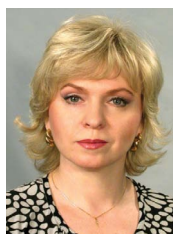


Фемтолазерные технологии и торические линзы в коррекции роговичного астигматизма у пациентов с астигматизмом. Обзор литературы



И.Л. Куликова



Н.С. Тимофеева

Чебоксарский филиал ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
пр. Тракторостроителей, 10, Чебоксары, 428000, Россия

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2020;17(1):13–19

Наличие сопутствующего роговичного астигматизма является наиболее частой причиной получения невысоких зрительных функций у пациентов при оперативном лечении катаракты. Имплантация торических интраокулярных линз является процедурой выбора при коррекции роговичного астигматизма от 1,0 дптр и более у пациентов с катарактой. Успешные результаты зависят от нескольких факторов, наиболее важные из которых: правильное и стабильное положение интраокулярной линзы (ИОЛ) в капсульном мешке, отсутствие остаточного астигматизма, выбор модели имплантированной ИОЛ с учетом материала и конструкции гаптических элементов линзы и др. Отклонение цилиндрического компонента на 10° снижает остроту зрения до 35 %. Повторное вмешательство с целью репозиции торической линзы, по данным литературы, варьирует от 0,65 до 9 % и проводится при ротации ИОЛ более 10° . Проведение фемтолазер-ассистированной фактоэмульсификации катаракты позволяет частично автоматизировать хирургический процесс, сделав его более эффективным и безопасным, создавая теоретическое преимущество перед мануальной техникой проведения операции. На практике капсулорексис, сформированный фемтолазером, отличается правильной округлой формой с заданным диаметром и обеспечивает покрытие оптической части ИОЛ на протяжении 360° , что, по данным различных источников, способствует меньшей степени децентрации и наклона линзы в капсульном мешке и может рассматриваться как одна из причин получения более точного рефракционного результата и, как следствие, более высоких зрительных функций. В приведенном обзоре представлены результаты клинических исследований коррекции роговичного астигматизма при проведении стандартной и фемтолазер-ассистированной фактоэмульсификации с имплантацией различных моделей торических ИОЛ: остроты зрения, ротационной стабильности, процента остаточного астигматизма, изменений волнового фронта. Исследователи продолжают обсуждать преимущества и недостатки современных технологий. Однако несомненной остается проблема повышения предсказуемости хирургического исхода с целью получения более высокого рефракционного результата как в раннем, так и в отдаленном послеоперационном периоде.

Ключевые слова: астигматизм, торическая интраокулярная линза, фактоэмульсификация катаракты с фемтолазерным сопровождением

Для цитирования: Куликова И.Л., Тимофеева Н.С. Фемтолазерные технологии и торические линзы в коррекции роговичного астигматизма у пациентов с астигматизмом. Обзор литературы. *Офтальмология*. 2020;17(1):13–19. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-1-13-19>

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

Конфликт интересов отсутствует



Femtolaser Assisted Cataract Surgery and Toric Lenses in Patients with Astigmatism. Review

I.L. Kulikova, N. S. Timofeeva

Cheboksary Branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Traktorstroiteley Ave., 10, Cheboksary, 428000, Russia

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2020;17(1):13–19

The presence of concomitant corneal astigmatism is the most common cause of low visual functions in patients with surgical treatment of cataracts. The implantation of toric intraocular lenses is procedure of choice in the correction of corneal astigmatism from 1.0 DPT and more in patients with cataracts. Successful results depend on several factors, the most important of which: the correct and stable position of the intraocular lens (IOL) in the capsule bag, the absence of residual astigmatism, the choice of the implanted IOL's model, taking into account material and design of lens elements. Deviation of the cylindrical component by 10 degrees reduces visual acuity up to 35 %. Repeated intervention for the purpose of toric lens reposition, according to the literature, varies from 0,65 to 9 % and is carried out with the rotation of IOL more than 10°. Femtolaser-assisted phacoemulsification allows partially automate the surgical process, making it more efficient and safe, creating a theoretical advantage over manual techniques of surgery. In practice, the capsulorhexis formed by the femtolaser is characterized by a regular rounded shape with a given diameter and provides a coating of optical part of IOL for 360°, which, according to various sources, contributes to a lesser degree of decentralization and tilt of the lens in the capsule bag and can be considered as one of the reasons for obtaining a more accurate refractive result and, as a consequence, higher visual functions. The review presents the results of clinical studies of corneal astigmatism correction during standard and femtolaser-assisted phacoemulsification with implantation of various models of toric IOLs: visual acuity, rotational stability, residual astigmatism percentage, wave front change. Researchers continue to discuss the advantages and disadvantages of modern technologies. However, the problem of increasing the predictability of the surgical outcome in order to obtain a higher refractive result both in the early and in the long-term postoperative period remains unquestionable.

Keywords: astigmatism, toric intraocular lenses, femtosecond laser-assisted cataract surgery

For citation: Kulikova I.L., Timofeeva N.S. Femtolaser Assisted Cataract Surgery and Toric Lenses in Patients with Astigmatism.

Review. *Ophthalmology in Russia*. 2020;17(1):13–19. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-1-13-19>

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

There is no conflict of interests

Начало XXI века ознаменовалось стремительным ростом научно-технического прогресса сразу во многих отраслях и сферах деятельности, определив основные тенденции развития здравоохранения в целом, согласно которым микроинвазивные хирургические вмешательства являются приоритетным направлением медицины. Совершенствование технологии проведения микрохирургических операций, в частности метода факоэмульсификации (ФЭ), впервые предложенного в 1967 году Kelman J., сделало возможным удаление хрусталика через минимальный хирургический доступ и без наложения швов, что стало революционным прорывом в офтальмологии. В настоящее время в США количество операций, проведенных методом ФЭ, составляет 100 %, в Российской Федерации эта цифра достигает 99,4 % [1].

