy (Johnson & Johnson) и AT LISA TRI (Carl Zeiss).

ИОЛ с расширенной глубиной резкости (EDOF) — еще одно новое поколение ИОЛ премиум-класса, дающее многообещающие результаты. Они функционируют главным образом за счет разделения света на удлиненную и непрерывную зону фокуса, улучшая качество зрения на различных расстояниях. Благодаря технологии EDOF имеют тенденцию оптимизировать промежуточную остроту зрения, не оказывая негативного влияния на количественные и качественные характеристики, с минимизацией оптических феноменов и изменений КЧ по сравнению с традиционными мультифокальными линзами. В настоящее время в РФ зарегистрированы и широко используются TECNIS Symphony (Johnson&Johnson), TECNIS Eyhance (Johnson&Johnson), Mini WELL (Sifi Medtech), Wichterle IOL-Continuous Focus (Medicem) и Acrysof IQ Vivity (Alcon).

МЕТОДЫ

Целью нашего обзора является объединение и анализ имеющихся данных проспективных исследований для получения целостной картины и определения преимуществ и недостатков трифокальных ИОЛ и ИОЛ EDOF по основным наиболее значимым характеристикам для оптимизации удовлетворенности пациентов при выборе варианта оптической коррекции.

Сравнительный анализ проведен на основе данных метаанализов, систематических обзоров, результатов рандомизированных клинических и ретроспективных исследований, опубликованных в периодических научных офтальмологических изданиях, электронных базах данных «PubMed» «Elibrary», при этом ключевыми словами поиска являлись «ИОЛ с расширенной глубиной фокуса», «Трифокальные ИОЛ», «Дифракционные ИОЛ», «Мультифокальные ИОЛ».

В связи с широким диапазоном ИОЛ анализ характеристик выполнялся по ряду исследований, рассматривающих конкретные наиболее часто применяемые в РФ модели EDOF и ТИОЛ.

Наиболее часто важными анализируемыми характеристиками в опубликованных исследованиях являлись: послеоперационная рефракция, острота зрения, оптические aberrации, контрастная чувствительность, качество зрения, зависимость от очков, оптические феномены.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Послеоперационная рефракция

Анализ многочисленных публикаций, проведенный в метаобзоре М. Karam и соавт., проанализировавшем результаты 22 исследований (2200 глаз, 1206 пациентов), показывает, что ТИОЛ имеют значимые преимущества по сравнению с EDOF с точки зрения послеоперацион-

ной рефракции и остроты зрения. Трифокальные ИОЛ продемонстрировали значительно меньшее значение послеоперационной остаточной сферической коррекции и сферического эквивалента ($p = 0,0001$) по сравнению с EDOF. Однако статистически значимой разницы в послеоперационном роговичном астигматизме между двумя группами отмечено не было [1]. Точное определение и попадание в рефракцию цели является ключом к успешной имплантации любого типа ИОЛ. При сравнении сферического эквивалента в 12 исследованиях метаанализа Y. Zhong и соавт. результаты не выявили существенной разницы между группами ТИОЛ и EDOF ($p = 0,121$). Исследования характеризовались высокой неоднородностью ($I^2 = 92,9 \%$, $p = 0,005$). Тем не менее сферические эквивалентные результаты представили значительно лучшие показатели в группе трифокальных линз по сравнению с EDOF ($p = 0,011$), что указывает на некоторую противоречивость исследований разных авторов [2]. По результатам анализа М. Karam и соавт. [1] отклонение от рефракции цели по сферическому эквиваленту более выражено при имплантации ИОЛ EDOF, но его наличие не оказало негативного влияния на остроту зрения или удовлетворенность пациента. Согласно В. Cochener и соавт., конструкция EDOF демонстрирует большую устойчивость к аномалиям рефракции по сравнению с дифракционными и мультифокальными ИОЛ [3], при этом рядом исследований показана стабильность рефракционного результата через 3 месяца после операции [4].

