



New Day in Medicine
Новый День в Медицине

NDM

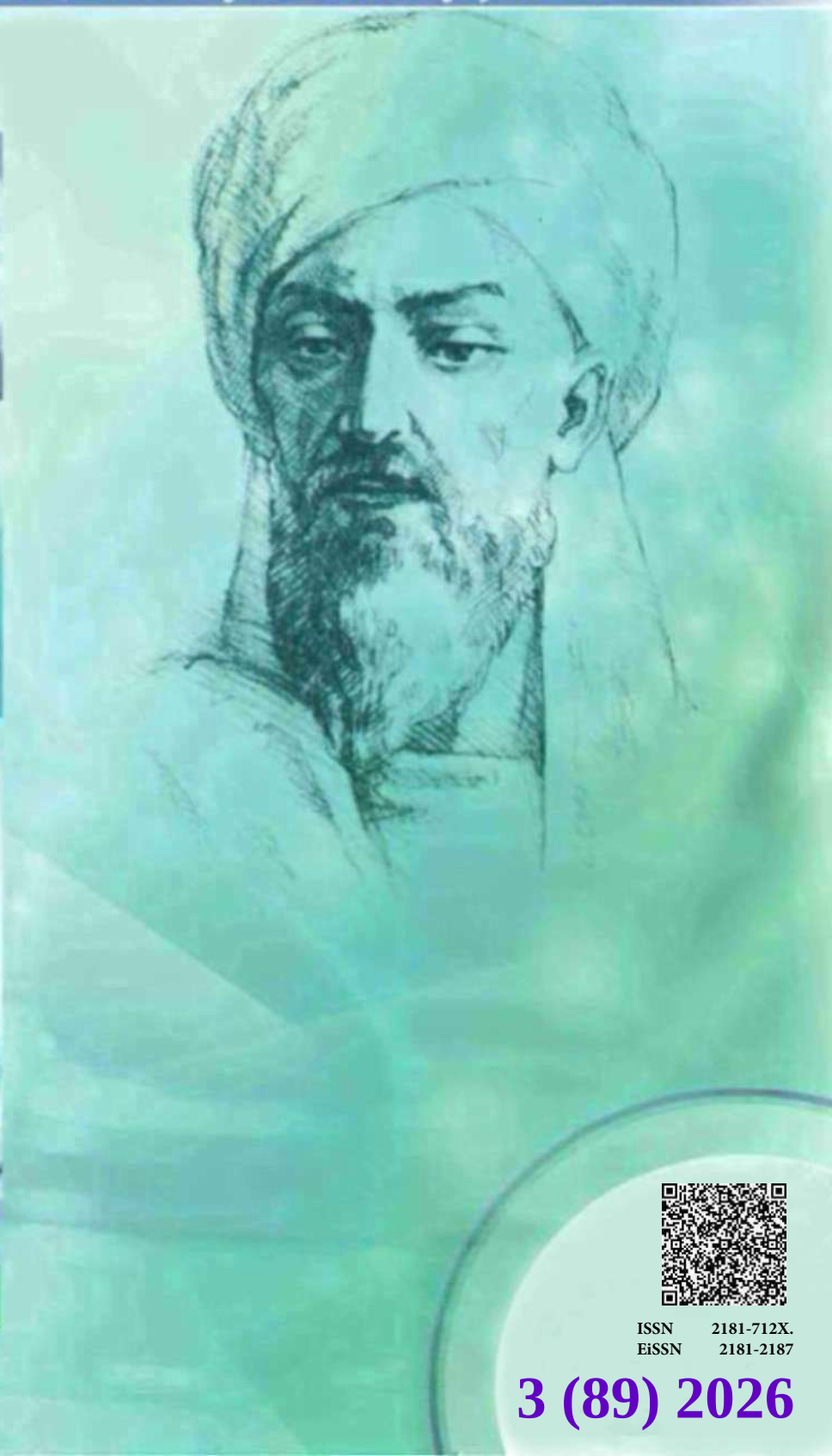


TIBBIYOTDA YANGI KUN

Ilmiy referativ, marifiy-ma'naviy jurnal



AVICENNA-MED.UZ



ISSN 2181-712X.
EISSN 2181-2187

3 (89) 2026

Сопредседатели редакционной коллегии:

**Ш. Ж. ТЕШАЕВ,
А. Ш. РЕВИШВИЛИ**

Ред. коллегия:
М.И. АБДУЛЛАЕВ
А.А. АБДУМАЖИДОВ
Р.Б. АБДУЛЛАЕВ
Л.М. АБДУЛЛАЕВА
А.Ш. АБДУМАЖИДОВ
М.А. АБДУЛЛАЕВА
Х.А. АБДУМАДЖИДОВ
Б.З. АБДУСАМАТОВ
У.О. АБИДОВ
М.М. АКБАРОВ
Х.А. АКИЛОВ
М.М. АЛИЕВ
С.Ж. АМИНОВ
Ш.Э. АМОНОВ
Ш.М. АХМЕДОВ
Ю.М. АХМЕДОВ
С.М. АХМЕДОВА
Т.А. АСКАРОВ
М.А. АРТИКОВА
Д.Т. АШУРОВА
Ж.Б. БЕКНАЗАРОВ (главный редактор)
Е.А. БЕРДИЕВ
Б.Т. БУЗРУКОВ
Р.К. ДАДАБАЕВА
М.Н. ДАМИНОВА
К.А. ДЕХКОНОВ
Э.С. ДЖУМАБАЕВ
А.А. ДЖАЛИЛОВ
Н.Н. ЗОЛотова
А.Ш. ИНОЯТОВ
С. ИНДАМИНОВ
А.И. ИСКАНДАРОВ
А.С. ИЛЪЯСОВ
Э.Э. КОБИЛОВ
А.М. МАННАНОВ
Д.М. МУСАЕВА
Т.С. МУСАЕВ
М.Р. МИРЗОЕВА
Ф.Г. НАЗИРОВ
Н.А. НУРАЛИЕВА
Ф.С. ОРИПОВ
Б.Т. РАХИМОВ
Х.А. РАСУЛОВ
Ш.И. РУЗИЕВ
С.А. РУЗИБОЕВ
С.А. ГАФФОРОВ
С.Т. ШАТМАНОВ (Кыргызстан)
Ж.Б. САТТАРОВ
Б.Б. САФОВ (отв. редактор)
И.А. САТИВАЛДИЕВА
Ш.Т. САЛИМОВ
Д.И. ТУКСАНОВА
М.М. ТАДЖИЕВ
А.Ж. ХАМРАЕВ
Б.Б. ХАСАНОВ
Д.А. ХАСАНОВА
Б.З. ХАМДАМОВ
Э.Б. ХАККУЛОВ
Г.С. ХОДЖИЕВА
А.М. ШАМСИЕВ
А.К. ШАДМАНОВ
Н.Ж. ЭРМАТОВ
Б.Б. ЕРГАШЕВ
Н.Ш. ЕРГАШЕВ
И.Р. ЮЛДАШЕВ
Д.Х. ЮЛДАШЕВА
А.С. ЮСУПОВ
Ш.Ш. ЯРИКУЛОВ
М.Ш. ХАКИМОВ
Д.О. ИВАНОВ (Россия)
К.А. ЕГЕЗАРЯН (Россия)
DONG JINCHENG (Китай)
КУЗАКОВ В.Е. (Россия)
Я. МЕЙЕРНИК (Словакия)
В.А. МИТИШ (Россия)
В.И. ПРИМАКОВ (Беларусь)
О.В. ПЕШИКОВ (Россия)
А.А. ПОТАПОВ (Россия)
А.А. ТЕПЛОВ (Россия)
Т.Ш. ШАРМАНОВ (Казахстан)
А.А. ЩЕГОЛОВ (Россия)
С.Н. ГУСЕЙНОВА (Азербайджан)
Prof. Dr. KURBANHAN MUSLUMOV (Azerbaijan)
Prof. Dr. DENIZ UYAK (Germany)

ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН НОВЫЙ ДЕНЬ В МЕДИЦИНЕ NEW DAY IN MEDICINE

*Илмий-рефератив, маънавий-маърифий журнал
Научно-реферативный,
духовно-просветительский журнал*

УЧРЕДИТЕЛИ:

**БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ
ООО «ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН»**

Национальный медицинский
исследовательский центр хирургии имени
А.В. Вишневского является генеральным
научно-практическим
консультантом редакции

Журнал был включен в список журнальных
изданий, рецензируемых Высшей
Аттестационной Комиссией
Республики Узбекистан
(Протокол № 201/03 от 30.12.2013 г.)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

М.М. АБДУРАХМАНОВ (Бухара)
Г.Ж. ЖАРЫЛКАСЫНОВА (Бухара)
А.Ш. ИНОЯТОВ (Ташкент)
Г.А. ИХТИЁРОВА (Бухара)
Ш.И. КАРИМОВ (Ташкент)
У.К. КАЮМОВ (Тошкент)
Ш.И. НАВРУЗОВА (Бухара)
А.А. НОСИРОВ (Ташкент)
А.Р. ОБЛОКУЛОВ (Бухара)
Б.Т. ОДИЛОВА (Ташкент)
Ш.Т. УРАКОВ (Бухара)

3 (89)

2026 *март*

www.bsmi.uz
https://newdaymedicine.com
E: ndmuz@mail.ru
Тел: +99890 8061882

Received: 20.02.2026, Accepted: 06.03.2026, Published: 10.03.2026

УДК 617.753.1+617.753.2

РЕФРАКЦИОННАЯ РЕГРЕССИЯ ПОСЛЕ LASIK

(Литературный обзор)

Муханов Шавкат Абдувалиевич, <https://orcid.org/0000-0003-1312-956X>
Мубаракова Комила Абдуvasитовна, <https://orcid.org/0000-0001-9284-8399>

Офтальмологической клиники SIHAT KO'Z 100093, Республика Узбекистан, город Ташкент,
Юнусабад 4-квартал, ул. А. Дониш, 1а. E-mail: info@sihatkoz.uz Тел: +998 71 2241313; +998 97 9091313

✓ Резюме

Некорригированные рефракционные аномалии являются одной из ведущих причин снижения зрения во всём мире. LASIK — широко применяемый и эффективный метод лазерной коррекции, обеспечивающий быстрое восстановление зрения, высокий уровень безопасности и предсказуемые результаты, что значительно улучшает качество жизни пациентов. Однако развитие послеоперационной рефракционной регрессии остаётся важной проблемой, способной снижать долгосрочную стабильность результатов и зрительные функции после LASIK.

Ключевые слова: лазерная коррекция зрения, LASIK, рефракционные аномалии, миопия, гиперметропия, регресс

LASIKDAN SO'NG REFRAKSION REGRESSIYA

(Adabiyot sharhi)

Muxanov Shavkat Abduvaliyevich, <https://orcid.org/0000-0003-1312-956X>
Mubarakova Komila Abduvasitovna, <https://orcid.org/0000-0001-9284-8399>

SIHAT KO'Z Oftalmologiya klinikasi 100093, O'zbekiston Respublikasi, Toshkent shahri, Yunusobod tumani, 4-mavze, A. Donish ko'chasi, 1a. E-mail: info@sihatkoz.uz Tel.: +998 71 2241313; +998 97 9091313

✓ Rezyume

Refraksion anomaliyalar dunyo bo'yicha ko'rish o'tkirligining pasayishiga olib keluvchi asosiy sabablaridan biridir. LASIK usuli yuqori samaradorlik, ko'rish o'tkirligining tez tiklanishi va xavfsizlik profili bilan ajralib turadi hamda bemorlarning hayot sifatini sezilarli yaxshilaydi. Shunga qaramay, operatsiyadan keyingi refraksion regressiya LASIK natijalarining uzoq muddatli barqarorligiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Kalit so'zlar: lazer ko'rish korreksiyasi, LASIK, refraksion anomaliyalar, miyopiya, gipermetropiya, regressiya.

REFRACTIVE REGRESSION AFTER LASIK

Mukhanov Shavkat Abduvaliyevich, <https://orcid.org/0000-0003-1312-956X>
Mubarakova Komila Abduvasitovna, <https://orcid.org/0000-0001-9284-8399>

Ophthalmology clinic SIHAT KO'Z 100093, Uzbekistan, Tashkent, Yunusabad District, 4, Akhmad Donish St., 1a. E-mail: info@sihatkoz.uz Tel.: +998 71 2241313; +998 97 9091313

✓ Resume

Uncorrected refractive errors remain one of the leading causes of visual impairment worldwide. LASIK is a widely used and effective refractive procedure, offering rapid visual recovery, a favorable safety profile, and high patient satisfaction with improved quality of life. However, postoperative refractive regression remains a significant challenge, potentially compromising the long-term stability and predictability of LASIK outcomes.

