

УДК 617.7-007.681

Егоров А.Е., Глазко Н.Г.

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ КАТАРАКТЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

ФГАОУ ВО РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России, ГБУЗ ГВВ №2 ДЗМ, 109472, Москва, Волгоградский проспект, 168, Россия

Ключевые слова: *псевдоэкзофолитивный синдром, хирургия осложненной катаракты, факоэмульсификация, сферические/асферические аберрации, коэффициент асферичности, мультифокальная ИОЛ*

Egorov A.E., Glazko N.G.

EXPERIENCE OF MODIFIED LASERCYCLOCOAGULATION

SUMMARY

Cataract surgery is one of the most dynamically developing area in ophthalmology, and the method of ultrasonic phacoemulsification is recognized as the golden standard. Cataract surgery often is complicated by several negative factors: zonular instability, high density of lens nucleus, insufficiency of the endothelial layer of cornea, a narrow rigid pupil, and iris defects. The successful outcome of the operation depends not only on technique, but also on the correctly selected intraocular lens (IOL). The IOL model range has undergone many changes. At first? There were spherical lenses, then surgeons prefer to choose aspherical ones, which significantly increase functional results after surgical treatment, providing higher visual functions mostly in low light conditions. Multifocal IOLs have opened new opportunities for patients, such as the complete refuse of eyeglass after cataract phacoemulsification. The latest developments include the appearance of lenses with the ability to increase the depth of focus by using the dynamics of the pupil. The continuing development and new lenses creation use the latest achievements in the optical system of the eye researches, as well as support the improvement of cataract surgery techniques.

Key words: *pseudoexfoliation syndrome, complicated cataract surgery, phacoemulsification, spherical / aspherical aberrations, asphericity coefficient, multifocal IOL*

Yeğorov A.Y., Qlazko N.Q.

KATARAKTANIN MÜASİR CƏRRAHİ MÜALİCƏSİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ (ƏDƏBİYYAT İCMALI)

XÜLASƏ

Kataraktın cərrahiyyəsi əsasən oftalmologiyada ən dinamik inkişaf edən istiqamətlərdən biri hesab olunur və bu sahədə standart kimi ultrasəs fakoemulsifikasiya metodu öz yerini tapmışdır. Cərrahi müdaxilə hər vaxt müsbət nəticə vermir və tez-tez bir sıra əlverişsiz amillərlə fəsadlaşır: sin bağlarının zəifliyi, nüvənin yüksək sıxlığı, kornea hüceyrələrinin endotel qatının çatışmazlığı, dar srigid bəbək, qüzehli qışa qüsurları. Əməliyyatın uğurlu nəticəsi yalnız ideal texnikadan deyil, həm də intraokulyar linzanın (İOL) düzgün seçilməsindən asılıdır. İOL-un model xətti bir çox dəyişikliklərə məruz qalmışdır, cərrahlar sferik linzalardan asferik linzalara keçmişlər ki, bunlar da cərrahi müalicədən sonra funksional nəticələri əhəmiyyətli dərəcədə artırır və ilk növbədə aşağı işıq şəraitində daha yüksək vizual funksiyaları təmin edir. Multifokal İOL əməliyyatdan sonrakı dövrdə eynək korreksiyasından tamamilə imtina edərək pasiyentlər üçün yeni imkanlar açmışdır. Bəbək dinamikasının istifadəsi hesabına fokusun dərinliyinin artırılması imkanları ilə linzaların yaranmasını yeni işləmələrə ayırd etmək olar. Yeni linzaların işlənilib hazırlanması və yaradılması gözün optik sisteminin xüsusiyyətlərini öyrənməkdə ən son nailiyyətlərdən istifadə edir, həmçinin cərrahi müdaxilə texnikasını inkişaf etdirməyə kömək edir.

Açar sözlər: *psevdoeksfoliativ sindrom, fəsadlaşmış kataraktın cərrahiyyəsi, fakoemulsifikasiya, sferik / asferik aberrasiyalar, asferiklik əmsali, multifokal İOL*

Хирургии катаракты на сегодняшний день заслуженно отводится место одного из самых активно развивающихся направлений в офтальмологии. Ведущим способом коррекции нарушений рефракции является экстракция катаракты, при этом большая часть выполняется методом факоэмульсификации (ФЭК). В рамках программы глобального плана всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по сокращению масштабов возможной предупреждаемой слепоты и нарушений зрения постоянно обсуждается вопрос доступности своевременной офтальмологической помощи [1].

