

Микроструктура роговицы в норме у кроликов породы шиншилла по данным конфокальной микроскопии

Е.В. Ерохина¹И.Г. Трифаненкова^{1,2}А.В. Терещенко^{1,2}Е.С. Чинова¹

¹ Калужский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Святослава Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация

² Медицинский институт ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского»
ул. Степана Разина, 26, Калуга, 248023, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(2):449–455

Цель — определение нормальной микроструктуры роговицы у кроликов породы шиншилла по данным конфокальной микроскопии. **Материал и методы.** Конфокальная микроскопия роговицы выполнена у 10 кроликов-самцов породы шиншилла весом от 3500 до 4200 г. В исследование включали один (правый) глаз животного. Конфокальную микроскопию роговицы выполняли на лазерном сканирующем микроскопе HRT-3 (Heidelberg Engineering, Германия) с использованием специального роговичного модуля Rostock Cornea Module (RCM), с областью сканирования 400×400 мкм, поперечным и аксиальным разрешением 1–2 и 4 мкм соответственно, скорость сканирования — 30 кадров в секунду, размер получаемых изображений — 384×384 пикселя. **Результаты.** В ходе проведения конфокальной микроскопии роговицы у всех животных удалось получить изображения с дифференцировкой ее субструктур. Толщина роговицы кроликов варьировала в пределах 340–359 мкм. Полученные данные конфокальной микроскопии показали, что структура роговицы кролика породы шиншилла не имеет существенных отличий от нормальной структуры роговицы человека. **Заключение.** Использование кроликов породы шиншилла целесообразно в экспериментальных моделях, связанных с имитацией заболеваний эпителия, стромы и эндотелия роговицы. При моделировании заболеваний и изучении патогенетических механизмов их развития на животных необходимо помнить о том, что одни и те же заболевания в организме лабораторных животных и человека могут развиваться по различным сценариям в связи с различиями в клеточном метаболизме.

Ключевые слова: конфокальная микроскопия роговицы, кролики породы Шиншилла, экспериментальные исследования

Для цитирования: Ерохина Е.В., Трифаненкова И.Г., Терещенко А.В., Чинова Е.С. Микроструктура роговицы в норме у кроликов породы шиншилла по данным конфокальной микроскопии. *Офтальмология*. 2026;23(2):449–455. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-2-449-455>

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.



Normal Corneal Microstructure in Chinchilla Rabbits According to Confocal Microscopy

E.V. Erokhina¹, I.G. Trifanenkova^{1,2}, A.V. Tereshchenko^{1,2}, E.S. Chikova¹

¹ The Kaluga Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Svyatoslav Fedorova str., 5, Kaluga, 248007, Russian Federation

² Kaluga state university named after K.E. Tsiolkovski
Stepana Razina str., 26, Kaluga, 248023, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(2):449–455

Purpose: to evaluate the normal microstructure of the cornea in Chinchilla rabbits using confocal microscopy data. **Material and methods.** Confocal microscopy of the cornea was performed on 10 male Chinchilla rabbits. The weight of rabbits is from 3500 to 4200 grams. One (right) eye of the animal was included in the study. Confocal microscopy of the cornea was performed on a laser scanning microscope HRT-3 (Heidelberg Engineering, Germany) using a special corneal module Rostock Cornea Module (RCM). The scanning area is 400×400 μm, with transverse and axial resolutions of 1–2 and 4 μm, respectively, the scanning speed is 30 frames per second, and the size of the resulting images is 384×384 pixels. **Results.** During confocal microscopy of the cornea, it was possible to obtain images with differentiation of its substructures in all animals. The corneal thickness of rabbits varied within the range of 340–359 μm. The obtained data from confocal microscopy have showed that the structure of the cornea of the Chinchilla rabbit does not differ significantly from the normal structure of the human cornea. **Conclusion.** The use of Chinchilla rabbits is advisable in experimental models associated with the imitation of diseases of the epithelium, stroma and endothelium of the cornea. When modeling diseases and studying the pathogenetic mechanisms of their development in animals, it is necessary to remember that the same diseases in the body of laboratory animals and humans can develop according to different scenarios due to differences in cellular metabolism.

Keywords: confocal microscopy of the cornea, Chinchilla rabbits, experimental studies

For citation: Erokhina E.V., Trifanenkova I.G., Tereshchenko A.V., Chikova E.S. Normal Corneal Microstructure in Chinchilla Rabbits According to Confocal Microscopy. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(2):449–455. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-2-449-455>

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

There is no conflict of interests.

В последние годы с развитием современных методов диагностики разрабатываются новые способы лечения заболеваний роговицы. Трансплантация роговицы и ее современные модификации являются одним из основных, а иногда и единственным эффективным методом лечения. Учитывая существующие во всем мире проблемы с недостатком донорской роговицы, необходимы дополнительные усилия для разработки новых вариантов лечения. В связи с этим особую важность приобретает разработка адекватных экспериментальных моделей заболеваний роговицы. Наиболее часто в офтальмологических исследованиях в качестве модели для проведения экспериментов используются кролики различных пород.

