

# ОТ СТАНДАРТНОГО К УСКОРЕННОМУ И СВЕРХБЫСТРОМУ ТОПОГРАФИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННОМУ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОМУ КРОССЛИНКИНГУ В РЕФРАКЦИОННОЙ ХИРУРГИИ РОГОВИЦЫ

Корниловский И.М.\*

ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н.И. Пирогова», Москва

DOI: 10.25881/20728255\_2023\_18\_4\_S1\_53

**Резюме.** Цель. Рассмотреть новые технологические подходы к сверхбыстрому топографически ориентированному профилактическому кросслинkinгу излучением эксимерного лазера в рефракционной хирургии роговицы

Материалы и методы. В основу работы положены клинические наблюдения за ближайшими и отдалёнными результатами сверхбыстрого топографически ориентированного кросслинkinга роговицы излучением эксимерного лазера на аргон-фторе (свыше 500 операций) в сроки от 1 месяца до 12 лет. При фоторефракционных операциях воздействие осуществлялось с применением программы персонализированной абляции по данным кератотопографических исследований. В ряде случаев дополнительно применяли воздействие излучением ниже порога абляции для формирования Боуменоподобной мембранной структуры на абляционной поверхности. Быстрый переход без дополнительных калибровок к плотностям энергии ниже порога абляции осуществлялся на эксимерном лазере «Микроскан Визум-500».

Результаты. В основу методики сверхбыстрого топографически ориентированного профилактического кросслинkinга роговицы была положена активации рибофлавина вторичным излучением эксимерного лазера на аргон-фторе, индуцируемым в ходе фоторефракционной абляции. Персонализированную абляцию эпителия выполняли с учётом данных ОКТ и Шеймпфлог сканирования роговицы. Насыщение роговицы проводилось 0,25% изотоническим раствором рибофлавина, охлаждённым до +5–7 °С. Время насыщения колебалось от 1 до 5 минут в зависимости от исходной толщины эпителия и предполагаемого объёма фоторефракционной абляции стромы. Клинические наблюдения показали, что при такой технологии абляции в случаях ТрансФРК отмечается меньшая послеоперационная асептическая воспалительная реакция, менее выражен болевой синдром, ускоряется эпителизация, раньше стабилизируются оптико-рефракционные показатели и не наблюдается необратимой формы субэпителиальной или интрастромальной фиброплазии. При операциях ЛАСИК и ФемтоЛАСИК с рибофлавином в ряде случаев отмечались обратима нежная линия демаркации и повышение оптической плотности в слоях истончённой стромы.

Заключение. Применение излучения эксимерного лазера на аргон-фторе в абляционных и субабляционных режимах обеспечивает реализацию сверхбыстрого топографически ориентированного профилактического кросслинkinга в рефракционной хирургии роговицы.

**Ключевые слова:** роговица, рибофлавин, кросслинkinг, эксимерный лазер, рефракционная хирургия.

## Обоснование

Идея проведения кросслинkinга была предложена в 1999 году группой ученых Института Рефракционной и Катарактальной хирургии Цюрихского Университета (Швейцария) под руководством профессора Тео Сейлера. Суть метода кросслинkinга роговицы сводилась к насыщению стромы роговицы рибофлавином и её облучению ультрафиолетом, что приводило к фотополимеризации стромальных коллагеновых волокон. Первая публикация применения кросслинkinга роговицы в 2003 году по-

## FROM STANDARD TO ACCELERATED AND ULTRA-FAST TOPOGRAPHICALLY ORIENTED PREVENTIVE CROSS-LINKING IN REFRACTIVE CORNEAL SURGERY

Kornilovskiy I.M.\*

Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow

**Abstract.** Purpose. To consider new technological approaches to ultra-fast topographically oriented preventive cross-linking with excimer laser radiation in refractive corneal surgery.

Materials and methods. The work is based on clinical observations of the immediate and long-term results of ultra-fast topographically oriented corneal cross-linking using argon-fluorine excimer laser radiation (over 500 operations) over a period of 1 month to 12 years. During photorefractive operations, the effect was carried out using a personalized ablation program according to keratotopographic studies. In a number of cases, exposure to radiation below the ablation threshold was additionally used to form a Bowman-like membrane structure on the ablation surface. A rapid transition without additional calibrations to energy densities below the ablation threshold was carried out using a Microscan Visum-500 excimer laser.

