



ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОНФОКАЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР ГЛАЗНОГО ЯБЛОКА

УДК 617.71
ГРНТИ 76.29.56
БАК 14.00.08

© Н. В. Ткаченко, С. Ю. Астахов

Кафедра офтальмологии с клиникой СПбГМУ им. академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург

✧ Конфокальная микроскопия — новый метод обследования в офтальмологии. Конфокальные сканирующие томографы имеют высокую разрешающую способность и позволяют проводить исследование конъюнктивы и роговицы на клеточном уровне в режиме реального времени *in vivo*. Это значительно расширяет диагностические возможности в обследовании пациентов с патологией поверхностных структур глазного яблока.

✧ **Ключевые слова:** конфокальная микроскопия, роговица, конъюнктура, глаукома.

С тех пор, как А. Gullstrand в 1911 году сконструировал щелевую лампу на основе светового микроскопа, а Н. Goldmann усовершенствовал ее до привычного нашему глазу оптического прибора, прошло уже около столетия. И сейчас трудно представить кабинет офтальмолога без щелевой лампы, позволяющей исследовать поверхностные структуры глазного яблока при увеличении до $\times 50$ в условиях хорошей освещенности. Более того, предложенная А. Vogt биомикроскопия в «зеркальном поле» позволила визуализировать эндотелий роговицы, благодаря его высокой отражающей способности по сравнению с водянистой влагой и прекорнеальной слезной пленкой. К сожалению, данный метод не подходил для оценки других слоев роговицы из-за высокого светорассеяния, которое стало основным лимитирующим фактором возможностей биомикроскопии, поскольку свет, отраженный от окружающих объект исследования плоскостей, значительно снижал качество изображения, ограничивая разрешающую способность прибора. Попытки дальнейшего увеличения объекта исследования давали лишь «большое размытое изображение». Поэтому многими исследователями проводились поиски новой оптической системы с высокой разрешающей способностью, которая бы позволила визуализировать ткани и органы человека на клеточном уровне. Так возникла идея конфокальной микроскопии, ее основоположником считается Marvin Minsky, известный американский исследователь в области физиологии нервной деятельности и психологии познания, математик, специалист по искусственному интеллекту и робототехнике [17]. Изучая процесс синаптической передачи в нейронах головного мозга, он был недоволен возможностями световой микроскопии: разрешающая способность прибо-

ра была недостаточно высока, детальной оценке объекта исследования мешал свет, отраженный от соседних плоскостей. Тогда ученый смоделировал прибор, в котором осветитель и объектив были сфокусированы на одной точке исследуемого объекта, что позволило существенно повысить разрешающую способность такой оптики, получившей, соответственно, название конфокальной. Кроме того, система дополнительных полевых диафрагм конфокального микроскопа обеспечила регистрацию только тех лучей, которые были отражены от фокальной плоскости рассматриваемого объекта, тогда как лучи, отраженные от соседних точек и плоскостей отсекались (рис. 1). В 1955 году М. Minsky оформил патент на свое изобретение, и конфокальная микроскопия стала приобретать широкое распространение и дальнейшее развитие.

Однако ценой высокого качества изображения в конфокальном микроскопе стало резкое ограничение поля зрения, поэтому для исследования всего объекта целиком необходимо его пошаговое сканирование с последующим построением полной картины изображения. В соответствии с типом сканирующего элемента конфокальные микроскопы разделяют на тандемные (использующие диск Нипкова) и щелевые, последние предложены отечественным физиком — оптиком Г. М. Свищевым в 1960-х годах и получили наиболее широкое распространение [3].

Современные щелевые сканирующие конфокальные томографы производят в Японии, Германии и США, они имеют латеральное разрешение 1–2 мкм, а осевое — 5–10 мкм и увеличение до $\times 600$ в зависимости от силы линз в объективе. С их помощью можно исследовать все слои роговицы на клеточном уровне в режиме реального времени *in vivo*. Одной из последних моделей щелевых сканирующих конфокальных томографов является CONFOSCAN 4

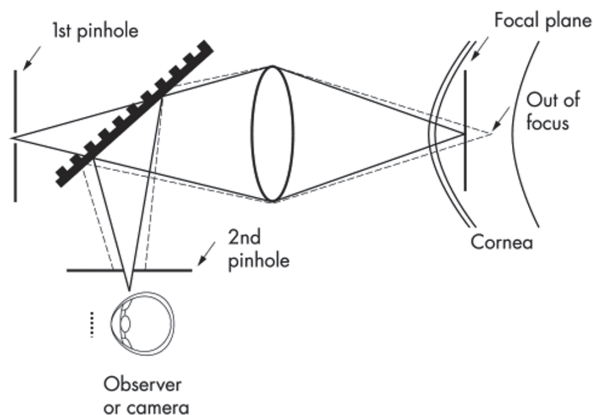


Рис. 1. Принцип устройства конфокального микроскопа (I. Jalbert et al., 2003) [13]

