

Циклоторсия и бинокулярные функции при рефракционных операциях LASIK и SMILE. Обзор



Т.Ю. Шилова



М.А. Шилова

Клиника лазерной коррекции зрения доктора Шиловой
ул. Мосфильмовская, 74, Москва, 119333, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2025;22(3):494–499

Рефракционные операции LASIK (лазерный кератомилез) и SMILE (лентинкулярная энстракция через малый разрез) произвели революцию в коррекции зрения, однако их влияние на глазную динамику — особенно на циклоторсию и бинокулярные функции — остается важной областью исследований. Данный обзор литературы представляет современные данные из PubMed, Google Scholar и ResearchGate, касающиеся сложного взаимодействия между циклоторсией и бинокулярным зрением после этих процедур, уделяя особое внимание клиническим результатам, технологическим достижениям и нерешенным проблемам в этой области. Компенсация циклоторсии имеет решающее значение для оптимальных зрительных результатов после рефракционных операций LASIK и SMILE. Перспективными решениями могут быть разработки, включающие эллиптические дизайны лоскутов в LASIK (например, EAGLE Vision), улучшенные алгоритмы регистрации циклоторсии, интеграция искусственного интеллекта для компенсации циклоторсии в режиме реального времени. В то время как продвинутые системы отслеживания LASIK предлагают превосходный контроль торсионных движений, бесклапанный подход SMILE обеспечивает лучшее сохранение биомеханики роговицы и уменьшение проявлений синдрома сухого глаза — ключевых факторов восстановления бинокулярных функций.

Ключевые слова: циклоторсия, бинокулярные функции, LASIK, SMILE

Для цитирования: Шилова Т.Ю., Шилова М.А. Циклоторсия и бинокулярные функции при рефракционных операциях LASIK и SMILE. Обзор. *Офтальмология*. 2025;22(3):494–499. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-3-494-499>

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

Конфликт интересов отсутствует.



The Relationship Between Cyclotorsion and Binocular Functions After Vision Correction with LASIK and SMILE: A Literature Review

T.Yu. Shilova, M.A. Shilova

Dr. Shilova's Laser Vision Correction Clinic
Mosfilmovskaya str., 74B, Moscow, 119333, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2025;22(3):494–499

Refractive surgeries have transformed vision correction, yet their effects on ocular dynamics — particularly cyclotorsion and binocular functions — require thorough examination. This review analyzes current evidence from PubMed, Google Scholar, and ResearchGate regarding the interaction between these factors following LASIK and SMILE procedures. Compensation of cyclotorsion is critical for optimal visual outcomes after LASIK and SMILE refractive surgeries. Promising solutions may include developments that include elliptical flap designs in LASIK (e.g. EAGLE Vision), improved cyclotorsion registration algorithms, and integration of artificial intelligence for real-time cyclotorsion compensation. While advanced LASIK tracking systems offer superior control of torsional movements, the valveless SMILE approach provides better preservation of corneal biomechanics and reduction of dry eye syndrome manifestations — key factors in the restoration of binocular functions.

Keywords: циклоторсия, бинокулярные функции, LASIK, SMILE

For citation: Shilova T.Yu., Shilova M.A. The Relationship Between Cyclotorsion and Binocular Functions After Vision Correction with LASIK and SMILE: A Literature Review. *Ophthalmology in Russia*. 2025;22(3):494–499. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-3-494-499>

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

There is no conflict of interests.

Данный обзор, по существу, является продолжением ранее опубликованной статьи, посвященной проблеме циклоторсии при коррекции миопии и миопического астигматизма методом SMILE, в которой проанализирована роль циклоторсии в возникновении рефракционных ошибок при коррекции астигматизма [1].

Целью данного обзора является анализ литературных источников, в которых рассматривается роль циклоторсии в аспекте состояния бинокулярных функций после перенесенной рефракционной операции SMILE в сравнении с результатами рефракционной операции методом LASIK. Данный обзор литературы представляет современные данные из PubMed, Google Scholar и ResearchGate о сложном взаимодействии между циклоторсией и бинокулярным зрением после этих процедур, уделяя особое внимание клиническим результатам, технологическим достижениям и нерешенным проблемам в этой области [2].

Рефракционные операции LASIK (лазерный кератомилез) и SMILE (лентикулярная экстракция через малый разрез) произвели в свое время революцию в коррекции зрения, однако их влияние на глазную динамику — особенно на циклоторсию и бинокулярные функции — остается важной областью исследований.