Метод ультразвуковой факоэмульсификации по праву считается стандартом современной хирургии катаракты благодаря возможности использования постоянных технологических усовершенствований, подбора индивидуальных параметров ультразвука, вакуума, гидродинамики, а также внедрения в клиническую практику фемтоассистированной ФЭК [2], что повышает ее эффективность, безопасность использования в нестандартных случаях, особенно при сочетанной патологии.

Течение операции часто может быть осложнено рядом неблагоприятных факторов, таких как слабость цинновых связок, высокая плотность ядра, недостаточность эндотелиального слоя клеток роговицы, узкий ригидный зрачок.

Слабость или наличие скрытого дефекта связочного аппарата в ряде случаев обнаруживаются интраоперационно, часто у пациентов с перенесенными травмами головы и глаз, хирургическими вмешательствами в анамнезе или сопутствующей офтальмологической патологией, такой как псевдоэксфолиативный синдром, миопия высокой степени, синдром Марфана, врожденные заболевания соединительной ткани [3].

Псевдоэксфолиативный синдром (ПЭС) является возрастным дистрофическим процессом, в результате которого образуется амилоидоподобное фибриллярное вещество, приводящее к нарушению функций структур глаза из-за формирования отложений по зрачковому краю, на поверхности хрусталика глаза, цинновых связках, поверхности радужки, эндотелии роговицы, трабекулярном аппарате, передней гиалоидной мембране, и, в редких случаях, на поверхности задней капсулы хрусталика. Нельзя недооценивать клиническую значимость ПЭС, он часто является причиной развития глаукомы, а также зонулопатии, дислокации хрусталика или интраокулярной линзы, что может сопровождаться ригидностью радужки и трудно поддающимся медикаментозному расширению зрачком [4,5].

Псевдоэксфолиативный синдром увеличивает вероятность возникновения интра- и послеоперационных осложнений, в том числе и в отдаленном периоде. Это возникает в результате наличия дистрофических изменений структур переднего отрезка, к которым относятся: зонулопатия, факодонез, снижение эластичности и истончение капсулы хрусталика в сочетании

с высокой плотностью ядра, дисфункцией радужки [6]. В результате выполнения хирургического вмешательства в своем полном обычном объеме может возникать ятрогенный зонулолизис, усугубляться нестабильность связочно-капсульного аппарата хрусталика [6,7]. В связи с этим важно при наличии дефекта или слабости цинновых связок начинать выполнение капсулорексиса в зоне, противоположной дефекту, что способствует сохранению его в стабильном состоянии [8].

Программное обеспечение современных факомашин позволяет хирургу подбирать параметры работы под каждый конкретный случай во время проведения операции, что расширяет показания к факоэмульсификации, даже при значительной утрате (до 2/3 окружности) связочного аппарата хрусталика. Изменение настроек при таких случаях включает в себя увеличение параметров ультразвука, предпочтительно на 15-20%, использование торсионного ультразвукового режима, снижение скорости потока и сохранение значений динамического подъема на одном уровне (равном 0) [7].

При наличии дефекта или несостоятельности цинновых связок необходима минимизация зонулярного стресса на всех этапах, особенно при удалении ядра хрусталика. Разлом ядра и его фрагментация проводятся в зоне зрачка под визуальным контролем, при этом к минимуму сводится этап ротации ядра хрусталика, а во время раскола ядра хрусталика мобилизуется и захватывается большой фрагмент центральной его части [9,10]. Факофрагментация выполняется над задней капсулой, при этом ядро необходимо удерживать наконечником факоэмульсификатора в подвешенном состоянии, а последующее удаление выделенного фрагмента проводить в пространстве капсульного мешка без вращения и резких манипуляций. Подвижность фрагментов увеличивается сразу после удаления первого фрагмента ядра, за счет того, что мгновенно меняется вся архитектура. В свободном пространстве капсульного мешка сегменты легко перемещаются чопером в зрачковую зону без компрессионного воздействия на связочно-капсульный аппарат для их дальнейшей факоэмульсификации [11].

Снижения рисков послеоперационных осложнений и повышению функциональных результатов позволяет добиваться и внедрение фемтосекундного лазера в качестве одного из этапов вмешательства при проведении факоэмульсификации катаракты [12,13]. Лазер позволяет стандартизировать выполнение кругового капсулорексиса и фрагментацию ядра хрусталика при помощи запрограммированных паттернов, в связи с чем снижается количество используемого ультразвука, а также полностью исключается механическое воздействие, в том числе и на связочный аппарат [14].

