

УДК 617.7-089

КОНФОКАЛЬНАЯ МИКРОСКОПИЯ РОГОВИЦЫ В КЕРАТОРЕФРАКЦИОННОЙ ХИРУРГИИ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

© Н.П. Паштаев, И.Л. Куликова, О.В. Шленская, Л.Н. Волкова

Ключевые слова: конфокальная микроскопия; Confoscan 4; HRT II с Rostok Cornea Module; кераторефракционные операции.

В обзоре литературы рассмотрена краткая история происхождения конфокального микроскопа, отмечены особенности приборов и различия между ними. В современной офтальмологии с помощью конфокального микроскопа возможна визуализация морфологических изменений роговицы *in vivo*. Конфокальная микроскопия привлекает как с научно-исследовательской, так и с практической точки зрения. Раскрыты основные ключевые морфологические изменения роговицы после кераторефракционных операций в раннем и отдаленном послеоперационном периодах.

Краткая история конфокальной микроскопии. В современной офтальмологии с помощью конфокального микроскопа возможна визуализация морфологических изменений роговицы *in vivo*. Конфокальная микроскопия привлекает как с научно-исследовательской, так и с практической точки зрения. Она позволяет визуализировать структуру роговицы, определять и выработать тактику лечения при различных клинических состояниях, а также проводить динамическое наблюдение и оценивать эффективность проведенного лечения [1–2].

Принцип конфокальной микроскопии предложен в середине 1950-х гг. американским исследователем М. Minsky. Он смоделировал конфокальный микроскоп со сканирующим подвижным предметным столиком, в котором осветитель и объектив были сфокусированы на одной точке исследуемого объекта, результаты фиксировались на фотопленку. Основным недостатком этого прибора являлась малая скорость сканирования [3].

В 1960-х гг. М. Petráň и М. Egger изменили выходную диафрагму, используя вращающийся диск Нипкова, который имел множество центросимметричных, спирально расположенных отверстий. Авторы назвали данный тип микроскопа тандемно-сканирующим, недостатками которого были низкое пропускание света и необходимость в очень высокой точности при изготовлении и монтаже диска [4]. Одновременно отечественный физик Г.М. Свищев разработал и сконструировал конфокальный микроскоп с щелевыми полевыми диафрагмами, используя щелевую диафрагму и вибрирующие зеркала. При этом изображение воспринималось непрерывно освещенным, при необходимости можно было уменьшить поле зрения, повысив контраст изображения [5]. В начале 1970-х гг. Р. Davidovits и М.Д. Egger разработали конфокальный микроскоп, используя лазер в качестве источника освещения [6].

С развитием лазерной и компьютерной технологий конфокальные микроскопы совершенствовались, адаптировались к клиническому применению. В настоящее время они содержат сложные интегрированные электронные и лазерные системы, несколько фотоумножи-

телей, акустооптические туннельные фильтры, светоделительные пластинки, компьютер для отображения, обработки, вывода и хранения изображений [7].

Современные конфокальные микроскопы выпускаются США, Германией и Японией [8–10]. В России для морфологических исследований роговицы *in vivo* применяют щелевой сканирующий конфокальный микроскоп Confoscan 4 (Nidek, Япония) и лазерный сканирующий конфокальный микроскоп HRT II с Rostok Cornea Module (Heidelberg Engineering GmbH, Германия). У каждого прибора есть свои преимущества и недостатки. HRT II с Rostok Cornea Module (HRT II с RCM) позволяет получать высококачественные снимки не только роговицы, как Confoscan 4, но и конъюнктивы, зоны лимба, радужки и капсулы хрусталика. Для получения записи оба прибора работают в ручном, автоматическом и z-скан режимах. Приборы отличаются по размеру исследуемой зоны, при использовании в контактном режиме Confoscan 4 – 460×345 мкм, HRT II с RCM – от 300×300 до 400×400 мкм, при работе в бесконтактном режиме Confoscan 4 – 460×690 мкм, HRT II с RCM – от 470×470 до 2000×2000 мкм. Кроме того, они отличаются скоростью получения изображений, при проведении исследований Confoscan 4 – 25 кадров в секунду, при HRT II с RCM – 30 кадров в секунду [7].