Key words: laser vision correction, LASIK, refractive errors, myopia, hyperopia, regression

Цель: провести обзор механизмов, факторов риска, клинического течения и современных подходов к ведению рефракционной регрессии после LASIK.

Актуальность

Регрессия рефракционного эффекта после любой кераторефракционной процедуры характеризуется тенденцией глаза возвращаться к исходной рефракции после периода, когда была достигнута желаемая коррекция зрения [1-5]. В литературе нет единого определения регрессии: традиционно её описывают как сдвиг в остаточной миопии или гиперметропии на 0,25 диоптрии (Д) и более, зарегистрированный между контрольными визитами. Важно отметить, что регрессия обусловлена изменениями на уровне роговицы, а не связана с изменениями хрусталика или осевой длины глаза.

Точная частота возникновения регрессии остаётся трудноопределимой из-за разницы в критериях определения, методах исследования и сроках наблюдения, что затрудняет сравнение результатов различных работ. Кроме того, часто встречается смещение выборки, когда в исследования включают лишь пациентов, нуждающихся в повторном лечении после LASIK, что приводит к заниженной оценке реальной частоты регрессии. Тем не менее, можно предположить, что показатели повторных вмешательств отражают число пациентов с клинически значимой регрессией.

По данным исследований, частота рефракционной регрессии после гиперметропического LASIK составляет примерно 30% в течение первого года после операции [1, 20, 29]. Для миопического LASIK показатели варьируют от 5,5 до 27,7% [2, 6, 15], при этом регрессия наблюдается примерно у 10% пациентов с низкой и средней миопией и у 30% с высокой миопией [5, 7, 14, 16, 27]. Два десятилетия назад сообщалось, что у 63% пациентов с высокой миопией (более -6 Д) регрессия в пределах 1 Д или меньше фиксировалась через 4–6 месяцев после операции [13]. Десять лет назад Chen и соавторы сообщили о 21% риске миопической регрессии через 6 месяцев после LASIK у пациентов со средним риском [6]. С развитием технологий наблюдается значительное улучшение стабильности и предсказуемости рефракционного результата: так, Stulting и коллеги отметили, что 94,8% пациентов были в пределах $\pm 0,50$ Д от плана через 12 месяцев после топографически-направленной индивидуальной абляции при миопическом LASIK [26].

Механизмы развития регрессии

LASIK у пациентов с миопией. Механизм, вызывающий регрессию после миопического LASIK, до сих пор полностью не выяснен. Считается, что в этом процессе участвуют различные факторы. Поскольку роговичная строма остаётся прозрачной после операции, а изменения в рефракции происходят постепенно, учёные предположили, что ключевую роль играет эпителий роговицы.

В одном из первых исследований Chayet и коллеги изучали 47 глаз после миопического LASIK в течение трёх месяцев и выявили постепенное утолщение центральной части роговицы у пациентов с регрессией [5]. Они предположили, что увеличение толщины эпителия приводит к смещению рефракции в сторону миопии, считая гиперплазию эпителия основным фактором регрессии [5].

Однако последующие исследования показали, что у пациентов с выраженной регрессией толщина роговицы изменяется лишь незначительно [14]. Более того, увеличение толщины эпителия после операции отмечается у большинства пациентов, независимо от наличия регрессии [19]. Это указывает на то, что утолщение эпителия является типичной реакцией после LASIK, но его связь с регрессией далеко не однозначна.

Идея о том, что роговица — это сложная биологическая структура, а не просто инертный материал, привела к гипотезе о биомеханических изменениях после лазерной коррекции, которые могут влиять на форму и толщину эпителия даже вне зоны обработки [20].

Применение высокочастотного ультразвука и оптической когерентной томографии позволило детальнее изучить эти биомеханические изменения. Так, исследование Reinstein и коллег выявило, что эпителий после LASIK утолщается в виде линзы — с максимальной толщиной в

центре и постепенным уменьшением к периферии. Этот характер утолщения может частично объяснять миопический сдвиг [21, 22].

Тем не менее, в последующие месяцы после операции толщина эпителия стабилизировалась, а рефракция продолжала изменяться, что указывает на участие дополнительных факторов. Исследование Kanelloropoulos и Asimellis показало другой характер утолщения — в форме отрицательной линзы с большей толщиной эпителия в средней периферии, чем в центре [23].

Таким образом, роль ремоделирования эпителия в регрессии пока остаётся спорной и требует дальнейшего изучения в совокупности с другими биомеханическими изменениями роговицы.

Другой возможный фактор регрессии — это смещение вперёд как передней, так и задней поверхностей роговицы после миопического LASIK [19, 24-26]. Исследования показали, что LASIK снижает прочность роговицы на 14–33%, в зависимости от толщины сформированного лоскута [25]. Ослабленная роговица может под действием внутриглазного давления выпячиваться вперёд.

Оценить смещение передней поверхности сложно, поскольку она изменяется во время операции, но есть доказательства, что задняя поверхность роговицы смещается вперёд. Например, исследования с помощью Orbscan и оптической когерентной томографии показали небольшое, но статистически значимое переднее смещение задней поверхности роговицы в течение года после операции [27].

Если задняя поверхность роговицы смещается вперёд, а её толщина не меняется, то, согласно принципу Гульстранда, должна происходить и передняя выпуклость, что приводит к увеличению положительной рефракционной силы и может объяснять регрессию.

LASIK у пациентов с гиперметропией. Механизмы регрессии после гиперметропического LASIK, как и при миопической коррекции, связывают с перестройкой эпителия роговицы. Исследования показали, что спустя несколько месяцев после операции в парацентральной зоне эпителий утолщается, а в центре — истончается [28]. Такая реакция может быть компенсаторной и направленной на сглаживание резкого изменения кривизны роговицы, которое создаётся для формирования необходимого оптического профиля. В результате это частично снижает достигнутый эффект коррекции.

Считается, что расширение оптической зоны может уменьшить выраженность регрессии, смещая зоны эпителиального ответа на периферию [29, 30].