Results: The method of ultra-fast topographically oriented preventive cross-linking of the cornea was based on the activation of riboflavin by secondary radiation from an argon-fluorine excimer laser induced during photorefractive ablation. Personalized epithelial ablation was performed taking into account OCT and Scheimpflug scanning data of the cornea. The cornea was saturated with a 0.25% isotonic riboflavin solution, cooled to +5–7 °C. The saturation time ranged from 1 to 5 minutes depending on the initial epithelial thickness and the expected volume of photorefractive stromal ablation. Clinical observations have shown that with this ablation technology in cases of TransPRK, there is a lesser postoperative aseptic inflammatory reaction, less pronounced pain syndrome, accelerated epithelization, earlier stabilized optical-refractive indices and no irreversible form of subepithelial or intrastromal fibroplasia. During LASIK and FemtoLASIK with riboflavin, in some cases, a reversible fine line of demarcation and an increase in optical density in the layers of thinned stroma were noted.

Conclusion: The use of argon-fluorine excimer laser radiation in ablative and subablative modes ensures the implementation of ultra-fast topographically oriented preventive cross-linking in refractive corneal surgery.

**Keywords:** cornea, riboflavin, crosslinking, excimer laser, refractive surgery.

ложила начало его применения в клинической офтальмологии [1]. Необходимо отметить ежегодное расширение использования стандартного кросслинkinга роговицы по «Дрезденскому протоколу» и различных его модификаций. Первоначально стандартную методику кросслинkinга роговицы применили с лечебной целью при вторичных кератоэктазиях после лазерных рефракционных операциях на роговице. В последующем были предложены различные методики профилактического ускоренного кросслинkinга роговицы, который выпол-

\* e-mail: Kornilovsky51@yandex.ru

нялся сразу же после лазерной рефракционной операции [2–7]. Однако, из-за риска осложнений до настоящего времени профилактический кросслинкинг в лазерной рефракционной хирургии роговицы не получил широкого применения в клинической практике. Это связано с тем, что в истончённой фотоабляцией строме роговицы развивается оксидативный стресс, который запускает ответную асептическую воспалительную реакцию. Степень выраженности этой реакции предопределяет развитие субэпителиальной или интрастромальной фиброплазии и последующую регрессию достигнутого рефракционного эффекта. Более того, кросслинкинг проводится на здоровой роговице, которая отличается от таковой при кератоконусе и вторичных кератоконусах различной этиологии. Наконец, трудно согласиться с необходимостью повышения прочностных свойств истонченной роговицы в 2–3 раза. Именно такую конечную цель преследуют технологии стандартного и ускоренного кросслинкинга роговицы, разработанные с лечебной целью при кератоконусах. Более того, применение таких технологий с профилактической целью в рефракционной кераторефракционной хирургии делает роговицу излишне жесткой. Более того, потеря роговицей эластичности и большие колебания ВГД увеличивают воздействие на механочувствительные белки-рецепторы, формирующие ионные каналы во всех тканевых структурах глаза. Так, механочувствительные аквапорины в роговой оболочке отвечают за направленный поток, обмен ВГЖ, степень гидратации и влияют на её рефракционный индекс. Необходимо отметить, что повышение жесткости роговицы после традиционного и ускоренного кросслинкинга может нарушить её амортизационную функцию по сглаживанию повышений ВГД при аккомодации и конвергенции. Это влияет на механочувствительные белки-рецепторы в тканевых и клеточных структурах глаза и способствует накоплению остаточных деформаций в склере, что является одним из патогенетических звеньев развития и прогрессирования миопии.

### Цель

Рассмотреть новые технологические подходы к сверхбыстрому топографически ориентированному профилактическому кросслинkinгу излучением эксимерного лазера в рефракционной хирургии роговицы.