(NIDEK). Прибор имеет две насадки: первая ($\times 20$) позволяет визуализировать эндотелий роговицы, произвести автоматический подсчет эндотелиальных клеток и оценить их морфологию. Исследование бесконтактное (датчик находится на расстоянии 12 мм от роговицы пациента) и занимает всего несколько секунд. Вторая насадка ($\times 40$) служит для послойного сканирования роговицы, начиная от эндотелия, с шагом 5 мкм и получением до 350 срезов в виде отдельных изображений или на видео. С помощью последней насадки можно оценить морфологии эпителия, стромы и эндотелия роговицы на клеточном уровне. При этом, благодаря автоматически проводимой прибором оптической пахиметрии, исследователь получает полную информацию о толщине роговицы в оптической и параоптической зонах, а также имеет возможность оценить глубину патологических изменений. Исследование контактное и требует эпibuльбарной анестезии, однако прямого контакта с датчиком нет, он останавливается в 2 мм от роговицы пациента, а исследование осуществляется через каплю геля (иммерсии), нанесенную на его поверхность. Вся процедура вместе с подготовкой исследуемого занимает несколько минут и хорошо переносится пациентом. Работа прибора осуществляется как в автоматическом, так и в ручном режимах.

Тем не менее, возможности «световых» конфокальных микроскопов ограничены прозрачностью исследуемого объекта, таким образом, выраженные помутнения роговицы становятся существенным препятствием для исследования ее глубже лежащих слоев. Поэтому J. Stave [3] с группой исследователей (Росток, Германия) предложили лазерный сканирующий конфокальный микроскоп — Rostock Cornea Module ($\times 63$) на базе известного HRTII. Этот прибор, благодаря гелий-неоновому диодному лазеру с длиной волны 670 нм, позволяет исследовать менее прозрачные поверхностные структуры глаза (конъюнктиву век и глазного яблока, помутнения рого-

вицы) на клеточном уровне *in vivo* с высоким разрешением (до 1 мкм). Работая в ручном режиме, прибор позволяет послойно визуализировать роговицу с регистрацией изображения как в виде отдельных снимков с отражением толщины среза, так и на видео в заданной глубине исследуемой области. Особенностью прибора является возможность получения косо го среза сквозь все исследуемые слои. Исследование контактное, требует эпibuльбарной анестезии и проводится с использованием одноразовых стерильных колпачков из полиметилметакрилата (ПММА), которые надевают поверх объектива. При этом, между поверхностью объектива и колпачком наносится капля геля (иммерсии). Рабочая поверхность колпачка имеет диаметр 1 см и в ходе исследования довольно плотно контактирует с роговицей пациента, что может привести к появлению складок десцеметовой оболочки при избыточном надавливании, поэтому для оценки взаиморасположения поверхности колпачка и роговицы у исследователя на экране монитора имеется контрольное изображение с видеокamеры (рис. 2).

Таким образом, на сегодняшний день имеется два типа наиболее активно используемых конфокальных сканирующих томографов: щелевой (например, Confoscan 4, NIDEK) и лазерный (HRTII-RCM). Очевидно, что встает вопрос о преимуществах и недостатках данных приборов. J. P. Szaflik (2007), проводя их сравнительную оценку, пришел к выводу, что лазерный томограф лучше визуализирует эпителий, а щелевой томограф — эндотелий, при этом оценка морфологии исследуемых структур у этих двух приборов оказалась сопоставимой, хотя во всех случаях результаты подсчета клеток на HRTII-RCM были выше [23]. Основные технические характеристики приборов представлены в таблице 1.

Конфокальная микроскопия существенно расширяет диагностические возможности в ходе офтальмологического обследования и может быть выполнена практически при любой патологии конъюнктивы и роговицы для более детальной оценки патологических изменений [1, 2]:

- при отборе пациентов в рефракционной хирургии (рис. 7, 8);
- перед экстракцией катаракты (оценка состояния эндотелия);
- при обследовании пациентов, носящих контактные линзы (рис. 3–6);
- в оценке активности фильтрационной зоны после гипотензивных операций и выраженности ее фиброзных изменений (только HRT II — RCM);
- при обследовании больных с воспалительными и дистрофическими заболеваниями роговицы, синдромом сухого глаза.