Основные требования пациентов в послеоперационном периоде, как правило, касаются высокой некоррированной остроты зрения (НКОЗ) вдаль, решающей вопрос свободной ориентации в окружающем пространстве. Наличие роговичного астигматизма, даже небольших степеней, в большинстве случаев отражается на НКОЗ даже при безупречно проведенной операции, являясь основным фактором неудовлетворенности пациента и хирурга.

По данным литературы, астигматизм 0,75 дптр и выше встречается у более 30 % населения, при этом астигматизм более 1,0 дптр обнаруживается у 48,3 % населения,

астигматизм в 3,0 дптр встречается в 7,4 % случаев и может быть обусловлен этническими и расовыми особенностями [2–4]. В основе этиопатогенеза астигматизма лежат изменения рефрактогенеза, связанные с наследственными (первичными) и приобретенными (вторичными, индуцированными) факторами. При этом вид и степень первичного астигматизма обусловлены анатомической структурой роговицы и глазного яблока в целом [5]. Отдельного внимания заслуживают пациенты с кераторефракционными хирургическими вмешательствами в анамнезе и измененной топографией роговицы вследствие различных дистрофических заболеваний и рубцовых поражений (травма, помутнения и др.), так как приобретенный астигматизм в данном случае может сопровождаться высокой иррегулярностью, что характеризуется сложной или невозможной очковой коррекцией.

В настоящее время применяются следующие методы для коррекции роговичного астигматизма при проведении ФЭ: послабляющие разрезы роговицы, фемтолазерная аркуатная кератотомия, имплантация торических ИОЛ, имплантация интрастромальных роговичных сегментов и колец, метод биоптики и др. [6–9]. Среди приведенных методов лишь два могут сочетаться с одномоментной фемтолазер-ассистированной экстракцией катаракты (FLACS): имплантация торической ИОЛ в ходе операции по замене хрусталика и FLACS с одновременным проведением фемтолазерной аркуатной кератотомии [10].

И.Л. Куликова, Н.С. Тимофеева

Контактная информация: Тимофеева Нина Сергеевна nina8820@yandex.ru

Фемтолазерные технологии и торические линзы в коррекции роговичного астигматизма у пациентов...

Идея создания высокоэффективного и безопасного автоматизированного подхода к проведению хирургического вмешательства, позволяющего с высокой точностью прогнозировать результат, впервые выдвинутая Kurtz R.M., сделала возможным использование фемтосекундного лазера (ФСЛ) в офтальмологии. В течение почти двух десятилетий ФСЛ применялся исключительно рефракционными хирургами (FS-LASIK, имплантация роговичных сегментов и др.) [11]. В хирургии катаракты применение ФСЛ стало осуществимо после дополнения установок средствами визуализации внутриглазных структур переднего отрезка глазного яблока: оптической когерентной томографии или шеймпфлюг-камеры [12]. Возможность бесконтактного выполнения основных этапов операции по удалению катаракты (капсулорексис, фрагментация ядра хрусталика, формирование роговичных разрезов) с помощью фемтолазерной энергии при длине волны 1053 нм, без отрицательного воздействия на окружающие ткани, связанного с термическим и механическим повреждением, позволило перевести хирургию катаракты с использованием ФЛС в разряд усовершенствованных инновационных технологий.

Одной из современных методик одномоментной коррекции роговичного астигматизма при проведении FLACS является фемтолазерная аркуатная кератотомия (Фемто-АК), позволяющая с прецизионной точностью наносить аркуатные разрезы заданной глубины, длины и формы по ходу крутого меридиана, вызывая таким образом уплощение роговицы и снижение силы цилиндрического компонента [13]. Использование различных вариантов калькуляторов существующих номограмм (DONO, NAPA), учитывающих расположение основных разрезов, позволяя рассчитывать параметры и количество аркуатных дуг.

Описана высокая функциональная результативность данной методики при коррекции индуцированного астигматизма после различных видов кератопластики (сквозной, передней и задней послойной кератопластики) [14, 15]. С этой темой связана первая публикация Kiraly L. в 2008 году, посвященная эффективности Фемто-АК в коррекции астигматизма у пациента после сквозной кератопластики [16]. Позднее Kook D. и соавт. опубликовали результаты использования ФСЛ для нанесения парных аркуатных разрезов у 9 пациентов (10 глаз) с перенесенной сквозной кератопластикой в анамнезе, что сопровождалось уменьшением величины цилиндра с 9,4 до 6,5 дптр и повышением остроты зрения с 0,1 до 0,3 [17]. St. Clair R.M. и соавт. проводили Фемто-АК у 89 пациентов после сквозной и передней послойной кератопластики. Среднее значение цилиндра по данным кератометрии уменьшилось с $8,26 \pm 2,90$ до $3,62 \pm 2,59$ дптр, НКОЗ в послеоперационном периоде повысилась в среднем с 0,3 до 0,5 [18].

Проведение Фемто-АК может проходить со вскрытием полученных разрезов или интрастромально, не затрагивая эпителий и боуменову мембрану, тем самым

предупреждая развитие осложнений (врастание эпителия, инфицирование) [19]. Aristeidou A. и соавт., анализируя осложнения Фемто-АК, установили возможность микроперфораций и развития воспалительной реакции в месте разреза, что носило преходящий характер [20]. Имеются единичные сообщения о зиянии разрезов, что требует наложения швов, однако данное осложнение в основном касается случаев проведения Фемто-АК на глазах после кератопластики [21].