Кроме того, обсуждается и роль биомеханических факторов. При гиперметропическом LASIK нарушается структура глубоких слоёв стромы, что ослабляет механическую прочность роговицы и может способствовать её центральному уплощению. Непрямая поддержка этой гипотезы получена при сравнении пациентов, перенёсших LASIK с применением кроссликинга и без него: в группе без укрепления роговицы чаще отмечалась кератометрическая регрессия [31-36].

Таким образом, регрессия после гиперметропического LASIK, вероятно, обусловлена как эпителиальными, так и биомеханическими изменениями.

Факторы риска: факторы, влияющие на регрессию

Факторы, связанные с пациентом

Предоперационная рефракция

Хорошо известно, что регрессия миопии усиливается при более высоких степенях коррекции [10,15,37]. LASIK демонстрирует хорошую предсказуемость при слабой и средней степени миопии менее – 6,0 D. В ходе 6-летнего наблюдения у пациентов со миопической рефракцией в среднем –13,65 D только в 46% случаев после операции рефракция находилась в пределах $\pm 1,0$ D от запланированной коррекции [38].

Magallanes провёл двухлетнее исследование у пациентов с высокой степенью миопической рефракции [14]. Учёные наблюдали регресс кривизны роговицы у пациентов с показателями свыше 15 дптр.

Аналогично, рефракционный сдвиг после гиперметропического LASIK часто наблюдается при высоких степенях коррекции. Как правило, LASIK применяется для коррекции гиперметропии до 3–4 D [31, 39-42]. В 5-летнем исследовании гиперметропического LASIK, проведённом Jaussok и соавт., было установлено, что 22 из 31 глаза (71%) находились в пределах $\pm 1,00$ D от запланированной коррекции при лечении в диапазоне от +1,0 до +3,0 D [39]. Однако при более высоких степенях коррекции (+3,5 до +6,0 D) предсказуемость была

значительно ниже — только 37,5% глаз находились в пределах $\pm 1,00$ D от запланированной коррекции через 5 лет.

Возраст

С возрастом происходит естественный процесс кросслинкинга, который приводит к повышению жёсткости роговицы. Учитывая данные о том, что CXL укрепляет роговицу и тем самым снижает риск регрессии [43-46], можно было бы ожидать, что увеличение возраста связано с уменьшением вероятности регрессии.

Однако сообщается, что более старший возраст ассоциируется с повышенным риском повторного вмешательства по поводу остаточной рефракционной ошибки после LASIK [12,47,48]. В ретроспективном исследовании факторов риска повторной коррекции после LASIK, включавшем 2485 глаз, Hersh и соавт. выявили значительно более высокую частоту повторных вмешательств по поводу остаточной рефракционной ошибки у пациентов старше 40 лет [47]. Примечательно, что различий в величине предоперационной рефракционной ошибки между пациентами старше 40 лет и более молодыми пациентами обнаружено не было.

Аналогично, в другом исследовании Kruh и соавт. сообщили о частоте повторного лечения до 25% в возрастной группе старше 60 лет после миопического LASIK [48].

Тем не менее возможно, что у пожилых пациентов более высокая частота повторных вмешательств связана с более консервативной тактикой лечения, учитывающей ожидаемую физиологическую потерю аккомодации в данной возрастной группе. Следовательно, увеличение частоты повторных процедур с возрастом, вероятно, чаще связано с гипокоррекцией, а не с истинной регрессией.

Хронический синдром сухого глаза

Ещё один важный фактор — хронический синдром сухого глаза. Наблюдения показывают, что у пациентов с выраженной сухостью глаз вероятность регрессии после LASIK существенно выше [11]. В одном исследовании частота регрессии у таких пациентов достигала 27% против 7% у тех, кто не имел подобных симптомов. При гиперметропической коррекции сходная тенденция сохраняется: до 50% пациентов с сухостью глаз сталкиваются с регрессией в течение первого года после операции [6].

Механический микрокератом против фемтосекундного лазера.

Фемтосекундный лазер формирует более ровные и однородные лоскуты роговицы, в то время как микрокератом создаёт лоскут с более толстой периферией и тонкой центральной зоной. Такая неоднородность может вызывать гиперплазию эпителия и более крутой центральный радиус кривизны, что объясняет более высокие показатели регрессии при использовании микрокератома [49]. В проспективном исследовании 102 глаз через 3 месяца после операции группа микрокератома имела более миопичный средний показатель рефракции по сравнению с группой фемтосекундного лазера. Метаанализ 15 исследований с 3679 глаз показал тенденцию к лучшей предсказуемости при использовании фемтосекундного лазера, хотя статистической значимости достигнуто не было. В гиперметропической коррекции фемтосекундный лазер демонстрирует более стабильные и лучшие результаты [51].

Изученные исследование, свидетельствующие о том, что формирование роговичного лоскута с помощью фемтосекундного лазера обеспечивает более предсказуемые показатели при гиперметропическом LASIK [52, 53].

В ретроспективном анализе, включавшей 125 глаз, сравнивались результаты формирования лоскута при помощи фемтосекундного лазера и механического микрокератома у пациентов с лёгкой и умеренной гиперметропией [53]. Авторы выявили статистически и клинически значимо лучшие рефракционные результаты, и большую стабильность в группе фемтосекундного лазера.

Через 6 месяцев группа микрокератома имела гиперметропический сдвиг на 0,40 D больше по сравнению с группой фемтосекундного лазера.

Толщина остаточного стромального слоя и лоскута.

Толщина остаточного стромального слоя является важным фактором при предоперационном планировании, особенно для профилактики пост-LASIK эктазии. Ранние проявления эктазии действительно могут имитировать регрессию, поэтому своевременное распознавание истинной эктазии, особенно при планировании повторного вмешательства, имеет решающее значение. К

факторам риска пост-LASIK эктазии относятся патологические предоперационные топографические показатели роговицы, малая толщина остаточного стромального ложа, молодой возраст (до 30 лет) и высокая степень миопии [54]. В частности, толщина остаточного стромального ложа менее 250 мкм, хотя и не является абсолютной гарантией безопасности, в целом считается минимально допустимым показателем для безопасного выполнения LASIK [54].

