

Факторы катарактогенеза в лазерной рефракционной хирургии роговицы



И.М. Корниловский

ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Нижняя Первомайская, 70, Москва, 105203, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2019;16(1S):112–117

Цель: рассмотреть основные факторы, стимулирующие катарактогенез и раннее развитие катаракты после лазерной рефракционной хирургии роговицы. **Пациенты и методы.** Клинический материал охватывает наблюдения за состоянием более 10 тысяч глаз в сроки от 1 года до 20 лет после различных лазерных рефракционных операций на роговице (ФРК, ТрансФРК, ЛАСИК, ФемтоЛАСИК). **Результаты.** К факторам риска катарактогенеза были отнесены такие, как высокая исходная аметропия, нарушение аккомодации, возраст и увеличение внешнего УФ облучения. Клинические наблюдения показали, что при лазерной коррекции высоких степеней аметропии нарастает количество факторов риска катарактогенеза и их суммарная величина. Любая лазерная рефракционная операция на роговице сопровождалась окислительным стрессом во всех структурах переднего отдела глаза и ответной асептической воспалительной реакцией. Истончение роговицы после рефракционной операции усиливает внешнюю УФ нагрузку на хрусталик и создает условия для накопления в нем избыточного количества переносных радикалов. Это явилось одним из важных факторов, предрасполагающих к раннему развитию катаракты. **Заключение.** Для клинически значимого раннего развития катаракты после лазерных рефракционных операций на роговице необходимо сочетание нескольких катарактогенных факторов, таких как степень выраженности в раннем послеоперационном периоде оксидативного стресса в тканях переднего отрезка глаза, истончение роговицы, высокая корригируемая аметропия, отсутствие аккомодации и возраст пациента старше 40 лет.

Ключевые слова: катаракта, лазерная рефракционная хирургия роговицы, факторы риска катарактогенеза

Для цитирования: Корниловский И.М. Факторы катарактогенеза в лазерной рефракционной хирургии роговицы. *Офтальмология*. 2019;16(1S):112–117. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-1S-112-117>

Прозрачность финансовой деятельности: Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует



Factors of Cataractogenesis in Laser Corneal Refractive Surgery

I.M. Kornilovskiy

NI Pirogov National Medical and Surgical Center
Nizhnyaya Pervomayskaya str., 70, Moscow, 105203, Russia

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2019;16(1S):112-117

Purpose: to consider the main factors that stimulate cataractogenesis and the earlier development of cataracts after laser refractive surgery of the cornea. **Patients and methods.** The clinical material covers observations of the condition in more than 10 thousand eyes from 1 year to 20 years, after various laser refractive corneal operations (PRK, TransPRK, LASIK, FemtoLASIK). **Results.** Risk factors for cataractogenesis included high initial ametropia, accommodation disturbance, age, and increased external UV exposure. Clinical observations have shown that with laser correction of high degrees of ametropia, the number of cataractogenesis risk factors and their total value increased. Any laser refractive corneal surgery was accompanied by oxidative stress in all structures of the anterior eye and aseptic inflammatory response. The cornea thinning after refractive surgery increased the external UV load on the lens and created the conditions for the accumulation in it of an excessive amount of peroxide radicals. This was one of the important factors predisposing to the earlier development of cataracts. **Conclusion.** For clinically significant early cataract development after laser refractive corneal surgery, a combination of several cataractogenic factors is needed, such as the degree of severity of oxidative stress in the anterior eye tissue in the early postoperative period, cornea thinning, high corrective ametropia, lack of accommodation, and the patient age over 40 years old.