Острота зрения и свобода от очковой коррекции

Определение остроты зрения в послеоперационном периоде традиционно оценивается с точки зрения некорригированной остроты зрения (НКОЗ) и максимально корригированной остроты зрения (МКОЗ) на различных расстояниях: вблизи (40 см; НКОЗ6/МКОЗ6), на среднем расстоянии (60–80 см; НКОЗс/МКОЗс) и вдаль (5 м; НКОЗд/МКОЗд). Большинство исследований показано, что послеоперационная НКОЗд/МКОЗд статистически значимо не отличалась, при этом среди исследований выявлен высокий уровень гетерогенности. А. Hamid и соавт. [5] продемонстрировали значительную разницу в пользу EDOF (1,01) по сравнению с группами ТИОЛ, а именно AT LISA TRI (Carl Zeiss) и TECNIS Symphony (Johnson&Johnson) (0,96; $p = 0,048$), FineVision (Physiol) и TECNIS Symphony (Johnson&Johnson) (0,95; $p = 0,006$). С другой стороны, В. Singh и соавт. [6] не обнаружили существенной разницы в НКОЗд/МКОЗд между ИОЛ EDOF ($0,87 \pm 0,13$) и трифокальной ИОЛ ($0,83 \pm 0,12$; $p = 0,65$). Аналогично, между этими группами не наблюдалось различий в бинокулярной МКОЗ ($0,97 \pm 0,12$ против $0,96 \pm 0,06$ соответственно; $p = 0,81$), и ее значения превосходили монокулярную остроту зрения.

В проспективном исследовании К.Б. Першина и соавт. представлен сравнительный анализ собственного опыта билатеральной имплантации EDOF ИОЛ TECNIS

Symfony (Johnson&Johnson), (18 пациентов, 36 глаз; 1-я группа) или трифокальной ИОЛ Acrysof IQ Panoptix (Alcon) (54 пациента, 108 глаз; 2-я группа). Авторами во всех группах отмечено статистически значимое ($p < 0,05$) увеличение НКОЗ, НКОЗс и НКОЗд при максимальном периоде наблюдения по сравнению с дооперационными показателями. Вторая группа характеризовалась несколько лучшей динамикой НКОЗ ($0,85 \pm 0,13$ по сравнению с $0,2 \pm 0,04$ до операции против $0,780,11$ по сравнению с $0,19 \pm 0,06$), однако различия не были статистически значимыми ($p > 0,05$). Статистически значимые различия получены при сравнении МКОЗ в 1-й и 2-й группах ($0,79 \pm 0,05$ и $0,98 \pm 0,08$) в период наблюдения 6 мес. по сравнению с дооперационным периодом ($0,62 \pm 0,09$ и $0,6 \pm 0,1$), $p = 0,046$ [7].

Y. Zhong и соавт. [2] в метаанализе 13 исследований билаateralной имплантации ТИОЛ (898 глаз) или EDOF (624 глаза) сделали выводы об отсутствии значимой разницы в НКОЗ и МКОЗ, преимуществах мультифокальной EDOF на среднем и трифокальных ИОЛ на близком расстоянии. В ходе недавних разработок ИОЛ, корректирующих пресбиопию, основным предметом интереса стала ИОЛ EDOF, которая создает удлиненную фокусную точку для увеличения глубины резкости. TECNIS Symfony (Johnson&Johnson) по своей конструкции представляет собой гибридную мультифокальную ИОЛ с EDOF и ахроматическими дифракционными эшелетными элементами, которая, благодаря именно мультифокальности, вместо удлинения точки фокуса достигает таких эффектов. Совокупные результаты НКОЗ во всех включенных в обзор исследованиях не выявили существенных различий, подтверждая, что усовершенствованная конструкция обеих ИОЛ не нанесла вреда дистанционному фокусу.

Сравниваемая эффективность зрения вдаль в обеих группах также была подтверждена результатами кривых дефокусировки. При этом НКОЗ на промежуточном расстоянии придает повышенное значение, поскольку большинство повседневных действий, таких как вождение автомобиля, работа и управление электронными устройствами, выполняются на этом расстоянии. В одном из метаанализов [2] гибридная мультифокальная ИОЛ с EDOF показала лучшую ОЗ на среднем расстоянии по сравнению с трифокальными ИОЛ. Этот вывод был подтвержден кривыми дефокусировки, которые продемонстрировали, что EDOF работает лучше на уровне от $-1,5$ D до -1 D. Необходимо отметить, что для различных типов ТИОЛ оптимальное среднее расстояние может быть источником расхождений, так как для ИОЛ FineVision (Physiol) точка фокуса находилась на расстоянии 80 см, а для двух других трифокальных ИОЛ на расстоянии 60 см. Ближнее расстояние, являясь максимально удобным для чтения, также имеет значимую важность для пациентов при коррекции пресбиопии.