Сохранение хрусталиковой сумки важно не только в связи с тем, что в ней располагают и фиксируют искусственный хрусталик, но и потому что при этом сохраняется естественный барьер между передним и задним отрезками глаза. Для обеспечения стабилизации капсулы хрусталика

хирургами используются дополнительные устройства, например, при наличии выраженной зональной несостоятельности кроме капсульного кольца используются иридокапсулярные ретракторы, а в некоторых случаях используется шовная фиксация капсульных колец и интраокулярных линз (ИОЛ) за гаптические элементы [15]. Для осесимметричного распределения нагрузки на связочный аппарат хрусталика и профилактики его дальнейшей дегенерации внутрикапсульное кольцо может имплантироваться как до, так и после удаления ядра хрусталика и кортикальных масс. Капсульные кольца помогают удерживать ИОЛ в расправленном капсульном мешке, а также сохранять имплантированную ИОЛ в случае ее дислокации путем подшивания [16]. Кроме того, весомый вклад вносит правильный подбор интраокулярной линзы. Например, при нестабильности связочного аппарата использование линз с плоскостной гаптикой позволяет дополнительно стабилизировать капсульный мешок за счет наличия четырех точек фиксации.

Однако, при значительной протяженности отрыва цинновых связок или отсутствии капсульного мешка хирургам приходится прибегать к подшиванию ИОЛ несколькими способами. Чаще всего среди других применяются ирис-фиксация и склеральная фиксация. Ирис-фиксация заднекамерной ИОЛ при несостоятельности или отсутствии капсульной поддержки предусматривает имплантацию и подшивание ее за гаптические элементы к радужной оболочке в двух противоположных [16], однако при данном способе возможна деформация зрачка.

Также активно используется метод фиксации линзы в цилиарной борозде путем транссклерального подшивания с погружением узлов под конъюнктиву. При стандартной методике его выполнения формируют корнеосклеральный разрез с отсепаровкой конъюнктивы и формированием треугольных склеральных лоскутов на $\frac{1}{2}$ ее толщины основанием к лимбу. Нити фиксируются на гаптических элементах ИОЛ, проводятся через склеру в зоне цилиарной борозды в ложе склеральных лоскутов [16]. После проведения имплантации и центрации ИОЛ под лоскутами формируются узловые швы, их покрывают склеральными лоскутами и конъюнктивой. К недостаткам данной техники можно отнести большую вероятность развития интра- и постоперационных осложнений, таких как гифема, частичный гемофтальм, выпадение стекловидного тела, транзиторная офтальмогипертензия, послеоперационные иридоциклиты.

Доктор Szurman и соавт. разработали модификацию транссклерального подшивания ИОЛ путем фиксации Z-образным швом полипропиленовой нитью 10-0, при этом узлы не формируются, что снижает вероятность развития послеоперационных осложнений. Шовный материал проводится интрасклерально параллельно зоне лимба, затем нить снова проводят через склеру в противоположном направлении, таким образом формируя зигзагообразный шов с пятью зубцами. После наложения каждого шва резистентность его увеличивается, поэтому после наложения пятого тура нить обрезают без завязывания.

Еще одним фактором, усложняющим проведение факоэмульсификации является узкий зрачок, за счет ухудшения качества визуализации зоны манипуляций, а также вследствие высокой вероятности раздражающего воздействия на передние отделы увеального тракта. Уменьшить риск развития нежелательных последствий возможно путем минимизации ультразвукового воздействия, уменьшения скорости потока и динамического подъема, осторожной ротация ядра, и использования ирис-ретракции только при необходимости. Рекомендуется введение этамзилата внутрикамерно для предупреждения кровотечения из сосудов радужки.

Во время хирургического вмешательства с целью защиты эндотелиальных клеток используется техника «мягкой оболочки» (soft-shell technique) по Steve Arshinoff. Максимально близко к задней поверхности роговицы вводится дисперсивный вискоэластик и сохраняется в этой зоне в течение всей операции, в свою очередь нижележащее камерное пространство заполняется когезивным вискоэластиком для поддержания объема передней камеры и увеличения зоны для манипуляций [17].

Другой способ, предложенный Shaowei Li, Xu Chen, Jun Zhao and Man Xu (2017), так называемый «слоеный пирог», также используется для защиты эндотелия. Авторы предлагают при проведении фемтолазер-ассистированной хирургии катаракты приподнимать лоскут передней капсулы хрусталика после капсулорексиса при помощи вискоэластиков до поверхности эндотелия и оставляя его там до окончания операции, и удалять в самом конце [18].