Chan T.C.Y. и соавт. при проведении ретроспективного анализа данных 50 пациентов (50 глаз) с Фемто-АК (VICTUS, Bausch&LombInc, Germany), выполненной с формированием одной интрастромальной дугообразной кератотомии на глубине 450 мкм в 8 мм зоне без раскрытия разрезов, выявили уменьшение астигматизма с $1,35 \pm 0,48$ до $0,67 \pm 0,54$ дптр через 2 месяца после операции и до $0,74 \pm 0,53$ дптр через 2 года после операции. Авторы указали на относительную стабильность полученных результатов в течение двухлетнего периода наблюдений [22].

Аналогом Фемто-АК является мануальная астигматическая кератотомия, имеющая недостатки, сходные с радиальной кератотомией, а именно, касающиеся слабой прогнозируемости результатов вследствие непредсказуемости процессов рубцевания, перфорации, возможности получения индуцированного астигматизма и др. [23]. Смещение оси на 5° при проведении лимбальных послабляющих разрезов мануально, по данным Nishamin L.D., приводит к уменьшению эффекта на 17 % [24]. Bahar I. и соавт. при проведении сравнительного анализа аркуатной кератотомии на 40 глазах 39 пациентов, выполненной с использованием установки IntraLaseFS (АМО, США) и мануально, показали преимущество использования лазерных технологий, что сопровождалось более высокими показателями НКОЗ и скорректированной остроты зрения (КОЗ), а также отсутствием осложнений. Уменьшение силы цилиндра в группе IntraLase составило $4,26 \pm 1,72$ дптр в группе с аркуатной кератотомией, в группе с мануальной техникой — $3,23 \pm 4,69$ дптр [25]. Важно отметить ограниченность метода при высоких степенях астигматизма. Обоснованным считается проведение Фемто-АК у пациентов с астигматизмом до 3,5 дптр [26, 27]. При большей степени астигматизма многие исследователи рекомендуют использовать Фемто-АК для уменьшения его степени либо применять другие методы коррекции.

Первые результаты имплантации торических ИОЛ были опубликованы Shimizu K. и соавт. в 1992 году [28]. В настоящее время ведущие фирмы производители интраокулярных линз (ИОЛ) предлагают широкий выбор моделей различного дизайна (асферичные, мультифокальные), при этом линзы с цилиндрической оптикой представлены широкой линейкой модельного ряда ИОЛ [29]. Показанием к имплантации торических ИОЛ является наличие регулярного астигматизма роговицы от 0,75 дптр до степеней, ограниченных силой

цилиндрического компонента ИОЛ. Коррекция низкой степени астигматизма величиной до 1,0 дптр также выявила значительно более высокие функциональные результаты при имплантации торических ИОЛ по сравнению с имплантацией сферических ИОЛ [30].

В литературе имеются сообщения о комбинированном методе коррекции высокой степени астигматизма при проведении ФЭ с имплантацией торической ИОЛ в сочетании с лимбальными послабляющими разрезами (LRI). Masayuki O. опубликовал результаты ретроспективного сравнительного исследования имплантации Acrysof ToricT6, T7, T8 и T9 (24 глаза) и комбинации имплантации Acrysof ToricT5 с LRI (33 глаза). Автором было наглядно показано преимущество имплантации торической ИОЛ, проявляющееся в достижении конечной рефракции цели на первый день после операции, в то время как в группе с комбинированным вмешательством стабилизация функциональных показателей продолжалась более 1 месяца. Аберрации высших порядков (кома) достоверно чаще встречались в группе с комбинированным вмешательством [31].

Имеются клинические исследования по коррекции с помощью торической ИОЛ нерегулярного роговичного астигматизма. Luck J. сообщил об имплантации торической ИОЛ пациенту с пеллюцидной дегенерацией роговицы, при этом полученная острота зрения составила 0,6 [32]. Kersey J.P. и соавт. при исследовании 62 пациентов с проведенной ранее сквозной кератопластикой выявили снижение величины роговичного астигматизма после оперативного лечения катаракты и значительное улучшение НКОЗ. Средние показатели НКОЗ после операции увеличились с 0,05 до 0,4, при этом цилиндрический компонент уменьшился с 10,12 до 2,75 дптр (диапазон 0,75–4,25), что позволило авторам сделать вывод об эффективности применения ИОЛ с торической оптикой в коррекции иррегулярного астигматизма высокой степени [33].

Одной из причин снижения функциональных результатов при коррекции афакии с помощью торической ИОЛ является ротационная нестабильность линзы, обусловленная фиброзированием капсульного мешка и поворотом линзы вокруг своей оси, что, по данным разных источников, наиболее часто происходит в течение первых трех месяцев после операции [34–36]. Детальное исследование ротационной стабильности торических ИОЛ выявило наибольшую подвижность в первые 24 часа после имплантации и наличие корреляции с длиной глаза, что можно объяснить большими размерами капсульного мешка миопического глаза [37]. Отклонение цилиндрического компонента на 10° снижает остроту зрения на величину до 35 % [38, 39]. При ротации менее 10°, как правило, изменения в рефракции составляют не более 0,5 дптр и обычно не требуют дополнительного вмешательства. При исследовании стабильности положения модели Acrisof Toric из 263 имплантированных ИОЛ три линзы ротировались более чем на 15° (1,1 %), что по-

требовало проведения репозиции ИОЛ в раннем послеоперационном периоде, а именно, через 2 недели [40]. По данным Lubiński W. и соавт., проводившими имплантацию ИОЛ Tecnis Toric на 27 глазах, репозиция потребовалась в двух случаях (7,4 %), через 6 месяцев средние показатели ротации ИОЛ составили $1,1 \pm 2,4^\circ$ [41]. Xue K. и соавт. при имплантации различных моделей торических ИОЛ (Tecnis Toric Aspheric IOL, Rayner T-flex Aspheric Toric IOL, Acrysof IQ Toric IOL) на 32 глазах 24 пациентов в 9 % случаев (3 глаза) вынуждены были провести репозицию ИОЛ [42].