Благодаря своей дифракционной эшелеттной конструкции гибридная мультифокальная EDOF обеспечивает наилучшее зрение на дальних и средних расстояниях с ограничением ближнего зрения. Согласно большому количеству исследований и данным кривых дефокусировки показаны неоспоримые преимущества ТИОЛ по сравнению с EDOF. D.R.N. Breyer и соавт. [7] отметили, что при применении EDOF ИОЛ пациенты не используют очковую коррекцию для дальнего и среднего расстояния, однако для большинства пациентов зрение вблизи расценивается как недостаточное. В метаанализе M. Karam и соавт. в 7 исследованиях с общим количеством 405 пациентов показана статистически значимая разница в пользу группы ТИОЛ ($p = 0,02$) [1]. В исследовании D.B. Tran и соавт. [8, 9] при сравнении результатов билаateralной имплантации трифокальной Acrysof IQ Panoptix (Alcon) и EDOF ИОЛ TECNIS Symfony (Johnson&Johnson) только 1 пациент в каждой группе сообщил, что ему необходимы очки для зрения вдаль или на среднем расстоянии, но 48 % ИОЛ с EDOF против 12 % с ТИОЛ сообщили о необходимости носить очки для работы вблизи ($p = 0,006$). Аналогично M. Farvardin и соавт. показали независимость от очков при зрении вблизи в трифокальной группе в 90 % против 28,5 % в группе EDOF ($p = 0,02$), сопоставимость по зрению на среднем расстоянии составила 97,5 и 62,5 % и вдаль 94 и 75 %, соответственно ($p > 0,05$). При этом в клиническом отчете S.C. Schallhorn и соавт. констатировано, что ИОЛ EDOF обеспечивают в 83,6 % независимость от очков при зрении вблизи и 95,4 % — при зрении вдаль [10]. В рейтинге независимости от очков первое место на всех трех дистанциях заняла ИОЛ AT LISA TRI (Carl Zeiss), 2-е — ИОЛ Acrysof IQ Panoptix (Alcon) и 3-е — группа EDOF IOL. Но R. Mencucci и соавт. показали, что 33 % пациентов с трифокальной ИОЛ и 40 % пациентов с ИОЛ EDOF нуждаются в очках для чтения для некоторых видов деятельности [11].

Несмотря на разнообразие и прогресс в эволюции моделей ИОЛ, отсутствие универсальной модели для достижения максимального визуального результата стало источником клинического поиска комбинации моделей ИОЛ. Так, J.W. Kim и соавт. сравнили визуальные результаты имплантации ИОЛ с увеличенной глубиной фокуса и трифокальных ИОЛ при комбинации у одного пациента. В исследование были включены 212 глаз 106 пациентов с FineVision Triumf (Physiol) и FineVision HP (Physiol) и 212 глаз 106 пациентов с ИОЛ Zeiss AT LARA TRI (Carl Zeiss) и AT LISA TRI (Carl Zeiss). Комбинированная имплантация EDOF и ТИОЛ обеспечила хорошие результаты зрения на дальних, средних и близких расстояниях. Комбинация ИОЛ FineVision Triumf (Physiol) и FineVision HP (Physiol) показала лучшие результаты зрения вблизи, а имплантация ИОЛ AT LARA TRI (Carl Zeiss) и AT LISA TRI (Carl Zeiss) — зрения на промежуточном расстоянии.

Оптические феномены, аберрации

Ореолы и блики — две самые частые проблемы, с которыми сталкиваются пациенты в послеоперационном периоде. До 90 % пациентов сообщили о появлении ореола или бликов после имплантации трифокальной ИОЛ, хотя в большинстве случаев это не вызывало значительного беспокойства [12]. В большинстве исследований наличие ореолов и бликов оценивалось субъективно без числовой или последовательной системы оценок. По этой причине сообщаемые результаты и выводы авторов в какой-то степени противоречивы или не отражены должным образом с помощью адекватной методологии. R. Ruiz-Mesa и соавт., применяя программное обеспечение Halo v1.0 software (10), показали сопоставимые значения индексов нарушений и распознавания дисфотоптических феноменов для ИОЛ Acrysof IQ Panoptix (Alcon) и TECNIS Symfony (Johnson&Johnson).