Более тонкое остаточное стромальное ложе связано с повышенным риском регрессии. Однако на сегодняшний день не установлен чёткий минимальный порог, который бы гарантированно предотвращал развитие регрессии. Предполагается, что меньшая толщина остаточного стромального ложа способствует более выраженному выпячиванию роговицы, что, в свою очередь, приводит к большей степени регрессии после миопического LASIK [45, 54]. Miyata и соавт. в исследовании с 1-месячным наблюдением 164 глаз после миопического LASIK установили, что даже при сохранении толщины остаточного стромального ложа 300 мкм и более возможно переднее выбухание роговицы после операции [54]. В долгосрочном исследовании 379 глаз с оценкой взаимосвязи между регрессией и толщиной остаточного ложа через 10 лет после миопического LASIK Ogasawara и соавт. выявили значительно более высокую частоту миопической регрессии в случаях с толщиной ложа менее 350 мкм по сравнению с глазами, где толщина составляла 350 мкм и более [45].

Более тонкий роговичный лоскут позволяет сохранить большую толщину остаточного стромального ложа при одинаковом объёме коррекции. Ранее исследования с использованием микрокератома показали, что более тонкие лоскуты ассоциируются с лучшими рефракционными результатами, поскольку обеспечивают сохранение более толстого остаточного стромального ложа [34]. В рандомизированном исследовании на парных глазах, включавшем 200 глаз, Wong и соавт. сравнили результаты LASIK при формировании лоскута толщиной 100 и 120 мкм с использованием фемтосекундного лазера 150 кГц [20]. Авторы не выявили различий в рефракционных результатах между группами и отметили, что рефракционная стабильность достигалась уже через 1 неделю после операции в обеих группах.

Аналогичные результаты были получены в исследовании Lim и соавт., где сравнивались зрительные исходы при формировании лоскутов толщиной 80 и 120 мкм с использованием фемтосекундного лазера [41].

Оптическая зона абляции.

Большая оптическая зона (ОЗ) часто предпочтительна в рефракционной хирургии. Однако при выборе большей ОЗ для коррекции одинаковой величины аметропии абляции подвергается больший объём роговичной ткани.

Рефракционный хирург может выбрать относительно небольшую ОЗ, чтобы сохранить ткань и обеспечить достаточную толщину остаточного стромального ложа у пациентов с высокой степенью коррекции или при тонкой роговице. Существуют данные, указывающие на то, что меньшая зона абляции ассоциирована с более выраженным регрессом после миопического LASIK [9, 42]. Chen и соавт. провели ретроспективное когортное исследование 615 глаз, перенёвших LASIK, с наблюдением в течение 12 месяцев [9]. Они выявили, что глаза с меньшей оптической зоной (диаметр < 6,0 мм) имели более высокую вероятность развития регресса по сравнению с глазами с большей ОЗ (диаметр $\geq 6,0$ мм) через 12 месяцев наблюдения.

Клиническое течение

Миопический LASIK. После 50 лет у пациентов нередко наблюдается естественное смещение рефракции в сторону миопии, обусловленное ядерным склерозом хрусталика [34, 25]. Однако в многоцентровых исследованиях после LASIK существенных изменений кератометрии не выявлено, что указывает на возможное участие других механизмов, включая удлинение оси глаза, утолщение эпителия и изменения в хрусталике [36].

Современные данные свидетельствуют о снижении скорости регрессии со временем [47]. Стабильность рефракции, как правило, достигается через 3–6 месяцев после операции, что совпадает с периодом стабилизации эпителиальной толщины. Новые технологии, включая топоориентированную абляцию, обеспечивают высокую предсказуемость результатов (до 94,8% в пределах $\pm 0,5$ D через 1 год) [27, 28].

Долгосрочные наблюдения (до 10–15 лет) показывают постепенное снижение скорости регрессии до $\approx 0,05$ D/год, однако она может сохраняться даже спустя 15 лет. При высокой

миопии (>15 D) стабилизация достигается медленнее и менее предсказуема, что подтверждает длительно продолжающийся характер регрессионных изменений [49, 16].

Гиперметропический LASIK. Оценка стабильности после гиперметропической коррекции должна учитывать физиологическое возрастное смещение в сторону гиперметропии до 50 лет, за которым может следовать миопизация. Однако полученные в ряде исследований данные демонстрируют гиперметропические смещения, превышающие ожидаемые возрастные изменения. Так, в 5-летнем исследовании было зафиксировано среднее изменение $+0,53$ D, что почти вдвое превышает норму [17-19]. При этом кератометрия оставалась стабильной, что позволяет предполагать влияние хрусталиковых факторов, включая неполную коррекцию латентной гиперметропии.

В ряде работ (например, de Ortueta и соавт.) регрессии не наблюдалось в течение 3 лет после гиперметропического LASIK, что свидетельствует о возможной стабильности при умеренных степенях гиперметропии [11].

Тем не менее, по данным других исследований, в первые 1–2 года может происходить значимое уплощение роговицы, определяющее гиперметропический сдвиг. В более отдалённой перспективе (свыше 10 лет) регрессия чаще связана с возрастными изменениями хрусталика. Так, в 16-летнем исследовании лишь 24% глаз оставались в пределах $\pm 1,0$ D, тогда как на 1-м году их было 90%, при этом кератометрия оставалась стабильной после первого года [20, 32, 42].

Лечение регрессии после LASIK

Медикаментозная терапия. Снижение внутриглазного давления рассматривается как потенциальный метод коррекции миопической регрессии после LASIK в рамках теории переднего смещения. Применение гипотензивных препаратов (непрадиол, тимолол) в нескольких клинических исследованиях продемонстрировало статистически значимое уменьшение регрессии (до $0,5$ D), однако в части случаев эффект был временным [43, 44]. Отсутствие контроля, малые выборки и неоднозначные результаты требуют дальнейших рандомизированных исследований для оценки эффективности, безопасности и показаний [75, 46].

Хирургическое лечение. Хирургическое лечение после LASIK показан пациентам с неудовлетворительным функциональным результатом при наличии остаточной, но стабильной рефракции. Основные современные методы включают: повторное поднятие лоскута (flap re-lift) с абляцией стромального ложа, формирование нового лоскута и поверхностные методики (PRK, LASEK) [37].