В сравнительном анализе имплантации торических ИОЛ Acrysof Toric и Hoya Toric 45 пациентам (55 глаз), выполненным Hassan R. и соавт. в 2017 году, полученная острота зрения была сопоставима в обеих исследованных группах и составила в среднем 0,7. Средние показатели ротации главной оси вращения при имплантации Acrysof Toric были $1,88 \pm 3,05^\circ$, Hoya Toric $1,53 \pm 3,66^\circ$. Изменение степени астигматизма также носило сопоставимый характер, при этом произошло уменьшение с $2,73 \pm 0,92$ и $2,58 \pm 0,76$ дптр до $0,84 \pm 0,63$ и $0,87 \pm 0,66$ дптр соответственно [43].

Различные авторы в исследованиях, касающихся стабильности положения торической ИОЛ, находят взаимосвязь с конструкцией и материалом линзы. Гидрофобные акриловые ИОЛ характеризуются более высокими слипчивыми свойствами по сравнению с гидрофильными и обладают минимальной вращательной способностью, а именно менее 1° [44, 45].

Существуют различные методики, позволяющие повысить ротационную стабильность ИОЛ, включающие имплантацию плоского внутрикапсульного кольца со специальными выступами, препятствующими вращению ИОЛ; проведение заднего капсулорексиса с целью уменьшения вероятности развития фиброза капсульного мешка; ущемление оптической части линзы в сформированном капсулорексисе с помощью специальных предварительно выполненных насечек [46, 47]. У 42 пациентов, прооперированных по методу ущемления капсулорексиса в насечках ИОЛ, средний угол поворота за 12 месяцев составил $0,8 \pm 1,2^\circ$, по сравнению с традиционным способом имплантации ИОЛ эта величина составляет $2,2 \pm 2,0^\circ$. Тем не менее на практике данные способы повышают вероятность повреждения капсулы хрусталика или значительно затрудняют ход операции с риском интраоперационных осложнений [48].

Имплантация торических интраокулярных линз (ИОЛ) при проведении FLACS у пациентов с астигматизмом позволяет одноэтапно, без усложнения хирургической процедуры проводить коррекцию сопутствующего астигматизма, обеспечивая высокий прогнозируемый функциональный результат, отличающийся стабильностью в течение продолжительного времени.

Имеются исследования, подтверждающие влияние ручного капсулорексиса на положение и ротационную устойчивость ИОЛ в капсульном мешке и, соответственно,

на точность расчета оптической силы ИОЛ [49, 50]. Norrby S. определил положение ИОЛ в капсульном мешке как самую вероятную причину возникновения послеоперационной рефракционной ошибки [51]. Sanders D.R. в 2006 году, изучая гиперметропический сдвиг после оперативного лечения катаракты с имплантацией ИОЛ у 40 пациентов, отметил, что изменение положения ИОЛ на 1 мм приводит к отклонению рефракции примерно на 1,25 дптр [52]. Filkorn T., проводивший сравнительный анализ расчетной оптической силы ИОЛ и рефракционного результата операций у 77 пациентов FLACS и 57 пациентов после ФЭ, при вычислении средней абсолютной ошибки выявил более низкие ее значения в группе FLACS ($0,38 \pm 0,28$) по сравнению с группой ФЭ ($0,50 \pm 0,38$). При этом самая большая разница определялась у пациентов с гиперметропической ($<22,0$ мм) и миопической ($>26,0$ мм) длиной глаза [53]. Оба автора сходятся во мнении, что причиной рефракционного сдвига после оперативного лечения катаракты являются форма и размеры капсулорексиса, влияющие на центрацию и стабильное положение ИОЛ в капсульном мешке. Особую актуальность это приобретает при имплантации торической ИОЛ, ротационная стабильность которой определяет итоговый функциональный результат операции. Вместе с тем имеются исследования, не подтверждающие влияние формирования капсулорексиса с применением ФСЛ на предсказуемость расчетной точности ИОЛ, однако при этом не исключающие наличие малой толики зависимости между морфологией капсулорексиса и рефракционным результатом, как показано Davidorf D. в ретроспективном исследовании 175 пациентов [54].

По данным Трубилина А.В., использование фемтолазерного сопровождения обеспечивает необходимый центрированный капсулорексис с запланированным размером в 93,1 % случаев [55]. При этом непрерывный характер и выполнение рекомендуемого покрытия краем капсулорексиса оптической части ИОЛ на $0,5$ мм по окружности 360° являются дополнительными интраоперационными факторами стабильности положения и ротационной устойчивости имплантируемой ИОЛ [56]. Клинические результаты FLACS с имплантацией торической ИОЛ Acrysof Toric (14 пациентов) в сравнении с традиционной ФЭ продемонстрировали правильное стабильное положение ИОЛ через 3 месяца после операции у всех исследуемых пациентов в группе FLACS. Острота зрения составила $0,6 \pm 0,05$ у 80 % пациентов, степень послеоперационного астигматизма не превышала $1,0 \pm 0,03$ дптр. В группе ФЭ было отмечено отклонение ИОЛ от нужного меридиана на 20° в двух глазах, что потребовало проведения репозиции [57].