В метаанализе Y. Zhong и соавт. по данным 7 исследований трифокальные ИОЛ на 32 % чаще вызывают эффект ореола. Кроме того, хотя в 3 исследованиях отмечена меньшая частота бликов после имплантации ИОЛ EDOF, результаты не выявили статистически значимой разницы. Была обнаружена умеренная неоднородность эффектов ореола и бликов ($P = 30,3$ %, $p = 0,220$, and $P = 45,2$ %, $p = 0,140$ соответственно) [2]. Хотя D.B. Tran и соавт. [9] обнаружили статистически значимо более высокую частоту и интенсивность эффектов «вспышек» у субъектов с EDOF, в большинстве исследований [11, 13–15] сообщается о более низком уровне и небольшом количестве жалоб в этой группе, большинство из которых были легкими и не беспокоили пациентов даже в раннем послеоперационном периоде. В исследовании J.A. Novanesian и соавт. [16] показано, что пациенты в группе Acrysof IQ Vivity (Alcon) значимо реже замечали блики и ореолы при тусклом свете (85 % «нет» или «немного») по сравнению с пациентами после имплантации Acrysof IQ Panoptix (Alcon) (69 %, $p < 0,03$), мини-моновидением 2,5 (75 %, $p < 0,05$) или 2,5/3,0 (71 %, $p < 0,05$). К.Б. Першин и соавт. при сравнении EDOF (1-я группа) и ТИОЛ (2-я группа) получили следующие результаты: эффекты бликов постоянно или периодически отмечали 2 (11,1 %) и 13 (24,1 %) пациентов, наличие ореолов — 1 (5,5 %) и 9 (18,5 %), трудности при вождении автомобиля в темное время суток — 1 (5,5 %) и 8 (14,8 %) соответственно [7].

Опубликованные данные анализа внутриглазных аберраций являются весьма противоречивыми, поскольку в каждом исследовании изучались различные диаметры зрачков (ДЗ) и типы аберраций. В. Cochrane и соавт. проанализировали уровень средних сферических аберраций двух трифокальных ИОЛ (Acrysof IQ Panoptix (Alcon) или FineVision (Physiol)) или ИОЛ EDOF TECNIS Symfony (Johnson&Johnson) [3]. Для каждой из изучаемых ИОЛ ни одно из средних значений не превышало 0,30 мкм при ДЗ 4 мм. Для всех ИОЛ кома, наклон и сфе-

рические аберрации составляли менее 0,16 мкм; средние значения аберраций высокого порядка были самыми высокими в группе TECNIS Symfony (Johnson&Johnson) ($0,28 \pm 0,51$; диапазон: от 0,04 до 2,73), но статистически значимой разницы между группами не было ($p > 0,05$). G. Мопасо и соавт. сообщили [17], что первичная сферическая аберрация была значительно ниже при использовании трифокальной ИОЛ по сравнению с ИОЛ EDOF при ДЗ 3 мм. EDOF также имели значительно более высокое среднеквадратичное значение (СКЗ) аберраций более высокого порядка и первичных сферических аберраций для диаметра зрачка 5 мм по сравнению с трифокальными ИОЛ. Данные результаты показывают значительную гетерогенность исследований, возможно, связанную с различными технологическими решениями разных типов ИОЛ.

Контрастная чувствительность

В исследовании J. Li [18] проведен анализ результатов контрастной чувствительности (КЧ) как в фотопических, так и в мезопических условиях на пространственных частотах 3, 6, 12 и 18 циклов на градус (ц/г). Значительное снижение наблюдалось во всех группах ИОЛ по сравнению с монофокальными и усиленными монофокальными ИОЛ как в фотопических, так и в мезопических условиях, причем наиболее заметные эффекты отмечены у бифокальных ИОЛ и ИОЛ AT LISA TRI (Carl Zeiss). КЧ ИОЛ EDOF и FineVision (Physiol) увеличивалась с частотой, а ИОЛ EDOF имели лучшие показатели КЧ только на более низких пространственных частотах без существенной разницы на более высоких [18]. Клиническое регистрационное исследование ИОЛ EDOF показало [19], что средние показатели контрастности были снижены по сравнению с контрольной группой монофокальных ИОЛ как в мезопических, так и скотопических условиях и при любой пространственной частоте.

D. Pilger и соавт. сообщили, что EDOF работали хуже, чем монофокальные ИОЛ в скотопических условиях [20], при этом E. Pedrotti и соавт. сообщили [21] об отсутствии значимой разницы в КЧ независимо от условий. Среди девяти исследований, в которых оценивалась КЧ на всех пространственных частотах (0,5; 1; 2; 4; 8; 16 ц/г) и по суммарному показателю семь из них сообщили о сопоставимых результатах в двух группах [3, 6, 15, 17, 22–24].

