

## ВОЗМОЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ SMILE В КОРРЕКЦИИ МИОПИЧЕСКОЙ АНОМАЛИИ РЕФРАКЦИИ

Бойко Э.В.<sup>1,2,3</sup>, Мирсаитова Д.Р.<sup>1</sup>, Титов А.В.<sup>1</sup>, Масян Я.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>СПб филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Санкт-Петербург, e-mail: pochta@mntk.spb.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения РФ, Санкт-Петербург;

<sup>3</sup>ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова», Санкт-Петербург

---

Рефракционная хирургия является одним из наиболее динамично развивающихся направлений в офтальмологии. Прогресс лазерных технологий обусловил появление нового метода — «безлоскутной» («flapless») кераторефракционной хирургии — операции SMILE (SMall Incision Lenticule Extraction), при которой производится удаление лентикулы через малый разрез. Перспективность применения данной операции в клинической практике определяется высоким анатомо-функциональным результатом, малой инвазивностью воздействия, быстрыми сроками реабилитации пациентов, а также минимальными проявлениями синдрома «сухого глаза» ввиду малой инвазивности вмешательства. Технология сопоставима по безопасности, эффективности и предсказуемости с кератомилезом in situ с фемтосекундным лазером (FS-LASIK). Традиционный метод извлечения лентикулы через небольшой разрез (SMILE) включает стыковку (докинг), работу фемтосекундного лазера, диссекцию лентикулы от окружающей стромы и ее извлечение. Для успешного проведения лазерной коррекции зрения по технологии SMILE необходим совершенный мануальный навык. Был проведен всесторонний анализ международного и отечественного опыта по применению технологии SMILE, рассмотрены наиболее распространенные модификации операции, их преимущества и недостатки, возможные интра- и послеоперационные осложнения, а также способы предупреждения их развития. Совершенствование технологии, тщательный отбор пациентов с выявлением возможных факторов риска развития осложнений помогут получить оптимальные рефракционные результаты после операции.

---

Ключевые слова: миопия, рефракционная хирургия, фемтосекундный лазер, SMILE, осложнения.

## POSSIBILITIES OF SMILE TECHNOLOGY IN THE CORRECTION OF MYOPIC REFRACTIVE ERROR

Boiko E.V.<sup>1,2,3</sup>, Mirsaitova D.R.<sup>1</sup>, Titov A.V.<sup>1</sup>, Masyan Y.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>S. Fyodorov «Eye Microsurgery» Federal State Institution, St. Petersburg Branch, St. Petersburg, e-mail: pochta@mntk.spb.ru;

<sup>2</sup>North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg;

<sup>3</sup>Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Professional Education «Military Medical Academy named after S.M. Kirov», St. Petersburg

---

Refractive surgery is one of the fastest developing areas in ophthalmology. The progress of laser technologies has led to the emergence of a new method – «flapless» keratorefractive surgery - SMILE (SMall Incision Lenticule Extraction), in which the refractive lenticule is removed through a small incision. The advantages of using this operation in clinical practice is determined by the high anatomical and functional result, overall low invasiveness, fast recovery after surgery, and also minimal manifestations of the dry eye syndrome due to the low invasiveness of the intervention. The technology is comparable in safety, efficacy, and predictability to femtosecond laser in situ keratomileusis (FS-LASIK). The traditional small incision lenticular extraction (SMILE) method involves docking, operating a femtosecond laser, and dissecting the lenticule from the surrounding stroma and removing it. However, perfect manual skills are required for successful laser vision correction using SMILE technology. A comprehensive analysis of international and domestic experience in the use of SMILE technology was carried out. The article discusses the most common modifications of the SMILE technology, their advantages and disadvantages, possible intra- and postoperative complications, as well as ways how to avoid them from occurring. Improving the technology, careful selection of patients with identification of possible risk factors for complications and their treatment will help to obtain optimal refractive results after surgery.

---

Keywords: myopia, refractive surgery, femtosecond laser, SMILE, complications.

Миопия имеет высокую распространенность как среди детского, так и среди взрослого населения. Предполагается, что к 2050 г. число близоруких в мире составит 5 млрд человек, а в Европе этот показатель достигнет 56,2%, что повлечет за собой значительные клинические и экономические последствия [1]. Самые высокие показатели распространенности миопии зарегистрированы у населения в странах Восточной и Юго-Восточной Азии – до 96% [2, 3]. Предполагается, что увеличение распространенности миопии связано с повышением уровня образования, высокими зрительными нагрузками.