Keywords: cataract, laser refractive corneal surgery, risk factors of cataractogenesis

For citation: Kornilovskiy I.M. Factors of Cataractogenesis in Laser Corneal Refractive Surgery. *Ophthalmology in Russia.* 2019;16(1S):112-117. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-1S-112-117>

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

There is no conflict of interests

АКТУАЛЬНОСТЬ

Лазерные рефракционные операции на роговице все шире применяются для коррекции различных видов аметропий. Имеются публикации о том, что после лазерной рефракционной хирургии роговицы катаракта развивается на 10–15 лет раньше [1–9]. Однако данным сообщениям не уделяется должного внимания. Более того, считается, что современная микрохирургия удаления хрусталика с имплантацией ИОЛ полностью решает проблему реабилитации пациентов с катарактой после фоторефракционной хирургии. Однако с таким подходом трудно согласиться, поскольку искусственный хрусталик не может в полной мере заменить многообразие функций естественного прозрачного хрусталика. Аккомодирующий хрусталик играет чрезвычайно важную роль в активации систем гидродинамики и гемодинамики глаза. Кроме того, глутатион хрусталика участвует в восстановлении окисленной формы аскорбиновой кислоты во внутриглазной жидкости, занимающей ключевые позиции в системе антиоксидантной защиты всех внутриглазных структур.

Все вышеизложенное и предопределило необходимость написания настоящей работы.

Цель работы — рассмотреть основные факторы, стимулирующие катарактогенез и раннее развитие катаракты после лазерной рефракционной хирургии роговицы.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы работы по раннему развитию катаракты после лазерных рефракционных операций

и роли роговой оболочки в фотопротекторной защите внутриглазных структур. Собственный клинический материал охватывает наблюдения за состоянием более 10 тысяч глаз в сроки от 1 года до 20 лет после различных фоторефракционных операций на роговице (ФРК, ТрансФРК, ЛАСИК, ФемтоЛАСИК), выполненных в ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» и других офтальмологических учреждениях России. При обследовании прооперированных глаз особый акцент был сделан на изменение толщины роговицы в центральной оптической зоне, состояние биомикроскопической прозрачности и оптической плотности роговицы, хрусталика по данным оптической когерентной томографии и денситометрии. Исследования проводили с использованием приборов Cirrus HD-OCT 5000 (Carl Zeiss Meditec, Германия), RTVue 100 и RTVueXR100 (Optovue, США), Pentacam HR (Oculus, Германия), Wasko Analyzer, Wave Light Topolyzer VARIO, Wave Light Oculyzer и Wave Light Analyzer (Alcon, США) и TMS-5 (Tomey, Япония).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По мнению ряда исследователей, важным пусковым фактором ускорения катарактогенеза после лазерных кераторефракционных операций является развитие оксидативного стресса в роговице. Это сопровождается появлением перекисных радикалов во внутриглазной жидкости в ответ на формирование поверхностного роговичного лоскута на ножке и фотоабляцию. Выраженность и продолжительность оксидативного стресса после лазерной рефракционной операции нарастают

I.M. Kornilovskiy

Contact information: Kornilovskiy Igor M. Kornilovsky51@yandex.ru

Factors of Cataractogenesis in Laser Corneal Refractive Surgery

с увеличением объема испаряемой ткани [10]. Мы полагаем, что степень асептической воспалительной реакции и ее продолжительность после лазерной рефракционной операции усиливают суммарный эффект накопления перекисных радикалов в тканях переднего отдела глаза и хрусталике. Однако, по нашему мнению, ведущим фактором в катарактогенезе после лазерных рефракционных операций является степень истончения роговицы. Это связано с особенностями фотопротекторной функции роговицы по отсечению внешнего УФ излучения. Анализ работ по фотопротекторной защите внутриглазных структур глаза показал, что именно роговой оболочке принадлежит функция по блокированию ультрафиолетового излучения среднего диапазона (УФВ) и ослаблению интенсивности потока ультрафиолетового излучения ближнего диапазона (УФА) [10]. Неслучайно именно хрусталик является второй главной оптической фотопротекторной структурой, максимально задерживающей ультрафиолетовое излучение ближнего диапазона (УФА). Благодаря блокированию внешнего УФ излучения хрусталиком достигается максимальная защита нежных структур стекловидного тела и макулярной области сетчатки до которой, как известно, доходит не более 1–2 % внешнего ультрафиолетового излучения ближнего диапазона (УФА).