Конфокальная микроскопия (КМ) роговицы позволяет проводить исследования на клеточном уровне в состоянии функциональной активности и получать оптические срезы толщиной менее 5 мкм в четырех измерениях (высота, ширина, глубина и время), дифференцировать субпопуляции эпителия и измерять их толщину, визуализировать стромальные кератоциты в различных слоях роговицы, субэпителиальные и стромальные нервы, оценивать их метаболическую активность, изучать репаративно-восстановительные процессы после операций [11–13].

Однако КМ имеет ряд ограничений, к которым относят сложности исследования идентичных участков в динамике, периферических областей (Confoscan 4), трудности визуализации структуры при выраженных помутнениях или отеке роговицы. Затруднено или по-

рой невозможно проведение конфокальной микроскопии при светобоязни, слезотечении и блефароспазме [14].

Конфокальная микроскопия в рефракционной хирургии. КМ оказывает неоценимую помощь в динамическом наблюдении за роговицей после кераторефракционных операций, число проведения которых растет с каждым годом. Ранняя диагностика патологических изменений роговицы до проведения кераторефракционных операций является профилактикой развития послеоперационных осложнений. Предоперационные изменения слезной пленки могут влиять на репаративные процессы в послеоперационном периоде. Обнаружение характерных признаков, свойственных начальному кератоконусу до операции, позволяет предотвратить развитие тяжелых послеоперационных осложнений. Г.Б. Егорова с соавт. (2012) с помощью КМ Confoscan 4 выявили субклинические признаки кератоконуса: уплотнение десцеметовой мембраны с повышением светоотражения, появление темных бесклеточных округлых зон («лакун») в средних слоях стромы, изменение ориентации ядер кератоцитов по вертикальной оси во всех слоях стромы [15].

В зависимости от вида аметропии основные морфологические изменения после проведенных рефракционных операций расположены в центре или на периферии роговицы. К основным морфологическим послеоперационным изменениям, наблюдаемым при КМ, относятся различные включения и клеточные элементы в интерфейсе, изменения архитектоники и толщины роговичного лоскута, сроки восстановления иннервации роговицы, степень выраженности флера и дифференциация помутнений роговицы, признаки ССГ [16–19].

При выкраивании роговичного лоскута различными микрокератомами наблюдается различная гистоморфологическая картина в раннем послеоперационном периоде. При использовании микрокератома Moria LSK отмечено нарушение цитоархитектоники эпителия с почти полным отсутствием поверхностных эпителиоцитов, микрострии боуменовой мембраны, а в интерфейсном пространстве – большое количество металлических включений (осколков режущей кромки лезвия микрокератома), причем при повторном использовании микрокератома их количество уменьшается [20–22]. При использовании микрокератома Ziortix сохраняется цитоархитектоника эпителия, степень выраженности складок боуменовой мембраны и количество металлических включений достоверно меньше [20]. Во всех случаях при применении микрокератома в толще клапана и поверхностных слоях стромы роговицы визуализируется отек экстрацеллюлярного матрикса, миграция воспалительных и большое количество «активных» клеток [20–22].

Хорхе Л. Алио с соавт. (2004) провели оценку различных факторов, воздействующих на качество лоскута и интерфейса после ЛАСИК в строме роговицы при коррекции миопии. Выделили 5 основных факторов: первичное или повторное применение лезвия кератома, орошающий раствор, опыт хирурга, тип микрокератома и лазера. Обследование проводили с помощью конфокального микроскопа ASL-500 и его программного обеспечения («Advanced Scanning LTD», New Orleans, USA). Микроскладки и частицы в пространстве интерфейса были найдены в 100 % глазах. Потенциальными источниками частиц лоскутного интерфейса являлись: частица металла микрокератома, ворсинки спонжиков или марлевых повязок, составляющие раствора, при-

меняемого для промывки, липиды или воспалительные клетки слезной жидкости или остатки эпителия, внесенные в интерфейс микрокератомом. Чаще всего металлические частицы в интерфейсе встречались при использовании нового лезвия микрокератома («ALK», «Hansatome») и при работе неопытного хирурга. Применение растворов карбоната натрия или лактата Рингера минимально влияло на количество частиц в интерфейсе. Применение двух эксимерных лазеров («Technolase 217 C-Lasik», «Visix 20/20») не оказало влияния на плотность частиц [16].