Таблица 1

Сравнительная характеристика HRT II — RCM и CONFOSCAN 4

Параметр сравнения	HRT II — RCM	CONFOSCAN 4
Тип томографа	Лазерный сканирующий	Щелевой сканирующий
Объектив	Водная иммерсия (×63)	Водная иммерсия (×40), воздух (×20)
Размер исследуемой области: • контактный режим • бесконтактный режим	До 400 × 400 мкм	460 × 345 мкм, 460 × 690 мкм
Латеральное разрешение	0,06-1 мкм/пиксель	0,8-2,0 мкм/пиксель
Скорость сканирования	До 30 кадров/сек	25 кадров/сек
Области исследования	Конъюнктивa, роговица	Роговица
Подсчет клеток	Автоматический, для всех слоев	Только для эндотелия (автоматический)
Пахиметрия	Автоматическая	Автоматическая
Размер изображения	384 × 384 пикселей	768 × 576 пикселей

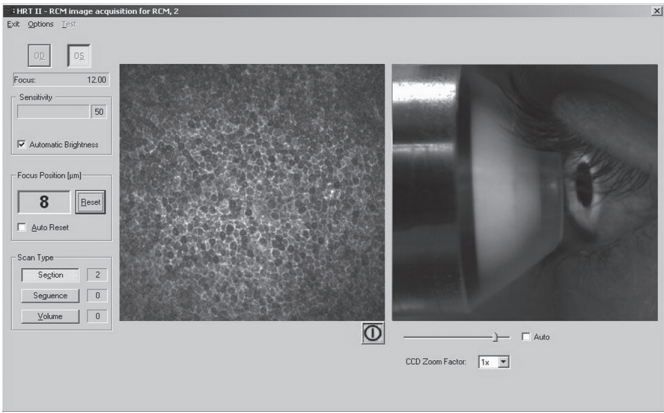


Рис. 2. Рабочая позиция HRT II — Rostock Cornea Module

В последние годы большое внимание уделяется исследованию изменений поверхностных структур глазного яблока под действием глазных капель, особенно гипотензивных, ввиду их длительного, зачастую пожизненного использования пациентами. Оказалось, что развитие синдрома сухого глаза (на фоне терапии бета-блокаторами) и гиперемии (вследствие применения аналогов простагландинов), являются далеко не единственными местными побочными эффектами консервативной терапии глаукомы. На сегодняшний день описаны токсические изменения роговицы, конъюнктивы и даже трабекулярной зоны на фоне длительного применения гипотензивных препаратов. Большинство исследователей связывают их с непосредственным токсическим действием консервантов, входящих в состав практически всех глазных капель.

Бензалкония хлорид из группы солевых растворов четвертичного аммония — часто используемый консервант, он также является и одним из наиболее токсичных. Дезинфицирующее свойство его молекул позволяет встраиваться в мембраны эпителиаль-

ных клеток через липофильные каналы и создавать дополнительные пути для проникновения в клетку ионов и воды, а также дает возможность разрушать межклеточные контакты [5, 8]. Благодаря этим свойствам консерванта, облегчается проникновение действующего вещества через поверхностные структуры глазного яблока, что способствует повышению активности препарата. С другой стороны, токсическое действие консерванта индуцирует оксидативный стресс, воспаление и апоптоз, в конечном итоге приводя к гибели эпителиальных клеток [10, 11, 20]. Еще в 1980 году N. Takahashi в эксперименте на культуре клеток конъюнктивы человека показал, что бензалкония хлорид не оказывает цитотоксического действия при концентрации ниже 0,005 %, но в большинстве глазных капель его концентрация значительно выше [24]. Длительное воздействие консерванта на конъюнктиву ведет к потере бокаловидных клеток до 60 % от их исходного количества [21, 26] и развитию синдрома сухого глаза, который уже имеется у многих пациентов, получающих бета-блокаторы, ввиду снижения слезопродукции. Поэтому не удивительно, что в итоге от 35 до 59 % больных глаукомой страдают синдромом сухого глаза [16, 22]. Между тем, развитие синдрома сухого глаза сопровождается появлением типичных жалоб пациента, в частности на неприятные ощущения во время инстилляций гипотензивных капель, что в свою очередь ведет к несоблюдению пациентом режима закапываний, а порой и вовсе к отказу от местной терапии [9, 19, 25].