### Материалы и методы

В основу работы положены клинические наблюдения за ближайшими и отдалёнными результаты более 500 лазерных рефракционных операций по сверхбыстрому топографически ориентированного кросслинкинга роговицы излучением эксимерного лазера на аргон-фторе. Сроки клинических наблюдений колебались от 1 месяца до 12 лет. При фоторефракционных операциях воздействие осуществлялось с применением различных рефракционных программ, включая персонализированную абляцию по данным кератотопографических исследований. В ряде

случаев дополнительно применяли воздействие излучением эксимерного лазера на аргон-фторе ниже порога абляции для формирования Боуменоподобной мембранной структуры на абляционной поверхности. Эффект кросслинкинга при фоторефракционной абляции с рибофлавином оценивали по данным спектральной оптической когерентной томографии (ОКТ), кератотопографии и денситометрии роговицы. ОКТ роговицы проводили на приборах RTVue 100 и RTVue XR100 (Optovue, США). Кератотопографические и денситометрические исследования выполняли на приборе TMS-5 (Topcon, Япония). Рефракционные операции с применением излучения ниже порога абляции выполнялись на Российском эксимерном лазере «Микроскан Визум-500» (Оптосистемы, Россия), в котором был реализован быстрый переход от абляционных к субабляционным плотностям энергии в импульсе, без проведения каких-либо дополнительных калибровок.

### Результаты и их обсуждение

В ранее опубликованных работах нами было дано экспериментальное и клиническое обоснование применению абляционных и субабляционных режимов излучения эксимерного лазера на аргон-фторе для активации рибофлавина при проведении профилактического и лечебного кросслинкинга роговицы. По данным биомеханического тестирования образцов роговицы кролика, при ОКТ и денситометрических исследований роговицы в клинике были выявлены все признаки традиционного кросслинкинга с формированием и обратным развитием линии демаркации в строме роговицы [8–19]. В настоящей работе акцент сделан на анализ публикаций и дискуссионным вопросам по технологическим подходам к проведению профилактического стандартного и ускоренного кросслинкинга роговицы при лазерных кераторефракционных операциях.

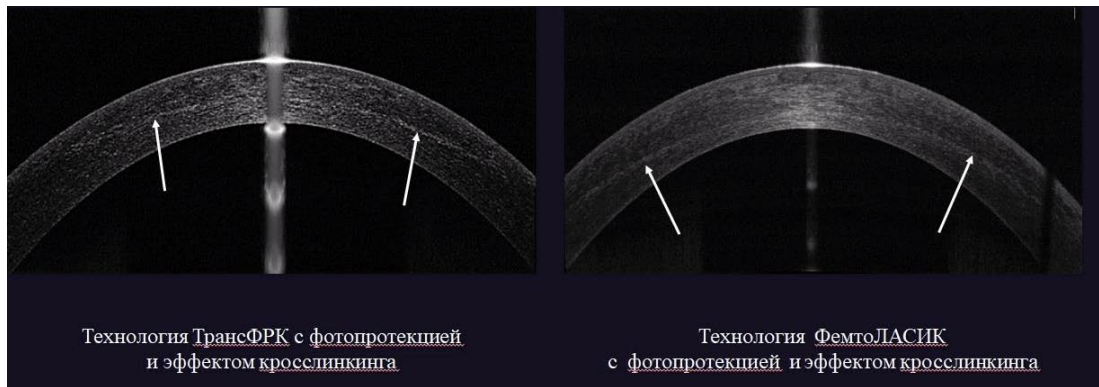
Технологическая цепочка проведения сверхбыстрого топографически ориентированного кросслинкинга роговицы излучением эксимерного лазера на аргон-фторе складывалась из следующих основных этапов.

1 этап – персонализированная абляция эпителия с учётом его толщины в различных зонах роговицы по данным ОКТ эпителиальной карты;

2 этап – аэрозольно-капельное насыщение роговицы 0,25% охлаждённого до +5–7 °С изотонического раствора рибофлавина, с применением ультразвукового небулайзера; Время насыщения – от 1 до 5 минут в зависимости от исходной толщины эпителия и предполагаемого объёма фоторефракционной абляции стромы.

3 этап – выполнение персонализированной фоторефракционной абляции, временной интервал которой не превышал 50 секунд и предопределял время воздействия, индуцированного абляцией вторичного УФ излучения на подлежащие слои стромы роговицы насыщенные рибофлавином;

4 этап – наложение мягкой контактной линзы.



**Рис. 1.** Нежная демаркационная линия на ОКТ роговицы через месяц после ТрансФРК и ФемтоЛАСИК с насыщением стромы рибофлавином перед абляцией.