Наши клинические наблюдения показали, что катарактогенный эффект той или иной фоторефракционной операции зависит от сочетания целого ряда неблагоприятных факторов. Среди этих факторов по стойкости и длительности неблагоприятного воздействия на хрусталик ведущим следует считать истончение роговицы в центральной оптической зоне. Это, как уже отмечалось выше, вытекает из ее важной фотопротекторной функции по блокированию внешнего УФ излучения. Согласно закону Бутера — Ламберта — Бера следует, что чем толще слой поглощающей среды, тем больше поглощение, и наоборот. Применительно к истонченной в ходе фоторефракционной абляции роговицы это означает, что она будет меньше поглощать, в частности, внешнее УФ излучение, что неизбежно усилит УФ нагрузку на хрусталик. Именно истончение роговицы напрямую связано со степенью аметропии и объемом роговичной ткани, подвергаемой абляции. При этом неизбежно усиливается оксидативный стресс в строме роговицы и нарастает количество перекисных радикалов во внутриглазной жидкости сразу же после фотоабляции. Развитие ответной асептической воспалительной реакции в тканевых структурах переднего отдела глаза также сопровождается накоплением радикалов не только в строме роговицы, но и во внутриглазной жидкости.

Величина УФ нагрузки на хрусталик, на наш взгляд, является одним из решающих факторов катарактогенеза. Немаловажное значение имеет исходное состояние хрусталика и его аккомодационная функция. Хорошо известно, что различная степень нарушения аккомодации зависит от степени аметропии, длительности

и правильности выбранного метода коррекции и, конечно, возраста пациента. Немаловажное значение имеет то, насколько рефракционная операция будет способствовать улучшению работоспособности аккомодационного аппарата глаза, а точнее, работе всего иридоциклохрусталикового комплекса. Неслучайно в настоящее время аккомодацию можно рассматривать как сердце глаза, бьющееся в определенном ритме в зависимости от характера зрительной нагрузки. Более того, согласно современным представлениям, аккомодация является мощным стимулятором гидродинамической и гемодинамической системы глаза [11]. Как показали наши клинические наблюдения, при фоторефракционной коррекции слабых и средних степеней миопии у лиц молодого возраста отмечается повышение объема абсолютной и относительной аккомодации, показателей гидро- и гемодинамики глаза. Это может компенсировать небольшое истончение роговицы и ослабление ее фотопротекторной функции после лазерной рефракционной операции. Поэтому после лазерных рефракционных операций, выполненных у лиц молодого возраста со слабыми и средними степенями аметропии, риск раннего развития катаракты является очень низким. Следует отметить, что среди всех видов лазерных операций на роговице основная доля приходится именно на коррекцию слабых и средних степеней аметропии у молодого контингента пациентов. Данный риск значительно повышается при коррекции высоких степеней аметропии, особенно у лиц с высокой близорукостью. В качестве примера приводим следующее клиническое наблюдение.

Пациентка К. (1976 г. р). В 1997 году была выполнена операция ФРК на левом глазу по поводу миопии высокой степени (-8,0 дптр). Из-за выраженного болевого роговичного синдрома в раннем послеоперационном периоде от проведения операции ФРК на правом глазу с высокой степенью миопии (-8,0 дптр) пациентка отказалась и в течение 20 лет пользовалась контактной линзой. В 39 лет пациентка стала замечать туман и снижение зрения на оперированном левом глазу. При обследовании в 2017 году была выявлена ядерная катаракта. Острота зрения на левом глазу составила 0,1–0,2 и не поддавалась коррекции. При выполнении ОКТ роговицы и кератотопографии (кератотопограф TMS-5 с функциями Шеймфлюг сканирования и денситометрии) было отмечено истончение роговицы до 420 мкм в центре оптической зоны, что было на 100 мкм меньше по сравнению с роговицей правого глаза. В центральной оптической зоне хрусталика при биомикроскопии и по данным Шеймфлюг сканирования определялась ядерная катаракта с повышением оптической плотности (рис. 1). На правом глазу толщина роговицы в центре оптической зоны составила 520 мкм, хрусталик прозрачный (рис. 2). В 40 лет (в 2017 году) на левом глазу была выполнена факоэмульсификация катаракты с имплантацией ИОЛ. После операции острота зрения составила 0,4 с корр. Sph (-) 2,0 дптр. cyl (-) 0,75 дптр = 0,6–0,7. На правом