Ввиду ослабления защитных свойств слезной пленки под действием консерванта, роговица становится еще более уязвимой к его цитотоксическому действию, приводящему к потере эпителиальных микроворсинок, кератинизации, гибели и десквамации эпителиальных клеток (рис. 9 и 10), отеку пе-

Конфокальная микроскопия роговицы (Confoscan 4, NIDEK):
Изменения роговицы при ношении МКЛ

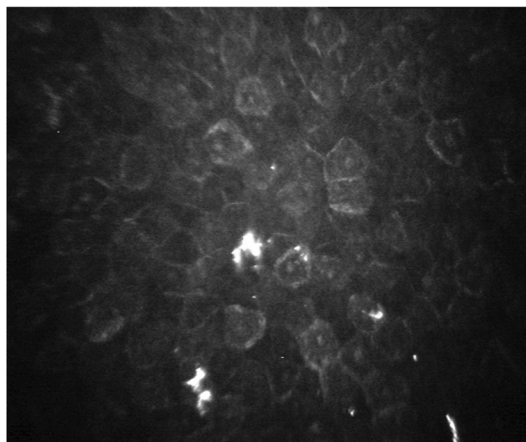


Рис. 3. Десквамация эпителия



Рис. 5. Средняя строма



Рис. 4. Отек передней стромы и высокорефлективные микродепозиты

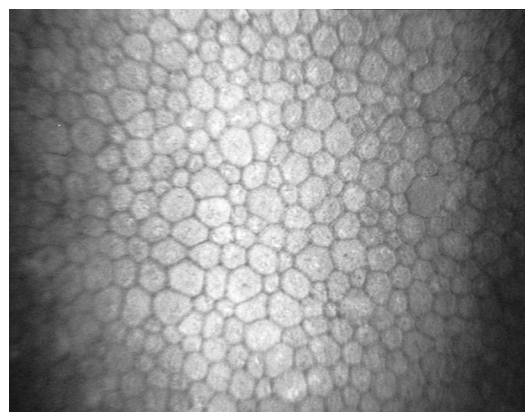


Рис. 6. Эндотелий: полимегатизм

редней стромы (рис. 11, 13 и 14), ее помутнению и рубцеванию [5, 12]. Эти изменения хорошо визуализируются *in vivo* с помощью конфокальных сканирующих томографов. Токсическая кератопатия у пациентов, длительно получающих местную гипотензивную терапию или два и более препарата одновременно, зачастую имеет вид поверхностного точечного кератита, локализующегося преимущественно в нижней трети роговицы (рис. 12).

Токсические изменения конъюнктивы также описаны многими авторами, так N. Aritürk (1997) с группой исследователей проводил биопсию конъюнктивы, иссеченной в ходе гипотензивных операций, у пациентов, получавших до этого консервативную терапию [4]. Была выявлена субэпителиальная инфильтрация конъюнктивы лимфоцитами, макрофагами и фибробластами у больных, получавших до операции местную гипотензивную терапию более 12 месяцев. Среди пациентов, получавших гипотензивные капли менее двух месяцев, патологических изменений конъюнктивы выявлено не было. По данным R. Nuzzi (1998), конъюнктивальная метаплазия ассоциирована с длительным применением глазных капель [18].

Описанные изменения конъюнктивы в конечном итоге приводят к снижению эффективности хирургического лечения больных глаукомой, поддерживая послеоперационное воспаление и усиливая рубцевание фильтрационной зоны. Успех трабекулэктомии среди пациентов без предшествующей консервативной терапии составляет от 90 до 97 %, существенно снижаясь (от 80 до 45 %) у больных, длительное время получавших гипотензивные капли, особенно в случаях комбинированной терапии [7, 15], которую получают от 12 до 40 % пациентов [14].

Таким образом, консервант в составе глазных капель играет и положительную, и отрицательную роль. Поэтому ведутся поиски новых консервантов, например, sofZia (Travatan Z[®], Alcon); purite (Alphagan[®] P[®], Allergan), а глазные капли без них находят все большее применение (например, Taflotan[®], Santen), в том числе и в нашей стране. В частности, глазные капли системы Комод (Ursapharm), которая используется не только в лубрикантах, но уже и в гипотензивных каплях, содержащих бета-блокаторы (Тимо-Комод). Кроме того, имеются капли в одноразовых стерильных

Конфокальная микроскопия роговицы (Confoscan 4, NIDEK):
Изменения роговицы в начальной стадии кератоконуса