В. Sonigo с соавт. (2006) провели сравнительный анализ изменений роговицы после применения микрокератома Hansatome (Bausch&Lomb) и фемтосекундного лазера IntraLase PulsionFS с помощью лазерного сканирующего конфокального микроскопа Rostock Cornea Module Heidelberg Retina Tomograph II и выявили микроскладки боуменовой мембраны, наличие суббазальных нервных волокон через 6 месяцев, отсутствие изменений кератоцитов в передней строме в течение 12 месяцев в обеих группах. Отличие было в выявлении после ФемтоЛАСИК активации кератоцитов в ретроабляционной зоне, которое уменьшалось к 2 месяцам после операции, а также в наличии фибротизации по краю роговичного лоскута через 2 месяца и формирования стромального фиброза через 6 месяцев после операции [23].

J. Javaloy с соавт. (2007) провели сравнительный морфологический анализ роговичного лоскута, выполненного микрокератомом Moria M2 и фемтосекундным лазером 15 kHz, по толщине роговичного лоскута, плотности частиц в интерфейсе и степени непрозрачности с помощью tandem-сканирующего конфокального микроскопа (модель 165A, ASL, Reston, Va). Более высокий показатель непрозрачности наблюдался после ФемтоЛАСИК, т. к. имела большая степень воспаления и «активация» кератоцитов передней стромы и меньшее количество частиц в интерфейсе, которые с течением времени уменьшались, имея органический характер появления [24].

При использовании фемтосекундного лазера «IntraLase FS» 60 кГц сформированный роговичный клапан имеет более ровный край, в зоне абляции выраженный отек экстрацеллюлярного матрикса с нарушением его прозрачности в раннем послеоперационном периоде, практически полное отсутствие микрострий и меньшее количество инородных включений, активация вторичного фиброзного процесса по краю клапана и в интерфейсе [25].

Фемтосекундный лазер «FEMTO LDV» позволяет формировать роговичный клапан, максимально точно адаптирующийся к подлежащей строме, с гладкими, конгруэнтными интерфейсными плоскостями, с минимально выраженным реактивным отеком стромы роговицы и умеренной активацией кератоцитов без избыточной вторичной активации фибропластического процесса [26].

Если в раннем послеоперационном периоде границы интерфейса легко определяются по локализации частиц и складок, то при миопии после ЛАСИК границы интерфейса исчезают через год [21, 27], при гиперметропии – через 6 месяцев [27]. После ФемтоЛАСИК при миопии исчезновение границ отмечено через 6 месяцев [21], при гиперметропии – через 3 месяца [22].

Сроки регенерации субэпителиальных нервов имеют большое значение в восстановлении трофических

функций роговицы после операции. В раннем послеоперационном периоде после проведения ЛАСИК при миопии нервные волокна сохранялись в области ножки клапана в 10–15 % случаев [28–29]. Окончательные сроки восстановления субэпителиальных нервных волокон колеблются, по мнению разных авторов, от 3 до 12 месяцев, при этом волокна тонкие, с аномальным ветвлением и с 50 % уменьшением в количестве [21; 28–30].