Как указывалось в нашем предыдущем обзоре, анализ литературных данных доказывает возможность утверждения, что, безусловно, SMILE обеспечивает приемлемую предсказуемость, эффективность, стабильность и безопасность для коррекции умеренного и сильного миопического астигматизма. Лечение миопического астигматизма

с помощью SMILE является предсказуемым и эффективным, но с астигматической недокоррекцией примерно 11 % и небольшим поворотом оси против часовой стрелки [3–5].

Коррекция астигматизма с помощью фемто-LASIK по сравнению со SMILE характеризуется большими преимуществами [6–9]. Как уже указывалось выше, причиной этого является циклоторсия, которая не контролируется при использовании платформы VisuMax. Циклоторсионные движения, характеризующиеся вращением глаз вокруг зрительной оси, напрямую зависят от движения и ориентации тела в пространстве. Вращательные движения обеспечивают поддержание естественной ориентации изображения на сетчатке, и не только при раздражении вестибулярного аппарата путем наклона головы, а также в условиях монокулярного зрения, создавая вестибулярный глазной рефлекс нижнего порядка. Таким образом, вращение глазного яблока вокруг его передне-задней оси (циклоторсия) является нормальным физиологическим механизмом, позволяющим поддерживать бинокулярное зрение при различных наклонах головы.

Циклоторсию принято подразделять на статическую и динамическую. Статическая циклоторсия связана с изменением положения тела в пространстве, в частности когда пациенты переходят из вертикального положения или положения сидя в положение лежа. Динамическая циклоторсия — это произвольные движения глаза вокруг сагиттальной оси, возникающие, в частности, во время проведения эксимер-лазерной абляции роговицы.

T.Yu. Shilova, M.A. Shilova

Contact information: Shilova Tatiana Yu. shilovamd@gmail.com

495

The Relationship Between Cyclotorsion and Binocular Functions After Vision Correction with LASIK...

Различают два вида циклоторсионных движений в зависимости от направления: эксциклоторсию и инциклоторсию. При эксциклоторсии верхний полюс глазного яблока вращается в височную сторону с участием нижней косой и нижней прямой мышц. При инциклоторсии верхний полюс глазного яблока вращается в носовую сторону с участием верхней косой и верхней прямой мышц. Уже довольно длительно исследуется влияние торсионных движений глаз на результаты рефракционной хирургии. В связи с тем что лазерная рефракционная хирургия базируется на точности проведенных дооперационных измерений, циклоторсионное движение имеет большое клиническое значение, потому что смещение оси во время операции может стать причиной недостаточной коррекции или индуцировать астигматизм. В различных исследованиях, изучавших влияние циклоторсии на рефракционные результаты, были получены противоречивые данные. Так, различные авторы описали несколько факторов, связанных с более значимой величиной циклоторсии, к которым относятся пол, величина аномалий рефракции в диоптриях, дальность зрения, высокий астигматизм [10]. С динамической циклоторсией в значительной степени связаны возраст, острота зрения и кератометрия.

Другие исследователи свидетельствуют об отсутствии связи между величиной циклоторсии с предоперационными показателями, такими как длина глаза, острота зрения, степень астигматизма, ось цилиндра, возраст, пол [11, 12]. Величина средней статической циклоторсии колеблется от 1,22 до 4,10 градуса, а средняя динамическая циклоторсия — от 1,32 до 3,81 градуса. Величина статической циклоторсии колеблется от 0 до 16 градусов. Были продемонстрированы лучшие послеоперационные значения сферического и цилиндрического компонентов рефракции у пациентов с компенсированной статической циклоторсией по сравнению с пациентами, у которых статическая циклоторсия не была скомпенсирована [13].

К таким же выводам пришли D.C. Fahd и соавт. [14]. Не вызывает сомнений, что отсутствие учета циклоторсии во время рефракционной хирургии приводит к остаточным аберрациям, при этом чем больше циклоторсионные отклонения, тем выше вероятность индуцирования аберраций [15]. Клинические последствия некомпенсированной циклоторсии включают недокоррекцию астигматизма. Так, циклоторсия 4° приводит примерно к 14 % недокоррекции, циклоторсия 10° может привести к 35 % недокоррекции; возникновению аберраций высшего порядка, особенно комы и сферической аберрации, к значительному ухудшению показателей качества зрения. В отношении параметров векторного анализа имеет место влияние на угол ошибки (AE), воздействие на величину ошибки (ME), влияние на индекс коррекции.