По итогам всероссийской диспансеризации, заболеваемость детей и подростков миопией за период 1990–2000 гг. увеличилась в 1,5 раза. К 2000 г. среди выпускников школ частота миопии достигла 25–30%, среди выпускников гимназий и лицеев – 50%, при этом на долю миопии высокой степени приходилось 10–12% [4]. К 2017–2018 гг. среди учеников 1-х классов распространенность миопии составила 2,4%, среди учеников 5-х классов – 19,7%, среди выпускников школ частота близорукости увеличилась до 38,6%, при этом у выпускников гимназий этот показатель достиг 50,7% [5].

Рефракционная хирургия революционно изменила подход к коррекции аномалии рефракции [6, 7]. Ее зарождение принято связывать с именем японского офтальмолога Т. Sato (1953); уплощение роговицы достигалось за счет надрезов стромы со стороны эндотелия. В 1970-е гг. С.Н. Федоров со своими сотрудниками разработали технику передней дозированной кератотомии. В 1980-е гг. кератотомия распространилась по всему миру. Большой вклад в развитие рефракционной хирургии внес J. Barraquer (конец 1940-х гг.) – создатель технологии операции «кератомилез in situ» (Laser Assisted In Situ Keratomileusis – LASIK). Внедрение эксимерных лазеров связано с работами S. Trockel и фотохимика R. Srinivasan (1983), С.Н. Федорова и его сотрудников в России (1988), разработавших технику лазерной абляции передней поверхности роговицы с помощью такого лазера.

С переходом на фемтосекундные параметры появилась возможность удаления рефракционной линтикулы через малый разрез (SMall Incision Lenticule Extraction), или SMILE, которая является новой технологией «безлоскутной» (flapless) кераторефракционной хирургии.

В 2008 г. W. Sekundo и M. Blum выполнили первую фемтолазерную рефракционную экстракцию линтикулы – технология ReLEx FLEX [8–10]. Несмотря на свою новизну, технология SMILE уже успела продемонстрировать положительные клинические результаты, сопоставимые с результатами применения технологии LASIK [11–13].

Целью данного обзора является анализ международного и отечественного опыта по применению технологии SMILE в коррекции миопической аномалии рефракции.

*Показания и противопоказания для проведения коррекции по технологии SMILE*

В настоящее время технология SMILE дает возможность коррекции миопии до  $-10,00$  D, миопического астигматизма до  $-5,00$  D, сферического эквивалента до  $-12,5$  D. Предоперационная подготовка и отбор пациентов на коррекцию по технологии SMILE похожи на предоперационную подготовку и отбор при рефракционной хирургии с лоскутом. При этом толщина роговицы пациента до операции должна составлять не менее  $500 \mu\text{m}$ , а остаточная толщина стромы после операции – не менее  $250 \mu\text{m}$  [14].

Аномальная топографии роговицы и фрустрированный кератоконус являются противопоказаниями, количество измененной ткани (the percentage tissue altered (PTA)) не должно превышать 40%, данный показатель рассчитывается как (толщина лентикулы + толщина крышки) / центральная толщина роговицы [15].

#### *Стандартная хирургическая технология*

Предоперационная подготовка включает информированное согласие пациента, обработку операционного поля, закапывание антибактериальных и анестезирующих капель. Следует избегать чрезмерного закапывания последних из-за риска развития дезэпителизации и образования черных пятен и зон (black spots and areas) во время работы лазера.

Стандартная техника включает в себя процесс докинга (стыковки), работу фемтосекундного лазера (ФСЛ), иссечение и удаление лентикулы [14]. Рефракционная линза отсепаровывается от окружающей стромы путем иссечения через маленький боковой разрез, первоначально передняя поверхность, далее задняя.

#### *Модифицированные хирургические технологии операции SMILE*

В связи с высоким интересом к данной технологии рядом авторов предложены различные модификации стандартной техники проведения SMILE, рассмотрены преимущества и ограничения каждой из них.