В ходе рефракционных операций во время абляции происходит испарение роговичной ткани, что в последующем способствует развитию дефицита кератоцитов в строме роговицы. Основной причиной снижения кератоцитов считается развитие апоптоза за счет интраоперационного стресса [31]. До 7–14 суток после операции в строме отмечалась гиперцеллюлярность за счет миграции воспалительных клеток (макрофагов и дендритформных клеток Лангерганса) и появления «активных» клеток, которая сменяется формированием «ацеллюлярной зоны» [28]. После ЛАСИК плотность кератоцитов начинает снижаться в стромальном лоскуте и ретроабляционной зоне через 1 месяц, основная потеря кератоцитов до 35 % происходит к 6 месяцам [31], в задних 2/3 стромы достоверно значимых изменений не наблюдается [29; 31].

Н.В. Майчук (2006–2008) в своих работах продемонстрировала особенности течения послеоперационного периода у пациентов с миопией и гиперметропией. Динамическое исследование конфокальной микроскопии роговицы при различных видах кераторефракционных операций выявило, что каждая операция сопровождается общими и специфическими ультраструктурными изменениями. К общим относятся асептический реактивный отек корнеальных структур в раннем послеоперационном периоде и повреждение эпителия. К специфическим морфологическим изменениям роговицы после ЛАСИК относятся инородные включения в интерфейсе (металлические, липидные и муциновые, воспалительные клетки макрофагального ряда и эритроциты), микрострии роговичного лоскута, «обрывки» нервных волокон [28]. После проведения ЛТК по поводу гиперметропии происходит формирование интрастромального коагулянта с сохранением малоизмененной зоны окружающей среды, повреждением интрастромального сплетения, малоизмененного эпителия и сохранного эндотелия в проекции коагулянта [32].

М.М. Бикбов (2008, 2009) при проведении ЛАСИК у детей с остаточной аметропией после интраокулярной коррекции врожденной катаракты методом лазерной сканирующей конфокальной микроскопии определил этапы восстановления субэпителиальных нервных волокон роговицы. В проекции лоскута в течение 1 месяца нервные волокна не визуализировались. На границе абляции нервные волокна появлялись через 7–8 недель, в центре роговице – через 3–4 месяца. Через 7–9 месяцев реиннервацию считали завершенной, т. е. определялись непрерывные нервные волокна по всей поверхности роговицы [33–34]. О.В. Шленская с соавт. (2011) с помощью Confoscan 4 выявила отличия в морфологической картине роговицы при коррекции гиперметропии у детей методом ФемтоЛАСИК и ЛАСИК в раннем послеоперационном периоде. После ФемтоЛАСИК в зоне абляции в 42 % случаев имелось выраженное нарушение прозрачности стромы с наличием обрывков субэпителиальных нервов и активацией кератоцитов в ретроабляционной зоне, количество и

плотность которых уменьшались к 3 месяцам до 33 % случаев. По краю роговичного лоскута через 3 месяца визуализировалось начало формирования фиброза [35]. Плотность кератоцитов значительно снижалась в ретроабляционной зоне и зоне абляции после воздействия фемтосекундного лазера на 3 день после операции и к 3 месяцам увеличилась, но по сравнению с данными после использования микрокератома она была меньше. Отражательная способность в зоне абляции после воздействия фемтосекундного лазера была увеличена в раннем послеоперационном периоде, а через 3 месяца снизилась [36].

Конфокальная микроскопия позволяет не только констатировать послеоперационные изменения роговицы, но и диагностировать осложнения после проведенных кераторефракционных операций. Осложнения после ЛАСИК и ФемтоЛАСИК схожи, это транзиторный синдром «сухого глаза», диффузный ламеллярный кератит, смещение лоскута и стрии, врастание эпителия, кератэктазия.