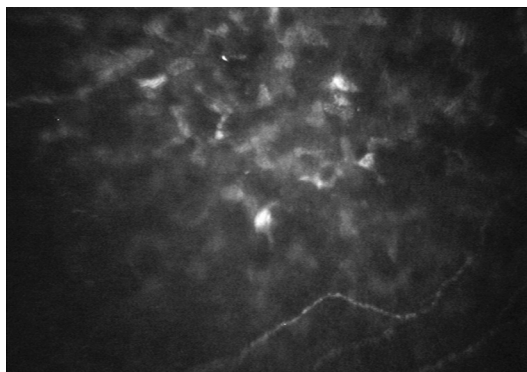


Рис. 7. Отек передней стромы, извитые нервные волокна

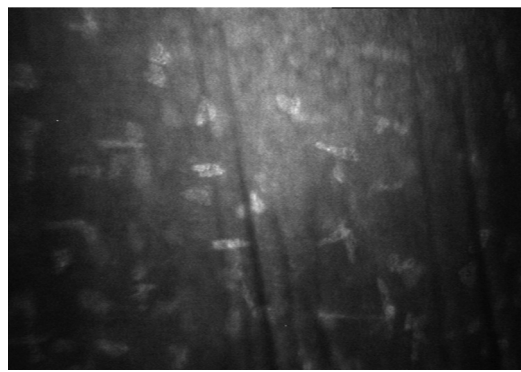


Рис. 8. Микрострии задней стромы

Конфокальная микроскопия роговицы (Confoscan 4, NIDEK):
Токсические изменения роговицы под действием глазных капель

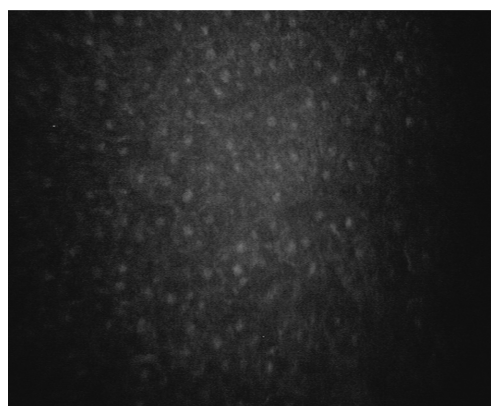


Рис. 9. Поверхностный слой эпителия роговицы

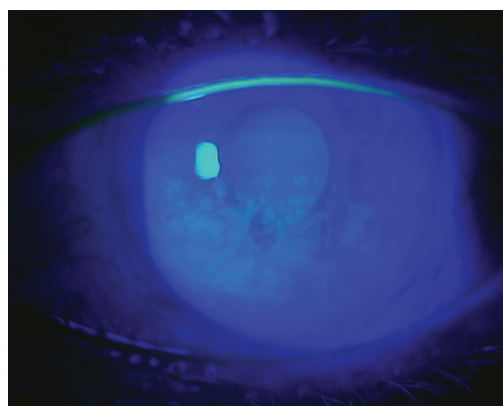


Рис. 12. Токсическая кератопатия

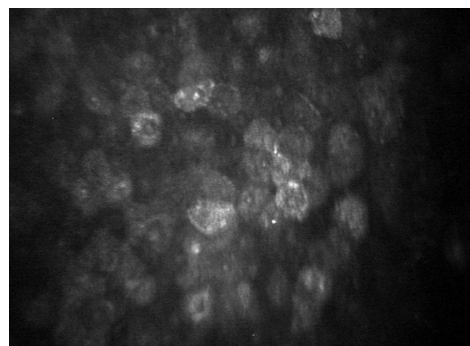


Рис. 10. Десквамация эпителия

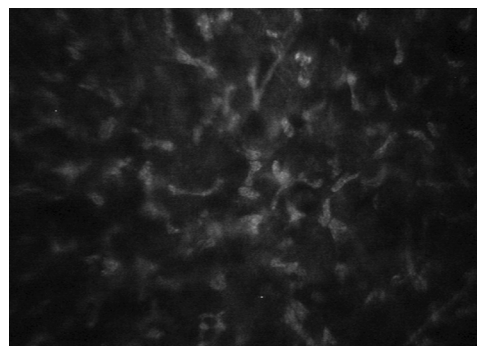


Рис. 13. Передняя строма роговицы



Рис. 11. Базальный слой эпителия роговицы: отек



Рис. 14. Отек передней стромы, токсические изменения кератоцитов

Конфокальная микроскопия конъюнктивы (HRT II-RCM)