Экспериментальное моделирование той или иной офтальмопатологии, а также оценка воздействия новых лекарственных веществ и хирургических вмешательств на структуры глаза требуют тщательной оценки состояния роговицы в норме. Объективный всесторонний анализ структуры роговицы кролика на разных анатомических уровнях способствует более глубокому пониманию патологических процессов и позволяет корректно оценивать эффективность проводимых вмешательств.

Различные обследования и манипуляции, необходимые для экспериментальных исследований, нередко можно проводить с использованием тех же технических

средств, которые применяются при обследовании людей. Это также позволяет максимально приблизить условия эксперимента и его результаты к реальной клинической практике.

Для оценки структуры роговицы *in vivo* при ее нормальных и патологических состояниях у человека используются спектральная оптическая когерентная томография (СОКТ) и конфокальная микроскопия (КМ). СОКТ позволяет визуализировать общую структуру роговицы, но имеет ограниченное разрешение для детального изучения микроструктуры [1–3].

Только конфокальная микроскопия — неинвазивный контактный метод исследования с использованием светового или лазерного излучения — позволяет получать высококачественные прижизненные изображения роговицы, аналогичные гистологическим срезам, как в норме, так и при различной патологии органа зрения [4–7].

Структура роговицы человека детально изучена и описана с помощью конфокальной микроскопии. В офтальмологической литературе также представлены работы, посвященные использованию этого метода для исследования микроструктурных нарушений и репаративных процессов в роговице на различных экспериментальных моделях животных [8–13].

Е.В. Ерохина, И.Г. Трифаненкова, А.В. Терещенко, Е.С. Чикова

Контактная информация: Трифаненкова Ирина Георгиевна nauka@eye-kaluga.com

Микроструктура роговицы в норме у кроликов породы шиншилла по данным конфокальной...

За рубежом проводились исследования, посвященные оценке структуры нормальной роговицы кролика с использованием метода конфокальной микроскопии [14–17].

Однако в представленных работах исследования выполнялись исключительно на новозеландских белых кроликах, тогда как в России для экспериментальных исследований чаще используются кролики породы шиншилла.

Целью данного исследования является определение нормальной микроструктуры роговицы кроликов породы шиншилла по данным конфокальной микроскопии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Конфокальная микроскопия роговицы выполнена у 10 кроликов-самцов породы шиншилла, в исследование включали лишь один (правый) глаз животного. Вес животных варьировал от 3500 до 4200 г. Все животные были здоровы. При проведении световой биомикроскопии не было выявлено признаков патологии роговицы и переднего отрезка глаза ни в одном случае.

Конфокальную микроскопию роговицы выполняли на лазерном сканирующем микроскопе HRT-3 (Heidelberg Engineering, Германия) с использованием специального роговичного модуля Rostock Cornea Module (RCM) с областью сканирования 400×400 мкм, поперечным и аксиальным разрешением 1–2 и 4 мкм соответственно. Скорость сканирования составляла 30 кадров в секунду, размер получаемых изображений — 384×384 пикселя.

Во всех случаях исследование проводилось под ингаляционным масочным наркозом с использованием газовой смеси с севофлураном. Поскольку исследование является контактным, для избежания нежелательных окулокардиальных и окулопульмональных реакций непосредственно перед исследованием в конъюнктивальную полость животного инстиллировали анестетик местного действия (проксиметакаин гидрохлорид 0,5 %). Далее на поверхность глаза животного устанавливали блефаростат таким образом, чтобы третье веко не мешало выполнению диагностических манипуляций и получению качественных изображений. Для обеспечения оптимальных условий проведения исследования на поверхность глаза животного наносили глазной гель «Видисик» (карбомер 0,2 %). Каплю геля наносили также в основание колпачка из полиметилметакрилата (TomoCam, (Heidelberg, Германия)) перед его установкой на поверхность объектива. Гель в основание колпачка, а далее и на его поверхность наносили таким образом, чтобы избежать появления в его толще воздушных пузырей. Затем, вращая объектив роговичного модуля, добивались получения на экране яркого отражения лазерного луча с фокусировкой в диапазоне ± 150 мкм. Для получения изображений использовали режим Section со скоростью съемки 1 кадр в секунду.

Оценивали толщину роговицы, характеристики каждого визуализируемого слоя, а также определяли особенности и глубину залегания субэпителиального и стромального нервных сплетений. Плотность нервных волокон субэпителиального нервного сплетения, ядер кератоци-

тов в толще передней и задней стромы, а также плотность клеток эндотелиального слоя рассчитывались с использованием программного обеспечения прибора.