B. Erdelyi et al. (2007) выявили, что при синдроме «сухого глаза» имеется меньшая толщина эпителиального слоя и повышенная рефлексивность стромы роговицы, при котором плохо визуализируются кератоциты [37]. С.Э. Аветисов с соавт. (2009) изучил состояние роговицы при синдроме «сухого глаза» и выявил прямую зависимость между функциональными показателями, степенью тяжести ССГ и изменениями морфологической картины роговицы. Изменения были со стороны переднего эпителия и переднего слоя стромы, выраженность которых зависела от тяжести ССГ и не влияла на состояние иннервации роговицы. У всех пациентов отмечалась повышенная десквамация поверхностных клеток эпителия с резким уменьшением значения ядерно-цитоплазматического соотношения за счет пикнотических изменений ядра. В случаях несвоевременного лечения таких пациентов в поверхностных слоях эпителия визуализировались светлые зигзагообразные линии, иногда сетевидный рисунок с выраженной рефлексивностью, что, возможно, было связано с повышенной вязкостью слезы, которая заполняла расширенные межклеточные пространства. В передних слоях стромы имелось увеличение количества гиперрефлексивных кератоцитов, которые были изменены по форме и имели нечеткость контуров ядер, при этом количество их было прямо пропорционально степени выраженности симптомов ССГ [38].

Группой авторов МНТК «Микрохирургия глаза» (г. Москва) при синдроме «сухого глаза» с нейротрофической эпителиопатией выявлены локальные дефекты в эпителиальном слое и большое количество псевдокератинизированных поверхностных эпителиоцитов с гиперрефлектирующими включениями, вероятно, адсорбировавшиеся из патологически измененной слезной жидкости. Кроме того, обнаружена метаплазия крыловидных эпителиоцитов с нарушением (увеличенным) соотношением ядро/цитоплазма, а в строме – большое количество дендритформных клеток Лангерганса и воспалительных клеток макрофагального ряда. При асептическом отеке роговичного клапана в раннем послеоперационном периоде выявлен отек цитоплазмы эпителиоцитов, нарушение цитоархитектоники и отсутствие четких границ эпителиальных слоев, отек боуменовской мембраны, диффузное помутнение экстрацеллюлярного матрикса, а также утолщение роговичного лоскута до 170 мкм при расчетной толщине кла-

пана, сформированного кератомом Zyoptix, 105 мкм. При неспецифическом диффузном ламеллярном кератите (ДЛК) в ранней стадии визуализировали очаговое скопление полиморфных клеток (макрофаги, «активные клетки», дендритформные клетки) в области интерфейса, локальный отек экстрацеллюлярного матрикса по периферии фокуса ДЛК; в поздней стадии – локальные очаги фиброплазии в интерфейсе с четкой демаркацией от интактной стромы. При врастании эпителия под роговичный клапан видна локальная зона перифокального отека и эпителиальные клетки, аналогичные базальным эпителиоцитам, в интерфейсном пространстве. При послеоперационной кератэктазии эпителий практически не изменен, по обеим сторонам интерфейса – обширная интрастромальная ацеллюлярная зона с неполной прозрачностью и хаотично расположенными разнонаправленными линиями разрежения в передней части стромы, аналогичные линиям Фогта при первичном кератоконусе. Также визуализировались «обрывки» нервных волокон, воспалительные клетки макрофагального ряда и дендритформные клетки Лангерганса, мигрирующие из корнеосклеральной зоны [11].

Б.М. Азнабаев с соавт. (2006, 2008) считают, что рефракционный регресс в отдаленные сроки может быть вызван увеличением толщины эпителиального пласта в местах наибольшей глубины лазерной абляции и тесно связан с процессами заживления в области интерфейса [7; 27].

О.И. Кондакова (2011) в своей работе провела оценку и разработала лечебно-диагностический алгоритм для повышения эффективности подготовки пациентов с измененной глазной поверхностью к кераторефракционным операциям. С помощью комплексного исследования глазной поверхности у пациентов после перенесенных различных кераторефракционных операций и ношения контактных линз были выявлены три типа морфофункциональных изменений роговицы (обратимые, частично обратимые и необратимые), на основании которых определены критерии показаний и противопоказаний к проведению кераторефракционных операций у пациентов с индуцированными изменениями глазной поверхности [39].