Клинические наблюдения показали, что при ТрансФРК с проведением абляции после насыщения стромы рибофлавином отмечалась меньшая послеоперационная асептическая воспалительная реакция, менее выраженным был болевой синдром, ускорялась эпителизация, раньше стабилизировались опτικο-рефракционные показатели и не наблюдалось необратимой формы субэпителиальной или интрастромальной фиброплазии. В ряде случаев после ТрансФРК, ЛАСИК и ФемтоЛАСИК с рибофлавином через 3–4 недели появлялась нежная линия демаркации и отмечалось повышение оптической плотности в слоях истончённой стромы (Рис. 1). В последующем линия демаркации подвергалась обратному развитию и полностью восстанавливалась прозрачность стромы.

Бесспорным преимуществом сверхбыстрого топографически ориентированного профилактического кросслинkinга роговицы излучением эксимерного лазера на аргон-фторе явился отказ от дополнительного УФ облучения истонченных слоёв стромы роговицы. Не менее важной стала возможность персонализированного подхода к абляции эпителия и стромы роговицы. Кроме того, применение аэрозольного насыщения стромы охлаждённым 0,25% изотоническим раствором рибофлавина улучшало его всасывание и аэрацию стромы. Это повышало эффективность активации рибофлавина вторичным УФ излучением.

В последующем линия демаркации подвергалась обратному развитию и полностью восстанавливалась прозрачность стромы.

Бесспорным преимуществом сверхбыстрого топографически ориентированного профилактического кросслинkinга роговицы излучением эксимерного лазера на аргон-фторе явился отказ от дополнительного УФ облучения истонченных слоёв стромы роговицы. Не менее важной стала возможность персонализированного подхода к абляции эпителия и стромы роговицы. Кроме того, применение аэрозольного насыщения стромы охлаждённым 0,25% изотоническим раствором рибофлавина улучшало его всасывание и аэрацию стромы. Это повышало эффективность активации рибофлавина

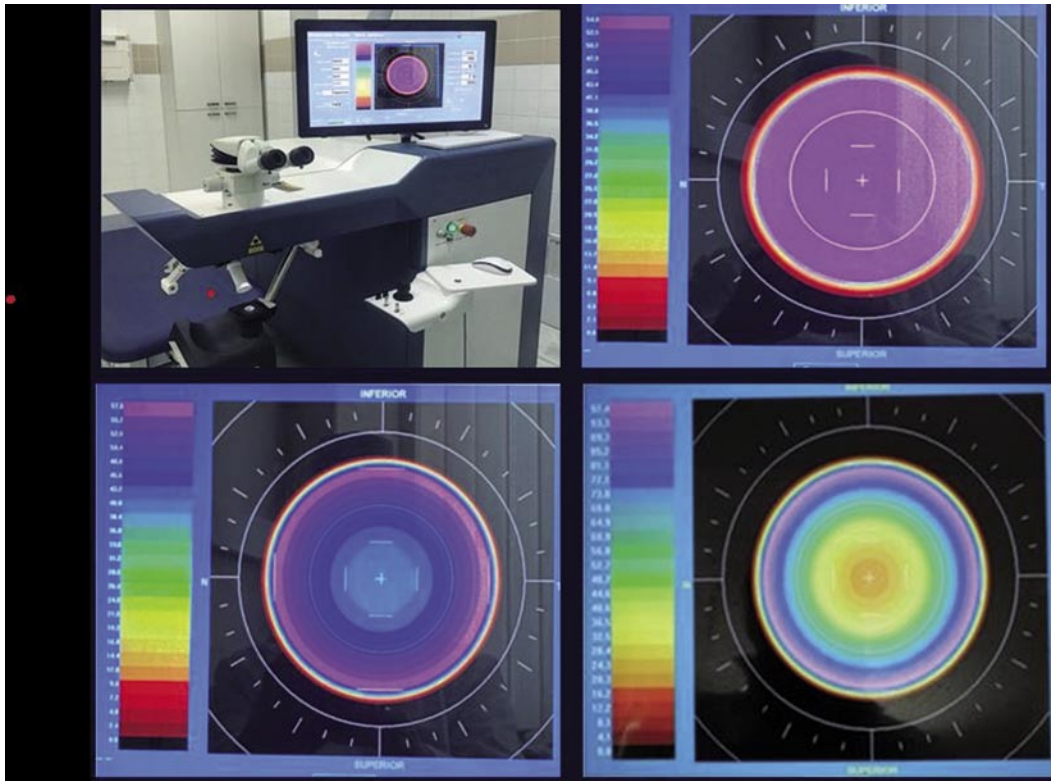
вторичным УФ излучением, индуцируемым в ходе фото-рефракционной абляции. В тоже время сканирование роговицы узким лучом лазера и активная система слежения за глазом позволили реализовать методику локального персонализированного топографически ориентированного кросслинkinга роговицы. Последнее обеспечивало проведение строго персонализированного кросслинkinга роговицы по данным кератотопографии, картам высот и волнового фронта. Несомненным преимуществом такого кросслинkinга роговицы явилось сверхкороткое время воздействия вторичным излучением, которое не превышало 50 секунд. Более того, вторичное излучение перекрывало все четыре пика максимального поглощения рибофлавина.