R. Mencucci и соавт. [11] констатировали, что ИОЛ EDOF обеспечивает значительно более высокие значения КЧ, чем мультифокальные ИОЛ в фотопических и скотопических условиях. Эти данные подтверждены S. Escandon-Garcia и соавт., изучивших КЧ на частоте 1,5 ц/г в скотопических условиях. Авторы также показали, что значения контрастной чувствительности увеличивались по мере возрастания частоты, а преимущество EDOF зарегистрировано только на более низких пространственных частотах. Это согласуется с результатами

исследования М.А. Gil и Р. Karupiah и соавт., подтвердившими высокие показатели КЧ при использовании EDOF ИОЛ [25].

Качество зрения и удовлетворенность пациентов

Реальный успех после имплантации ТИОЛ или EDOF можно оценить по ее влиянию на удовлетворенность пациентов после оперативного лечения. Качество зрения и удовлетворенность обычно оцениваются с помощью различных видов валидированных опросников, позволяющих определить количество проблем, с которыми пациенты сталкиваются при повседневной деятельности, связанной со зрением (чтение, вождение автомобиля и т.д.), оцениваемых возрастающим количеством баллов по мере выраженности побочных эффектов. Наиболее часто используемым является опросник качества жизни Национального института глаз VF-14 [26] и QoV [27], в котором пациентам дополнительно предлагается оценить 10 признаков дисфотопсии, изображенных на стандартных фотографиях [28]. G. Monaco и соавт. показали, что около 20 % пациентов сообщили о наличии двух и более нежелательных симптомов [17]. Большинство исследований показан более высокий средний балл в группе мультифокальных ИОЛ по сравнению с монофокальными ИОЛ, несмотря на удовлетворяющую пациентов остроту зрения, при этом статистически значимой разницы между трифокальными ИОЛ и EDOF ИОЛ не было [25]. Исключением является исследование Escandon-Garcia и соавт. [22], в котором пациенты, которым были имплантированы ИОЛ TECNIS Symfony (Johnson&Johnson), показали более высокие значения во всех категориях (частота, тяжесть и беспокойство) по сравнению с пациентами, которым были имплантированы трифокальные линзы.

Метаанализ 3 исследований [2] с общим количеством 294 пациента показал статистически значимую разницу частоты возникновения нежелательных побочных эффектов при использовании мультифокальных ИОЛ ($p = 0,03$). С другой стороны, рядом других исследований не выявлено разницы по степени тяжести, частоте или степени беспокоящих зрительных нарушений, и обе группы показали сопоставимые результаты [9, 13, 24]. Однако в исследовании L. Asena и соавт. [28], в котором использовался опросник Visual Function Index-14, средний балл качества жизни был значительно выше в группе EDOF, чем в трифокальной группе ($p < 0,01$). В контексте удовлетворенности полученного результата после имплантации между двумя группами ИОЛ не было выявлено достоверных различий, поскольку все пациенты сообщили о высоком уровне удовлетворенности [1].

Авторы большинства исследований обращают внимание на выраженность симптомов преимущественно в первые три месяца после операции, уменьшающихся при последующих визитах, что указывает на динамические процессы нейроадаптации, в ходе которых мозг адаптируется к различным изображениям, получаемым с помощью мультифокальной оптики. При этом выявля-

ны особенности выраженности субъективных и объективных жалоб в зависимости от психотипов пациентов и их эмоционального настроя. С другой стороны, исследование М. Torky и соавт. [29] при сравнении ИОЛ Acrysof IQ Panoptix (Alcon), AT LISA TRI (Carl Zeiss) и TECNIS Symfony (Johnson&Johnson) показало, что частота и степень беспокоящих световых явлений были относительно выше в группе EDOF, чем в двух других группах. Авторы сообщили, что причиной таких результатов могут быть разные конструкции ИОЛ, основанные на меньшем количестве и большей ширине концентрических дифракционных колец, однако отмечают необходимость проведения дополнительных исследований с использованием aberрометрии для точного объективного сравнения визуальных результатов ИОЛ и более длительных периодов наблюдения, поскольку процесс нейроадаптации может влиять на восприятие зрительных явлений.