Таким образом, современные конфокальные микроскопы легки в обслуживании, автоматизация основных функций и быстрота исследования позволяет проводить конфокальную микроскопию как скрининговый метод в рефракционной офтальмохирургии, дает возможность индивидуально анализировать данные каждого пациента, изучать репаративно-восстановительные процессы в послеоперационном периоде как при обычном течении, так и при осложненном.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ткаченко Н.В., Астахов С.Ю.* Диагностические возможности конфокальной микроскопии при исследовании поверхностных структур глазного яблока // Офтальмологические ведомости. 2009. Т. 2. № 1. С. 82-89.
2. *Федоров А.А.* Морфологические основы научных исследований в офтальмологии // Вестн. офтальмол. 2013. № 5. С. 10-21.
3. *Minsky M.* Memoir on inventing the confocal scanning microscope // Scanning. 1988. V. 10. P. 128-138.
4. *Egger M.D., Petran M.* New reflected-light microscope for viewing unstained brain and ganglion cell // Science. 1967. V. 157. P. 306-307.
5. *Свищев Г.М.* Микроскоп для исследования в падающем свете прозрачных светорассеивающих объектов // Оптика и спектроскопия. 1969. Т. 26. № 2. С. 313-315.
6. *Davidovits P., Egger M.D.* Scanning optical microscope. Patent US 3, 643, 015, priority 1972.
7. *Азнабаев Б.М. и др.* Лазерная сканирующая томография: передний и задний сегмент. М., 2008. 221 с.
8. *Hill J.D.* Confocal tandem scanning reflected light microscope. Patent US 5, 307, 203, priority 1994.
9. *Masters B.R., Thaeer A.A.* Real time scanning slit confocal microscopy of the in vivo human cornea // Appl. Optics. 1994. V. 33. № 4. P. 695-701.
10. *Patel S.V., McGhee C.N.J.* Contemporary in vivo confocal microscopy of living human cornea using white light and laser scanning techniques: a major review // Clinical and Experimental Ophthalmology. 2007. V. 35. № 1. P. 71-88.
11. *Дога А.В. и др.* Использование конфокальной микроскопии для визуализации осложнений лазерного интрастромального кератомилеза // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. М., 2008. С. 53-54.
12. *Jalbert I. et al.* In vivo corneal microscopy of human cornea // Brit. J. Ophthalmol. 2003. V. 87. № 2. P. 225-236.
13. *Lemp M.A., Dilly P.N., Boyde A.* Tandem-scanning (confocal) microscopy of the full-thickness cornea // Cornea. 1985/1986. V. 4. № 4. P. 205-209.
14. *Аветисов С.Э. и др.* Современные подходы к оценке анатомо-функционального состояния роговицы // Вестн. офтальмол. 2010. № 4. С. 59-63.
15. *Егорова Г.Б., Рогова А.А., Митичкина Т.С.* Диагностические возможности конфокальной микроскопии первичных эктазий // Вестн. офтальмол. 2012. № 6. С. 25-29.
16. *Алио Х.Л., Хавалой Х., Незри Э.П.* Качество интерфейса роговичного лоскута после ЛАСИК. Исследование с помощью конфокального микроскопа // Офтальмология. 2004. Т. 1. № 3. С. 12-24.
17. *Балашевич Л.И. и др.* Морфофункциональные изменения роговицы в отдаленные сроки после LASIK // Поле зрения. 2012. № 6. С. 38-39.
18. *Квачалина Г.Ф. и др.* Использование конфокальной микроскопии – метода прижизненной визуализации ультраструктуры роговицы в кераторефракционной хирургии // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии: сб. науч. ст. 7 Междунар. науч.-практ. конф. М., 2006. С. 82-89.
19. *Kauffmann T. et al.* Corneal reinnervation after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis: an in vivo study with a confocal videomicroscope // Ger. J. Ophthalmol. 1997. № 5. P. 508-512.
20. *Квачалина Г.Ф., Майчук Н.В., Кишкин Ю.И.* Использование современных методов визуализации переднего отрезка глаза в исследовании роговичных клапанов, формируемых различными микрокератомами // Современная технология рефракционной и катарактальной хирургии: сб. науч. ст. 9 науч.-практ. конф. М., 2008. С. 112-116.
21. *Патеева Т.З., Паушаев Н.П., Шленская О.В.* Анализ структурных изменений роговицы после кераторефракционных операций при помощи конфокальной микроскопии // Кубанский научный медицинский вестник. 2011. Т. 124. № 1. С. 99-103.
22. *Федотова Л.А., Шленская О.В., Паушаев Н.П.* Качество роговичного лоскута и интерфейса после INTRALASIK и LASIK у пациентов с гиперметропией по данным конфокальной микроскопии // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2011. № 14. С. 383-387.
23. *Sonigo B. et al.* In vivo corneal confocal microscopy comparison of Intralase femtosecond laser and mechanical microkeratome for laser in situ keratomileusis // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2006. V. 47. № 7. P. 2803-2811.
24. *Javaloy J. et al.* Confocal Microscopy comparison of Intralase femtosecond laser and moria M2 microkeratome in Lasik // Journal of refractive surgery. 2007. V. 23. № 2. P. 178-186.
25. *Патеева Т.З.* Фемтолазерная коррекция миопии: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2012.
26. *Дога А.В. и др.* Сравнительный анализ гистоморфологии роговиц in vivo после формирования поверхности клапана с помощью механического микрокератома и фемтосекундного лазера // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии: сб. науч. ст. М., 2009. С. 255-260.
27. *Азнабаев Б.М. и др.* Лазерная сканирующая конфокальная микроскопия. Принципы работы и морфологические критерии диагностики состояния роговицы после ЛАСИК // Рефракционная хирургия и офтальмология. 2006. Т. 6. № 2. С. 10-14.
28. *Майчук Н.В.* Разработка клинико-биохимической системы диагностики, прогнозирования и коррекции поражений роговицы, индуцированных кераторефракционными операциями: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2008.
29. *Нероев В.В., Ханджян А.Т., Манукян И.В.* Применение конфокального микроскопа Confoscan 4 для оценки структурных изменений в роговице после эксимерлазерных кераторефракционных вмешательств // Материалы 5 Евро-Азиатской конференции по офтальмохирургии. Екатеринбург, 2009. С. 90-91.
30. *Linna T.U. et al.* Effect of myopic LASIK on corneal sensitivity and morphology of subbasal nerves // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2000. V. 41. № 2. S. 393-397.