Сравнительные исследования демонстрируют значительные различия между платформами LASIK и SMILE в отношении циклоторсии и связанными с ней биноку-

лярными функциями. Эффект компенсации циклоторсии при лентикулярной экстракции через малый разрез при миопическом астигматизме отражен в обзоре 2024 года X. Yang и соавт. [16].

Так, для технологии LASIK имеются продвинутое платформы, такие как Contoura (Alcon), которая использует индивидуальную топографическую карту роговицы для более точной и персонализированной коррекции зрения, чем традиционный LASIK. Contoura Vision анализирует более 22 000 точек на поверхности роговицы, создавая трехмерную карту, которая учитывает уникальную форму и кривизну глаза пациента [17, 18]. Платформа iDesign (Johnson & Johnson) включает регистрацию радужки и динамическую компенсацию циклоторсии, что обеспечивает высокую точность коррекции астигматизма. Прибор предназначен для проведения высокоточной персонализированной кераторефракционной операции по технологии LASIK, используя для расчетов данные волнового фронта и топографии роговицы. Это единственная на сегодня доступная технологическая платформа для расчета операций по технологии моновижн у пациентов пресбиопического возраста с миопической рефракцией.

Для технологии SMILE используется также платформа VisuMax 800 и ее усовершенствованная версия SMILE Pro [19] с системами CentralLign и OcuLign, в которых имеется улучшенный контроль центровки и циклоторсии по сравнению с более старыми моделями (VISUMAX 500). Наши результаты коррекции миопии и астигматизма, в том числе высокой степени, впечатляют точностью. Однако некоторые авторы считают, что при этом применяемые ручные методы маркировки остаются менее точными [20–22].

Метаанализ 2024 года (10 исследований) [23] показал, что имеются значительные преимущества компенсации циклоторсии при коррекции рефракции с помощью SMILE:

- снижение остаточного астигматизма ($MD = 0,73 D$, $p = 0,002$);
- меньшие проявления аберрации кома ($MD = -0,06$, $p < 0,00001$);
- меньшие проявления аберраций высшего порядка ($MD = -0,04$, $p < 0,0001$).

Некоторые авторы сообщают, что ручные методы лимбальной маркировки для компенсации циклоторсии при использовании технологии SMILE менее эффективны, чем ожидалось, однако следует подчеркнуть, что собственные ошибки субъективной рефракции играют большую роль, чем ошибка циклоторсии [24, 25].

Как известно, бинокулярное зрение зависит от согласованной работы аккомодации, конвергенции, фузионных резервов.

Рефракционные операции вносят свои изменения в бинокулярное зрение через изменения кривизны роговицы, влияющие на аккомодационную способность, возможную декомпенсацию субклинической гетерофории, изменения поверхности глаза, связанные со стабильностью слезной пленки.

Рефракционные операции LASIK и SMILE характеризуются своими особенностями в отношении их влияния на бинокулярное зрение [26].

Так, для LASIK характерно более быстрое первоначальное восстановление зрения, более выраженное отрицательное влияние на проявления синдрома сухого глаза, повреждающий эффект в отношении нервных стволов роговицы. В то же время для LASIK свойственно лучшее состояние контрастной чувствительности, отражающей качество зрения, в раннем послеоперационном периоде.

Клинические наблюдения за состоянием бинокулярного зрения в результате рефракционных операций LASIK и SMILE свидетельствуют о том, что ключевыми моментами являются следующие. Стойкая астигматизация зарегистрирована в 15,6 % случаев после SMILE и связана с предшествующей аккомодационной дисфункцией или аномалиями бинокулярного зрения. Как указывалось выше, LASIK демонстрирует лучшую раннюю послеоперационную контрастную чувствительность по сравнению с SMILE. Исследование, сравнивающее Wavefront-управляемый LASIK (или индивидуальный LASIK — усовершенствованный метод лазерной коррекции зрения, который использует технологию волнового фронта для создания более точной карты аномалий рефракции глаза, чем стандартный LASIK и позволяет учитывать особенности каждого глаза, что, в свою очередь, может привести к улучшению остроты зрения, особенно в условиях низкой освещенности) и SMILE, показало, что по оценкам пациентов после LASIK достигается лучшее качество зрения, что частично объясняется хорошим контролем циклоторсии [27, 28].