В исследовании К.Б. Першина и соавт. [7] 72 пациента (144 глаза) после билатеральной имплантации EDOF ИОЛ TECNIS Symfony (Johnson&Johnson) (18 пациентов, 36 глаз; 1-я группа) или трифокальной ИОЛ Acrysof IQ Panoptix (Alcon) (54 пациента, 108 глаз; 2-я группа) была оценена общая удовлетворенность, при этом 17 (94,4 %) пациентов 1-й группы оценили результат операции как «отличный», а 1 (5,6 %) — как «хороший». Все 18 пациентов порекомендовали бы имплантацию EDOF ИОЛ своим родственникам и знакомым. Во 2-й группе 50 (92,6 %) пациентов оценили результат хирургического вмешательства как «отличный» и 4 (7,4 %) — как «хороший». Порекomenдовали бы имплантацию данной мультифокальной ИОЛ своим знакомым и родственникам 52 (96,3 %) пациента 2-й группы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, накопленный клинический опыт, опубликованные результаты метаанализов значительного количества исследований показывают, что бинокулярная имплантация ТИОЛ может обеспечить более высокую независимость от очков и хорошее зрение на средних и ближних расстояниях, но пациентов необходимо предупреждать о возможном снижении контрастной чувствительности и качества зрения, особенно в ночное время, что сопровождается дискомфортом при вождении. Выбор EDOF является определяющим, если в повседневной жизни требуется больше активности на промежуточных дистанциях и пациент при необходимости не видит проблем в дополнительной очковой коррекции при работе на близком расстоянии.

В действительности в клинической практике знание характеристик ИОЛ помогает оправдать ожидания пациентов и достичь высокой степени удовлетворенности. Однако, помимо особенностей ИОЛ, необходимо учитывать личные качества пациентов, их ожидания, особенности предоперационного периода, условия, социальный статус и психотип. Анализ данных реальной клинической практики и существующих рандомизированных