Ключевым фактором при выборе тактики является толщина остаточного стромального ложа. При её значении более 250–300 мкм традиционно предпочтение отдается повторному поднятию лоскута. Метод предполагает отделение ранее сформированного лоскута, выполнение эксимерлазерной абляции по стромальному ложу и репозицию лоскута [28]. Данный подход продемонстрировал высокую эффективность и предсказуемость рефракционных результатов при низкой частоте тяжёлых осложнений [28-31]. В ретроспективной серии Netto и соавт. (334 глаза) средний сферозэквивалент (MRSE) улучшился с $-1,2 \pm 0,6$ D до $+0,2 \pm 0,4$ D после лечения [10]. Наиболее частым осложнением flap re-lift является эпителиальное врастание. Его частота может достигать 20–31%, причём риск существенно выше при выполнении лечения спустя более 3 лет после первичной операции [12-14].

Формирование нового лоскута рассматривается в случаях, когда повторное поднятие исходного лоскута технически затруднено или сопряжено с повышенным риском. Новый лоскут создаётся микрокератомом или фемтосекундным лазером, как правило, большего диаметра и на более глубоком уровне. Однако данный метод ассоциирован с повышенным риском осложнений, включая снижение максимально скорректированной остроты зрения, фрагментацию лоскута и выраженное эпителиальное врастание. В связи с этим большинство хирургов предпочитают повторное поднятие лоскута как более безопасную и предсказуемую стратегию [46, 47].

При недостаточной толщине остаточного стромального ложа применяются поверхностные методы — фоторефракционная кератэктомия (PRK) и лазер-ассистированная субэпителиальная кератэктомия (LASEK) [48]. Ранние сообщения указывали на высокую частоту выраженного роговичного хейза после повторного PRK, однако внедрение профилактического применения

митомидина С (ММС) существенно снизило риск данного осложнения [39, 40]. LASEK также рассматривается как эффективная альтернатива. В ретроспективных исследованиях показано улучшение некорригированной остроты зрения и высокая удовлетворённость пациентов. Тем не менее, при коррекции более $-2,0$ D риск выраженного хейза возрастает. Кроме того, описаны случаи гиперкоррекции при сочетанном применении ММС и LASEK [41-43].

Таким образом, выбор метода лечения после LASIK должен основываться на оценке толщины остаточного стромального ложа, временного интервала после первичной операции и индивидуальных анатомических особенностей роговицы. Повторное поднятие лоскута остаётся методом первой линии при достаточной толщине стромы, тогда как PRK с применением ММС или LASEK являются обоснованной альтернативой при её дефиците, несмотря на наличие специфических рисков.

В последнее время для коррекции остаточной рефракции после LASIK описаны новые методы лечения. В отдельных клинических случаях сообщалось о создании нового мини-лоскута с использованием фемтосекундного лазера [54]. В данной технике формируется более тонкий и меньший по диаметру лоскут внутри первоначального LASIK-лоскута, после чего эксимерлазерная абляция выполняется по наиболее глубоким слоям исходного лоскута.

В качестве альтернативы у отобранных пациентов с достаточно толстым первичным лоскутом предлагается выполнение SMILE (small incision lenticule extraction) как вариант лечения [35]. Тем не менее, для объективной оценки долгосрочной безопасности и частоты возможных осложнений этих методов необходимы крупные проспективные исследования.

В настоящее время хирургическое лечение после LASIK чаще всего требуется пациентам с выраженной остаточной рефракционной ошибкой и неудовлетворённостью результатом. Рекомендуется тщательное предоперационное планирование, включая точное измерение толщины остаточного стромального ложа, для выбора наиболее безопасной и обоснованной методики коррекции.

Профилактика регрессии: роль корнеального кросслинкинга

Методика корнеального кросслинкинга (CXL) направлена на усиление биомеханической прочности роговицы путём фотополимеризации коллагеновых волокон с использованием УФ-излучения. Согласно гипотезе переднего выпячивания, укрепление роговицы может снижать риск пост-LASIK регрессии и эктазии [43-46].

Ряд клинических исследований продемонстрировал потенциальную эффективность профилактического CXL [55]. Так, Kanellopoulos и соавт. выявили лучшую рефракционную стабильность через 2 года после LASIK-CXL по сравнению с LASIK без CXL (MRSE $-0,18 \pm 0,17$ D против $-0,32 \pm 0,23$ D). Однако в других исследованиях (Tomita, Seiler и др.) статистически значимых различий между группами не зафиксировано [56]. Частота достижения $\pm 0,5$ D от целевой коррекции составила 86% и 90% соответственно.

Для гиперметропического LASIK данные ограничены. В рандомизированном исследовании Kanellopoulos и Kahn, включающем 68 глаз, меньшая степень регрессии отмечена в глазах с CXL ($+0,22$ D против $+0,72$ D). Также в небольших сериях случаев продемонстрирована устойчивость рефракции в течение до 4 лет после LASIK-CXL [36].

Несмотря на потенциальную эффективность, применение CXL в профилактике регрессии остаётся спорным. Метод не стандартизирован по времени выполнения (до, после или одновременно с LASIK), а проведение одновременного вмешательства сопряжено с трудностями: CXL может индуцировать кератометрические изменения, которые трудно прогнозировать. Дополнительно возможны побочные эффекты в виде помутнения, рубцевания роговицы и затруднений при последующем подъёме лоскута [56].

Таким образом, хотя CXL демонстрирует перспективность в снижении риска регрессии, требуется дальнейшее проведение рандомизированных контролируемых исследований с унифицированными протоколами, прежде чем метод можно будет рекомендовать для рутинной клинической практики.

Заключение

Регрессия после LASIK имеет мультифакторную природу, при этом точные механизмы её развития до конца не изучены. Долговременные наблюдения подтверждают, что высокая степень

исходной аметропии, малая оптическая зона абляции и хронический синдром «сухого глаза» являются ключевыми факторами риска. Роль других параметров — возраста, метода формирования лоскута, остаточной толщины стромы — остаётся дискуссионной.

Медикаментозная терапия с применением гипотензивных средств показывает потенциальную эффективность при миопической регрессии, однако требует дальнейшей оценки. Хирургическое вмешательство (подъём лоскута, поверхностная абляция, повторное формирование лоскута) рассматривается при выраженной остаточной рефракции, но сопряжено с рисками и должно использоваться избирательно.