Полученные результаты были статистически проанализированы с помощью пакета прикладных программ Statistica 13.3 (“Tibco Software Inc.”, США). Для оценки нормальности распределения использовали критерии Колмогорова — Смирнова и Шапиро — Уилка, а также асимметрию и эксцесс [18]. С учетом отсутствия нормального распределения показателей с использованием критерия Колмогорова — Смирнова для характеристики статистических рядов распределения использовали медиану (Me), нижний и верхний квартили [Me (Q25%; Q75%)]. Статистически значимые различия для плотности кератоцитов в передней и задней строме определяли с помощью критерия непараметрической статистики для независимых выборок (критерий Манна — Уитни (U)). Условием определения статистически значимых различий считали значение $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе проведения конфокальной микроскопии роговицы у всех животных удалось получить изображения с дифференцировкой ее субструктур. По данным конфокальной микроскопии толщина роговицы кроликов варьировала в пределах 340–359 мкм.

Отмечалась четкая дифференцировка эпителия роговицы на поверхностный, промежуточный и базальный слои. Размер клеточных элементов эпителия уменьшался от поверхностного к базальному эпителию.

Клетки поверхностного эпителия визуализировались в виде крупных полигональных клеточных элементов с различной рефлексивностью цитоплазмы и ядра, а также различались четкостью контуров (рис. 1А). Клетки поверхностного эпителия на этапе десквамации имели четкие границы с высокорефлексивной цитоплазмой и гиперрефлексивным ядром, обрамленным эпинуклеусом со слабой рефлексивностью. Клетки без признаков десквамации, напротив, как правило, не имели четких границ, отмечалась слабо выраженная рефлексивность цитоплазмы и ядра клетки. Плотность клеток поверхностного эпителия удалось оценить во всех случаях, медианное значение данного показателя составило $1100,0 [862,0; 1235,0]$ клеток/мм².

При смещении фокусировки прибора на уровень промежуточного эпителиального слоя (рис. 1Б) отмечалось существенное увеличение количества и уменьшение размера клеточных элементов, которые характеризовались неправильной формой. Клетки имели четко определявшиеся гиперрефлексивные границы, гипорефлексивную цитоплазму и в 7 случаях — четко визуализирующиеся мелкие гиперрефлексивные ядра. Межклеточные расстояния во всех случаях были равномерны.

В базальном эпителии (рис. 1В) определялось максимальное количество клеточных элементов, которые имели крайне малый размер и нечеткие границы, из-за этого

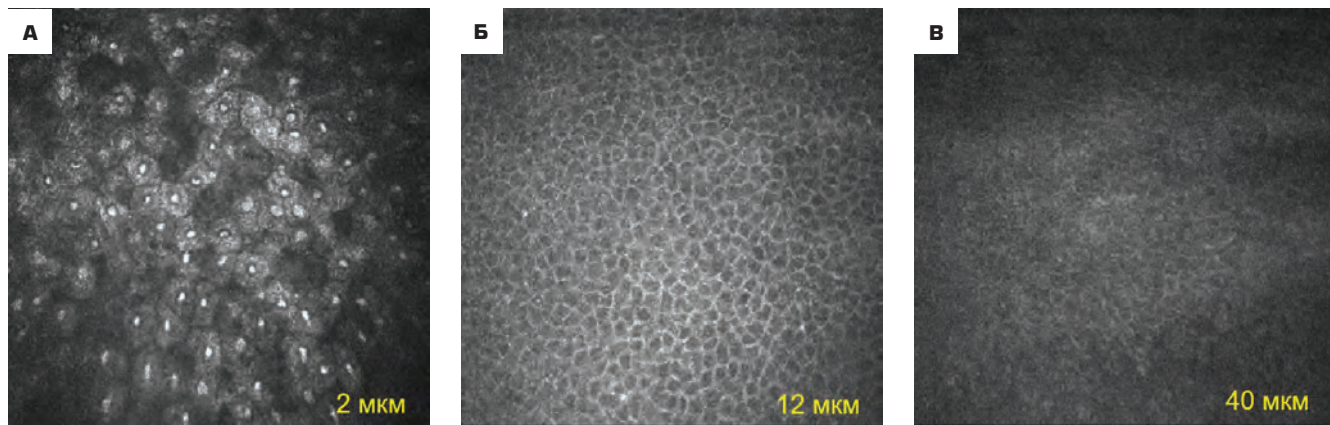


Рис. 1. Эпителий роговицы кролика породы шиншилла по данным конфокальной микроскопии: А — поверхностный эпителий; Б — промежуточный эпителий; В — базальный эпителий

Fig. 1. Corneal epithelium of a Chinchilla rabbit according to confocal microscopy data: А — superficial epithelium; Б — intermediate epithelium; В — basal epithelium

подсчет плотности клеток в данном слое был невозможен. Ядра клеток во всех случаях не визуализировались, а цитоплазма клеток имела различную степень рефлексивности.

За базальным эпителиальным слоем визуализировалась гиперрефлексивная Боуменова мембрана (рис. 2), которая определялась на глубине 37–44 мкм.