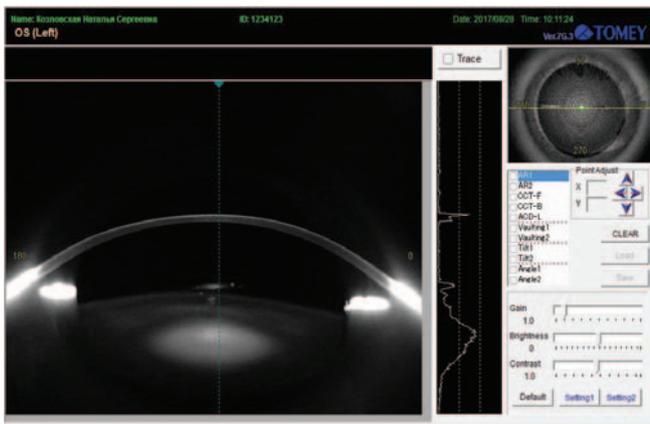


Рис. 1. Шеймпфлюг-сканограмма и денситограмма истонченной роговицы и ядерной катаракты, развившейся через 20 лет после ФРК на левом глазу с миопией высокой степени у пациентки К., 38 лет

Fig. 1. Sheimpflugscanogram and densitogram of a thinned cornea and nuclear cataract that developed 20 years after PRK on the left eye with a high degree of myopia in patient K., 38 years old

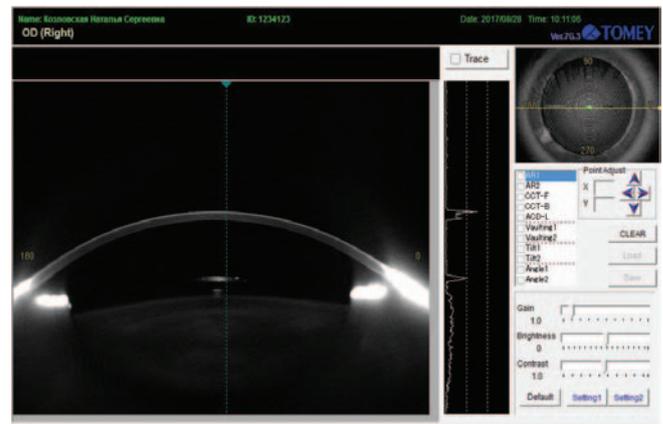


Рис. 2. Шеймпфлюг-сканограмма и денситограмма состояния роговицы и хрусталика правого глаза с миопией высокой степени на фоне ношения мягкой контактной линзы в течение 20 лет у пациентки К., 38 лет

Fig. 2. Sheimpflugscanogram and densitogram of the state of the cornea and lens of the right eye with a high degree of myopia against the background of wearing a soft contact lens for 20 years at patient K., 38 years old