и клинических исследований направлен на формирование обоснованных рекомендаций по выбору ИОЛ для обеспечения максимальных зрительных преимуществ и полного удовлетворения персонализированных визуальных потребностей пациентов после операции.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Karam M, Alkhowaiter N, Alkhabbaz A, Aldubaikhi A, Alsaif A, Shareef E, Alazaz R, Alotaibi A, Koaik M, Jabbar S. Extended Depth of Focus Versus Trifocal for Intraocular Lens Implantation: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *Am J Ophthalmol*. 2023 Jul;251:52–70. doi: 10.1016/j.ajo.2023.01.024.
- Zhong Y, Wang K, Yu X, Liu X, Yao K. Comparison of trifocal or hybrid multifocal-extended depth of focus intraocular lenses: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2021 Mar 23;11(1):6699. doi: 10.1038/s41598-021-86222-1.
- 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):507–514. doi: 10.3928/1081597X-20180530-02.
- Shen Z, Lin Y, Zhu Y, Liu X, Yan J, Yao K. Clinical comparison of patient outcomes following implantation of trifocal or bifocal intraocular lenses: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2017 Mar 28;7:45337. doi: 10.1038/srep45337.
- Hamid A, Sokwala A. A more natural way of seeing: visual performance of three presbyopia correcting intraocular lenses. *Open J. Ophthalmol*. 2016;06:176–183. doi: 10.4236/ojoph.2016.63025.
- Singh B, Sharma S, Dadia S, Bharti N, Bharti S. Comparative Evaluation of Visual Outcomes After Bilateral Implantation of a Diffractive Trifocal Intraocular Lens and an Extended Depth of Focus Intraocular Lens. *Eye Contact Lens*. 2020 Sep;46(5):314–318. doi: 10.1097/ICL.0000000000000637.
- Першин КБ, Пашинова НФ, Цыганков АЮ, Антонов ЕА, Коновалова ММ. Результаты билатеральной имплантации трифокальной интраокулярной линзы и интраокулярной линзы с расширенной глубиной фокуса. *Вестник офтальмологии*. 2022;138(5):30–38.
- Pershin KB, Pashinova NF, Tsygankov AYU, Antonov EA, Kononova MM. Outcomes of bilateral implantation of trifocal and extended depth of focus IOLs. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2022;138(5):30–38. (In Russ.). doi: 10.17116/oftal-ma202213805130.
- Breyer DRH, Kaymak H, Ax T, Kretz FTA, Auffarth GU, Hagen PR. Multifocal Intraocular Lenses and Extended Depth of Focus Intraocular Lenses. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2017 Jul-Aug;6(4):339–349. doi: 10.22608/APO.2017186.
- Tran DB, Owyang A, Hwang J, Potvin R. Visual acuity, quality of vision, and patient-reported outcomes after bilateral implantation with a trifocal or extended depth of focus intraocular lens. *Clin Ophthalmol*. 2021;15:403–412. doi: 10.2147/OPTH.S295503.
- Schallhorn SC, Teenan D, Venter JA, Hannan SJ, Schallhorn JM. Initial Clinical Outcomes of a New Extended Depth of Focus Intraocular Lens. *J Refract Surg*. 2019 Jul 1;35(7):426–433. doi: 10.3928/1081597X-20190530-01.
- Mencucci R, Favuzza E, Caporossi O, Savastano A, Rizzo S. Comparative analysis of visual outcomes, reading skills, contrast sensitivity, and patient satisfaction with two models of trifocal diffractive intraocular lenses and an extended range of vision intraocular lens. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2018 Oct;256(10):1913–1922. doi: 10.1007/s00417-018-4052-3.
- Sezgin Asena B. Visual and refractive outcomes, spectacle independence, and visual disturbances after cataract or refractive lens exchange surgery: Comparison of 2 trifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*. 2019 Nov;45(11):1539–1546. doi: 10.1016/j.jcrs.2019.06.005.
- de Medeiros AL, de Araujo Rolim AG, Motta AFP, Ventura BV, Vilar C, Chaves MAPD, Carricondo PC, Hida WT. Comparison of visual outcomes after bilateral implantation of a diffractive trifocal intraocular lens and blended implantation of an extended depth of focus intraocular lens with a diffractive bifocal intraocular lens. *Clin Ophthalmol*. 2017;11:1911–1916. doi: 10.2147/OPTH.S145945.
- Farvardin M, Johari M, Attarzade A, Rahat F, Farvardin R, Farvardin Z. Comparison between bilateral implantation of a trifocal intraocular lens (Alcon Acrysof IQ(R) PanOptix) and extended depth of focus lens (Tecnis(R) Symfony(R) ZXR00 lens). *Int Ophthalmol*. 2021;41(2):567–573. doi: 10.1007/s10792-020-01608-w.
- Ruiz-Mesa R, Abengozar-Vela A, Aramburu A, RuizSantos M. Comparison of visual outcomes after bilateral implantation of extended range of vision and trifocal intraocular lenses. *Eur J Ophthalmol*. 2017;27(4):460–465. doi: 10.5301/ejo.5000935.
- Hovanesian JA, Jones M, Allen Q. The Vivity Extended Range of Vision IOL vs the PanOptix Trifocal, ReStor 2.5 Active Focus and ReStor 3.0 Multifocal Lenses: A Comparison of Patient Satisfaction, Visual Disturbances, and Spectacle Independence. *Clin Ophthalmol*. 2022 Jan 18;16:145–152. doi: 10.2147/OPTH.S347382.
- Monaco G, Gari M, Di Censo F, Poscia A, Ruggi G, Scialdone A. Visual performance after bilateral implantation of 2 new presbyopia-correcting intraocular lenses: Trifocal versus extended range of vision. *J Cataract Refract Surg*. 2017 Jun;43(6):737–747. doi: 10.1016/j.jcrs.2017.03.037.