#### *Техника качания Чунга (Chung's swing technique)*

Отличие техники заключается в первоначальном рассечении задней плоскости лентикулы, после чего диссектор вводится в переднюю плоскость путем подъема и раскачивания его на верхнем краю лентикулы. Интерфейс lenticule-cap рассекается веерообразно. Позиции 12–3 и 8–11 часов в этом методе не рассекаются. Отделенную лентикулу захватывают щипцами Макферсона, подталкивают к центру, а затем вытягивают, чтобы извлечь ее по часовой стрелке, что помогает освободить остаточные адгезии. Данная модификация позволяет сократить общую продолжительность операции, но существует потенциальный риск разрыва края лентикулы и затрудненного расслоения [16].

*Метод непрерывного лентикулопексиса (Continuous curvilinear lenticulerrhexis (CCL) technique)*

Модификация впервые описана Zhao и соавт. (2015), включает в себя разрыв и извлечение рефракционной линзы из стромального слоя непрерывным движением по окружности, без разделения задней плоскости. Время хирургического вмешательства меньше, чем в традиционной технике, и кривая обучения также была проще, так как рассечения как передней, так и задней поверхностей не требовалось. Метод используется для успешного извлечения лентикулы в случаях с лентикулярными адгезиями. Существует потенциальный риск в виде разрыва лентикулы, не рекомендуется в случаях с непрозрачным пузырьковым слоем (Opaque Bubble Layer – OBL), при миопии слабой степени и при неравномерном лазерном сканировании [17].

#### *Лентикулолизис (Lenticuloschisis)*

Ganesh и Brar (2017 г.) описали технику лентикулолизиса, в которой лентикулу отслаивают непосредственно от окружающей стромы и удаляют без начального расслоения верхней и нижней плоскостей лентикулы. Авторы отмечали более ровный интерфейс по оценке на ретроиллюминации клинических фотографий в сравнении с обычной техникой. Однако в случаях образования плотного непрозрачного пузырькового слоя могут произойти разрывы линзы. Техника рекомендована при наличии совершенного хирургического навыка, рекомендуются оптимизированные настройки энергии ФСЛ, минимальная толщина периферической части лентикулы должна составлять 25–30  $\mu\text{m}$  [18].

#### *Ирригация лентикулы (Lenticule irrigation)*

Liu и соавт. (2017 г.) вводили сбалансированный солевой раствор (Balanced Salt Solution – BSS) – 0,2 мл – через небольшой разрез после определения передней и задней поверхности линзы; раствор помогал поддерживать оптическую четкость во время операции. Лентикулу впоследствии рассекали и извлекали в соответствии со стандартной техникой. При проведении данной технологии возможны избыточная гидратация стромы роговицы и введение дебриса в интерфейс [19].

#### *Гидродиссекция (Hydroexpression)*

Ng и соавт. (2017 г.) описали технику гидродиссекции. После применения ФСЛ переднюю и заднюю поверхности отделяют тупым рассечением от вышележащей крышки и задней стромы. В общей сложности 2,0 мл BSS вводят под линзу через ирригационную канюлю 27 G, и созданный таким способом гидростатический градиент давления приводит к самопроизвольному изгнанию линзы. Было обнаружено, что этот метод полезен в случаях с адгезиями, поскольку волна жидкости также помогает отделить остаточную адгезию и обеспечивает плавную доставку линзы с минимальным использованием инструментов. Этап захвата линзы пинцетом перед его извлечением исключается. Этот метод может быть более простым и полезным для начинающих хирургов. Авторы также рекомендуют использовать эту

технику в случаях с низкой близорукостью и тонкими линзами, поскольку в таких случаях бывает трудно захватить край линзы пинцетом. BSS может приводить к избыточной гидратации стромы и введению дебриса в интерфейс [20].

#### *Техника отжимания (Push-up technique)*

Named и Fekry (2016 г.) использовали инструмент с Y-образным наконечником (Bechert Nucleus Rotator) для захвата края линзы между двумя конечностями наконечника. Край лентиккулы определяли путем выталкивания ее из стромального ложа с помощью Y-образного инструмента, а небольшой линейный задний туннель иссекали под подтянутым краем, чтобы облегчить последующее рассечение задней плоскости. Переднюю плоскость лентиккулы рассекали от вышележащей крышки с помощью пластинчатого диссектора, введенного над отодвинутым краем, с последующим рассечением в задней плоскости через ранее созданный линейный туннель. Отделенную лентиккулу складывали в одну сторону и извлекали. В данной модификации обеспечивалась легкая визуализация края лентиккулы, однако для выполнения данной процедуры необходим специальный инструмент [21].