В исследовании J.R. Jiménez и соавт. [29] при изучении бинокулярных функций после LASIK с помощью aberromетрии глаза и топографии роговицы обоих глаз у 68 пациентов (136 глаз) для оценки зрительной производительности измерялись монокулярная и бинокулярная функция, контрастная чувствительность и индекс аберраций. Тесты проводились в мезопических условиях. Результаты показали, что бинокулярная функция и индекс аберраций снижались после LASIK ($P < 0,0001$) по мере увеличения различий в аберрациях роговицы между двумя глазами. Бинокулярное ухудшение зрения было больше, чем монокулярное ухудшение, в отношении контрастной чувствительности и индекса нарушения. Авторы сделали вывод, что бинокулярная функция ухудшается больше, чем монокулярная функция, после LASIK. Улучшения в алгоритмах абляции должны минимизировать эти различия для двух глаз [30]. На основании своих исследований авторы пришли к выводу, что монокулярная функция ухудшается меньше, чем бинокулярная функция, после рефракционного вмешательства.

Исследования показали, что транзиторное изменение бинокулярной зрительной функции возникает через 7 дней после операции FS-LASIK и может вызывать симптомы астигматизации. Результаты исследования показали,

что все бинокулярные зрительные функции вернулись к исходному уровню через 30 дней после операции [31].

Z. Xu и соавт. [32] изучали изменения и различия в ранней послеоперационной бинокулярной аккомодационной функции после фемтосекундного лазерного кератомилеза *in situ* (FS-LASIK) и экстракции линтикулы через малый разрез (SMILE). В это ретроспективное исследование были включены 120 пациентов (240 глаз) с диагнозами слабой, средней и высокой миопии. Через 1 месяц после операции обе процедуры, FS-LASIK и SMILE, продемонстрировали потенциал для восстановления или даже улучшения аккомодационной способности, времени аккомодации, времени релаксации и соотношения аккомодации к релаксации по сравнению с предоперационными уровнями. Группа FS-LASIK продемонстрировала большую величину изменения аккомодационной способности после операции по сравнению с группой SMILE. В подгруппе с миопией от слабой до умеренной степени группа FS-LASIK показала меньшие изменения времени аккомодации и шкалы зрительного утомления через 1 месяц после операции по сравнению с группой SMILE, для всех сравнительных значений $p < 0,05$. Авторы сделали вывод, что раннее послеоперационное восстановление функции аккомодации происходило медленнее после SMILE по сравнению с FS-LASIK. Кроме того, выраженность зрительного утомления через 1 месяц после операции была выше в группе SMILE, чем в группе FS-LASIK. Эта разница в уровнях зрительного утомления может быть связана с замедленным восстановлением, наблюдаемым при послеоперационном выполнении процедуры SMILE.

В то же время Y. Wang и соавт. [33] определяли при различных рефракционных операциях на роговице динамическую остроту зрения (DVA) и потенциальные факторы, оказывающие на нее влияние. В перспективное нерандомизированное исследование были включены взрослые пациенты с миопией, перенесшие двусторонний субэпителиальный кератомилез с лазерной поддержкой (LASEK), фемтосекундный лазерный кератомилез *in situ* (FS-LASIK) или экстракцию линтикулы через малый разрез (SMILE) с рефракционной целью Plano. Некорректированную и корригированную остроту зрения вдаль (UDVA/CDVA), рефракцию и бинокулярную DVA (оптотипы 40 и 80 градусов в секунду (dps)) оценивали до операции и после операции в течение 3 месяцев. Динамическая острота зрения через 3 месяца после трех рефракционных операций на роговице была лучше, чем до операции, у взрослых пациентов с миопией, и не было никакой существенной разницы между различными хирургическими методами. Послеоперационная DVA через 3 месяца была обнаружена коррелирующей с предоперационной DVA, предоперационной SE и послеоперационной UDVA. По мнению авторов, при дальнейшем улучшении DVA может стать перспективным функциональным визуальным индикатором для пациентов с миопией, перенесших рефракционные операции.

Взаимодействие между циклоторсией и бинокулярным зрением определяется тем, что ошибки циклоторсии усугубляют бинокулярную дисфункцию посредством стимуляции анизейконии из-за асимметричного изменения формы роговицы; вызывают нарушения фузионных резервов — торсионное несоответствие влияет на механизмы фузии; влияют на стереоскопическое зрение через воздействие на восприятие глубины.