Однако, несмотря на возможность максимально эффективной коррекции роговичного астигматизма торической ИОЛ с применением ФСЛ, существует вероятность остаточного астигматизма, причиной которого могут быть ошибки маркировки сильного меридиана, предоперационных измерений, проведения расчета торических ИОЛ без учета астигматизма задней поверхности роговицы и др. По данным Kaur M. и соавт., остаточный астигматизм $\leq 1,0$ дптр выявляется в 88 % случаев, $\leq 0,5$ дптр в 53 % случаев [58]. Espaillet A. и соавт. в исследовании 115 пациентов привели сравнительные результаты проведения ФЭ (62 глаза) и FLACS (52 глаза) с имплантацией торической ИОЛ. Данные остроты зрения в обеих группах достоверно не отличались. В группе со стандартной ФЭ остаточным цилиндром $\leq 0,5$ дптр отмечен в 85 и в 98 % в группе FLACS через 1 мес., 69 и 83 % через 1 год соответственно. Суммарные aberrации высших порядков были ниже в группе FLACS [59].

Kranitz K., проводивший изучение децентрации и наклона ИОЛ с помощью прибора Pentacam на 20 глазах, установил более стабильный рефракционный результат и меньшую степень наклона и децентрации ИОЛ в группе с капсулорексисом, выполненным при помощи ФСЛ [60].