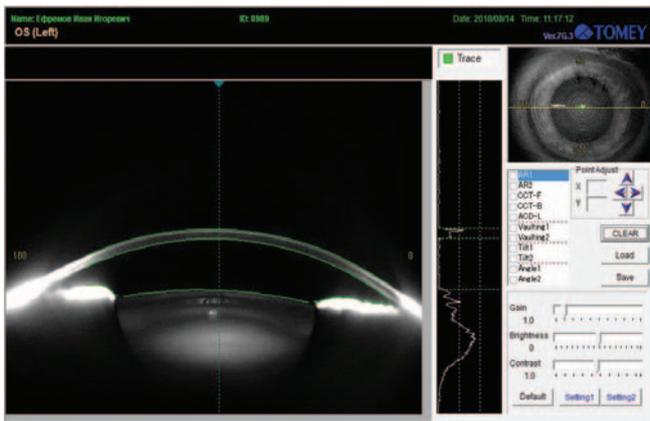


Рис. 3. Шеймпфлюг-сканограмма ядерной катаракты на левом глазу у пациента Е., 56 лет, развившейся через 15 лет после ежегодной избыточной УФ нагрузки в течение 3 месяцев

Fig. 3. Sheimpflug nuclear cataract scans on the left eye of patient E., 56 years old, developed 15 years after the annual excessive UV load for 3 months

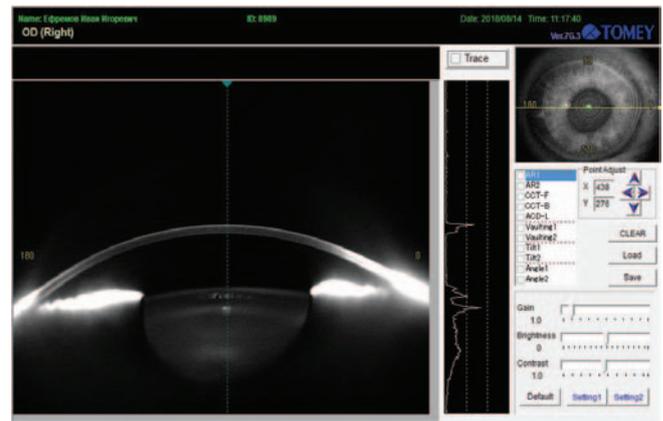


Рис. 4. Шеймпфлюг-сканограмма и денситограмма состояния хрусталика правого глаза у пациента Е., 56 лет, с начальными нежными помутнениями

Fig. 4. Sheimpflugscanogram and densitogram of the state of the crystalline lens of the right eye of patient E., 56 years old, with initial tender opacities

глазу острота зрения $-0,02$ с коррекцией сфера $(-)$ $8,0$ дптр и в контактной линзе $-7,50$ дптр = $1,0$.

Развитие ядерной катаракты на левом глазу в возрасте 40 лет хорошо укладывается в концепцию увеличения УФ нагрузки на хрусталик из-за ослабления фотопротекторной функции роговицы вследствие истончения после ФРК. Фактор травмы и другие возможные причины развития катаракты были исключены. При этом следует отметить, что до фоторефракционной операции была равная степень миопии на обоих глазах.

Следующее клиническое наблюдение подтверждает тот факт, что избыточная УФ нагрузка может привести к более раннему развитию ядерной катаракты. Пациент Е., 56 лет, в течение последних 15 лет ежегодно от 3

до 5 месяцев проживал на морском побережье Испании, где активно загорал и при этом никогда не пользовался солнцезащитными очками. В 2018 году обратил внимание на снижение зрения на левом глазу. При осмотре в этом глазу была выявлена ядерная катаракта (рис. 3) и нежные начальные помутнения в ядре хрусталика на правом глазу (рис. 4).