#### *Интраоперационная ОКТ-ассистированная диссекция (iOCT-assisted dissection)*

Плоскости диссекции лентиккулы кажутся умеренно отражающими на интраоперационном оптическом томографе после работы фемтосекундного лазера и становятся гиперрефлективными после ее полного иссечения. Модификация способствует более легкой визуализации края и поверхностей линзы и особенно необходима в случаях с неправильными рассечениями лентиккулы и спайками. Процедура несколько увеличивает время хирургического вмешательства, обеспечивает динамическую визуализацию хирургического процесса [22].

#### *Последовательная сегментарная диссекция (Sequential segmental dissection)*

Jacob и соавт. (2017 г.) предложили сначала рассекать переднюю плоскость, за которой следует центральная часть задней плоскости, при этом тонкая полоса периферического ободка остается не рассеченной до конца, что обеспечивает крепление линзы и предотвращает ее складывание. Периферический ободок рассекают сегментарно и последовательно, чтобы обеспечить полное отделение лентиккулы от стромального ложа. Техника используется в случаях удаления тонких лентиккул, в некоторых случаях лентиккулярная подвижность может не позволить завершить рассечение конечных сегментов [23].

*Снижение энергетических параметров ФСЛ установки может быть вариантом более щадящей операции.*

Для определения оптимального уровня энергии фемтосекундного лазера ряд авторов, таких как Donate и Thaeeron (2016 г.), Ji и соавт. (2017 г.), Li и соавт. (2018 г.), сравнили рефракционные результаты после операции SMILE с различными уровнями энергии и

обнаружили, что применение низких уровней энергии позволяет достичь лучших показателей некорректируемой (НКОЗ) и максимально корректируемой остроты зрения (МКОЗ) после операции и в течение всего периода наблюдений [24–26].

Kunert и соавт. (2011), Ji и соавт. (2017) обнаружили, что поверхность лентикулы после работы ФСЛ была значительно ровнее при использовании более низких энергетических параметров ФСЛ [27, 28].

Несмотря на это, использование чрезвычайно низких энергетических параметров способно вызывать образование интраоперационных феноменов, таких как black spots and areas, и соответственно более медленное восстановление после операции, однако слишком высокие уровни энергии приводят к образованию непрозрачного пузырькового слоя (OBL).

Риски развития OBL, возможно, также связаны с толщиной роговицы и лентикулы, астигматизмом, плотностью и радиусом роговицы [29–31].

По данным отечественных исследователей, использование быстрого режима (180 нДж, дистанция пятна 4,5 мкм) (О.В. Писаревская и соавт., 2016), применение низких энергий фемтосекундного лазера (А.В. Титов и соавт., 2018, 2019) позволяют достичь высокого рефракционного результата уже в первые сутки после операции с меньшим энергетическим воздействием на ткани роговицы. При этом отмечалась меньшая частота проявлений OBL, что способствовало более быстрому заживлению и восстановлению толщины роговицы в ранние сроки после оперативного вмешательства [32–34].

#### *Интраоперационные осложнения (феномены)*

Применение технологии SMILE может сопровождаться риском развития различных интраоперационных осложнений, которые могут встречаться на разных этапах выполнения процедуры [35–37]:

– потеря вакуума при проведении операции возможна из-за низкого уровня давления, недостаточного докинга (стыковки) и при движениях головы и глаза пациента, особенностях анатомического строения лицевого черепа [38], в таких ситуациях могут потребоваться перестыковка или переход на эксимерную абляцию;

– черные точки и зоны (black spots and areas) преимущественно возникают в результате попадания пузырьков воздуха и дебриса, избыточной влаги между роговицей пациента и линзой, которые могут вызвать образование спаек; хирургу необходимо очистить поверхность роговицы и контактной линзы ФСЛ [29–31];

– при возникновении непрозрачного пузырькового слоя (OBL) – накоплении и кратковременном помутнении кавитационных пузырьков – хирургу необходимо дождаться их исчезновения или провести аккуратный массаж интерфейса [29]. Осложнения – увеличение аберраций, снижение контрастной чувствительности;