Таким образом, имплантация торических ИОЛ в настоящее время является предметом проведения многочисленных исследований авторами разных стран, о чем свидетельствуют публикации на данную тему, что обусловлено относительно частой встречаемостью роговичного астигматизма в популяции, а также высокими требованиями, предъявляемыми пациентами к остроте зрения. При этом получаемые визуальные и рефракционные результаты во многом определяются техническими параметрами проводимых хирургических манипуляций, в том числе влияющими на стабильность и эффективное положение ИОЛ в капсульном мешке, наиболее решающим из которых является формирование капсулорексиса. Применение ФСЛ, с помощью которого возможно точнее воспроизводить базовые этапы операции, делает оперативное вмешательство более предсказуемым и может рассматриваться как один из путей решения данной проблемы. В то же время внедрение новых инновационных технологий обуславливает необходимость пристального изучения безопасности и эффективности проведения FLACS при имплантации торических ИОЛ как в раннем, так и в отдаленном послеоперационном периоде для подтверждения преимуществ по сравнению со стандартной методикой ФЭ.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Куликова И.Л. — научное руководство, консультирование и редактирование, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования;
Тимофеева Н.С. — сбор материала, написание текста.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Шуко А.Г., Шантурова М.А., Сенченко Н.Я., Мищенко О.П., Макарова Е.К., Тяжев М.Ю., Антипин А.Г. Путь к успеху. Этапы развития фактоэмulsionификации в России. *Современные технологии в офтальмологии*. 2017;(3):21–24. [Shuko A.G., Shanturova M.A., Senchenko N.Ya., Mishchenko O.P., Makarova E.K., Tjzhev M.Yu., Antipin A.G. Way to success. Stages of phacoemulsification development in Russia = *Sovremennyyetehnologii v oftal'mologii*. 2017;(3):21–24 (In Russ.)].
- Хрипун К.В., Астахов С.Ю. Коррекция астигматизма при высоких степенях гиперметропии — какой способ выбрать? *Офтальмологические ведомости*. 2014;7(2):9–11. [Khripun K.V., Astakhov S.Yu. Astigmatism correction in highly hyperopic patients — which way to choose? *Ophthalmology journal = Oftalmologiceskie vedomosti*. 2014;7(2):9–11 (In Russ.)]. DOI: 10.17816/OV201429-12
- Mohammadi M., Naderan M., Pahlevani R., Jahanrad A. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery. *Int. Ophthalmol.* 2016;36(6):807–817. DOI: 10.1007/s10792-016-0201-z
- Bailey-Wilson J.E.A genome-wide association study of corneal astigmatism: Shah R.L., Li Q., Zhao W., Tedja M.S., Tideman J.W.L., Khawaja A.P., Fan Q., Yazar S., Williams K.M., Verhoeven V.J.M., Xie J., Wang Y.X., Hess M., Nickels S., Lackner K.J., Pärssinen O., Wedenoja J., Biino G., Concas M.P., Uitterlinden A., Rivadeneira F., Jaddoe V.W.V., Hysi P.G., Sim X., Tan N., Tham Y.C., Sensaki S., Hofman A., Vingerling J.R., Jonas J.B., Mitchell P., Hammond C.J., Höhn R., Baird P.N., Wong T.Y., Cheng C.Y., Teo Y.Y., Mackey D.A., Williams C., Saw S.M., Klaver C.C.W., Guggenheim J.A., Bailey-Wilson J.E. A genome-wide association study of corneal astigmatism: The CREAM Consortium. *Molecular Visin.* 2018;24:127–142.
- Радзиховский Б.Л. Астигматизм человеческого глаза. М.: Медицина, 1969. 196 с. [Radzihovskij B.L. Astigmatism of the human eye. Moscow: Medicina, 1969. 196 p. (In Russ.)].
- Qammar A., Mullaney P. Paired opposite clear corneal incisions to correct preexisting astigmatism in cataract patients. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31(6):1167–1170. DOI: 10.1016/j.jcrs.2004.11.053
- Ouchi M., Kinoshita S. AcrySof IQ toric IOL implantation combined with limbal relaxing incision during cataract surgery for eyes with astigmatism 2.50 D. *J Refract Surg.* 2011;27(9):643–647. DOI: 10.3928/1081597x-20110317-03
- Dexl A.K., Jell G., Strohmaier C., Seyeddain O., Riha W., Ruckl T., Bachernegg A., Grabner G. Long-term outcomes after monocular corneal inlay implantation for the surgical compensation of presbyopia. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41(3):566–575. DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.05.051
- Zaldivar R., Oscherow S., Piezzi V. Biopics in phakic and pseudophakic intraocular lens with the Nidek EC-5000 excimer laser. *J Refractive Surgery.* 2002;18(6):234–237.
- Rubenstein J.B., Raciti M. Approaches to corneal astigmatism in cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* 2013;24(1):30–34. DOI: 10.1097/ICU.0b013e32835ac853
- Liu H.H., Hu Y., Cui H.P. Femtosecond laser in refractive and cataract surgeries. *International Journal of Ophthalmology.* 2015;8(2):419–426. DOI: 10.3980/j.issn.2222-3959
- Triha S., J., Morris R.J., Anderson D.F., Hossain P. The journey to femtosecond laser-assisted cataract surgery: new beginnings or a false dawn? *Eye (Lond).* 2013;27(4):461–473. DOI: 10.1038/eye.2012.293
- Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганкова А.Ю., Гурмизов Е.П., Зубенко О.Ю. Фемтолазерная аркуатная кератотомия и экстракция катаракты у пациентов среднего и пожилого возраста с роговичным астигматизмом. *Точка зрения. Восток — Запад*. 2017;1:67–70. [Pershin K.B., Pashinova N.F., Cyganokova A.Yu., Gurmizov E.P., Zubenko O.Yu. Femtolaaser arcuate keratotomy and cataract extraction in middle-aged and elderly patients with corneal astigmatism. Point of view. East-West = *Tochka zreniya. Vostok — Zapad*. 2017;1:67–70 (In Russ.)].
- Raouf-Daneshvar D., Mian I.S. Femtosecond Laser-Assisted Astigmatism Correction. In: *Astigmatism — Optics, Physiology and Management*. 2012:194–199. DOI: 10.5772/759
- St Clair R.M., Sharma A., Huang D., Yu F., Goldich Y., Rootman D., Yoo S., Cabot F., Jun J., Zhang L., Aldave A.J. Development of a nomogram for femtosecond laser astigmatic keratotomy for astigmatism after keratoplasty. *Cataract. Refract. Surg.* 2016;42(4):556–562. DOI: 10.1016/j.jcrs.2015.12.053
- Kiraly L., Hermann C., Amm M., Duncker G. Reduction of astigmatism by arcuate incisions using the femtosecond laser after corneal transplantation. *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 2008;225(1):70–74.
- Kook D., Bühren J., Klaproth O.K., Bauch A.S., Derhartunian V., Kohlen T. Astigmatic keratotomy with the femtosecond laser: correction of high astigmatism after keratoplasty. *Ophthalmologie.* 2010;108(2):143–150. DOI: 10.1007/s00347-010-2239-z
- St Clair R.M., Sharma A., Huang D., Yu F., Goldich Y., Rootman D., Yoo S., Cabot F., Jun J., Zhang L., Aldave A.J. Development of a nomogram for femtosecond laser astigmatic keratotomy for astigmatism after keratoplasty. *J Cataract Refract Surg.* 2016;42(4):556–562. DOI: 10.1016/j.jcrs.2015.12.053