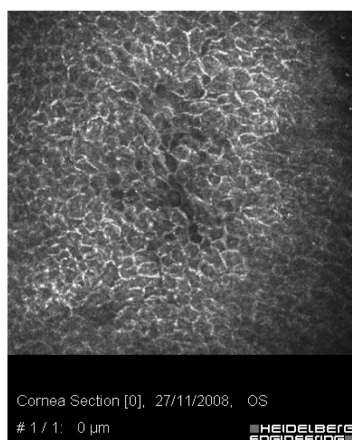


Рис. 15. Эпителий конъюнктивы

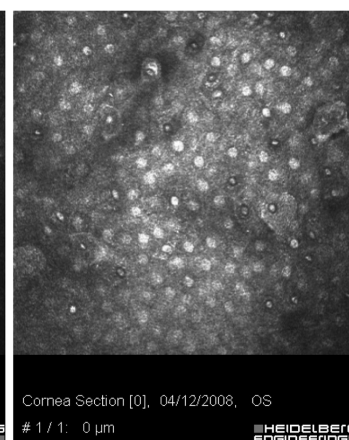
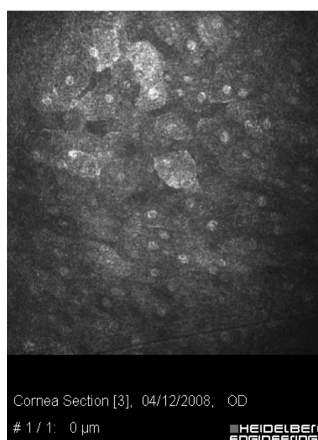


Рис. 16 и 17. Измененный эпителий конъюнктивы

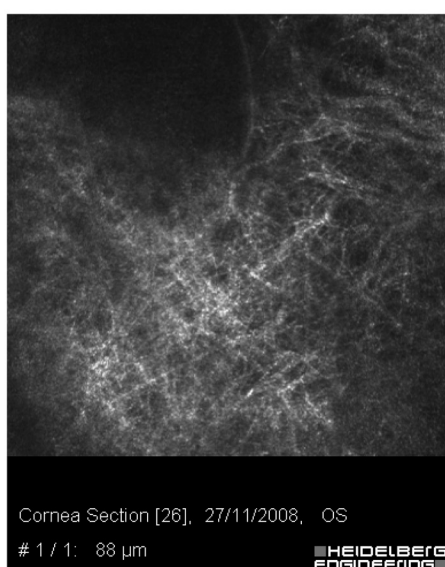


Рис. 18. Активная фильтрационная зона

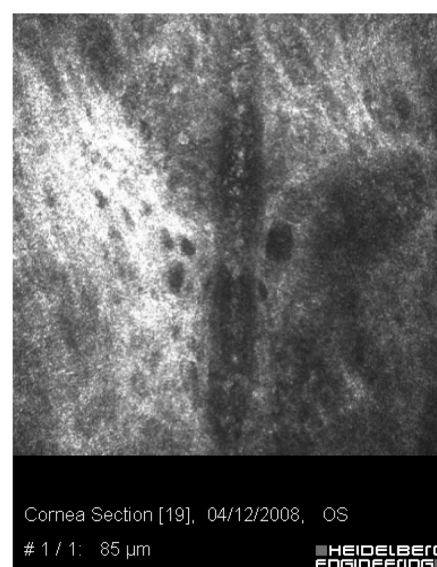


Рис. 19. Неактивная фильтрационная зона (фиброз)

упаковках, которые, хотя и безопасны, но, к сожалению, дороги.

Изучение поверхностных структур глазного яблока, к которым относят роговую оболочку и конъюнктиву, стало возможным, в том числе, благодаря использованию импрессионной цитологии: получению мазков-отпечатков конъюнктивы с последующим их окрашиванием и исследованием, в том числе и при помощи конфокальной микроскопии. Причем использование этого метода в работах С. Baudouin (2008) показало, что длительное применение различных глазных капель может способствовать «готовности к воспалительным реакциям» со стороны конъюнктивы и быть причиной развития рубцовых изменений в послеоперационном периоде [5, 6]. Однако до сих пор не ясно, в силу чего возникают эти реакции: действует ли само лекарственное вещество или консервант, или и то и другое вместе. В мире и в нашей стране активно изучается этот вопрос.