При этом пациенты могут иметь диплопию, испытывать зрительный дискомфорт, астенопические проявления, включая головные боли; снижение качества зрения, несмотря на хорошую остроту зрения по Снеллену; дискомфорт при длительной работе на близком расстоянии.

Результаты исследования А. Gyldenkerne и соавт. [34] показали, что SMILE при высокой миопии не снижает бинокулярные зрительные функции, оцениваемые по остроте стереозрения, остроте бинокулярного зрения, бинокулярной контрастной чувствительности и бинокулярной суммации. Острота стереозрения не была изменена после операции, бинокулярная послеоперационная UDVA не отличалась от предоперационной CDVA, бинокулярная CDVA увеличилась после операции, а бинокулярная контрастная чувствительность не изменилась. На основании этих результатов авторы постулируют, что у пациентов с высокой близорукостью и бинокулярным зрением, подвергнутых рефракционной операции SMILE, даже если могут возникнуть монокулярные изменения, например контрастной чувствительности из-за операции, бинокулярная функция сохраняется после операции.

В ретроспективном исследовании J. Chang и соавт. [35] были обследованы 245 пациентов, которым был выполнен лазерный кератомилез *in situ* (LASIK) по поводу миопии с астигматизмом или без него. Величина циклоторсии во время проведения LASIK регистрировалась в виде максимального, среднего и минимального значений в соответствии с углом отклонения, отображаемым на экране компьютера эксимерного лазера. Измерения циклоторсии проводились во время лазерной абляции. Результаты показали, что среднее значение общей циклоторсии составило $2,181 \pm 1,392^\circ$ (SD) (диапазон от $0,0$ до $13,3^\circ$). Среднее положение (AP) составило $+0,134 \pm 1,851^\circ$ (диапазон от $-7,0^\circ$ (эксциклоторсия) до $+12,6^\circ$ (инциклоторсия)). У сорока пяти глаз (18,4 %) AP был больше $\pm 2^\circ$, а у 168 глаз (68,6 %) наблюдалось отклонение от нулевого положения в начале лазерной абляции. Среднее значение инциклоторсии составило $2,136 \pm 1,440^\circ$ (у 78 глаз, 31,8 %), а среднее значение эксциклоторсии — $1,772 \pm 0,809^\circ$ (у 78 глаз, 31,8 %). У восьмидесяти шести глаз (35,1 %) наблюдалась циклоторсия в обоих направлениях (смешанная циклоторсия). Среднее значение циклоторсии составило $2,670 \pm 1,588^\circ$. У восьми (3,3 %) из 109 пациентов, которым была выполнена одновременная двусторонняя операция LASIK, наблюдалась двусторонняя инциклоторсия или двусторонняя эксциклоторсия. Таким образом, циклоторсия возникает до и во время лазерной абляции.

Активный ротационный айтрекер имеет решающее значение для компенсации циклоторсии и повышения точности выполнения эксимерлазерной абляции.

Лазерный кератомилез *in situ* с активной регистрацией радужки с помощью эксимерного лазера Zyoptix 100 Гц с функцией Advanced Control Eyetracking проводился Febbraro и соавт. [36] у пациентов с миопическим астигматизмом. Во всех случаях регистрация радужки использовалась для оценки степени статической циклоторсии до операции, а также степени динамической циклоторсии во время операции. Регистрировались направление, средние значения и диапазоны статической и динамической циклоторсии. Учитывалась амплитуда интраоперационной циклоторсии. В исследование были включены 74 глаза (38 пациентов). Направление циклоторсии не имело статистически значимого значения. Средний угол статической циклоторсии составил $3,08 \pm 2,68^\circ$ (SD) (диапазон от $-7,0$ до $14,0^\circ$), а средний угол динамической циклоторсии — $3,39 \pm 2,94^\circ$ (диапазон от $-10,3$ до $13,5^\circ$). Во время фотоабляции средняя амплитуда циклоторсии составила $2,69 \pm 1,63^\circ$ (диапазон от $0,0$ до $9,2^\circ$). Величина динамической циклоторсии была менее 5° у 66 % глаз, 5° и более у 34 % глаз и 10° и более у 4 % глаз. Таким образом, с помощью динамического айтрекера была обнаружена статическая и динамическая циклоторсия у глаз после LASIK. Вращательные движения были преимущественно статическими, но имели значительную амплитуду во время фотоабляции.