Строма, следовавшая за Боуменовой мембраной, имела различные характеристики в передних и задних слоях. Отличия передней и задней стромы были связаны с различной плотностью ядер кератоцитов и формой. В толще передней стромы плотность ядер была больше, варьируя в пределах 550–714 клеток/мм², с медианным показателем 606 [562; 713] клеток/мм². Во всех случаях ядра были гиперрефлексивны, имели бобовидную или овальную форму, а также меньший размер, чем в задней строме. По мере углубления в толщу стромы количество ядер кератоцитов уменьшалось с вариацией в диапазоне 347–440 клеток/мм², медианное значение данного показателя составило 411 [377; 417] клеток/мм². При этом размер ядер кератоцитов увеличивался, и они приобретали более вытянутую форму. Рефлексивность ядер кератоцитов в задней строме была неоднородной: определялись как высокорефлексивные, так и изорефлексивные ядра. В некоторых случаях между ядрами отмечались тонкие гипер- или изорефлексивные перемычки. При смещении в более глубокие слои стромы в 4 случаях было выявлено усиление рефлексивности кератоцитов, за счет этого их ядра приобретали «звездчатую» форму, в данных случаях было отмечено фокальное снижение

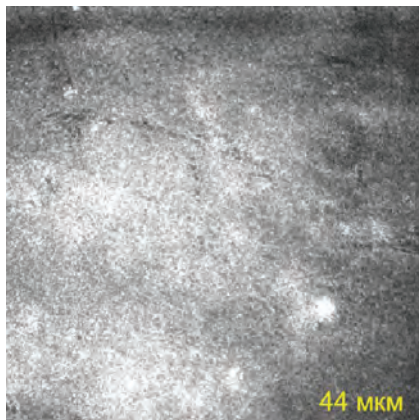


Рис. 2. Боуменова мембрана роговицы кролика породы шиншилла по данным конфокальной микроскопии

Fig. 2. Bowman's membrane of the cornea of the Chinchilla rabbit according to confocal microscopy data

рефлексивности межклеточного матрикса с формированием гипорефлексивных зон различного размера и формы.

При проведении сравнительного анализа плотности кератоцитов передней и задней стромы было выявлено статистически достоверное ее уменьшение в задней строме ($p = 0,0001$) (рис. 3).

Десцеметову мембрану ни у одного из животных визуализировать не удалось.

Эндотелиальный слой во всех случаях определялся четко в виде гексагональной или полигональной формы клеточных элементов, имевших четкие гипорефлексивные границы и отчетливо определявшееся во всех случаях гипорефлексивное ядро без эпинуклеуса. Цитоплазма клеток эндотелия была в большей степени изорефлексивной. Плотность эндотелиальных клеток варьировала от 2347 до 3013 клеток/мм², медиана данного показателя составила 2798 [2690; 2942] клеток/мм² (рис. 4).

Субэпителиальное (суббазальное) нервное сплетение по данным конфокальной микроскопии роговицы визуализировалось на глубине 40–46 мкм и было представлено резко истонченными изорефлексивными, слабоизвитыми волокнами, имевшими вертикальный или косой ход. Плотность волокон суббазального нервного сплетения составляла 32–43 волокна/мм² (Me 40,5 [37; 43]) (рис. 5).

Стромальное нервное сплетение было выражено в большей степени. Стромальные нервы определялись на глубине от 45 до 251 мкм и имели различные характеристики. В толще передней стромы визуализировались преимущественно тонкие, не покрытые миелином