При выполнении безлоскутной технологии фото-рефракционной абляции стромы роговицы мы отказались от механической скарификации эпителия и применения предварительной спиртовой аппликации. Предпочтение было отдано персонализированной фото-абляции эпителия в зоне фоторефракционной абляции по данным ОКТ роговицы. Следует отметить, что первые рефракционные операции на роговице по трансэпителиальной технологии с персонализированной абляцией эпителия были проведены в России ещё в 1988 году. Операции выполнялись на отечественном эксимерном лазере «Профиль» с широким пятном и профилированием излучения посредством газовой ячейки. Такой подход, предложенный профессором С.Н. Фёдоровым, позволял хирургу визуально при фотоабляции наблюдать момент перехода от эпителия к Боуеновой оболочке и строме, внося соответствующие поправки при проведении фоторефракционной абляции стромы. При переходе на новое поколение офтальмологических эксимерных лазеров со сканирующим узким лучом такой персонализированный подход к абляции эпителия стал невозможным. Наши клинические наблюдения выявили целый ряд преимуществ персонализированной эксимерлазерной абляции эпителия по данным эпителиальных ОКТ карт. При этом нами использовались режимы стандартной или сложной фотоабляции эпителия с различной формой и глубиной абляции эпителия в центральных, парацентральных и

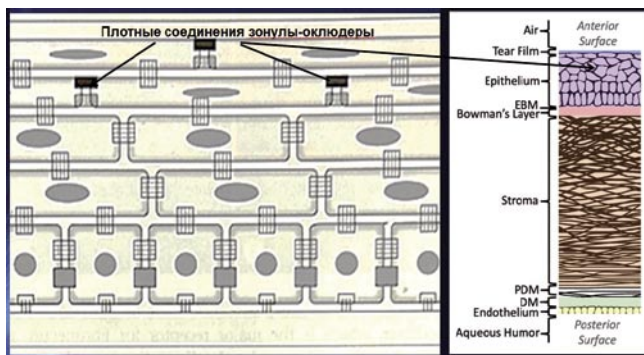


Корниловский И.М.

ОТ СТАНДАРТНОГО К УСКОРЕННОМУ И СВЕРХБЫСТРОМУ ТОПОГРАФИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННОМУ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОМУ КРОСЛИНКИНГУ В РЕФРАКЦИОННОЙ ХИРУРГИИ РОГОВИЦЫ



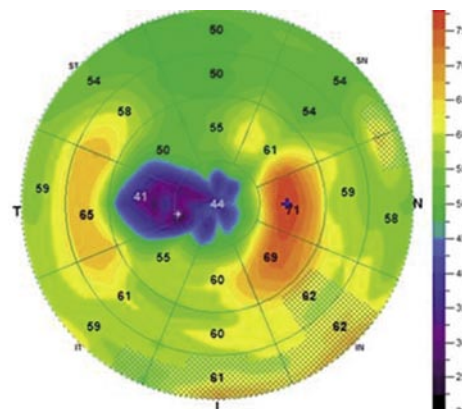
**Рис. 2.** Различные варианты абляции эпителия в режимах стандартной плоской округлой и сложной фотоабляции эпителия с различной формой и глубиной абляции эпителия в центральных, парацентральных и периферических отделах.



**Рис. 3.** Плотные соединения зонулы-оклюдеры в переднем эпителии роговицы присутствуют только в поверхностных 2–3 слоях эпителия.

периферических отделах. Такой технологический подход возможен на эксимерном офтальмологическом «Микроскан Визум» (Рис. 2).