– лентикулярная адгезия чаще всего возникает из-за расслоения лентикулы, неправильного разделения плоскостей; в данной ситуации может помочь интраоперационная оптическая когерентная томография; возможные осложнения – иррегулярная поверхность интерфейса, разрывы, остатки линзы, дефекты эпителия [39];

– остаточные лентикулы являются следствием трудного или вынужденного их иссечения и удаления (в данных условиях существует необходимость повторения процедуры или перехода на поверхностную абляцию, технологию circle pattern) [40]. Осложнения – иррегулярный астигматизм;

– боковые повреждения возникают в результате чрезмерных манипуляций и вынужденного удаления лентикулы [35–37]. Возможные осложнения – рубцевание стромы, иррегулярный астигматизм;

– осложнения в виде эпителиальных дефектов чаще всего сопровождают хирургическую травму, возможны при избыточной инстилляции местных анестетиков, грубых манипуляциях; необходима репаративная и трофическая терапия, в ряде случаев при наличии обширных дефектов накладывается мягкая контактная линза [35–37].

#### *Послеоперационные осложнения*

Имеются данные, что технология SMILE в сравнении с результатами после ФРК и LASIK менее инвазивна, соответственно более безопасна и способствует уменьшению риска развития синдрома «сухого глаза» [41–43] благодаря более быстрой регенерации суббазального нервного сплетения [44]. Однако развитие синдрома «сухого глаза» возможно и по ряду других причин. Доказано, что при слишком поверхностном формировании лентикулы увеличивается риск повреждения суббазального нервного сплетения. Таким образом, выбор оптимальной глубины для создания лентикулы является важным условием, которое необходимо соблюдать для предупреждения развития синдрома «сухого глаза» [44].

Операция SMILE предполагает наличие бокового вреза, в отличие от периферического клапана при LASIK. По результатам исследований биомеханическая сила роговицы больше в ее передней части стромы из-за более крепкой связки интраламеллярного коллагена, также в меньшей степени повреждаются периферические коллагеновые волокна. Все это обуславливает лучшее сохранение биомеханических свойств роговицы после операции по технологии SMILE [45]. Однако данных о развитии кератоконуса после операции SMILE недостаточно. Так, на 2017 г. на 750 тыс. операций выявлено 7 описанных случаев кератэктазии в послеоперационном периоде. При детальном изучении данных случаев обнаружены недостоверные данные кератотопограмм до операции и формирующийся кератоконус *Forme fruste* [46].

Индукцированные aberrации высшего порядка (Higher Order Aberrations – HOAs), как и сферические, менее выражены при операции по технологии SMILE [47]. Пациенты с широкими зрачками склонны испытывать наличие бликов, ореолов после LASIK в связи с увеличением сферических aberrаций. Таким образом, технология SMILE у данной категории пациентов может быть более предпочтительной.

### **Заключение**

Технология SMall Incision Lenticule Extraction, или SMILE, является одной из самых востребованных операций в мире в коррекции миопии, в ряде случаев с миопическим астигматизмом. Преимущества операции заключаются в минимальном поверхностном повреждении и сохранении биомеханических свойств роговицы, менее выраженном синдроме «сухого глаза», получении высоких функциональных результатов, сокращении сроков восстановления. Однако данная технология требует большого хирургического опыта для предотвращения возможных осложнений и получения высоких функциональных результатов.

### **Список литературы**

1. Holden B.A., Fricke T.R., Wilson D.A., Jong M., Naidoo K.S., Sankaridurg P., Wong T.Y., Naduvilath T.J., Resnikoff S. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*. 2016. vol. 123. no. 5. P. 1036–1042. DOI: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006.
2. Sun J., Zhou J., Zhao P., Lian J., Zhu H., Zhou Y., Sun Y., Wang Y., Zhao L., Wei Y., Wang L., Cun B., Ge S., Fan X. High prevalence of myopia and high myopia in 5060 Chinese university students in Shanghai. *J. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2012. vol. 53. no. 12. P. 7504–7509. DOI: 10.1167/iovs.11-8343.
3. Pan C.W., Dirani M., Cheng C.Y., Wong T.Y., Saw S.M. The age-specific prevalence of myopia in Asia: a meta-analysis. *Optom. Vis Sci.* 2015. vol. 92. no. 3. P. 258–66. DOI: 10.1097/OPX.0000000000000516.
4. Тарутта Е.П., Иомдина Е.Н., Тарасова Н.А., Маркосян Г.А., Максимова М.В. Комплексный подход к профилактике и лечению прогрессирующей миопии у школьников // РМЖ. Клиническая офтальмология. 2018. № 2. С. 70-76. DOI: 10.21689/2311-7729-2018-18-2-70-76.
5. Проскурина О.В., Маркова Е.Ю., Бржеский В.В., Ефимова Е.Л., Ефимова М.Н., Хватова Н.В., Слышалова Н.Н., Егорова А.В. Распространенность миопии у школьников некоторых регионов России // Офтальмология. 2018. Т.15. №3. С. 348–353. DOI: 10.18008/1816-5095-2018-3-348-353.