Очевидно, что высокая концентрация консерванта в препарате, длительное применение глазных капель, комбинированная терапия, наличие сопутствующей патологии поверхностных структур глазного яблока вызывают тяжелые изменения роговицы и конъюнктивы, которые являются причиной снижения эффективности оперативного лечения глаукомы. Кроме того, часто развивающийся у таких пациентов синдром сухого глаза вызывает дискомфорт, жжение и другие неприятные ощущения во время инстилляций глазных капель, что приводит к отказу от их использования и прогрессированию заболевания. Поэтому, пациентам с уже имеющимися проявлениями синдрома сухого глаза и плохой переносимостью обычных гипотензивных капель, а также потенциальным кандидатам на оперативное лечение и больным, получающим комбинированную терапию, целесообразно назначение гипотензивных капель без консерванта.

Лазерная сканирующая конфокальная томография также расширяет диагностические возможности в исследовании конъюнктивы (рис. 15–17), в том числе позволяя оценивать активность фильтрационной зоны после гипотензивных операций и выраженность рубцового процесса (рис. 18, 19). Эта методика оказывается особенно необходимой в сложных диагностических случаях, когда при проведении биомикроскопии видна удовлетворительная фильтрационная зона, при гониоскопии имеется хорошо выраженная фистула, а уровень ВГД превышает допустимые значения.

В заключении можно сказать, что конфокальная микроскопия, несомненно, имеет огромные диагностические возможности в обследовании пациентов с патологией поверхностных структур глазного яблока и требует дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аветисов С. Э., Егорова Г. Б., Федоров А. А., Бобровских Н. В. Конфокальная микроскопия роговицы. Сообщение 1. Особенности нормальной морфологической картины // Вестник офтальмологии. — 2008. — № 3. — С. 3–5.
2. Аветисов С. Э., Егорова Г. Б., Федоров А. А., Бобровских Н. В. Конфокальная микроскопия роговицы. Сообщение 2. Морфологические изменения при кератоконусе // Вестник офтальмологии. — 2008. — № 3. — С. 6–10.
3. Азнабаев Б. М., Алимбекова З. Ф., Мухаммадеев Т. Р. и др. Лазерная сканирующая томография глаза передний и задний сегмент. — М.: Август Борг, 2008. — 221 с.
4. Aritürk N., Oge I., Baris S. et al. The effects of antiglaucomatous agents on conjunctiva used for various durations // Int. Ophthalmol. — 1996–1997. — Vol. 20 (1–3). — P. 57–62.
5. Baudouin C. 10 years of preservative-free eyedrops. Quinze-Vingts National Hospital Center for Ophthalmology. — Paris, France, 2008. — 36 p.
6. Baudouin C. Detrimental effect of preservatives in eyedrops: implications for the treatment of glaucoma // Acta ophthalmol. — 2008. — Vol. 86. — P. 716–726.
7. Broadway D., Grierson I., O'Brien C. et al. Adverse effects of topical antiglaucoma medication. II. The outcome of filtration surgery // Arch. Ophthalmol. — 1994b. — Vol. 112 (11). — P. 1446–1454.
8. Champeau E. J., Edelhauser H. F. Effect of ophthalmic preservatives on the ocular surface: conjunctival and corneal uptake and distribution of benzalkonium chloride and chlorhexidine digluconate // Holly F. J., Lamberts D. W., MacKeen D. L., Esquivel E. D. The precorneal tear film in health, disease and contact lens wear. — Dry Eye Institute Lubbock, Texas, 1986. — P. 292–302.
9. Chawla A., McGalliard J. N., Batterbury M. Use of eye drops in glaucoma: how can we help to reduce non-compliance? // Acta Ophthalmol. Scand. — 2007. — Vol. 85. — P. 464.
10. De Saint Jean M., Brignole F., Bringuier A. F. et al. Effects of benzalkonium chloride on growth and survival of Chang conjunctival cells // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. — 1999. — Vol. 40. — P. 619–630.
11. Debbasch C., Brignole F., Pisella P. J. et al. Quaternary ammoniums' and other preservatives' contribution in oxidative stress and apoptosis on Chang conjunctival cells // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. — 2001. — Vol. 42. — P. 642–652.
12. Herreras J. M., Pastor J. C., Calonge M., Asensio V. W. Ocular surface alteration after long-term treatment with an antiglaucomatous drug // Ophthalmology. — 1992. — Vol. 99. — P. 1082–1088.
13. Jalbert I., Stapleton F., Papas E. et al. In vivo confocal microscopy of the human cornea // Br. J. Ophthalmol. — 2003. — Vol. 87(2). — P. 225–236.
14. Kass M. A., Heuer D. K., Higginbotham E. J. et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma // Arch. Ophthalmol. — 2002. — Vol. 120. — P. 701–713.
15. Lavin M. J., Wormald R. P. L., Migdal C. S. et al. The influence of prior therapy on the success of trabeculectomy // Arch. Ophthalmol. — 1990. — Vol. 108 (11). — P. 1543–1548.
16. Leung E. W., Medeiros F. A., Weinreb R. N. Prevalence of ocular surface disease in glaucoma patients // J. Glaucoma. — 2008. — Vol. 17. — P. 350–355.
17. Minsky M. Memoir on inventing the confocal scanning microscope // Scanning. — 1988. — Vol. 10. — P. 128–138.
18. Nuzzi R., Finazzo C., Cerutti A. Adverse effects of topical antiglaucomatous medications on the conjunctiva and the lacrimal response // Int Ophthalmol. — 1998. — Vol. 22 (1). — P. 31–35.
19. Olthoff C. M., Schouten J. S., Van de Brone B. W., Webers C. A. Non-compliance with ocular hypotensive treatment in patients with glaucoma or ocular hypertension: an evidence-based review // Ophthalmology. — 2005. — Vol. 112. — P. 953–961.
20. Rolando M., Brezzo G., Giordano P. et al. The effect of different benzalkonium chloride concentrations on human normal ocular surface: a controlled prospective impression cytology study // O. P. Van Bijsterveld, M. A. Lemp et D. Spinelli (eds). The Lacrimal System. — Amsterdam: Kugler Publications, 1991. — P. 89–91.
21. Sherwood M. B., Grierson I., Millar L., Hitchings R. A. Long-term morphologic effects of antiglaucoma drugs on the conjunctiva and Tenon's capsule in glaucomatous patients // Ophthalmology. — 1989. — Vol. 96 (3). — P. 327–335.
22. Smith J. A., Albeitz J., Begley C. et al. The epidemiology of dry eye disease: report of the Epidemiology Subcommittee of the International Dry Eye Workshop. — 2007. — Ocul surf 5. — P. 3–107.
23. Szaflik J. P. Comparison of in vivo confocal microscopy of human cornea by white light scanning slit and laser scanning systems // Cornea. — 2007. — Vol. 26 (4). — P. 438–445.
24. Takahashi N. Cytotoxicity of preservatives on cultured human conjunctival cells // Acta. Soc. Ophthalmol. — 1980. — Vol. 84. — P. 1171–1176.
25. Vyborny P., Sejckova L. Antiglaucomatic drugs — content of preservatives and the patient's compliance // Cesk Slov Oftalmol. — 2006. — Vol. 62 (4). — P. 270–272, 274.