Кроме представленных выше способов защиты эндотелиальных клеток, необходимо использование приемов, сокращающих время и интенсивность использования ультразвуковой энергии и ирригационных потоков, особенно при высокой плотности ядра.

В этом случае рекомендуется использовать высокие цифры вакуума, пульсирующий режим ультразвука и механическую фрагментацию, разделяя ядро на такое количество фрагментов, которое может быть эмульсифицировано с минимальными затратами энергии. Один из наиболее подходящих приемов – «чоппер навстречу игле», данная техника позволяет фактически «насаживать» фрагмент на иглу [12,19].

Но не только успешно выполненная операция факоэмульсификации катаракты является залогом положительно исхода лечения катаракты, правильный подбор интраокулярной линзы также играет важную роль.

Долгое время несовершенство оптики имплантируемой линзы существенно снижало исход операции экстракции катаракты. Для интраокулярной коррекции применялись линзы, имеющие сферическую поверхность, что создавало условия для снижения качества изображения за счет появления аберраций [20,21,22]. Существенное улучшение функциональных результатов принесла разработка асферичных интраокулярных линз, за счёт того, что они обеспечивают пациентам более

высокие зрительные функции в мезопических и никтопических условиях [23,24]. Однако, это также послужило первопричиной множества новых вопросов: насколько должна быть асферичной ИОЛ, насколько хороша асферичность, как должны быть оптимизированы оптические параметры ИОЛ для достижения максимально высоких клинических результатов.

Наиболее значимыми для оптической системы глаза являются сферические аберрации. Они появляются в случае, если периферическая и центральная части оптической системы линзы проецируют свет в разные точки. В клинической картине это проявляется жалобами пациентов на появление бликов, снижение остроты зрения, выраженное снижение контрастной чувствительности.

Еще одним фактором, увеличивающим вероятность появления аберраций, являются перенесенные рефракционные вмешательства на роговице [25,26]. Благодаря тому, что роговица обладает наибольшей преломляющей способностью в рефракционной системе глаза, она вносит наибольший вклад в формирование изображения на сетчатке. Ряд исследований представляют роговицу как квадратичную поверхность с асферичным покрытием [27,28,29]. При этом коэффициент асферичности (Q) определяется как радиальное изменение от центра к периферии такой поверхности. Как ключевой параметр математической модели роговицы Q описывает форму роговицы и ее оптические свойства, в том числе преломляющую способность, сферическую аберрацию, распределение аберрации и т. д. [30,31].

Учеными в последние годы проводился ряд исследований, в которых изучалось распределение величины Q по поверхности роговицы и влияние на оптические свойства глаза. В норме кривизна роговицы уменьшается от центра к периферии, таким образом, являясь асферической с отрицательным Q (-0.26) и создающей положительные сферические аберрации. Сферические линзы имеют одинаковый радиус кривизны в любой точке на своей поверхности, имея Q , равный нулю. Данная особенность обуславливает возникновение большого количества положительных сферических аберраций роговицы, составляющих приблизительно + 0.26 мкм у пациентов с имплантированной сферической интраокулярной линзой [31,32]. Величина Q роговицы является важным фактором как для разработки ИОЛ, так и для коррекции рефракционных нарушений, в связи с тем, что при формировании пресбиопии увеличивается суммарное количество интраокулярных и роговичных аберраций, а также снижается возможность компенсировать корнеальные аберрации хрусталиком [33,34].

Луи и Бреннан в 1997 году разработали модель глаза, с суммарным Q преломляющих сред равным -0.18, с учетом смещения зрачка относительно оптической оси, кривизны поверхности сетчатки ($Q = 0$), медиально-направленного положения глаза [35]. В данной модели при изменении исходных параметров, например, изменении диаметра зрачка или роговицы, возникает множество сферических аберраций.

Однако, как описание геометрических характеристик роговицы, так и значения асферичности не являются определяющими показателями для характеристики оптических свойств ИОЛ премиум-класса. Все дело в том, что коэффициент асферичности лишь указывает направление конического сечения на определенном расстоянии, именно поэтому он и не может быть использован в качестве единственного при выборе высококачественных ИОЛ. Для такого случая компания Zeiss запатентовала форму поверхности Zeiss Optic Concept (профиль ZOC), которая характеризуется отсутствием постоянного значения асферичности. Интраокулярные линзы с таким профилем отличаются тем, что значение асферичности в них изменяется радиально по площади поверхности, т.е. такая линза напоминает ИОЛ с отрицательными сферическими аберрациями в центральной части и положительными сферическими аберрациями по периферии [36].