Современные технологические проблемы при рефракционных операциях состоят в том, что в SMILE отсутствует контроль циклоторсии в реальном времени, но он доступен в продвинутых платформах LASIK; ручные методы маркировки могут обуславливать возникновение рефракционных ошибок, причем для ручных методов маркировки отсутствуют стандартизированные протоколы измерений.

Продолжает существовать потребность в исследованиях, приоритетными направлениями которых являются анализ долгосрочных эффектов, связанных с воздействием циклоторсии на стабильность бинокулярного зрения; разработка динамических алгоритмов компенсации циклоторсии для SMILE, изучение влияния циклоторсии на конкретные бинокулярные функции (стереоскопическое зрение, аккомодационная конвергенция); персонализированные подходы к контролю циклоторсии на основе индивидуальных особенностей глазной моторики.

Представляется, что перспективными решениями могут быть разработки, включающие эллиптические дизайны лоскутов в LASIK (например, EAGLE Vision), улучшенные алгоритмы регистрации циклоторсии, интеграция искусственного интеллекта для компенсации циклоторсии в режиме реального времени.

Таким образом, компенсация циклоторсии имеет решающее значение для оптимальных зрительных результатов после рефракционных операций LASIK

и SMILE. В то время как продвинутые системы отслеживания LASIK предлагают превосходный контроль торсионных движений, бесклапанный подход SMILE обеспечивает лучшее сохранение биомеханики роговицы и уменьшение проявлений синдрома сухого гла-

за — ключевых факторов восстановления бинокулярных функций.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Шилова Т.Ю. — концепция статьи, анализ источников литературы, редактирование;
Шилова М.А. — подбор литературы, написание текста