26. Yalvac I. S., Gedikoglu G., Karagoz Y. et al. Effects of antiglaucoma drugs on ocular surface // Acta. Ophthalmol. Scand. — 1995. — Vol. 73. — P. 246–248.

CONFOCAL MICROSCOPY DIAGNOSTIC ABILITIES IN INVESTIGATION OF SUPERFICIAL EYEBALL STRUCTURES

Tkachenko N. V., Astakhov S. Yu.

✧ **Summary.** Confocal microscopy is a new examination method in ophthalmology. Confocal scanning tomographs possess high resolution, and allows to perform the investigation of conjunctiva and cornea on cellular level *in vivo* in real-time mode. This significantly enlarges the diagnostic abilities in examination of patients with eyeball superficial structural pathology.

✧ **Key words:** confocal microscopy; cornea; conjunctiva; glaucoma.

Сведения об авторах:

Ткаченко Наталья Викторовна — аспирант, кафедра офтальмологии СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова, 197089, Санкт-Петербург, ул. Л. Толстого, д. 6–8, корпус 16, E-mail: natalyatkachenko@yandex.ru.

Астахов Сергей Юрьевич — д. м. н., проф., кафедра офтальмологии СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова, 197089, Санкт-Петербург, ул. Л. Толстого, д. 6–8, корпус 16, E-mail: astakhov@spbm.ru.rssi.ru.

Tkachenko Natalya Viktorovna — ophthalmologist, research student, Department of Ophthalmology of the I. P. Pavlov State Medical University of St. Petersburg, 197089, Saint-Petersburg, Lev Tolstoy st., 6–8, building 16. E-mail: natalyatkachenko@yandex.ru.

Astakhov Sergey Yurevich — doctor of medical science, professor, Department of Ophthalmology of the I. P. Pavlov State Medical University of St. Petersburg, 197089, Saint-Petersburg, Lev Tolstoy st., 6–8, building 16. E-mail: astakhov@spbm.ru.rssi.ru.