31. *Amoozadeh J.I. et al.* Confocal microscopy of corneal stroma and endothelium after LASIK and PRK // *Journal of refractive surgery* 2009. V. 25. № 10 Suppl. S. 963-967.
32. *Майчук Н.В., Мушкова И.А., Майчук Д.Ю.* Использование конфокальной микроскопии на приборе Confoscan 4 для оценки качества репаративно-восстановительного процесса в роговице у пациентов после лазерной термомкератопластики // *Материалы 4 Евро-Азиатской конф. по офтальмохирургии.* Екатеринбург, 2006. С. 197-198.
33. *Бикбов М.М., Хуснитдинов И.И.* LASIK у детей с остаточной аметропией после интраокулярной коррекции врожденной катаракты // *Российская педиатрическая офтальмология.* 2008. № 3. С. 39-42.
34. *Бикбов М.М., Хуснитдинов И.И., Хуснитдинова С.Р.* Лазерная сканирующая конфокальная микроскопия роговицы у детей после LASIK в артифактных глазах с остаточной аметропией // *Российская педиатрическая офтальмология.* 2009. № 2. С. 41-46.
35. *Шленская О.В., Куликова И.Л., Пахтаев Н.П.* Морфофункциональные изменения передней поверхности глаза после IntraLASIK у детей // *Вестн. Оренбург. гос. ун-та.* 2011. № 14. С. 412-415.
36. *Шленская О.В., Куликова И.Л., Пахтаев Н.П.* Плотность кератоцитов и интенсивность светорассеяния после кераторефракционных операций у детей по данным конфокальной микроскопии // *Практическая медицина.* 2012. Т. 2. № 4. С. 48-50.
37. *Erdelyi B.S. et al.* In vivo confocal laser scanning microscopy of the cornea in dry eye // *Graefe's Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2007. V. 245. № 1. P. 39-44.
38. *Аветисов С.Э. и др.* Возможности конфокальной микроскопии в оценке состояния роговицы при синдроме сухого глаза // *Вестн. офтальмол.* 2009. № 1. С. 52-54.
39. *Кондакова О.И.* Алгоритм подготовки пациентов с индуцированными изменениями глазной поверхности к кераторефракционными операциям: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2011.