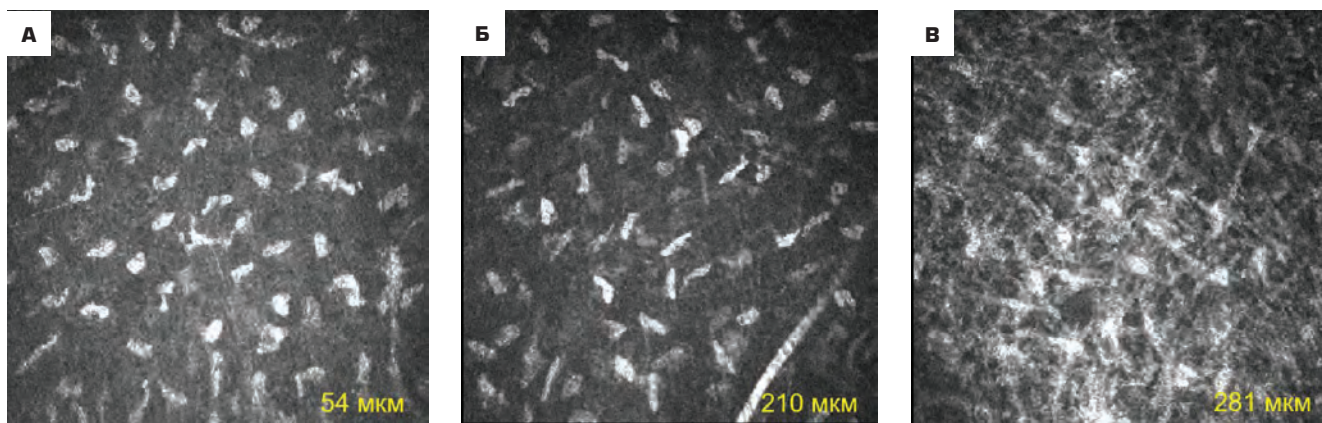


Рис. 3. Структура стромы роговицы кролика по данным конфокальной микроскопии: А — поверхностные слои стромы; Б — средние слои стромы — уменьшение количества ядер кератоцитов, более вытянутая форма ядер; В — задние слои стромы — значительное снижение количества ядер кератоцитов, усиление рефлексивности стромы с формированием сетчатой структуры

Fig. 3. Structure of the rabbit corneal stroma according to confocal microscopy data: А — superficial layers of the stroma; Б — middle layers of the stroma — decrease in the number of keratocyte nuclei, more elongated shape of the nuclei; В — posterior layers of the stroma — significant decrease in the number of keratocyte nuclei, increased reflectivity of the stroma with the formation of a mesh structure

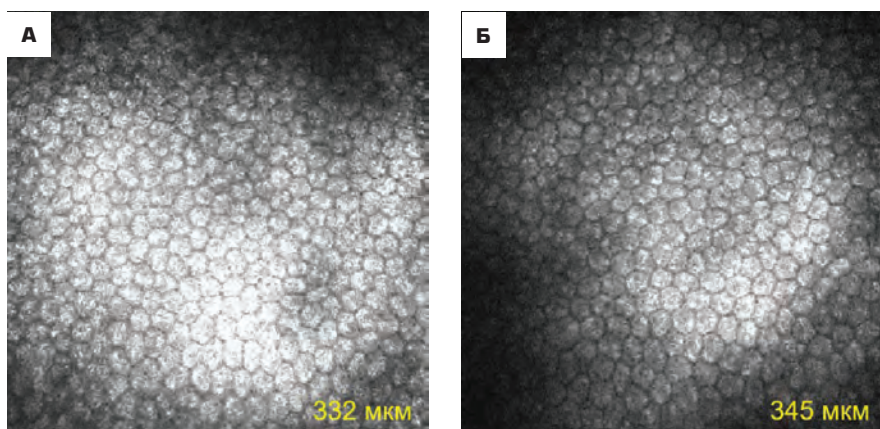


Рис. 4. Эндотелиальный слой роговицы кролика породы шиншилла по данным конфокальной микроскопии

Fig. 4. Endothelial layer of the cornea of the Chinchilla rabbit according to confocal microscopy data

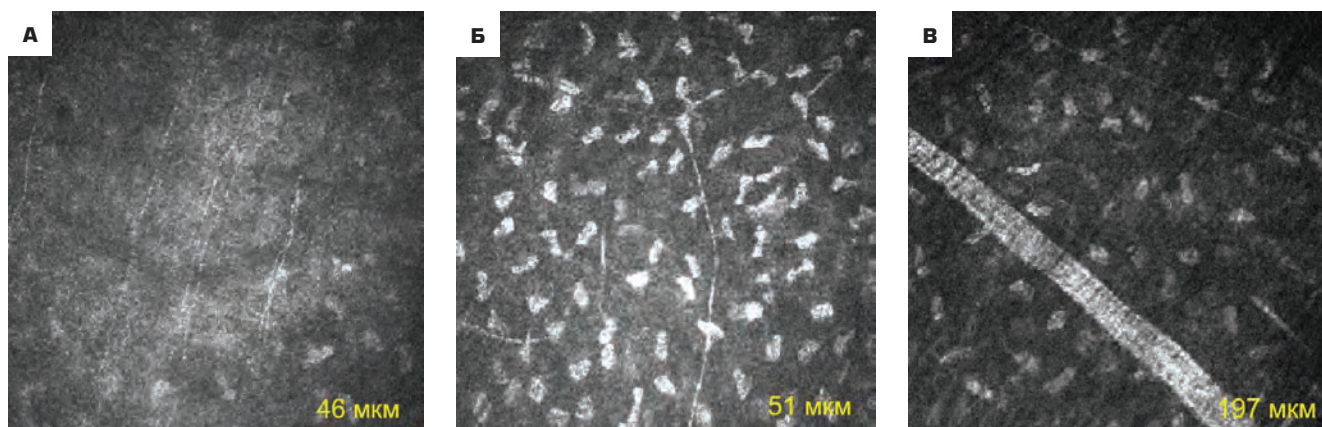


Рис. 5. Нервные сплетения роговицы кролика по данным конфокальной микроскопии: А — суббазальное нервное сплетение; Б — стромальное нервное сплетение в передних отделах стромы (тонкие нервные волокна, не покрытые миелиновой оболочкой); В — стромальное нервное сплетение в задних отделах стромы (нервные волокна, покрытые миелиновой оболочкой)