Учитывая потенциальную значимость регрессии для качества жизни пациентов, необходима унификация её определения и более чёткое информирование пациентов о возможных долгосрочных изменениях рефракции в рамках предоперационного консультирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Resnikoff S, Pascolini D, Mariotti SP, Pokharel GP. Global magnitude of visual impairment caused by uncorrected refractive errors in 2004. *Bull World Health Organ.* 2008;86:63-70. doi:10.2471/BLT.07.041210.
2. Meidani A, Tzavara C, Dimitrakaki C, Pesudovs K, Tountas Y. Femtosecond laser-assisted LASIK improves quality of life. *J Refract Surg.* 2012;28:319-30. doi:10.3928/1081597X-20120309-01.
3. Garamendi E, Pesudovs K, Elliott DB. Changes in quality of life after laser in situ keratomileusis for myopia. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31:1537-43. doi:10.1016/j.jcrs.2004.12.059.
4. Solomon KD, Fernández de Castro LE, Sandoval HP, Biber JM, Groat B, Neff KD, et al. LASIK world literature review: quality of life and patient satisfaction. *Ophthalmology.* 2009;116:691-701. doi:10.1016/j.ophtha.2008.12.037.
5. Chayet AS, Assil KK, Montes M, Espinosa-Laguna M, Castellanos A, Tsioulis G. Regression and its mechanisms after laser in situ keratomileusis in moderate and high myopia. *Ophthalmology.* 1998;105:1194-9. doi:10.1016/S0161-6420(98)97034-3.
6. Albietz JM, Lenton LM, McLennan SG. Effect of laser in situ keratomileusis for hyperopia on tear film and ocular surface. *J Refract Surg.* 2002;18:113-23.
7. Plaza-Puche AB, Yebana P, Arba Mosquera S, Alió JL. Three-year follow-up of hyperopic LASIK using a 500-Hz excimer laser system. *J Refract Surg.* 2015;31:674-82. doi:10.3928/1081597X-20150929-01.
8. Waring GO, Fant B, Stevens G, et al. Laser in situ keratomileusis for spherical hyperopia and hyperopic astigmatism using the NIDEK EC-5000 excimer laser. *J Refract Surg.* 2008;24:123-36.
9. Chen YI, Chien KL, Wang JJ, et al. An interval-censored model for predicting myopic regression after laser in situ keratomileusis. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007;48:3516-23. doi:10.1167/iovs.06-1304.
10. Lyle WA, Jin GJ. Retreatment after initial laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2000;26:650-9. doi:10.1016/S0886-3350(99)00428-0.
11. Albietz JM, Lenton LM, McLennan SG. Chronic dry eye and regression after laser in situ keratomileusis for myopia. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30:675-84. doi:10.1016/j.jcrs.2003.07.009.
12. Hu DJ, Feder RS, Basti S, et al. Predictive formula for calculating the probability of LASIK enhancement. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30:363-8. doi:10.1016/j.jcrs.2003.05.004.
13. Lohmann CP, Güell JL. Regression after LASIK for the treatment of myopia: the role of the corneal epithelium. *Semin Ophthalmol.* 1998;13:79-82.
14. Magallanes R, Shah S, Zadok D, et al. Stability after laser in situ keratomileusis in moderately and extremely myopic eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27:1007-12. doi:10.1016/S0886-3350(00)00745-6.
15. Sugar A, Rapuano CJ, Culbertson WW, et al. Laser in situ keratomileusis for myopia and astigmatism: safety and efficacy. *Ophthalmology.* 2002;109:175-87. doi:10.1016/S0161-6420(01)00966-6.

16. Dirani M, Couper T, Yau J, et al. Long-term refractive outcomes and stability after excimer laser surgery for myopia. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36:1709-17. doi:10.1016/j.jcrs.2010.04.041.
17. Knorz MC, Liermann A, Seiberth V, Steiner H, Wiesinger B. Laser in situ keratomileusis to correct myopia of -6.00 to -29.00 diopters. *J Refract Surg.* 1996;12:575-84.
18. Stulting RD, Fant BS; T-CAT Study Group. Results of topography-guided LASIK custom ablation treatment with a refractive excimer laser. *J Cataract Refract Surg.* 2016;42:11-8. doi:10.1016/j.jcrs.2015.09.025.
19. Pan Q, Gu YS, Wang J, et al. Differences between regressive and non-regressive eyes after LASIK for myopia assessed with Orbscan. *Ophthalmologica.* 2004;218:96-101. doi:10.1159/000076147.
20. Roberts C. Biomechanics of the cornea and wavefront-guided laser refractive surgery. *J Refract Surg.* 2002;18:S589-92.
21. Reinstein DZ, Silverman RH, Raevsky T, et al. Arc-scanning very high-frequency digital ultrasound for 3-D pachymetric mapping in LASIK. *J Refract Surg.* 2000;16:414-30.
22. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. Change in epithelial thickness profile after myopic LASIK: 1-year follow-up. *J Refract Surg.* 2012;28:195-201. doi:10.3928/1081597X-20120228-01.
23. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Longitudinal postoperative LASIK epithelial thickness profile changes. *J Refract Surg.* 2014;30:166-71. doi:10.3928/1081597X-20140221-02.
24. Kamiya K, Oshika T. Corneal forward shift after excimer laser keratorefractive surgery. *Semin Ophthalmol.* 2003;18:17-22.
25. Jaycock PD, Lobo L, Ibrahim J, Tyrer J, Marshall J. Interferometric technique to measure biomechanical corneal changes after refractive surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31:175-84. doi:10.1016/j.jcrs.2004.09.033.
26. Qi H, Hao Y, Xia Y, Chen Y. Regression-related factors before and after LASIK. *Ophthalmologica.* 2006;220:272-6. doi:10.1159/000094615.
27. Chan TCY, Liu D, Yu M, Jhanji V. Longitudinal evaluation of posterior corneal elevation after laser refractive surgery. *Ophthalmology.* 2015;122:687-92. doi:10.1016/j.ophtha.2014.10.022.
28. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M, Silverman RH, Coleman DJ. Epithelial thickness after hyperopic LASIK. *J Refract Surg.* 2009;26:555-64. doi:10.3928/1081597X-20090917-01.
29. Kermani O, Schmeidt K, Oberheide U, Gerten G. Hyperopic LASIK with different optical zones. *J Refract Surg.* 2005;21:52-8.
30. Kato T, Nakayasu K, Hosoda Y, Watanabe Y, Kanai A. Corneal wound healing following LASIK: histopathological study in rabbits. *Br J Ophthalmol.* 1999;83:1302-5. doi:10.1136/bjo.83.11.1302.
31. de Ortueta D, Arba Mosquera S. Topographic stability after hyperopic LASIK. *J Refract Surg.* 2010;26:547-54. doi:10.3928/1081597X-20091021-01.
32. Li T, Zhou X, Chen Z, Zhou X. Corneal thickness profile changes after femtosecond LASIK for hyperopia. *Eye Contact Lens.* 2017;43:297-301. doi:10.1097/ICL.0000000000000250.
33. Baldwin HC, Marshall J. Growth factors in corneal wound healing following refractive surgery. *Acta Ophthalmol Scand.* 2002;80:238-47. doi:10.1034/j.1600-0420.2002.800302.x.
34. Qazi MA, Roberts CJ, Mahmoud AM, Pepose JS. Topographic and biomechanical differences between hyperopic and myopic LASIK. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31:48-60. doi:10.1016/j.jcrs.2004.10.030.
35. Zhou X, Li T, Chen Z, Niu L, Zhou X, Zhou Z. No change in anterior chamber dimensions after femtosecond LASIK for hyperopia. *Eye Contact Lens.* 2015;41:160-3. doi:10.1097/ICL.0000000000000107.
36. Kanellopoulos AJ, Kahn J. Topography-guided hyperopic LASIK with and without high-irradiance collagen cross-linking. *J Refract Surg.* 2012;28:S837-40.
37. Alió JL, Muftuoglu O, Ortiz D, et al. Ten-year follow-up of LASIK for myopia up to -10 D. *Am J Ophthalmol.* 2008;145:46-54. doi:10.1016/j.ajo.2007.08.012.
38. Sekundo W, Bönicke K, Mattausch P, Wiegand W. Six-year follow-up of LASIK for moderate and extreme myopia. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29:1152-8. doi:10.1016/S0886-3350(02)01947-5.