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Шилова Т.Ю., Шилова М.А. Проблема циклоторсии при коррекции миопии и миопического астигматизма методом SMILE. Офтальмология. 2025; 22(1):24–28. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2024-4-24-28>
2. Shilova T.Yu., Shilova M.A. The Problem of Cyclotorsion in the Correction of Myopia and Myopic Astigmatism by the SMILE Method. Ophthalmology in Russia. 2025;22(1):24–28. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2024-4-24-28>
3. Guseinbaur M. Google Scholar to overshadow them all? Comparing the sizes of 12 Academic search engines and bibliographic databases. Scientometrics. 2019;118(1):177–214. doi: 10.1007/s11192-018-2958-52019.03.027.
4. Pedersen IB, Ivarsen A, Hjortdal J. Changes in Astigmatism, Densitometry, and Aberrations After SMILE for Low to High Myopic Astigmatism: A 12-Month Prospective Study. J Refract Surg. 2017 Jan 1;33(1):11–17. doi: 10.3928/1081597X-20161006-04.
5. Sekundo W, Kunert KS, Blum M. Small incision corneal refractive surgery using the small incision lenticule extraction (SMILE) procedure for the correction of myopia and myopic astigmatism: results of a 6 month prospective study. Br J Ophthalmol. 2011;95(3):335–339. doi: 10.1136/bjo.2009.174284.
6. Jiping Xu, Manli Liu, Quan Liu. Outcomes of astigmatic correction with and without two different cyclotorsion compensation methods in small incision lenticule extraction surgery, Photodiagnosis and Photodynamic Therapy. 2024;49:104272. doi: 10.1016/j.pdpdt.2024.104272.
7. Chan TC, Ng AL, Cheng GP, Wang Z, Ye C, Woo VC, Tham CC, Jhanji V. Vector analysis of astigmatic correction after small-incision lenticule extraction and femtosecond-assisted LASIK for low to moderate myopic astigmatism. Br J Ophthalmol. 2016 Apr;100(4):553–559. doi: 10.1136/bjophthalmol-2015-307238.
8. Zhang J, Wang Y, Chen X. Comparison of Moderate- to High-Astigmatism Corrections Using WaveFront-Guided Laser In Situ Keratomileusis and Small-Incision Lenticule Extraction. Cornea. 2016;35:523–530. doi: 10.1097/ICO.0000000000000782.
9. Khalifa MA, Ghoneim AM, Shaheen MS, Piñero DP. Vector analysis of astigmatic changes after small-incision lenticule extraction and wavefront-guided laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg. 2017;43:819–24. doi: 10.1016/j.jcrs.2017.03.033.
10. Kanellopoulos AJ. Topography-Guided LASIK Versus Small Incision Lenticule Extraction (SMILE) for Myopia and Myopic Astigmatism: A Randomized, Prospective, Contralateral Eye Study. J Refract Surg. 2017;33:306–312. doi: 10.3928/1081597X-20170221-01.
11. Alipour F, Veisi Hampa F, Ashrafi E, Dehghani S. Factors Influencing Cyclotorsion During Photorefractive Keratectomy. J Refract Surg. 2018 Feb 1;34(2):106–112. doi: 10.3928/1081597X-20171128-02.
12. Zhao F, Li L, Zhou W, Shi D, Fan Y, Ma L. Correlative factors' analysis of postural-related ocular cyclotorsion with image-guided system. Jpn J Ophthalmol. 2018 Mar;62(2):237–242. doi: 10.1007/s10384-017-0544-7.
13. Ozulken K, Ilhan C. Effects of Cyclotorsion Orientation and Magnitude in Eyes with Compound Myopic Astigmatism on the Compensation Capacity of WaveLight EX500 Photorefractive Keratectomy. Korean J Ophthalmol. 2019 Oct;33(5):458–466. doi: 10.3341/kjo.2019.0042.
14. Aslanides IM, Toliou G, Padroni S, Arba Mosquera S, Kolli S. The effect of static cyclotorsion compensation on refractive and visual outcomes using the Schwind Amaris laser platform for the correction of high astigmatism. Cont Lens Anterior Eye. 2011 Jun;34(3):114–120. doi: 10.1016/j.clae.2011.02.012.
15. Fahd DC, Jabbour E, Fahed CD. Static cyclotorsion measurements using the Schwind Amaris laser. Arq Bras Oftalmol. 2014 May-Jun;77(3):159–163. doi: 10.5935/0004-2749.20140041.
16. Arba-Mosquera S, Merayo-Llomes J, de Ortueta D. Clinical effects of pure cyclotorsional errors during refractive surgery. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2008 Nov;49(11):4828–4836. doi: 10.1167/iovs.08-1766.
17. Yang YZ, Li FF, Wu SQ, Dai Q, Bao FJ, Cheng D, Zhu J, Ye YF. Comparison of myopic astigmatic correction after cross-assisted SMILE, FS-LASIK, and transPRK. J Cataract Refract Surg. 2023;49(12):1242–1248. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000001294.
18. Платформа для технологии LASIK Contoura chrome-extension: <https://www.jnvisionpro.com/en-us/products/idesign-refractive-studio/>
19. LASIK platform Contoura (Alcon) chrome-extension: <https://www.jnvisionpro.com/en-us/products/idesign-refractive-studio/>
20. Платформа для технологии LASIK iDesign <https://eyepress.ru/article/idesign-refractive-studio31-10-2023-0-32-17-819>
21. iDesign LASIK Technology Platform. iDesign <https://eyepress.ru/article/idesign-refractive-studio31-10-2023-0-32-17-819>
22. Платформа для технологии SMIL VisuMax 800 <https://vseosmile.ru/news/361-visumax-800-smile-pro>