Оптическое явление, называемое продольная сферическая аберрация (LSA), возникает в тот момент, когда волновой фронт тангенциально достигает периферии сферической линзы, усиливая эффект конвергенции и создавая дополнительный фокус (положительная LSA) впереди основного фокуса. Измерить LSA возможно вычислив разницу в диоптриях между лучами, попадающими на периферическую часть линзы, и лучами в парацентральной области [37]. LSA относят к физиологическим аберрациям высокого порядка, особую значимость она приобретает при диаметре зрачка более 3 мм, так как благодаря ей возникают ореолы вокруг источников света, блики, снижение контрастной чувствительности. При этом необходимо учитывать, что аберрации высокого порядка обусловлены неидеальностью параметров глаза. В молодом возрасте он естественным образом нейтрализуется отрицательной LSA, генерируемым хрусталиком [38].

Как было описано выше ИОЛ могут быть сферическими, генерирующими дополнительную положительную LSA [39], и асферическими. Последние могут быть асферически нейтральными – такие хрусталики не влияют на показатели суммарной LSA, и аберрационно-корректирующие, которые вызывают отрицательную LSA. Наличие таких ИОЛ дает возможность хирургу влиять на LSA роговицы пациента, повышая суммарные оптические качества преломляющей системы глаза при помощи имплантируемой линзы [40].

Таким образом, использование стандартных ИОЛ предполагает выполнение двух условий: небольшой диаметр зрачка, центрация оптической системы по зрительной оси, в противном случае двояковыпуклая сферическая поверхность приводит к возникновению положительных сферических аберраций (SA). В то же время асферические аберрационно-нейтральные ИОЛ подходят независимо от формы роговицы, что расширяет возможности лечения пациентов, в том числе и при наличии отклонений кривизны и формы роговицы от средних показателей. К преимуществам ИОЛ данного типа также можно отнести отсутствие необходимости определения

имеющихся у пациента аберраций или проводимого в анамнезе лечения с использованием методики LASIK, развития кератоконуса, а также они обеспечивают максимальную устойчивость изображения в случае децентрации ИОЛ [40,41].

Асферические абберационно-корректирующие ИОЛ характеризуются следующими параметрами: вытянутая переднюю и/или задняя поверхность – приводит к возникновению отрицательных SA, предназначены для компенсации положительных SA средней части роговицы, повышение контрастной чувствительности, особенно при большом диаметре зрачка, достаточно чувствительны к децентрации [41].

Важно помнить, что глаз человека оптически несимметричен, и достичь идеальной центрации ИОЛ далеко не всегда возможно, поэтому качество зрения может ухудшаться при определенных условиях, преимущественно при слабом освещении. В связи с этим безабберационные асферически нейтральные ИОЛ предпочтительны в широкой практике, особенно при работе с пожилыми пациентами, а также при наличии сопутствующей глазной патологии.

Еще одним важным моментом является наличие и качество защитных светофильтров для сетчатки. Известно, что в скотопических условиях возрастает потребность в чувствительности к синему цвету, а если ИОЛ содержит фильтр, блокирующий основную часть этого диапазона, то возможно выраженное снижение контрастности изображения в мезопических или скотопических условиях, что приводит к ухудшению качества зрения при недостаточной освещенности. К тому же имеются данные о том, что избыточное поглощение синего света фильтрами некоторых ИОЛ ведет к отрицательному воздействию на циркадные ритмы («сон-бодрствование»), за счёт снижения выработки мелатонина системой эпифиза. Под действием синего света ганглиозные клетки передают сигналы системе эпифиза, отвечающей за регуляцию выработки мелатонина. Преимущественно у пожилых людей отмечается снижение данных процессов, в частности за счет домашнего образа жизни, что сопровождается снижением инсоляции. В связи с этим наиболее целесообразно для них выбирать такие линзы, которые блокируют только коротковолновый спектр фиолетового –токсичную для сетчатки высокоэнергетическую часть видимого диапазона [42,43].

Из истории мы знаем, что модель асферической линзы известна уже несколько веков, с тех времен, когда Мориц фон Пор в своей работе для Carl Zeiss запатентовал первую асферическую очковую линзу (1909 год), а после этого были выпущены очки по имени Zeiss Punktal [34]. Но широкое распространение асферические линзы получили только в последние годы в качестве линз для интраокулярной коррекции.