6. Костенев С.В., Черных В.В. Фемтосекундная лазерная хирургия. Новосибирск: Наука; 2012. 190 с., ил.
7. Мушкова И.А., Костенев С.В., Соболев Н.П., Гамидов Г.А. Сравнительный анализ коррекции миопического астигматизма по технологии SMILE с учетом и без учета циклоторсии // Офтальмохирургия. 2020. № 1. С. 18-25. DOI: 10.25276/0235-4160-2020-1-18-25.
8. Бойко Э.В., Коскин С.А., Пожарицкий М.Д., Овечкин И.Г. Сравнительная медико-техническая характеристика современных фемтосекундных лазерных систем // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2010. Т. 2. № 30. С. 220-222.
9. Sekundo W., Kunert K., Russmann C. First efficacy and safety study of femtosecond lenticule extraction for the correction of myopia: six-month results. J. Cataract Refract Surg. 2008. vol. 34. no. 9. P. 1513–1520. DOI: 10.1016/j.jcrs.2008.05.033.
10. Sekundo W., Kunert K.S., 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. vol. 95. no. 3. P. 335-339. DOI: 10.1136/bjo.2009.174284.
11. Reinstein D.Z. Small Incision Lenticule Extraction (SMILE) in 2015. US Ophthalmic Review. 2015. vol. 8. no. 1. P. 30–32. DOI: 10.17925/USOR.2015.8.1.30.
12. Ang M., Farook M., Htoon H.M., Mehta J.S. Randomized Clinical Trial Comparing Femtosecond LASIK and Small-Incision Lenticule Extraction. Ophthalmology. 2020. vol. 127. no. 6. P. 724-730. DOI: 10.1016/j.ophtha.2019.09.006.
13. Li M., Chen Y., Miao H., Yang D., Ni K., Zhou X. Five-year results of small incision lenticule extraction (SMILE) and femtosecond laser LASIK (FS-LASIK) for myopia. Acta Ophthalmol. 2019. vol. 97. no. 3. P. 373-380. DOI: 10.1111/aos.14017.
14. VisuMax Femtosecond Laser. Small Incision Lenticule Extraction (SMILE) procedure for the correction of myopia: professional use information. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.accessdata.fda.gov/cdrh\\_docs/pdf15/P150040D.pdf](https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf15/P150040D.pdf). (дата обращения: 12.02.2021).
15. Santhiago M.R. Percent tissue altered and corneal ectasia. Curr Opin Ophthalmol. 2016. vol. 27. no. 4. P. 311–315. DOI: 10.1097/ICU.0000000000000276.
16. Kim B.K., Mun S.J., Lee D.G., Choi H.T., Chung Y.T. Chung's swing technique: a new technique for small-incision lenticule extraction. BMC Ophthalmol. 2016. vol. 16. no. 1. P. 154. DOI: 10.1186/s12886-016-0321-2.
17. Zhao Y., Li M., Yao P., et al. Development of the continuous curvilinear lenticulerrhexis technique for small incision lenticule extraction. J. Refract Surg. 2015. vol. 31. no. 1. P. 16–21. DOI: 10.3928/1081597X-20141218-02.