Наши клинические наблюдения и объективные инструментальные исследования позволили выявить следующие основные факторы катарактогенеза в лазерной рефракционной хирургии роговицы:

- окислительный стресс в роговице и появление перекисных радикалов во влаге передней камеры, нарастающие с увеличением объема фоторефракционной абляции;

Таблица. Факторы катарактогенеза в фоторефракционной хирургии роговицы и их оценка в баллах**Table.** Cataractogenesis factors in corneal photorefractive surgery and their score in balls

Факторы катарактогенеза (Cataractogenesis factors)	Степень значимости в зависимости от параметров / Degree of importance depending on parameters	Абляция на глубину до 50 мкм (баллы) / Ablation to a depth of 50 microns	Абляция на глубину 51–100 мкм (баллы) / Ablation to a depth of 50–100 microns	Абляция на глубину более 100 мкм / Ablation to a depth of more than 100 microns
Оптическая и переходная зона абляции (мм) Optical and transition ablation zone, mm	6,0–7,4 6,5–8,4 7,0–9,0	1 2,5 4,0	1,5 3,0 4,5	2 3,5 5,0
Формирование поверхностного лоскута на ножке толщиной (мкм) The formation of the surface flap on the leg thickness, μm	90 91–140 >140	1,0 2,5 4,0	1,5 3,0 4,5	2,0 3,5 5,0
Степень корригируемой аметропии (дптр) The degree of correctable ametropia (diopters)	<3,0 3,25–6,00 6,25–10,00 >10,00	1,0 2,5 4,0	1,5 3,0 4,5	2,0 3,5 5,0
Индукцируемые aberrации высших порядков, превышающие физиологические (%) Induced higher order aberrations exceeding physiological (%)	<150 151–200 >200	1,0 2,5 4,0	1,5 3,0 4,5	2,0 3,5 5,0
Остаточная аметропия без ее коррекции очками (дптр) Residual ametropia without glasses correction (diopter)	<1,00 1,25–2,00 >2,25	1,0 2,5 4,0	1,5 3,0 4,5	2,0 3,5 5,0
Объем относительной аккомодации Relative accommodation volume	Снижен Отсутствует	1,0 2,5	1,5 3,0	2,0 3,5
Возраст (лет) Age, years	18–20 21–30 31–40 41 и выше	1,0 1,5 2,0 3,0	1,5 2,0 2,5 3,5	2,0 2,5 3,0 4,0
Степень выраженности оксидативного стресса (в баллах) The severity of oxidative stress in balls	I — слабая II — средняя III — высокая	1,0 2,5 4,0	1,5 3,0 4,5	2,0 3,5 5,0
Степень нарушения фотопротекторной функции истонченной роговицы (в баллах) The degree of violation of the photoprotective function of the thinned cornea, in balls	I — слабая II — умеренная III — тяжелая	1 2,5 4,0	1,5 3,0 4,5	2,0 3,5 5,0

- степень истончения роговицы в центральной оптической зоне после фоторефракционной абляции;
- нарушение фотопротекторной функции истонченной роговицы и увеличение УФ нагрузки на хрусталик;
- величина корригируемой аметропии;
- слабость аккомодации, пресбиопия;
- возраст пациента старше 40 лет;
- наличие индуцированных aberrаций высших порядков после лазерной рефракционной операции на роговице.

С целью оценки влияния лазерных кераторефракционных операций на развитие катаракты каждому из катарактогенных факторов риска, исходя из степени его выраженности, была дана балльная оценка. При этом минимальная степень оценивалась в 1 балл и повышалась на 0,5 балла с увеличением глубины абляции на каждые 50 мкм, а также при увеличении оптической и переходных зон. Аналогичный подход был применен при анализе всех остальных факторов катарактогенеза (табл.). Величина суммы всех баллов предопределяла риск раннего развития катаракты.

Клинические наблюдения показали, что именно при коррекции высоких степеней аметропии резко увеличивается количество факторов риска и сумма баллов по

всем факторам катарактогенеза. Это прежде всего касается фоторефракционной коррекции миопии высокой степени. Наши клинические наблюдения показали, что начальные признаки катарактальных изменений в хрусталике могут появляться уже в течение первого года после фоторефракционной операции. Сегодня при современной технологии хирургии катаракты с имплантацией ИОЛ решение о проведении операции нередко принимается при начальной катаракте и высокой остроте зрения.

Однако правомерность и обоснованность такого подхода не всегда имеет должное физиологическое обоснование и не базируется на объективных инструментальных методиках.