Поступила в редакцию 6 февраля 2015 г.

Pashtaev N.P., Kulikova I.L., Shlenskaya O.V., Volkova L.N. CONFOCAL MICROSCOPY OF THE CORNEA IN KERATOREFRACTIVE SURGERY. LITERATURE REVIEW

In the review of literature the short history of an origin of a confocal microscope is considered, features of devices and distinction between them are noted. In modern ophthalmology by means of a confocal microscope visualization of morphological changes of a cornea of in vivo is possible. The confocal microscopy attracts both research, and from the practical point of view. The main key morphological changes of a cornea after the keratorefractive of operations in early and remote postoperative periods are revealed.

Key words: confocal microscopy; Confoscan 4; HRT II with Rostok Cornea Module; keratorefractive operations.

Пахтаев Николай Петрович, Институт усовершенствования врачей, г. Чебоксары, Чувашская Республика, Российская Федерация, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач Российской Федерации, Чувашской Республики и Республики Марий Эл, зав. курсом офтальмологии; Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Чувашская Республика, Российская Федерация, зав. кафедрой офтальмологии и отоларингологии; Чебоксарский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Чебоксары, Чувашская Республика, Российская Федерация, директор, e-mail: prmntk@chtt.ru

Pashtaev Nikolay Petrovich, Institute of Doctors Perfection, Cheboksary, Chuvash Republic, Russian Federation, Doctor of Medicine, Professor, Honored Doctor of Russian Federation, Chuvash Republic and Republic of Mari El, Head of Ophthalmology Course; Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, Chuvash Republic, Russian Federation, Head of Ophthalmology and Otolaryngology Department; Academician S.N. Fyodorov FSBI IRTC "Eye Microsurgery", Cheboksary branch, Cheboksary, Chuvash Republic, Russian Federation, Director, e-mail: prmntk@chtt.ru

Куликова Ирина Леонидовна, Чебоксарский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Чебоксары, Чувашская Республика, Российская Федерация, доктор медицинских наук, заслуженный врач Чувашской Республики, заместитель директора по лечебной работе, руководитель отделений лазерной хирургии, e-mail: koulikova@mail.ru

Kulikova Irina Leonidovna, Academician S.N. Fyodorov FSBI IRTC "Eye Microsurgery", Cheboksary branch, Cheboksary, Chuvash Republic, Russian Federation, Doctor of Medicine, Honored Doctor of Chuvash Republic, Deputy Director for Treatment Work, Manager of Laser Surgery Departments, e-mail: koulikova@mail.ru

Шленская Ольга Вячеславовна, Чебоксарский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Чебоксары, Чувашская Республика, Российская Федерация, врач-офтальмолог, e-mail: oshlenskay@mail.ru

Shlenskaya Olga Vyacheslavovna, Academician S.N. Fyodorov FSBI IRTC "Eye Microsurgery", Cheboksary branch, Cheboksary, Chuvash Republic, Russian Federation, Ophthalmologist, e-mail: oshlenskay@mail.ru

Волкова Людмила Николаевна, Чебоксарский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Чебоксары, Чувашская Республика, Российская Федерация, врач-офтальмолог, e-mail: aksakova79@mail.ru

Volkova Lyudmila Nikolaevna, Academician S.N. Fyodorov FSBI IRTC "Eye Microsurgery", Cheboksary branch, Cheboksary, Chuvash Republic, Russian Federation, Ophthalmologist, e-mail: aksakova79@mail.ru