39. Jaycock PD, O'Brart DPS, Rajan MS, Marshall J. Five-year follow-up of LASIK for hyperopia. *Ophthalmology*. 2005;112:191-9. doi:10.1016/j.opthta.2004.07.024.
40. Zadok D, Raifkup F, Landau D, Frucht-Pery J. Long-term evaluation of hyperopic LASIK. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29:2181-8. doi:10.1016/S0886-3350(03)00339-3.
41. Frings A, Richard G, Steinberg J, Druchkiv V, Linke SJ, Katz T. LASIK and PRK in hyperopic astigmatic eyes: is early retreatment advisable? *Clin Ophthalmol*. 2016;10:565-70. doi:10.2147/OPTH.S99288.
42. Kezirian GM, Moore CR, Stonecipher KG, et al. Four-year postoperative results of the US Allegretto Wave trial for hyperopia. *J Refract Surg*. 2008;24:S431-8.
43. Celik HU, Alagöz N, Yildirim Y, et al. Accelerated corneal cross-linking concurrent with LASIK. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38:1424-31. doi:10.1016/j.jcrs.2012.03.028.
44. Tan J, Lytle GE, Marshall J. Consecutive LASIK and accelerated corneal cross-linking in highly myopic patients. *Eur J Ophthalmol*. 2014;25:101-7. doi:10.5301/ejo.5000525.
45. Rajpal RK, Wisecarver CB, Williams D, et al. Lasik Xtra® provides corneal stability and improved outcomes. *Ophthalmol Ther*. 2015;4:89-102. doi:10.1007/s40123-015-0032-3.
46. Chan TCY, Ng ALK, Chan KKW, Cheng GPM, Wong IYH, Jhanji V. Combined prophylactic corneal cross-linking and LASIK: review. *Acta Ophthalmol*. 2016. doi:10.1111/aos.13324.
47. Hersh PS, Fry KL, Bishop DS. Incidence and associations of retreatment after LASIK. *Ophthalmology*. 2003;110:748-54. doi:10.1016/S0161-6420(02)01966-6.
48. Kruh JN, Garrett KA, Huntington B, Robinson S, Melki SA. Risk factors for retreatment following myopic LASIK. *Semin Ophthalmol*. 2017;32:316-20. doi:10.3109/08820538.2015.1114833.
49. Lin MY, Chang DCK, Hsu WM, Wang IJ. Cox proportional hazards model of myopic regression after LASIK. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38:992-9. doi:10.1016/j.jcrs.2012.01.022.
50. Durrie DS, Kezirian GM. Femtosecond laser versus mechanical keratome flaps in wavefront-guided LASIK. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31:120-6. doi:10.1016/j.jcrs.2004.09.029.
51. Chen S, Feng Y, Stojanovic A, Jankov MR II, Wang Q. IntraLase femtosecond laser vs mechanical microkeratomes in LASIK for myopia: systematic review. *J Refract Surg*. 2012;28:15-24. doi:10.3928/1081597X-20111103-01.
52. Gil-Cazorla R, Teus MA, de Benito-Llopis L, Mikropoulos DG. Femtosecond laser vs mechanical microkeratome for hyperopic LASIK. *Am J Ophthalmol*. 2011;152:16-21. doi:10.1016/j.ajo.2011.01.012.
53. Antonios R, Arba Mosquera S, Awwad ST. Hyperopic LASIK: femtosecond vs mechanical microkeratome flap creation. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41:1602-9. doi:10.1016/j.jcrs.2014.12.046.
54. Randleman JB, Russell B, Ward MA, Thompson KP, Stulting RD. Risk factors and prognosis for corneal ectasia after LASIK. *Ophthalmology*. 2003;110:267-75. doi:10.1016/S0161-6420(02)01472-9.
55. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Combined LASIK and prophylactic corneal collagen cross-linking for high myopia. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41:1426-33. doi:10.1016/j.jcrs.2014.10.049.
56. Hashemi H, Seyedian MA, Miraftab M, Fotouhi A, Asgari S. Corneal collagen cross-linking with riboflavin and ultraviolet-A irradiation for keratoconus: long-term results. *Ophthalmology*. 2013;120:1515-20. doi:10.1016/j.opthta.2013.01.012.

Поступила 20.02.2026