В XXI веке для пациентов также появилась новая возможность полного отказа от очков после проведения хирургии катаракты с имплантацией ИОЛ в связи с разработкой бифокальных линз. Их недостатком было существенное снижение качества зрения на промежуточном расстоянии,

что затрудняло, к примеру, работу с компьютером. Это приносило своеобразный зрительный дискомфорт, в связи с чем известны даже случаи эксплантации таких линз. Это послужило толчком к разработке трифокальных ИОЛ, в которых была возможность фокусировки и на среднем расстоянии. На сегодняшний день линзой, сочетающей в себе особенности асферической оптики нового поколения с защитными фильтрами фиолетового спектра, является AT Lisa Tri 839 MP от ZEISS, преимуществами которой являются: асимметричное распределение света (50% на дальнее расстояние, 20% на среднее расстояние, 30% на близкое расстояние); максимальная независимость от размера зрачка (до 4,5 мм); хорошая контрастная чувствительность и, наконец, высокий уровень удовлетворенности пациентов. За счет синусоидального профиля вершин рефракционно-дифракционной решетки существенно снижена вероятность возникновения эффекта гало при взгляде на источник света. А с учетом наличия торической модификации данной линзы расширены показания для ее имплантации пациентам с астигматизмом [44].

Кроме вышеупомянутых вопросов, связанных со связочным аппаратом хрусталика и подбором ИОЛ, бывают случаи наличия протяженных дефектов радужки, аниридии, когда возникает вопрос формирования потока света, попадающего на сетчатку, а также исправления косметических дефектов. В случае сохранности капсульного мешка оптимальной признают методику имплантации внутрикапсульных моделей искусственной радужки. Они не нуждаются в дополнительной фиксации и отличаются меньшей травматичностью при их установке. Также они создают неподвижную оптическую диафрагму, которая обеспечивает больший комфорт для артифакичного глаза пациента. К достоинствам искусственных диафрагм относят: отсутствие отрицательного влияния на гидродинамику и эндотелий, отсутствие повышения риска хронических воспалительных осложнений и отсутствие необходимости шовной фиксации [45].

В хирургии встречается ряд случаев, например, глистенинг ИОЛ, отсутствие адаптации к бифокальным ИОЛ, повреждение аптических элементов линзы и другие ситуации, когда необходима эксплантация. Долгое время данная операция считалась весьма травматичной и ее исход трудно было предсказать, в результате часто возникающих осложнений. Современная техника хирургии позволяет через малые разрезы провести удаление старой и последующую установку новой ИОЛ с минимальной травматизацией структур глаза и последующим благоприятным рефракционным исходом. Данная операция возможна за счет гибкости современных ИОЛ, в результате развития и широкого внедрения различных видов вискоэластиков, а также возможности проведения расчета ИОЛ на артифакичных глазах.

Следует отметить, что хирургия катаракты не стоит на месте, новейшие технические приемы, различные рефракционные исходы дают иное понимание работы оптической системы глаза и направляют исследователей к продолжающейся разработке нового поколения ИОЛ. Например,

к одной из таких разработок относится линза с усилением псевдоаккомодации, использующая динамику зрачка для получения большей глубины фокуса (технология Instant Focus EDOF), в результате чего расширяется диапазон диоптрийности в сторону ближнего и среднего расстояния и достигается непрерывное зрение, без разделения между двумя или тремя различными точками [46]. Имеются сведения, что компания Swiss Advanced Vision (SAV-IOL SA) сообщила о запуске двух новых моделей интраокулярных линз – LUCIDIS и EDEN, в которых использована данная технология [47]. Внедрение линз с данной технологией может потребовать изменения понимания параметров оптической системы глаза и созданию новых или модификации имеющихся формул расчета, а также учета хирургического вклада в рефракционный исход оперативного лечения, что в свою очередь откроет новый этап в хирургии катаракты.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Нарушение зрения и слепота. Всемирная Организация здравоохранения. Глобальный веб-сайт, 2018, <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
2. Бойко Э.В., Винницкий Д.А. Сравнение зрительных функций у пациентов после имплантации бифокальных, трифокальных и монофокальных интраокулярных линз // Офтальмохирургия, 2019, №1, с.11-19.
3. Тахчиди Х.П., Баринов Э.Ф., Агафонова В.В. Патология глаза при псевдоэкзофолитивном синдроме // Офтальмология, М., 2010, с.156.
4. Shingleton B.J., Crandall A.S., Ahmed Iqbal Ike K. Pseudoexfoliation and the cataract surgeon: Preoperative, intraoperative, and postoperative issues related to intraocular pressure, cataract, and intraocular lenses // J. Cataract & Refractive, 2009, v.35(6), p.1101-1120.
5. Tekin K., Inanc M., Elgin U. Monitoring and management of the patient with pseudoexfoliation syndrome: current perspectives // Clin. Ophthalmol., 2019, v.1(13), p.453-464.
6. Borkenstein A.F., Borkenstein E.M. Surgical experience with a redesigned, fully preloaded, hydrophobic acrylic intraocular lens in challenging cases of pseudoexfoliation syndrome, phacodonesis, and small pupils // Clin. Ophthalmol., 2019, v.22(13), p.199-206.
7. Sangal N., Chen T.C. Cataract Surgery in Pseudoexfoliation Syndrome // Seminars in Ophthalmol., 2014, v.29, p.5-6.
8. Азнабаев Б.М., Мухамадеев Т.Р., Дибаяев Т.И. Ультразвуковая факоэмульсификация на основе неподольных колебаний // Мед. вестник Башкортостана, 2012, №7(6), с.103-107.
9. Малов В.М., Золотарев А.В., Ерошевская Е.Б. и др. Оптимизация фрагментации ядра хрусталика при факоэмульсификации у больных псевдоэкзофолитивным синдромом // Офтальмология, 2018, №15(3), с.273-279.