Fig. 5. Nerve plexuses of the rabbit cornea according to confocal microscopy data: А — subbasal nerve plexus; Б — stromal nerve plexus in the anterior parts of the stroma (thin nerve fibers not covered with a myelin sheath); В — stromal nerve plexus in the posterior parts of the stroma (nerve fibers covered with a myelin sheath)

нервные волокна, имевшие вертикальный или косой ход, в 3 случаях отмечалась выраженная извитость с рекуррентным ходом нервных волокон. В толще средней стромы визуализировалось большее количество нервных волокон, а также определялась их наибольшая толщина из-за наличия миелиновой оболочки. В большинстве случаев (9 из 10) хорошо визуализировалась бифуркация стромального нерва.

ОБСУЖДЕНИЕ

Информация о состоянии структур роговицы в норме необходима исследователям для наилучшего понимания механизмов восстановления, метаболизма и течения патологических процессов. Данные о нормальной структуре роговицы важны для трактовки микроструктурных нарушений и репаративных процессов в ней на фоне воздействия различных механических, химических и биологических факторов.

Наиболее предпочтительными приборами для изучения структуры роговицы в настоящий момент являются Confoskan-4 (Nidek, Япония), а также HRT-3 с использованием роговичного модуля Rostok (Heidelberg Engineering, Германия). Прибор HRT-3 — лазерный конфокальный микроскоп, источником излучения в котором является гелий-неоновый лазер с длиной волны 670 нм. Лазерный конфокальный микроскоп в отличие от светового позволяет получать более контрастные равномерно освещенные en-face-изображения, существенно повышая информативность получаемых результатов [3, 7, 19].

Конфокальная микроскопия *in vivo* широко используется в исследовании патологических изменений роговицы более 25 лет. Данный метод позволяет получать тонкие срезы роговицы, параллельные поверхности эпителия (en-face изображения), аналогичные гистологическим срезам, без проведения хирургических манипуляций и использования красителей. Регистрируемые изображения могут быть подвергнуты не только качественному, но и количественному анализу при помощи программного обеспечения прибора. Посредством конфокальной микроскопии роговицы возможно определить толщину каждого слоя и уровень залегания нервных сплетений, а также оценивать плотность клеток в каждом слое. Однако следует учитывать, что глубина сканирования, отображаемая на экране, не является полностью объективной величиной, поскольку зависит как от навыков оператора, так и от поведения исследуемого. Для получения объективных результатов конфокальной микроскопии роговицы у животных необходимо использование наркоза (внутривенного или масочного), т.к. при его отсутствии дрожание и избыточные движения исследуемого животного будут приводить к некорректным показателям при оценке толщины роговицы и ее слоев, а также большому количеству артефактов движения.

Результаты проведенного исследования показывают, что структура роговицы кролика породы шиншилла не имеет существенных отличий от нормальной

структуры роговицы человека [3, 7]. У кролика отмечается четкая дифференцировка эпителия на поверхностный, промежуточный и базальный слои, а клеточные элементы в каждом слое существенно не отличаются по своим характеристикам от клеток эпителия роговицы человека. Различие состоит лишь в том, что в базальном эпителиальном слое человеческой роговицы клетки базального эпителия имеют, как правило, больший размер и более четкие контуры, что позволяет провести морфометрический анализ.

Боуменова мембрана в нормальной роговице кролика хорошо визуализируется и определяется как ткань с высокой отражательной способностью, в отличие от нормальной роговицы человека, в которой Боуменова мембрана по данным конфокальной микроскопии таких свойств не имеет и визуализируется лишь при наличии ее структурных нарушений. Полученные нами результаты согласуются с данными исследований, проводившихся ранее [20].

Строма роговицы кролика и человека в норме также имеет сходные характеристики: наибольшее количество кератоцитов определяется в поверхностной строме, при смещении фокуса к задним отделам стромы их количество уменьшается, а ядра кератоцитов меняют свои характеристики. Полученные нами данные по морфологии стромы и особенностям плотности кератоцитов хорошо согласуются с результатами ранее проведенных исследований по изучению роговицы новозеландских белых кроликов в норме [17, 20–22]. Однако в проведенном исследовании мы получили большую плотность кератоцитов как в передней, так и задней строме роговицы, что может быть связано с популяционной особенностью.