В настоящее время нами разрабатывается технология поэтапной частичной абляции эпителия с его насыщением рибофлавином для уменьшения побочного фототоксического эффекта вторичного излучения. Предпосылкой к такой методике абляции эпителия послужили данные о том, что наиболее плотные соединения зонулы-оклюдеры располагаются только в передних 2–3 слоях эпителия роговицы (Рис. 3) и их абляция может улучшить проникновение рибофлавина в строму роговицы.



**Рис. 4.** Эпителиальная ОКТ карта с неравномерной толщиной эпителия при аметропии и патологией роговицы.

Такой подход нами рассматривается, как альтернативный вариант применению медикаментозных средств (этанол, бензалкония хлорид, этилендиаминтетрауксусная), ослабляющих связи между эпителиальными клетками. Более того, частичную абляцию эпителия можно применить в случаях проведения лечебного кросслинкинга при кератоконусе и вторичных кератоктазиях в лазерной рефракционной хирургии роговицы.

Для случаев неравномерной толщиной эпителия (Рис. 4), превышающей 10 мкм, применялась абляция в режиме ФТК при плотности энергии ниже порога

абляции Боуеновой оболочки, а при её разрушении, использовали плотности энергии в импульсе ниже порога абляции роговичной стромы. Такой подход к фотоабляции эпителия был защищён Патентом Российской Федерации [20].

При насыщении стромы роговицы рибофлавином большинство офтальмологов отдают предпочтение капельной методике его эпибульбарного нанесения. Как показали наши исследования, заслуживает внимание аэрозольный метод с применением аэрографа и меш технологии диспергирования раствора рибофлавина посредством ультразвукового небулайзера. При этом образуются микрочастицы диаметром от 2 до 5 мкм, которые создают влажный воздушный поток. Предпочтительной, на наш взгляд, является капельно-аэрозольная методика насыщения стромы роговицы рибофлавином. Что же касается концентрации рибофлавина, то по данным различных исследователей диапазон его применения при кросслинкинге колебался от 0,1% до 0,5%. Большинство авторов при стандартном кросслинкинге применяли 0,1% раствор рибофлавина с декстраном, а для ускоренного кросслинкинга чаще использовался 0,25% раствор рибофлавина с декстраном. Нами при кросслинкинге роговицы предпочтение было отдано изотоническому 0,25% изотоническому раствору рибофлавина. Насыщение стромы роговицы данным раствором не влияло на точность абляции и обеспечивало эффект фотопротекции вследствие поглощения индуцированного абляцией вторичного УФ излучения. Важным преимуществом аэрозольного насыщения роговицы рибофлавином явилось то, что при этом повышалась оксигенация стромы. Этому способствовал воздушный поток, который создавали микрочастицы раствора рибофлавина в процессе его диспергирования ультразвуковым небулайзером (Рис.5). Применялся ультразвуковой небулайзер с меш-технологией диспергирования раствора рибофлавина с размером микрочастиц от 2 до 5 мкм. По критерию безопасности применение воздушного потока для насыщения роговицы кислородом имело несомненные преимущества перед оксигенацией кислородом. Такое преимущество обусловлено наличием относительно узкого интервала между терапевтическими и токсическими дозами воздействия кислорода на роговицу.

Профилактический сверхбыстрый эксимерлазерный кросслиндинг нами рассматривался, как способ компенсации ослабления фотопротекторных и прочностных свойств роговицы при её фоторефракционном истончении. При этом топографически ориентированное воздействие точно соответствовало профилю фоторефракционной абляции с максимальной суммарной дозой облучения в зоне наибольшего истончения стромы роговицы. Важным преимуществом фоторефракционной абляции с рибофлавином явилось формирование на абляционной поверхности Боуеноподобной мембранной структуры. Так на ОКТ роговицы после ТрансФРК с рибофлавином такая мембранная структура выявлялась под эпителием



Рис. 5. Насыщение стромы роговицы 0,25% изотоническим раствором рибофлавина посредством ультразвукового небулайзера.