10. Иошин И.Э., Виговский А.В., Арутюнян И.А. и др. Метод сегментарного разлома ядра при факоэмульсификации катаракты / VI Междунар. научно-практич. конф.: Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии, М., 2005, с.123–127.
11. Nagy Z. New technology update: femtosecond laser in cataract surgery // Clin. Ophthalmol., 2014, v.8, p.1157–1167.
12. Егорова Е.В., Морозова И.М., Ташлыкова Е.А. Особенности выполнения факоэмульсификации катаракты с фемтолазерным сопровождением при псевдоэксфолиативном синдроме / Современные технологии в офтальмологии, 2017, №6, с.42-44.
13. Паштаев Н.П., Куликов И.В. Фемтосекундный лазер в хирургии катаракты // Офтальмохирургия, 2016, №3, с.74-79
14. Szurman P., Petermeier K., Aisenbrey S. et al. Z-suture: a new knotless technique for transscleral suture fixation of intraocular implants // Br. J. Ophthalmol., 2010, v.94, p.167-169.
15. Головин А.В. Современные подходы к хирургии катаракты в осложненных случаях / XV Всероссийская конференция с международным участием «Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии-2014», 2014.
16. Arshinoff S.A. Dispersive-cohesive viscoelastic soft shell technique. 1999, v.25(2), p.167-173.
17. Li S., Chen X., Zhao J. et al. Isolated capsulorhexis flap technique in femtosecond laser-assisted cataract surgery to protect the corneal endothelial cells // J. Invest. Surg., 2019, v.32(1), p.35-38.
18. Мачехин В.Я., Николашин С.И. Техника факоэмульсификации катаракты с плотными ядрами // Бюллетень СО РАМН, 2009, №4(138).
19. Dietze H.H., Cox M.J. Limitations of correcting spherical aberration with aspheric intraocular lenses // J. Refract. Surg., 2005, v.21(5), p.541-554.
21. Packer M., Fine I.H., Hoffman R.S. Aspheric intraocular lens selection based on corneal wavefront // J. Refract. Surg., 2009, v.25(1), p.12-20.
22. Rocha K.M., Soriano E.S., Chamon W. et al. Spherical aberration and depth of focus in eyes implanted with aspheric and spherical intraocular lenses: a prospective randomized study // Ophthalmology, 2007, v.114(11), p.2050-2054.
23. Rohart C., Lemarinel B., Thanh H. X., Gatinel D. Ocular aberrations after cataract surgery with hydrophobic and hydrophilic acrylic intraocular lenses: comparative study // J. Cataract Refract. Surg., 2006, v.32, p.1201-1205.
24. Юрова Н. Клиническое значение аберраций // Современная оптометрия, 2007, №2, с.22.
25. Glasser A., Campbell M.C.W. Presbyopia and the optical changes in the human crystalline lens with age // Vis. Res., 1998, v.38(2), p.209-229.