Эндотелиальный слой роговицы кролика представлен одним слоем полигональных и/или гексагональных клеток, имеющих такую же рефлексивность границ, цитоплазмы и ядра, как и у человека. Однако плотность клеток в эндотелиальном слое оказалась меньше. Следует отметить, что плотность эндотелиальных клеток у людей является изменяющейся величиной, с возрастом количество клеток эндотелиального слоя снижается. M.J. Doughty [23] опубликовал результаты исследования, в котором проводилась оценка плотности эндотелиальных клеток роговицы здоровых новозеландских белых кроликов в динамике. Наблюдения за животными продолжались в течение трех лет. Авторы отметили снижение плотности эндотелиальных клеток с 4100 до менее чем 3000 клеток/мм² уже к 7–8 месяцу жизни животного и менее 2000 клеток/мм² к моменту завершения экспериментальной работы. В нашем исследовании плотность эндотелиальных клеток составила 2798 [2690; 2942] клеток/мм². Полученные данные могут быть обусловлены как возрастом животных, так и вероятностью различий данного показателя в популяции кроликов различных пород.

Что касается нервных сплетений, то субэпителиальное сплетение у кролика породы шиншилла выражено

плохо и визуализируется с большим трудом. Нервные волокна суббазального сплетения очень тонкие и изорефлективные. Стромальное нервное сплетение, напротив, выражено гораздо лучше, чем в нормальной роговице человеческого глаза, и представлено различными нервными волокнами (покрытыми и не покрытыми миелиновой оболочкой), определяющимися не только в средних, но и в передних слоях стромы. Полученные нами данные о морфологии суббазального и стромального нервных сплетений у кролика в норме согласуются с результатами исследования, выполненного M. Reichard и соавт. [20].

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать заключение, что использование кроликов породы шиншилла целесообразно в экспериментальных

моделях, связанных с имитацией заболеваний эпителия, стромы и эндотелия роговицы.