Большинство лазерных рефракционных операций уменьшает толщину роговицы и ослабляет ее фотопротекторную функцию. Это неизбежно повышает риск раннего развития катаракты. Вот почему уже сегодня не вызывает сомнений целесообразность разработки новых технологий лазерных рефракционных операций на роговице. Данные технологии должны предусматривать компенсацию ослабления прочностных и фотопротекторных свойств истонченной роговой оболочки [12–17].

ВЫВОДЫ

1. Степень выраженности оксидативного стресса в тканях переднего отрезка глаза после лазерных операций на роговице является неблагоприятным фактором катарактогенеза.

2. Истончение роговой оболочки после лазерных рефракционных операций усиливает УФ нагрузку на хрусталик, что является одним из важных факторов, predisposing к раннему развитию катаракты.

3. Высокая исходная аметропия, отсутствие аккомодации, пресбиопический возраст следует рассматривать как дополнительные факторы риска, стимулирующие катарактогенез после лазерных рефракционных операций с истончением роговицы.

4. Для клинически значимого раннего развития катаракты после лазерных рефракционных операций необходимо сочетание нескольких взаимосвязанных между собой катарактогенных факторов, таких как степень выраженности в раннем послеоперационном периоде оксидативного стресса в тканях переднего отрезка глаза, истончение роговицы, высокая степень корригируемой аметропии, отсутствие аккомодации и возраст пациента старше 40 лет.