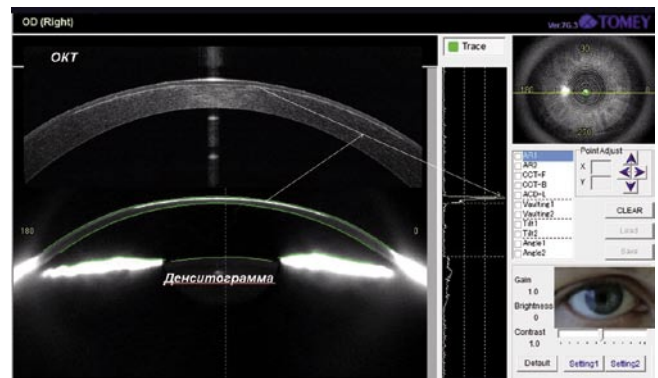


Рис. 6. ОКТ и денситометрия роговицы через три месяца после ТрансФРК с рибофлавином и дополнительным облучением для увеличения толщины мембранной структуры. Острота зрения 1,0 при динамическом наблюдении в сроки от 1 до 36 месяцев.

только в случаях, когда её толщина превышала 5 мкм, что соответствовало разрешающей способности метода. Как показали наши дальнейшие исследования толщина Боуеноподобной мембранной структуры и эффект кросслинкинга можно было усилить путём воздействия излучением эксимерного лазера при плотности энергии в импульсе ниже порога абляции (Рис. 6). Сформированная мембранная структура на абляционной поверхности явилась барьером между провоспалительными эпителиальными и стромальными цитокинами, инициирующими развитие субэпителиальной и интрастромальной фиброплазии после фотокератоабляции.

Важное значение при проведении профилактического кросслинкинга роговицы в рефракционной хирургии отводится критериям безопасности и эффективности. Как показал анализ исследований различных авторов при стандартной и ускоренном кросслинкинге роговицы возможно развитие различной степени выраженности фиброплазии. В ряде случаев возникали стерильные инфильтраты в строме, происходило их изъязвление с инфицированием, развитие интрастромальной фиброплазии со стойкими помутнениями в строме. При профилактическом сверхбыстром топографически ори-

ентированном кросслинкинге излучением эксимерного лазера на аргон-фторе нами не было отмечено ни одного из вышеперечисленных осложнений.

### Заключение

Переход от традиционного и ускоренного к сверхбыстрому кросслинкингу роговицы излучением эксимерного лазера на аргон-фторе в абляционном и субабляционном режимах, сканирование узким лучом и активная система слежения за глазом открывают новые возможности к проведению профилактического топографически ориентированного кросслинкинга в фоторефракционной хирургии. Такой подход повышает эффективность и безопасность роговичного кросслинкинга и расширяет диапазон его применения в офтальмологии.

**Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов  
(The author declare no conflict of interest).**

### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Ribofavin/ultraviolet-ainduced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. // Am J Ophthalmol – 2003. 135(5):620–627. doi.org/10.1016/s0002-9394(02)02220-1
- Hafezi N., Hafezi F. How to choose the best cross-linking procedure in 2016. // Eur. Ophthalmic Rev – 2015; 9 (2): 98-99. doi: 10.1002/wrna.1404
- Wan Q., Wang D, Ye H., Jing Tang J., Yu Han Y. A review and meta-analysis of corneal cross-linking for post-laser vision correction ectasia. // J. Curr. Ophthalmol. – 2017. 15;29(3):145-153. doi: 10.1016/j.joco.2017.02.008.
- Sachdev G.S., Sachdev M. Recent advances in corneal collagen cross-linking. // Indian J Ophthalmol – 2017;65(9):787-796. doi: 10.4103/ijo.IJO\_648\_17.
- Lang PZ, Hafezi NL, Khandelwal SS, Torres-Netto EA, Hafezi F, Randleman JB. Comparative functional outcomes after corneal crosslinking using standard, accelerated, and accelerated with higher total fluence protocols. // Cornea – 2019 38(4):433–441. doi: 10.1097/ICO.0000000000001878.
- Kirgiz A, Eliacik M, Yildirim Y. Different accelerated corneal collagen cross-linking treatment modalities in progressive keratoconus. // Eye Vis – 2019; 6(1):16. DOI:10.1186/s40662-019-0141-6
- Deshmukh R, Ong ZZ, Rampat R, Alió del Barrio JL, Barua A, Ang M, Mehta JS, Said DG, Dua HS, Ambrósio R Jr, Ting DSJ Management of keratoconus: an updated review. // Front. Med – 2023;10: 1212314. doi: 10.3389/fmed.2023.1212314.
- Kornilovskij I.M., Burcev A.A. Theoretical and experimental basis of laser-induced collagen crosslinking in corneal photorefractive surgery. // Kataraktal'naya i refrakcionnaya hirurgiya. – 2015; 15 (1): 20-25. (in Russ)
- Kornilovskij I.M., Kasimov E.M., Sultanova A.I., Burtsev A.A., Mirishova M.F. An experimental evaluation of photoprotection by riboflavin in the excimer laser refractive keratectomy. // Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci. – 2016; 7 (6): 188-194.
- Kornilovskiy I.M., Kasimov E.M., Sultanova A.I., Burtsev A.A. Laser-induced corneal cross-linking upon photorefractive ablation with riboflavin. // Clin. Ophthalmol. – 2016; 10: 587-592. DOI:10.2147/OPTH.S101632
- Корниловский И.М., Бурцев А.А., Султанова А.И., Миришова М.Ф., Сафарова А.Н. Способ фоторефракционной абляции роговицы: Патент РФ №2578388, приоритет 21.10.2014. [Kornilovskij I.M., Burcev A.A., Sultanova A.I., Mirishova M.F., Safarova A.N. Sposob fotorefrakcionnoj ablyacii rogovicy: Patent RF №2578388, prioritet 21.10.2014.]
- Kornilovskij I.M., Sultanova A.I., Burcev A.A. Riboflavin photoprotection with cross-linking effect in photorefractive ablation of the cornea. // Vestnik oftal'mologii – 2016; 132 (3): 37-42. (in Russ) DOI: 10.17116/oftalma 2016132337-41
- Корниловский И.М. Лазер-индуцированный кросслиндинг в модификации абляционной поверхности при фоторефракционной кератэктомии. // Катарактальная и рефракционная хирургия – 2016; 16 (4): 29-35. [Kornilovskij I.M. Lazer-inducirovannyj krosslinking v modifikacii ablyacionnoj poverhnosti pri fotorefrakcionnoj keratektomii. // Kataraktal'naya i refrakcionnaya hirurgiya – 2016; 16 (4): 29-35]
- Kornilovskij I.M., Sultanova A.I., Burcev A.A. Riboflavin photoprotection with cross-linking effect in photorefractive ablation of the cornea // Vestnik oftal'mologii. – 2016;132 (3):37-42. (in Russ) DOI: 10.17116/oftalma 2016132337-41
- Корниловский И.М. Применение индуцированного эксимерлазерной абляцией вторичного излучения для кросслинкинга в рефракционной хирургии роговицы. // Катарактальная и рефракционная хирургия. – 2017; 17 (3): 33-40. [Kornilovskij I.M. Primenenie inducirovannogo eksimerlazernoj ablyaciej vtorichnogo izlucheniya dlya krosslinkinga v refrakcionnoj hirurgii rogovicy. // Kataraktal'naya i refrakcionnaya hirurgiya. – 2017; 17 (3): 33-40.]
- Kornilovskij I.M., Vartapetov K.S., Movshev V.G., Vedenev D.V. New technologies in surgery and therapy of the cornea based on the use of riboflavin and subablative radiation modes of "Microscan Visum" excimer laser. // Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii – 2019;5: 287-291 (in Russ) DOI: 10.25276/2312-4911-2019-5-287-291
- Kornilovskiy I.M. Optical Coherence Tomography and Densitometry in Assessing the Effect of Corneal Cross-Linking Upon Photorefractive Ablation with Riboflavin. // Journal of Eye Study and Treatment – 2018; 1:05-13. Corpus ID: 201866082
- Kornilovskiy I.M. Photorefractive Keratectomy with Protection from Ablation-Induced Secondary Radiation and Cross-linking Effect. // EC Ophthalmology. – 2019; 10 (70): 563-570.
- Kornilovskij I.M. Prophylactic and Therapeutic Laser-Induced Corneal Crosslinking. // EC Ophthalmology – 2020; 11(12):74-82 DOI: 10.17513/spno.30613
- Корниловский И.М. Способ удаления эпителия при фоторефракционных и фототерапевтических операциях на роговице Патент РФ № 2718 260 с приоритетом от 27.12. 2018. [Kornilovskij I.M. Sposob udaleniya epiteliya pri fotorefrakcionnyh i fototerapevticheskikh operacijah na rogovice Patent RF № 2718 260 s prioritetom ot 27.12. 2018.]