Кроме того, при моделировании заболеваний и изучении патогенетических механизмов их развития на животных необходимо помнить о том, что одни и те же заболевания в организме лабораторных животных и человека могут развиваться по различным сценариям в связи с различиями в клеточном метаболизме.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Ерохина Е.В. — подготовка статьи, существенный вклад в замысел и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных;
Трифаненкова И.Г. — критический пересмотр статьи в части значимого интеллектуального содержания;
Терещенко А.В. — окончательное одобрение варианта статьи для опубликования;
Чикова Е.С. — сбор данных.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Шпак АА. Новая номенклатура оптической когерентной томографии. Офтальмохирургия. 2015;3:80. Shpak AA. New nomenclature of optical coherence tomography. Ophthalmosurgery. 2015;3:80 (In Russ.).
- Шпак АА. Оптическая когерентная томография: проблемы и решения: руководство. М.: Офтальмология; 2019:148. Shpak AA. Optical coherence tomography: problems and solutions: manual. Moscow: Oftalmologiya; 2019:148 (In Russ.).
- Малюгин БЭ, Шпак АА. Современные методы визуализации переднего отрезка глаза. М.: Офтальмология; 2023:128. Malyugin BE, Shpak AA. Modern methods of visualization of the anterior segment of the eye. Moscow: Oftalmologiya; 2023:128 (In Russ.).
- Jalbert I, Stapleton F, Papas E, Sweeney DE, Coroneo M. In vivo confocal microscopy of the human cornea. Br J Ophthalmol. 2003;87:225–236. doi: 10.1136/bjo.87.2.225.
- Patel DV, McGhee CN. Contemporary in vivo confocal microscopy of the living human cornea using white light and laser scanning techniques: A major review. Clin Experiment Ophthalmol. 2007;35:71–88. doi: 10.1111/j.1442-9071.2007.01423.x.
- Guthoff RF, Zhivov A, Stachs O. In vivo confocal microscopy, an inner vision of the cornea—A major review. Clin Experiment Ophthalmol. 2009;37:100–117. doi: 10.1111/j.1442-9071.2009.02016.x.
- Азнабаев БМ, Алимбекова ЗФ, Мухаммадеев ТР, Габбасов АР. Лазерная сканирующая томография глаза передний и задний сегмент. М.: Август Борг; 2008:221. Aznabaev BM, Alimbekova ZF, Mukhamadeev TR, Gabbasov AR. Laser scanning tomography of the eye anterior and posterior segment. Moscow: August Borg; 2008:221 (In Russ.).
- Терещенко АВ, Белый ЮА, Тахчиди ЕХ, Новиков СВ, Майчук НВ, Усанова ГЮ. Экспериментальное исследование влияния 0,1 % раствора бензалкония хлорида на состояние роговицы у кроликов. Вестник Оренбургского государственного университета. 2015;12(187):238–243. Tereshchenko AV, Bely YuA, Takhchidi EK, Novikov SV, Maychuk NV, Usanova GYu. Experimental study of the effect of 0.1% benzalkonium chloride solution on the condition of the cornea in rabbits. Bulletin of the Orenburg State University. 2015;12(187):238–243 (In Russ.).
- Novakimyan M, Guthoff R, Knappe S, Zhivov A, Wree A, Krüger A, Heisterkamp A, Stachs O. Short-term corneal response to cross-linking in rabbit eyes assessed by in vivo confocal laser scanning microscopy and histology. Cornea. 2011;30(2):196–203. doi: 10.1097/ICO.0b013e3181e16d93.
- Vohra M, Gour A, Rajput J, Sangwan B, Chauhan M, Goel K, Kamath A, Mathur U, Chandru A, Sangwan VS, Bhowmick T, Tiwari A. Chemical (Alkali) Burn-Induced Neurotrophic Keratitis Model in New Zealand Rabbit Investigated Using Medical Clinical Readouts and In Vivo Confocal Microscopy (IVCM). Cells. 2024;13(5):379. doi: 10.3390/cells13050379.
- Daull P, Raymond E, Feraille L, Garrigue JS. Safety and Tolerability of Over-dosed Artificial Tears by Abraded Rabbit Corneas. J Ocul. Pharmacol Ther. 2018;34(10):670–676. doi: 10.1089/jop.2018.0040.
- Wozniak KT, Butler SC, He X, Ellis JD, Knox WH, Huxlin KR. Temporal evolution of the biological response to laser-induced refractive index change (LIRIC) in rabbit corneas. Exp Eye Res. 2021;207:108579. doi: 10.1016/j.exer.2021.108579.
- Chen W, Dong N, Huang C, Zhang Z, Hu J, Xie H, Pan J, Liu Z. Corneal alterations induced by topical application of commercial latanoprost, travoprost and bimatoprost in rabbit. PLoS One. 2014;9(3):e89205. doi: 10.1371/journal.pone.0089205.
- Li HF, Petroll WM, Møller-Pedersen T, Maurer JK, Cavanagh HD, Jester JV. Epithelial and corneal thickness measurements by in vivo confocal microscopy through focusing (CMTF). Curr Eye Res. 1997;16(3):214–221. doi: 10.1076/ceyr.16.3.214.15412.
- Jester JV, Andrews PM, Petroll WM, Lemp MA, Cavanagh HD. In vivo, real-time confocal imaging. J Electron Microscop Tech. 1991;18(1):50–60. doi: 10.1002/jemt.1060180108.
- Jester JV, Petroll WM, Garana RM, Lemp MA, Cavanagh HD. Comparison of in vivo and ex vivo cellular structure in rabbit eyes detected by tandem scanning microscopy. J Microsc. 1992;165(1):169–181. doi: 10.1111/j.1365-2818.1992.tb04314.x.
- Labbé A, Liang H, Martin C, Brignole-Baudouin F, Warnet JM, Baudouin C. Comparative anatomy of laboratory animal corneas with a new-generation high-resolution in vivo confocal microscope. Curr Eye Res. 2006;31(6):501–509. doi: 10.1080/02713680600701513.
- Ghasemi A, Zahedial S. Normality tests for statistical analysis: a guide for non-statisticians. International journal of endocrinology and metabolism. 2012;10(2):486–489. doi:10.5812/ijem.3505.
- Guthoff RF, Baudouin C, Stave J. Atlas of Confocal Laser Scanning In Vivo Microscopy in Ophthalmology. Berlin: Heidelberg/Springer; 2006.
- Reichard M, Hovakimyan M, Wree A, Meyer-Lindenberg A, Nolte I, Junghans C, Guthoff R, Stachs O. Comparative in vivo confocal microscopical study of the cornea anatomy of different laboratory animals. Curr Eye Res. 2010;35(12):1072–1080. doi: 10.3109/02713683.2010.513796.
- Petroll WM, Boettcher K, Barry P, Cavanagh HD, Jester JV. Quantitative assessment of anteroposterior keratocyte density in the normal rabbit cornea. Cornea. 1995;14(1):3–9.
- Patel SV, McLaren JW, Camp JJ, Nelson LR, Bourne WM. Automated quantification of keratocyte density by using confocal microscopy in vivo. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1999;40(2):320–326.
- Doughty MJ. The cornea and corneal endothelium in the aged rabbit. Optom Vis Sci. 1994;71(12):809–818. doi: 10.1097/00006324-199412000-00013.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ерохина Елена Владимировна
кандидат медицинских наук, заведующая диагностическим отделением
<https://orcid.org/0000-0001-7320-9209>

Трифаненкова Ирина Георгиевна
доктор медицинских наук, заместитель директора по научной работе
<http://orcid.org/0000-0001-9202-5181>

Терещенко Александр Владимирович
доктор медицинских наук, профессор, директор
<http://orcid.org/0000-0002-0840-2675>

Чикова Екатерина Сергеевна
врач офтальмолог
<https://orcid.org/0009-0000-7924-1445>

ABOUT THE AUTHORS

Erokhina Elena V.
PhD, head of the Diagnostic Department
<https://orcid.org/0000-0001-7320-9209>

Trifanenkova Irina G.
MD, deputy director for research
<http://orcid.org/0000-0001-9202-5181>

Tereshchenko Alexander V.
MD, Professor, director
<http://orcid.org/0000-0002-0840-2675>

Chikova Ekaterina S.
ophthalmologist
<https://orcid.org/0009-0000-7924-1445>