26. Zheng S., Ying J., Wang B. et al. Three-dimensional model for human anterior corneal surface // *J. Biomed Opt.*, 2013, v.18(6), p.065002.
27. Douthwaite W.A., Parkinson A. Precision of orbiscan II assessment of anterior corneal curvature and asphericity // *J. Refract. Surg.*, 2009, v.25(5), p.435–443.
28. Manns F., Fernandez V., Zipper S. et al. Radius of curvature and asphericity of the anterior and posterior surface of human cadaver crystalline lenses // *Exp. Eye Res.*, 2004, v.78(1), p:39–51.
29. Queirós A., Villa-Collar C., Jorge J. et al. Multi-aspheric description of the myopic cornea after different refractive treatments and its correlation with corneal higher order aberrations // *J. Optom.*, 2012, v.5(4), p.171–181.
30. Gatinel D., Haouat M., Hoang-Xuan T. A review of mathematical descriptors of corneal asphericity // *J. Fr. Ophtalmol.*, 2002, v.25(1), p.81–90.
31. Fuller D.G., Alperin D. Variations in corneal asphericity (Q value) between African-Americans and whites // *Optom. Vis. Sci.*, 2013, v.90(7), p.667–673.
32. Zhang Z., Wang J., Niu W. et al. Corneal asphericity and its related factors in 1052 Chinese subjects // *Optom. Vis. Sci.*, 2011, v.88(10), p.1232–1239.
33. Queirós A., Villa-Collar C., Gutiérrez AR. et al. Anterior and posterior corneal elevation after orthokeratology and standard and customized LASIK surgery // *Eye Contact Lens*, 2011, v.37(6), p.354–358.
34. Carl Zeiss, Germany. The Early Days at Carl Zeiss. Available at: [http://www.zeiss.de/C125716F004E0776/0/6D3921C1123ADC_3FC1257308003472D5/\\$File/inno17_e_2223.pdf](http://www.zeiss.de/C125716F004E0776/0/6D3921C1123ADC_3FC1257308003472D5/$File/inno17_e_2223.pdf). Accessed September 21, 2011.
35. <https://www.zeiss.com/meditec/int/product-portfolio/iols/monofocal-iols/ct-lucia-family.html> (14.01.2020)
36. Queirós A., Villa-Collar C., Gutiérrez AR. et al. Local steepening in peripheral corneal curvature after corneal refractive therapy and LASIK // *Optom. Vis. Sci.*, 2010, v.87(6), p.432–439.
37. Glasser A., Campbell M.C. Presbyopia and the optical changes in the human crystalline lens with age // *Vision Res.*, 1998, v.38(2), p.209-229.
38. Applegate R.A., Thibos L.N., Hilmantel G. Optics of aberroscopy and super vision // *J. Cataract Refract. Surg.*, 2001, v.27(7), p.1093-1107.
39. Miller J.M., Anwaruddin R., Straub J. Higher order aberrations in normal, dilated, intraocular lens, and laser in situ keratomileusis corneas // *J. Refract. Surg.*, 2002, v.18(5), p.S579-83.
40. Johanson B., Sundelin S., Wikberg-Matsson A. et al. Visual and optical performance of the Akreos Adapt Advanced Optics and Tecnis Z9000 intraocular lenses: Swedish multicenter study // *J. Cataract Refract. Surg.*, 2007, v.33(9), p.1565-1572.

41. Awwad S.T., Lehmann J.D., McCulley J.P. et al. A comparison of higher order aberrations in eyes implanted with AcrySof IQ SN60WF and AcrySof SN60AT intraocular lenses // *Eur. J. Ophthalmol.*, 2007, v.17 (3), p.320-326.
42. Mester U., Kaymak H. The aspheric blue light filter IOL AcrySof IQ compared to the AcrySof SA60AT: Influence of IOL power, pupil diameter, and corneal asphericity on postoperative spherical aberration // *Ophthalmol.*, 2008, v.105(11), p.1029-1035.
43. Чистякова Н.В., Даль Н.Ю., Астахов Ю.С. Влияние света на состояние сетчатки и здоровье в целом: миф или реальность? // *Офтальмол. Ведомости*, 2011, т. IV, №3, с.57-62.
44. Ganesh S., Brar S., Pawar A. Long-term visual outcomes and patient satisfaction following bilateral implantation of trifocal intraocular lenses // *Clin. Ophthalmol.*, v.11, p.1453–1459.
45. <https://eyepress.ru/article.aspx?22335> (28.01.2020)
46. <https://www.eyeworld.org/what-edof-iols-have-others-don-t> (03.02.2020)
47. <https://www.businesswire.com/news/home/20170915005005/en> (08.02.2020)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Для корреспонденции:

Глазко Надежда Геннадьевна, аспирант, врач-офтальмолог, ФГАОУ ВО РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России, ГБУЗ ГВВ №2 ДЗМ, Москва, Россия.
nadezda.baeva@yandex.ru