- Daxer A. Corneal intrastromal implantation surgery for the treatment of moderate and high myopia. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34:194–198. DOI: 10.1016/j.jcrs.2007.10.011
- Aristeidou A., Taniguchi E.V., Tsatsos M., Muller R., Alinden C., Pineda R., Paschalis E.I. The evolution of corneal and refractive surgery with the femtosecond laser. *Eye Vis (Lond).* 2015;2:12. DOI: 10.1186/s40662-015-0022-6
- Sabaani N., Malki S., Jindan M., Assiri A., Swaileem S. Femtosecond astigmatic keratotomy for postkeratoplasty astigmatism. *Saudi J Ophthalmol.* 2016;30(3):163–168. DOI: 10.1016/j.sjopt.2016.04.003
- Chan T.C., Ng A.L., Cheng G.P., Wang Z., Woo V.C., Jhanji V. Corneal Astigmatism and Aberrations After Combined Femtosecond-Assisted Phacoemulsification and Arcuate Keratotomy: Two-Year Results. *American Journal of Ophthalmology.* 2016;170:83–90. DOI: 10.1016/j.ajo.2016.07.022
- Krachmer J.H., Fenzl R.E. Surgical correction of high postkeratoplasty astigmatism: relaxing incisions versus wedge resection. *Arch Ophthalmol.* 1980;98:1400–1402. DOI: 10.1001/archoph.1980.01020040252007
- Nichamin L.D. Nomogram for limbal relaxing incisions. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(9):1408. DOI: 10.1016/j.jcrs.2006.03.046
- Bahar I., Levinger E., Kaiserman I., Sansanayudh W., Rootman D.S. IntraLase-enabled astigmatic keratotomy for postkeratoplasty astigmatism. *Am J Ophthalmol.* 2008;146(6):897–904. DOI: 10.1016/j.ajo.2008.07.004
- Nubile M., Carpineto P., Lanzini M., Calienno R., Agnifili L., Ciancaglini M., Mastropasqua L. Femtosecond laser arcuate keratotomy for the correction of high astigmatism after keratoplasty. *Ophthalmology.* 2009;116(6):1083–1092. DOI: 10.1016/j.ophtha.2009.01.013
- Hosny M., Azzam S., Oweis W. Limbal Relaxing Incisions versus Penetrating Limbal Relaxing Incisions for the Management of Astigmatism in Cataract Surgery. *Ophthalmology & Visual System.* 2015;2(5):00062. DOI: 10.15406/aovs.2015.02.00062
- Shimizu K., Misawa A., Suzuki Y. Toric intraocular lenses: Correcting astigmatism while controlling axis shift. *J Cataract Refract Surg.* 1994;20:523–526. DOI: 10.1016/s0886-3350(13)80232-5
- Колесников А.В., Шевякова О.В. Торические ИОЛ AcrySof® Torik® — эффективность одноэтапной хирургии катаракты и роговичного астигматизма. В кн. *Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии — 2012. Хирургия катаракты*, 2012. С. 84. [Kolesnikov A.V., Shevyakova O.V. Toric AcrySof® Torik® IOLs are the efficacy of one-stage cataract surgery and corneal astigmatism. In: *Modern technologies of cataract and refractive surgery — 2012. Cataract surgery*. — 2012. *Khirurgiyakatarakty*. 2012. P. 84 (In Russ.)].
- Statham M., Apel A., Stephensen D. Comparison of the AcrySof SA60 spherical intraocular lens and the AcrySof Toric SN60T3 intraocular lens outcomes in patients with low amounts of corneal astigmatism. *Clin. Exp. Ophthalmol.* 2009;37(8):775–779. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2009.02154.x
- Masayuki O. High-cylinder toric intraocular lens implantation versus combined surgery of low-cylinder intraocular lens implantation and limbal relaxing incision for high-astigmatism eyes. *Clin Ophthalmol.* 2014;8:661–667. DOI: 10.2147/OPHT.861373
- Luck J. Customized ultra-high-power toric intraocular lens implantation for pellucid marginal degeneration and cataract. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36(7):1235–1238. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.04.009
- Kersey J.P., O'Donnell A., Illingworth C.D. Cataract surgery with toric intraocular lenses can optimize uncorrected postoperative visual acuity in patients with marked corneal astigmatism. *Cornea.* 2007;26(2):133–135. DOI: 10.1097/ico.0b013e31802be5cc
- Farooqui J.H., Koul A., Dutta R., Shroff N.M. Determination of post-operative toric IOL alignment — Analyzed by two different methods: Slit-lamp versus Adobe Photoshop. *Sudanese. J.Ophthalmol.* 2014;6:57–61. DOI: 10.4103/1858-540x.150996
- Zuberbuhler B., Signer T., Gale R., Haefliger E. Rotational stability of the AcrySof SA60T toric intraocular lenses: a cohort study. *BMC Ophthalmol.* 2008;8:8. DOI: 10.1186/1471-2415-8-8
- Strenn K., Menapace R., Vass C. Capsular bag shrinkage after implantation of an open-loop silicone lens and a poly(methyl methacrylate) capsule tension ring. *J Cataract. Refract. Surg.* 1997;23:1543–1547. DOI: 10.1016/s0886-3350(97)80027-2
- Ganesh S., Pereira S., Prabhu S. Influence of axial length on Toric IOL rotational stability — a retrospective study. *Journal of Dental and Medical Sciences.* 2015;14(10):91–96. DOI: 10.9790/0853-141039196
- Weinand F., Jung A., Stein A., Pfützner A., Becker R., Pavlovic S. Rotation stability of a single-piece hydrophobic acrylic intraocular lens: new method for high-precision rotation control. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33(5):800–803. DOI: 10.1016/j.jcrs.2007.01.030
- Ручкин М.П., Федяшев Г.А. Имплантация торических интраокулярных линз AcrySof® с модифицированной маркировкой цилиндрического компонента: оценка ротационной стабильности. *Современные технологии в офтальмологии*. 2015;7(3):142–143. [Ruchkin M.P., Fedjashev G.A. AcrySof® toric intraocular lens implantation with modified marking of the cylindrical component: assessment of rotational stability. *Modern technologies in ophthalmology = Sovremennyyetehnologii v oftal'mologii*. 2015;7(3):142–143 (In Russ.)].
- Chang D.F. Repositioning technique and rate for toric intraocular lens. *J Cataract. Refract. Surg.* 2009;35:1315–1316. DOI: 10.1016/j.jcrs.2009.02.035
- Lubiński W., Kałmierczak B., Gronkowska-Serafin J., Podgórczyńska-Jodko K. Clinical outcomes after uncomplicated cataract surgery with implantation of the technistoric intraocular lens. *J.Ophthalmol.* 2016;32:572–17. DOI: 10.1155/2016/3257217
- Xue K., Jolly J.K., Mall S.P., Haldar S., Rosen P.H., MacLaren R.E. Real-world refractive outcomes of toric intraocular lens implantation in a United Kingdom National Health Service setting. *BMC Ophthalmol.* 2018;18(1):30. DOI: 10.1186/s12886-018-0692-7
- Razmjoo H., Ghoreishi M., Milasi A. M., Peyman A., Jafarzadeh Z., Mohammadinia M., Kobra N. Toric Intraocular Lens for Astigmatism Correction in Cataract Patients. *Adv Biomed Res.* 2017;6:123. DOI: 10.4103/2277-9175.216777
- Ventura B.V., Wang L., Weikert M.P., Robinson S.B., Koch D.D. Surgical management of astigmatism with toric intraocular lenses. *Arq. Bras. Oftalmol.* 2014;77(2):125–31. DOI: 10.5935/0004-2749.20140032