18. Ganesh S., Brar S. Lenticuloschisis: A “No Dissection” Technique for Lenticule Extraction in Small Incision Lenticule Extraction. *J Refract Surg.* 2017. vol. 33. no. 8. P. 563–566. DOI: 10.2147/OPHTH.S157172.
19. Liu T., Zhu X., Chen K., Bai J. Visual outcomes after balanced salt solution infiltration during lenticule separation in small-incision lenticule extraction for myopic astigmatism. *Medicine.* 2017. vol. 96. no. 30. e 7409. DOI: 10.1097/MD.00000000000007409.
20. Ng A.L.K., Cheng G.P.M., Woo V.C.P., Jhanji V., Chan T.C.Y., Alk N., Vcp W. Comparing a new hydroexpression technique with conventional forceps method for SMILE lenticule removal. *Br J. Ophthalmol.* 2018. vol. 102. no. 8. P.1122-1126. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2017-310993.
21. Hamed A., Fekry A. Refractive small-incision lenticule extraction: Push-up and push-down techniques. *J. Cataract Refract Surg.* 2016. vol. 42. no. 12. P. 1713–1715. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.11.003.
22. Sharma N., Urkude J., Chaniyara M., Titiyal J.S. Microscope-integrated intraoperative optical coherence tomography-guided small-incision lenticule extraction: New surgical technique. *J. Cataract Refract Surg.* 2017. vol. 43. no. 10. P. 1245–1250. DOI: 10.1016/j.jcrs.2017.10.015.
23. Jacob S., Agarwal A., Mazzotta C., Agarwal A., Raj J.M. Sequential segmental terminal lenticular side-cut dissection for safe and effective small-incision lenticule extraction in thin lenticules. *J. Cataract Refract Surg.* 2017. vol. 43. no. 4. P. 443–448. DOI: 10.1016/j.jcrs.2017.04.002.
24. Donate D., Thaeron R. Lower energy levels improve visual recovery in small incision lenticule extraction (SMILE). *J. Refract Surg.* 2016. vol. 32. P. 636–642. DOI: 10.3928/1081597X-20160602-01.
25. Ji Y.W., Kim M., Kang D.S.Y., Reinstein D.Z., Archer T.J., Choi J.Y., Kim E.K., Lee H.K., Seo K.Y., Kim T.I. Lower laser energy levels lead to better visual recovery after small-incision lenticule extraction: prospective randomized clinical trial. *Am J. Ophthalmol.* 2017. vol. 179. P. 159-170. DOI: 10.1007/s00417-018-4074-x.
26. Li L., Schallhorn J.M., Ma J., Cui T., Wang Y. Energy setting and visual outcomes in SMILE: a retrospective cohort study. *J. Refract Surg.* 2018. vol. 34. P. 11–16. DOI: 10.3928/1081597X-20171115-01.
27. Kunert K.S., Blum M., Duncker G.I., Sietmann R., Heichel J. Surface quality of human corneal lenticules after femtosecond laser surgery for myopia comparing different laser parameters. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2011. vol. 249. P. 1417–1424. DOI: 10.1007/s00417-010-1578-4.
28. Ji Y.W., Kim M., Kang D.S.Y., Reinstein D.Z., Archer T.J., Choi J.Y., Kim E.K., Lee H.K., Seo K.Y., Kim T.I. Effect of lowering laser energy on the surface roughness of human corneal

- lenticules in SMILE. *J. Refract Surg.* 2017. vol. 33. P. 617–624. DOI: 10.3928/1081597X-20170620-02.
29. Son G., Lee J., Jang C., Choi K.Y., Cho B.J., Lim T.H. Possible risk factors and clinical effects of opaque bubble layer in small incision lenticule extraction (SMILE). *J. Refract Surg.* 2017. vol. 33. P. 24–29. DOI: 10.3928/1081597X-20161006-06.
30. Ma J., Wang Y., Chan T.C.Y. Possible risk factors and clinical outcomes of black areas in small-incision lenticule extraction. *Cornea.* 2018. vol. 37. P. 1035–1041. DOI: 10.1097/ICO.0000000000001649.
31. Lin L., Weng S., Liu F., Lin H., Xu J., Xie Y., Liu Q. Development of low laser energy levels in small-incision lenticule extraction: clinical results, black area, and ultrastructural evaluation. *J. Cataract Refract Surg.* 2020. vol. 46. no. 3. P. 410-418. DOI: 10.1097/j.jcrs.0000000000000071.
32. Писаревская О.В., Щуко А.Г., Юрьева Т.Н., Ивлева Е.П., Фролова Т.Н. Влияние изменения параметров энергии на рефракционный эффект операции SMILE // *Современные технологии в офтальмологии.* 2016. № 5. С. 173-175.
33. Титов А.В., Мирсаитова Д.Р. Влияние снижения фемтосекундной лазерной энергии на исход операции по технологии SMILE // *Современные технологии в офтальмологии.* 2019. № 6. С. 128-133. DOI: 10.25276/2312-4911-2019-6-128-133.
34. Титов А.В., Головатенко С.П., Мирсаитова Д.Р. Результаты применения модифицированной техники выполнения RELEX® SMILE в коррекции миопии // *Современные технологии в офтальмологии.* 2018. № 5. С. 240-242. DOI: 10.25276/2312-4911-2018-5-240-242.
35. Titiyal J.S., Kaur M., Rathi A., et al. Learning Curve of Small Incision Lenticule Extraction: Challenges and Complications. *Cornea.* 2017. vol. 36. no. 11. P. 1377–1382. DOI: 10.1097/ICO.0000000000001323.
36. Ivarsen A., Asp S., Hjortdal J. Safety and complications of more than 1500 small-incision lenticule extraction procedures. *Ophthalmology.* 2014. vol. 121. no. 4. P. 822–828. DOI: 10.1016/j.ophtha.2013.11.006.
37. Ramirez-Miranda A., Ramirez-Luquin T., Navas A., Graue-Hernandez E.O. Refractive Lenticule Extraction Complications. *Cornea.* 2015. vol. 34. no. 10. P. 65–67. DOI: 10.1097/ico.0000000000000569.
38. Wong C.W., Chan C., Tan D., Mehta J.S. Incidence and management of suction loss in refractive lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg.* 2014. vol. 40. no. 2. P. 2002–2010. DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.04.031.