5. С целью профилактики раннего развития катаракты после лазерных рефракционных операций на роговице целесообразна такая технология их выполнения, при которой бы истончение роговицы не сопровождалось клинически значимым нарушением ее фотопротекторных свойств.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Costagliola C., Balestrieri P., Fioretti F., Frunzio S., Rinaldi M., Scibelli G., Sebastiani A., Rinaldi E. ArF 193 nm excimer laser corneal surgery as a possible risk factor in cataractogenesis. *Exp Eye Res.* 1994 Apr;58(4):453–457. DOI: 10.1006/exer.1994.1038
- Nakamura K., Bissen-Miyajima H., Arai H., Toda I., Hori Y., Shimmura S., Tsubota K. Iatrogenic cataract after laser-assisted in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol.* 1999 Oct;128(4):507–509. DOI: 10.1016/S0002-9394(99)00193-2
- Krueger R.R., Seiler T., Gruchman T., Mrochen M., Berlin M.S. Stress wave amplitudes during laser surgery of the cornea. *Ophthalmology.* 2001 Jun;108(6):1070–1074. DOI: 10.1016/S0161-6420(01)00570-X
- Wachtlin J., Blasig I.E., Schrunder S., Langenbeck K., Hoffmann F. PRK and LASIK-their potential risk of cataractogenesis: lipid peroxidation changes in the aqueous humor and crystalline lens of rabbits. *Cornea.* 2000 Jan;19(1):75–79. DOI: 10.1097/00003226-200001000-00015
- Mansour A.M., Ghabra M. Cataractogenesis after Repeat Laser in situ Keratomileusis. *Case Report Ophthalmol.* 2012 May;3(2):262–265. DOI: 10.1159/000342134
- Manning S. Cataract surgery outcomes in corneal refractive surgery eyes: Study from the European Registry of Quality Outcomes for Cataract and Refractive Surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2015 Nov;41(11):2358–2365. DOI: 10.1016/j.jcrs.2015.04.034
- Yesilirmak N., Chhadva P., Waren D., MSPH, Donaldson K.E. Effect of Prior Refractive Surgery on Timing of Cataract Surgery. *MS ASCRS ASOA Symposium & Congress 2015 Paper.* DOI: 10.3928/1081597X-20160217-07
- Iijima K., Kamiya K., Shimizu K., Komatsu M. Demographics of patients having cataract surgery after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2015 Feb;41(2):334–338. DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.05.045
- Yesilirmak N., Chhadva P., Diakonis V.F., Waren D.P., Yoo S.H., Donaldson K.E. The Effect of LASIK on Timing of Cataract Surgery. *J Refract Surg.* 2016 May 1;32(5):306–310. DOI: 10.3928/1081597X-20160217-07
- Корниловский И.М., Султанова А.И., Бурцев А.А. Фотопротекция рибофлавином с эффектом кросслинkingа при фоторефракционной абляции роговицы. *Вестник офтальмологии.* 2016;132(3):37–42. [Kornilovskiy I.M., Sultanova A.I., Burtsev A.A. Riboflavin photoprotection with cross-linking effect in photorefractive ablation of the cornea. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii.* 2016;132(3):37–42 (In Russ)]. DOI: 10.17116/oftalma2016132337-41
- Корниловский И.М. Новая энергосберегающая гидродинамическая теория аккомодации. *Рефракционная хирургия и офтальмология.* 2010;10(3):11–16. [Kornilovskiy I.M. New energy-saving hydrodynamic theory of accommodation. *Refractive surgery and ophthalmology = Refraktsionnaya khirurgiya i oftalmologiya.* 2010;10(3):11–16 (In Russ)].
- Корниловский И.М., Бурцев А.А. Теоретическое и экспериментальное обоснование лазериндуцированного кросслинkingа в фоторефракционной хирургии роговицы. *Катарактальная и рефракционная хирургия.* 2015;15(1):20–25. [Kornilovskiy I.M., Burtsev A.A. Theoretical and experimental study of laser-induced crosslinking in photorefractive corneal surgery. *Cataract and refractive surgery = Kataraktalnaya i refraktsionnaya khirurgiya.* 2015;15(1):20–25 (In Russ)]. DOI: 10.2147/OPTH.S101632
- Корниловский И.М. Лазер-индуцированный кросслинking в модификации абляционной поверхности при фоторефракционной кератэктомии. *Катарактальная и рефракционная хирургия.* 2016;16(4):29–35. [Kornilovskiy I.M. Laser-induced crosslinking for the remodeling of ablation surface in photorefractive keratectomy. *Cataract and refractive surgery = Kataraktalnaya i refraktsionnaya khirurgiya.* 2016;16(4):29–35 (In Russ)].
- 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
- Kornilovskiy 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. ISSN: 0975-8585.
- Корниловский И.М. Фотопротекция с эффектом лазер-индуцированного кросслинkingа при фоторефракционной абляции с рибофлавином. *Точка зрения «Восток-Запад».* 2018;1:61–64. [Kornilovskiy I.M. Photoprotection with the effect of laser-induced crosslinking during photorefractive ablation with riboflavin. *Point of View “East-West” = Tochka zreniya “Vostok-Zapad”.* 2018;1:61–64 (In Russ)]. DOI: 10.25276 / 2410-1257-2018-1-61-64
- Корниловский И.М., Шишкин М.М., Голяков А.А., Бурцев А.А., Гиля А.П. ОКТ роговицы в оптимизации новой технологии трансэпителиальной ФРК с рибофлавином. *Точка зрения «Восток-Запад».* 2018;1:81–85. [Kornilovskiy I.M., Shishkin M.M., Golyakov A.A., Burtsev A.A., Gilya A.P. OCT of the cornea in optimizing the new technology of transepithelial PRK with riboflavin. *Point of View “East-West” = Tochka zreniya “Vostok-Zapad”.* 2018;1:81–85 (In Russ)]. DOI: 10.25276 / 2410-1257-2018-1-81-85

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Корниловский Игорь Михайлович
доктор медицинских наук, профессор
ул. Нижняя Первомайская, 70, Москва, 105203, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHOR

NI Pirogov National Medical and Surgical Center
Kornilovskiy Igor M.
MD, professor
Nizhnaya Pervomayskaya str., 70, Moscow, 105203, Russia