И.Л. Нуликова, Н.С. Тимофеева

Контактная информация: Тимофеева Нина Сергеевна nina8820@yandex.ru

Фемтолазерные технологии и торические линзы в коррекции роговичного астигматизма у пациентов...

45. Visser N., Bauer N.J., Nuijts R.M. Toric intraocular lenses: historical overview, patient selection, IOL calculation, surgical techniques, clinical outcomes, and complications. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39(4):624–637. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.02.020
46. Tseng S.S., Ma J.K. Calculation the optimal rotation of a misaligned toric intraocular lens. *J. Cataract. Refract. Surg.* 2008;34(10):1767–1772. DOI: 10.1016/j.jcrs.2008.05.057
47. Пензева К.В., Тахтаев Ю.В. Анализ толщины сетчатки после выполнения первичного заднего капсулорексиса. *Катарактальная и рефракционная хирургия.* 2012;12(2):17–20. [Penzeva K.V., Tahtaev Yu.V. Retinal thickness analysis after primary posterior capsulorhexis. *Cataract & refractive surgery = Kataraktal'naja i refrakcionnaja hirurgija.* 2012;12(2):17–20 (In Russ.).]
48. Федяшев Г.А. Способ повышения ротационной стабильности торических интраокулярных линз. *Тихоокеанский медицинский журнал.* 2015;3:26–28. [Fedjashev G.A. A method of increasing the rotational stability of toric intraocular lenses. *Pacific Medical journal = Tihookeanskij medicinskij zhurnal.* 2015;3:26–28 (In Russ.).]
49. Findl O., Hirschnall N., Drasch P., Wiesinger J.J. Effect of manual capsulorhexis size and position on intraocular lens tilt, centration, and axial position. *J. Cataract. Refract. Surg.* 2017;43(7):902–908. DOI: 10.1016/j.jcrs.2017.04.037
50. Filkorn T., Kovacs I., Kranitz K., Takacs A.I., Horvath E., Knorz M.C., Nagy Z.Z. Intraocular lens calculation results and refractive outcomes after femtosecond laser-assisted and conventional cataract surgery. In *Femtosecond laser-assisted cataract surgery.* Edit Nagy Z.Z. SLACK Inc. 2014. P. 33–35.
51. Norrby S. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J. Cataract. Refract Surg.* 2008;34(3):368–376. DOI: 10.1016/j.jcrs.2007.10.031
52. Sanders D.R., Higginbotham R.W., Opatowsky I.E., Confino J. Hyperopic shift in refraction associated with implantation of the single-piece Collamer intraocular lens. *J. Cataract Refract Surg.* 2006;32:2110–2112. DOI: 10.1016/j.jcrs.2006.07.030
53. Filkorn T., Kovacs I., Takacs A., Horvath E., Knorz M.C., Nagy Z.Z. Comparison of IOL power calculation and refractive outcome after laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser versus conventional phacoemulsification. *J. Refract. Surg.* 2012;28(8):540–544. DOI: 10.3928/1081597X-20120703-04
54. Davidorf J.M. Impact of Capsulorhexis Morphology on the Predictability of Intraocular Lens Power Calculations. *J. Eye Cataract. Surg.* 2015;1(1):7. DOI: 10.21767/2471-8300.100007
55. Анисимова С.Ю., Трубилин В.Н., Трубилин А.В., Анисимов С.И. Сравнение механического и фемтосекундного капсулорексиса при фактоэмульсификации катаракты. *Катарактальная и рефракционная хирургия.* 2012;12(4):16–18. [Anisimova S.Yu., Trubilin V.N., Trubilin A.V., Anisimov S.I. Comparison of mechanical and femtosecond capsulorhexis during cataract phacoemulsification. *Cataract & refractive surgery = Kataraktal'naja i refrakcionnaja hirurgija.* 2012;12(4):16–18 (In Russ.).]
56. Qian D.W., Guo H.K., Jin S.L., Zhang H.Y., Li Y.C. Femtosecond laser capsulotomy versus manual capsulotomy: Meta-analysis. *Int. J. Ophthalmol.* 2016;9(3):453–458. DOI: 10.18240/ijo.2016.03.23
57. Анисимова С.Ю., Меркушенкова Д.А., Анисимова Н.С. Клинические результаты имплантации торических ИОЛ после фактоэмульсификации с фемтолазерным сопровождением. *Современные технологии в офтальмологии.* 2015;8(4):17–20. [Anisimova S.Yu., Merkushechkova D.A., Anisimova N.S. Clinical results of the implantation of toric IOLs after phacoemulsification with femtolaaser follow-up. *Modern technologies in ophthalmology = Sovremennyye tehnologii v oftalmologii.* 2015;8(4):17–20 (In Russ.).]
58. Kaur M., Shaikh F., Falera R., Titiyal J.S. Optimizing outcomes with toric intraocular lenses. *Indian. J. Ophthalmol.* 2017;65(12):1301–1313. DOI: 10.4103/ijo.IJO_810_17
59. Espaillat A., Pérez O., Potvin R. Clinical outcomes using standard phacoemulsification and femtosecond laser-assisted surgery with toric intraocular lenses. *Clin Ophthalmol.* 2016; 10: 555–563. DOI: 10.2147/OPTH.S102083
60. Kranitz K., Mihaltz K., Sandor G.L., Takacs A., Knorz M.C., Nagy Z.Z. Intraocular lens tilt and decentration measured by Scheimpflug camera following manual or femtosecond laser-created continuous circular capsulotomy. *J. Refract. Surg.* 2012;28(4):259–263. DOI: 10.3928/1081597X-20120309-01

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Чебоксарский филиал ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Куликова Ирина Леонидовна
доктор медицинских наук, зам. директора по лечебной работе
пр. Тракторостроителей, 10, Чебоксары, 428000, Россия

Чебоксарский филиал ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Тимофеева Нина Сергеевна
врач-офтальмолог катарактального отделения
пр. Тракторостроителей, 10, Чебоксары, 428000, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Cheboksary Branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Kulikova Irina L.
MD, deputy director for medical work
Traktorstroiteley Ave., 10, Cheboksary, 428000, Russia

Cheboksary Branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Timofeeva Nina S.
Ophthalmologist
Traktorstroiteley Ave., 10, Cheboksary, 428000, Russia