39. Shetty R., Negalur N., Shroff R., Deshpande K., Jayadev C. Cap Lenticular Adhesion During Small Incision Lenticular Extraction Surgery: Causative Factors and Outcomes. *Asia Pac J Ophthalmol.* 2017. vol. 6. no. 3. P. 233–237. DOI: 10.22608/APO.201619.
40. Jacob S., Agarwal A. White Ring Sign and Sequential Segmental Terminal Lenticular Side Cut Dissection for Uneventful and Complete Lenticular Extraction in SMILE. *J. Refract Surg.* 2018. vol. 34. no. 2. P. 140–141. DOI: 10.3928/1081597X-20171222-01.
41. Панова И.Е., Титов А.В., Мирсаитова Д.Р. Результаты применения препарата на основе Трегалозы после лазерных кераторефракционных операций // *Вестник офтальмологии.* 2020. Т. 136. № 4. С. 110–116. DOI: 10.17116/oftalma2019135021104.
42. Панова И.Е., Титов А.В., Мирсаитова Д.Р. Слезозаместительная терапия в медикаментозном сопровождении пациентов после кераторефракционной операции Femto-LASIK // *Офтальмология.* 2020. Т. 17. № 2. С. 274-280. DOI: 10.18008/1816-5095-2020-2-274-280.
43. Панова И.Е., Титов А.В., Головатенко С.П., Мирсаитова Д.Р., Лещик О.П., Погосян М.А. Применение препарата Теалоз в коррекции синдрома сухого глаза после кераторефракционных операций // *Вестник офтальмологии.* 2019. Т. 135. № 2. С. 113-121. DOI: 10.17116/oftalma2020136041110.
44. Kobashi H., Kamiya K., Shimizu K. Dry Eye After Small Incision Lenticule Extraction and Femtosecond Laser-Assisted LASIK: MetaAnalysis. *Cornea.* 2017. vol. 36. no. 1. P. 85–91. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000999.
45. Shetty R., Francis M., Shroff R., et al. Corneal Biomechanical Changes and Tissue Remodeling After SMILE and LASIK. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2017. vol. 58. no. 13. P. 5703-5712. DOI: 10.1167/iovs.17-22864.
46. Moshirfar M., Albarracin J.C., Desautels J.D., Birdsong O.C., Linn S.H., Hoopes P.C.Sr., et al. Ectasia following small-incision lenticule extraction (SMILE): A review of the literature. *Clin. Ophthalmol.* 2017. vol. 11. P. 1683-1688. DOI: 10.2147/OPTH.S147011.
47. Gyldenkerne A., Ivarsen A., Hjortdal J. Comparison of corneal shape changes and aberrations induced by FS-LASIK and SMILE for myopia. *J. Refract Surg.* 2015. vol. 31. no. 4. P. 223–229. DOI: 10.3928/1081597X-20150303-01.