- Li J, Sun B, Zhang Y, Hao Y, Wang Z, Liu C, Jiang S. Comparative efficacy and safety of all kinds of intraocular lenses in presbyopia-correcting cataract surgery: a systematic review and meta-analysis. *BMC Ophthalmol*. 2024 Apr 16;24(1):172. doi: 10.1186/s12886-024-03446-1.
- McCabe C, Berdahl J, Reiser H, Newsom TH, Cibik L, Koch D, Lemp-Hull J, Jasti S. Clinical outcomes in a U.S. registration study of a new EDOF intraocular lens with a nondiffractive design. *J Cataract Refract Surg*. 2022 Nov 1;48(11):1297–1304. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000978.
- Pilger D, Homburg D, Brockmann T, Torun N, Bertelmann E, von Sonnleithner C. Clinical outcome and higher order aberrations after bilateral implantation of an extended depth of focus intraocular lens. *Eur J Ophthalmol*. 2018 Jul;28(4):425–432. doi: 10.1177/1120672118766809.
- Pedrotti E, Bruni E, Bonacci E, Badalamenti R, Mastropasqua R, Marchini G. Comparative Analysis of the Clinical Outcomes With a Monofocal and an Extended Range of Vision Intraocular Lens. *J Refract Surg*. 2016 Jul 1;32(7):436–442. doi: 10.3928/1081597X-20160428-06.
- Escandón-García S, Ribeiro FJ, McAlinden C, Queirós A, González-Méjome JM. Through-Focus Vision Performance and Light Disturbances of 3 New Intraocular Lenses for Presbyopia Correction. *J Ophthalmol*. 2018 Jan 31;2018:6165493. doi: 10.1155/2018/6165493.
- Ruiz-Mesa R, Abengozar-Vela A, Ruiz-Santos M. A comparative study of the visual outcomes between a new trifocal and an extended depth of focus intraocular lens. *Eur J Ophthalmol*. 2018 Mar;28(2):182–187. doi: 10.5301/ejo.5001029.
- Webers VSC, Bauer NJC, Saelens IEY, Creten OJM, Berendschot TJJM, van den Biggelaar FJHM, Nuijts RMM. Comparison of the intermediate distance of a trifocal IOL with an extended depth-of-focus IOL: results of a prospective randomized trial. *J Cataract Refract Surg*. 2020 Feb;46(2):193–203. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000012. PMID: 32126031.
- Karuppiapp P, Varman NVA, Varman A, Balakumar D. Comparison of clinical outcomes of trifocal intraocular lens (AT LISA, Eyecryl SERT trifocal) versus extended depth of focus intraocular lens (Eyhance, Eyecryl SERT EDOF). *Indian J Ophthalmol*. 2022 Aug;70(8):2867–2871. doi: 10.4103/ijo.IJO_2921_21. Erratum in: *Indian J Ophthalmol*. 2022 Dec;70(12):4472. doi: 10.4103/0301-4738.362035.
- Steinberg EP, Tielsch JM, Schein OD, Javitt JC, Sharkey P, Cassard SD, Legro MW, Diener-West M, Bass EB, Damiano AM, et al. The VF-14. An index of functional impairment in patients with cataract. *Arch Ophthalmol*. 1994 May;112(5):630–638. doi: 10.1001/archoph.1994.01090170074026.
- McAlinden C, Pesudovs K, Moore JE. The development of an instrument to measure quality of vision: the Quality of Vision (QoV) questionnaire. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010 Nov;51(11):5537–5545. doi: 10.1167/iov.10-5341.
- Alonso J, Espallargues M, Andersen TF, Cassard SD, Dunn E, Bernth-Petersen P, Norregaard JC, Black C, Steinberg EP, Anderson GF. International applicability of the VF-14. An index of visual function in patients with cataracts. *Ophthalmology*. 1997 May;104(5):799–807. doi: 10.1016/s0161-6420(97)30230-9.
- Torky MA, Nokrashy AE, Metwally H, Abdelhameed AG. Visual performance following implantation of presbyopia correcting intraocular lenses. *Eye (Lond)*. 2022 Aug 8. doi: 10.1038/s41433-022-02188-y. Epub ahead of print. PMID: 35941184.
- Tavassoli S, Ziaei H, Yadegarfar ME, Gokul A, Kernohan A, Evans JR, Ziaei M. Trifocal versus extended depth of focus (EDOF) intraocular lenses after cataract extraction. *Cochrane Database Syst Rev*. 2024 Jul 10;7(7):CD014891. doi: 10.1002/14651858.CD014891.pub2.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Фурсова Анжелла Жановна
доктор медицинских наук, профессор, заведующая офтальмологическим отделением; заведующая кафедрой офтальмологии
ул. Невмировича-Данченко, 130, Новосибирск, 630087, Российская Федерация
Красный проспект, 52, Новосибирск, 630091, Российская Федерация

ООО «МЦ «ИнтерВзгляд»
Атаманенко Андрей Андреевич
врач-офтальмолог
644001, г. Омск, ул. 10 лет Октября, 100, Омск, 644001, Российская Федерация

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Фурсова А.Ж. — концепция и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретация данных, подготовка статьи и ее критический пересмотр, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования;
Атаманенко А.А. — концепция и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретация данных, подготовка статьи и ее критический пересмотр, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

ABOUT THE AUTHORS

Novosibirsk State Regional Clinical Hospital
Novosibirsk State Medical University
Fursova Anzhella Zh.
MD, Professor, Head of the Ophthalmology Department;
Head of the Department of Ophthalmology
Nemirovich-Danchenko str., 130, Novosibirsk, 630087, Russian Federation
Krasny ave., 52, Novosibirsk, 630091, Russian Federation

Intervzglyad
Atamanenko Andrey A.
ophthalmologist
10 let Oktyabrya str., 100, Omsk, 644001, Russian Federation

А.Ж. Фурсова, А.А. Атаманенко

Контактная информация: Фурсова Анжелла Жановна, anzhellafursova@yandex.ru

Интраокулярные линзы с углубленным фокусом (EDOF) и трифокальные линзы...