23. Platform for SMIL VisuMax 800 technology <https://vseosmile.ru/news/361-visumax-800-smile-pro>
24. Мушкова И.А., Костенов С.В., Соболев Н.П., Гамидов Г.А. Сравнительный анализ коррекции миопического астигматизма технологией SMILE с учетом и без учета циклоторсии. Офтальмохирургия. 2020;1:18–25. doi: 10.25276/0235-4160-2020-1-18-25.
25. Mushkova IA, Kostenov SV, Sobolev NP, Gamidov GA. Comparative analysis of myopic astigmatism correction using SMILE technology with and without cyclotorsion. Ophthalmosurgery. 2020;1:18–25. doi: 10.25276/0235-4160-2020-1-18-25.
26. Yoon H, Magnago T, Yeom DJ. Three-month clinical outcomes to correct myopia or myopic astigmatism using a femtosecond laser for lenticule creation with automated centration and cyclotorsion compensation. J Refract Surg (Thorofare, NJ: 1995) 2024;40(1):e30–e41. doi: 10.3928/1081597X-20231212-03.
27. Sachdev GS, Patekar KB, Ramamurthy S. Comparative analysis of visual outcomes following small-incision lenticule extraction with or without cyclotorsion compensation in eyes with high astigmatism: contralateral eye study. Indian J Ophthalmol. 2023;71(6):2469–2473. doi: 10.4103/IJO.IJO_224_23.
28. Yang X, Liu Y, Xiao K, Song Q, Xu Y, Li J, Zhou Y. Effect of Cyclotorsion Compensation in Small Incision Lenticule Extraction Surgery for the Correction of Myopic Astigmatism: A Systematic Review and Meta-Analysis. Ophthalmol Ther. 2024 May;13(5):1271–1288. doi: 10.1007/s40123-024-00921-2.
29. Ganesh S, Brar S, Pawar A. Results of intraoperative manual cyclotorsion compensation for myopic astigmatism in patients undergoing small incision lenticule extraction (SMILE) J Refract Surg (Thorofare, NJ: 1995) 2017;33(8):506–512. doi: 10.3928/1081597X-20170328-01.
30. Kang DSY, Lee H, Reinstein DZ, Roberts CJ, Arba-Mosquera S, Archer TJ, Kim EK, Seo KY, Kim TI. Comparison of the distribution of lenticule decentration following SMILE by subjective patient fixation or triple marking centration. J Refract Surg (Thorofare, NJ: 1995) 2018;34(7):446–452. doi: 10.3928/1081597X-20180517-02.
31. Song J, Cao H, Chen X, Zhao X, Zhang J, Wu G, Wang Y. Small incision lenticule extraction (SMILE) versus laser assisted stromal in situ keratomileusis (LASIK) for astigmatism corrections: a systematic review and meta-analysis. Am J Ophthalmol. 2023;247:181–199. doi: 10.1016/j.ajo.2022.11.013.
32. Zhao X, Zhang L, Ma J, Li M, Zhang J, Zhao X, Wang Y. Comparison of wavefront-guided femtosecond LASIK and optimized SMILE for correction of moderate-to-high astigmatism. J Refract Surg (Thorofare, NJ: 1995) 2021;37(3):166–173. doi: 10.3928/1081597X-20201230-01.
33. Jiménez JR, Villa C, Anera RG, Gutiérrez R, del Barco LJ. Binocular visual performance after LASIK. J Refract Surg. 2006 Sep;22(7):679–688. doi: 10.3928/1081-597X-20060901-09. PMID: 16995550.
34. Zhou Y, Ou Y, Chin MP, Zhao D, Zhang R. Transient change in the binocular visual function after femtosecond laser-assisted in situ keratomileusis for myopia patients. Indian J Ophthalmol. 2023 Feb;71(2):481–485. doi: 10.4103/ijo.IJO_1611_22.
35. Amini Vishteh R, Mirzajani A, Jafarzadehpour E, Taghieh A. Evaluation of visual evoked potential binocular summation after corneal refractive surgery. Doc Ophthalmol. 2020 Apr;140(2):181–188. doi: 10.1007/s10633-019-09731-5.
36. Xu Z, Dong S, Yu S Xu Z, Dong S, Yu S, Wu Y, Deng H, Zhao J. Evaluation of Early Accommodation Outcomes Following Femtosecond Laser-Assisted in situ Keratomileusis and Small Incision Lenticule Extraction. Semin Ophthalmol. 2025 Apr;40(3):196–203. doi: 10.1080/08820538.2024.2403439.
37. Wang Y, Guo Y, Li Y, Zhang Y, Yuan Y, Wu T, Chen Y, Li X. The impact of different corneal refractive surgeries on binocular dynamic visual acuity. Front Neurosci. 2023 Mar 3;17:1142339. doi: 10.3389/fnins.2023.1142339.
38. Gyldekerne A, Ivarsen A, Nisted I, Hjortdal J. Impact on binocular visual function of small-incision lenticule extraction for high myopia. J Cataract Refract Surg. 2021 Apr 1;47(4):430–438. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000480.
39. Chang J. Cyclotorsion during laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg. 2008 Oct;34(10):1720–1726. doi: 10.1016/j.jcrs.2008.06.027.
40. Febraro JL, Koch DD, Khan HN, Saad A, Gatineau D. Detection of static cyclotorsion and compensation for dynamic cyclotorsion in laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg. 2010 Oct;36(10):1718–1723. doi: 10.1016/j.jcrs.2010.05.019.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Шилова Татьяна Юрьевна
доктор медицинских наук, руководитель клиники

Шилова Мария Алексеевна
офтальмолог

ABOUT THE AUTHORS

Shilova Tatyana Yu.
MD, head of the Clinic

Shilova Maria A.
ophthalmologist

T.Yu. Shilova, M.A. Shilova

Contact information: Shilova Tatiana Yu. shilovamd@gmail.com

499