

Морфологические изменения после лазеркоагуляции, обеспечивающие адгезию отслоенной сетчатки

А.В. Шацких¹, А.А. Шпак¹, А.В. Юхананова¹, И.М. Горшков¹, Д.О. Шкворченко¹, М.А. Плахотний²

¹ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва;

²ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Калужский филиал

РЕФЕРАТ

Цель. Изучить в эксперименте морфологические изменения сетчатки и хориоидеи, обеспечивающие адгезию отслоенной сетчатки в первые 72 ч после лазеркоагуляции.

Материал и методы. Проведено клинико-морфологическое исследование 12 глаз 12 кроликов породы шиншилла с экспериментально моделированной отслойкой сетчатки через 12, 24, 48 и 72 ч после операции трансклиарной витрэктомии с лазеркоагуляцией.

Результаты. Вследствие локальной деструкции и экссудативных явлений в области лазеркоагулятов сетчатки (нарастающих к 24 ч и уменьшающихся к 72 ч) обнаружено формирование плотных адгезивных контактов между оболочками в результате разрушения экссудативного фибриногена и выпадения нитей фибрина. Гистологические изменения сетчатки и хориоидеи в области лазеркоагулятов в первые 2 сут. соответствовали нарастающей деструктивно-экссудативной Офтальмохирургия. 2020;2: 52–57.

ной фазе фибриноидного воспаления умеренной степени выраженности с максимальными проявлениями на сроке 48 ч с затуханием экссудативных явлений и переходом в пролиферативную фазу через 72 ч.

Заключение. В период 24–48 ч после лазеркоагуляции формируется плотный адгезивный хориоретинальный контакт посредством отложений фибрина, источником которого служит сывороточный фибриноген, входящий в состав экстравазального экссудата зоны лазеркоагуляции. На основании изученных морфологических процессов можно полагать, что хориоретинальная адгезия в области лазеркоагулятов становится достаточно прочной для самостоятельного удержания уложенной на место сетчатки через 48 ч после операции.

Ключевые слова: витрэктомия, лазеркоагуляция, хориоретинальная адгезия. ■

Авторы не имеют финансовых или имущественных интересов в упомянутых материале и методах.

ABSTRACT

Morphological Changes Providing Adhesion of Detached Retina After Laser Coagulation

A.V. Shatskikh¹, A.A. Shpak¹, A.V. Yukhananova¹, I.M. Gorshkov¹, D.O. Shkvorchenko¹, M.A. Plakhotnii²

¹S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow;

²S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Kaluga Branch

Purpose. Experimental study the morphological changes of the retina and choroid, providing adhesion of the detached retina in the first 72 hours after laser coagulation.

Material and methods. A clinical and morphological study of 12 eyes of 12 Chinchilla rabbits with experimentally simulated retinal detachment was performed 12, 24, 48 and 72 hours after the operation of transcliliary vitrectomy with laser coagulation.

Results. Due to local destruction and exudative effects in the field of laser coagulation of the retina (increasing to 24 hours and decreasing to 72 hours) detected the formation of a tight adhesive contact between the shells resulting from the destruction of exudative fibrinogen and deposition fibrin. Histological changes in the retina and choroid in the area of laser coagulation in the first two days corresponded to the

growing destructive-exudative phase of fibrinoid's inflammation moderate with maximum cases in the period of 48 hours with the attenuation of exudative effects and proliferative phase after 72 hours.

Conclusion. In the period from 24 to 48 hours of the adhesive after laser coagulation is formed a dense chorioretinal contact by deposits of fibrin, which serves as a fibrinogen serum, part extravasal exudate area of laser coagulation. Based on the studied morphological processes, it can be assumed that chorioretinal adhesion in the LC area becomes strong enough to independently hold the retina in place 48 hours after surgery.

Key words: vitrectomy, laser coagulation, chorioretinal adhesion. ■

No author has a financial or proprietary interest in any material or method mentioned.

Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery. 2020;2: 52–57.



АКТУАЛЬНОСТЬ

В последние годы основным методом лечения регматогенной отслойки сетчатки (РОС) стало эндовитреальное вмешательство [1]. При проведении трансклиарной витрэктомии на заключительном этапе операции производят тампонаду витреальной полости заместителями стекловидного тела – силиконом или газом, которые необходимы для поддержания правильного анатомического положения сетчатки до момента образования хориоретинального рубца.

Для его формирования используют лазерное излучение различных видов (ксеноновое, аргоновое и др.). Фундаментальные исследования изменений тканей глаза при лазерной коагуляции велись в 70–90-х годах XX века [2–10] и продолжают в последние десятилетия [11–13]. Однако конкретные морфологические изменения, обеспечивающие адгезию сетчатки в первые дни после лазеркоагуляции, изучены недостаточно [14].

Весьма дискуссионным также вопрос о времени развития хориоретинальной адгезии, превышающей по силе ее обычную степень, достаточную для длительного удержания сетчатки в правильном положении. Время, необходимое для обеспечения такой адгезии, в работах разных авторов варьирует от 1 до 4 сут. [15–20].

ЦЕЛЬ

Изучить в эксперименте морфологические изменения сетчатки и хориоидеи, обеспечивающие адгезию отслоенной сетчатки в первые 72 ч после лазеркоагуляции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперимент выполнен на 12 кроликах породы шиншилла (12 глаз), оперированных на базе Калужского филиала ФГАУ «НИИЦ «МНТК «Ми-

крохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России (хирург – к.м.н. Плахотный М.А.).

Эксперимент проводили с соблюдением всех необходимых морально-этических норм согласно «Руководству по уходу и использованию лабораторных животных» (Москва, 2016) и соответствующим международным рекомендациям.

Животные доставлялись из вивария за 1 ч до операции. Перед началом операции всем экспериментальным животным промывали конъюнктивальную полость раствором Пиклоксидина 0,05% двукратно и раствором Повидон йода 0,5% двукратно с интервалом 5 мин. Для достижения медикаментозного мидриаза за 5–10 мин до операции двукратно в конъюнктивальную полость закапывался раствор тропикамида 0,8%. Всем кроликам в качестве анестезии выполняли общий наркоз, который осуществляли внутримышечным введением 1% раствора Гексенала из расчета 0,5 мл на 1 кг массы животного. Операции проводились под контролем операционного микроскопа (Möller-Wedel, Германия).

На первом этапе операции проводили лимбальную перитомию (расстояние конъюнктивы у лимба на 180°), затем в 2 мм от лимба на 2, 8 и 10 часах устанавливали три порта с клапанами, исключающими обратный ток жидкости диаметром 25G (DORC, Нидерланды) в проекции плоской части цилиарного тела для ввода эндовитреального инструментария и инфузионной системы. Фиксировали инфузионную систему для непрерывной подачи раствора BSS (Alcon, США) в витреальную полость. Операцию проводили с использованием контактных одноразовых силиконовых линз, устанавливаемых на роговицу. Выполняли субтотальную витрэктомию по стандартной методике, начиная со средних отделов стекловидного тела и постепенно смещаясь к сетчатке (2500 резов в минуту, вакуум от 100 до 600 мм рт.ст.), (Alcon, Accurus, США). Среднее время витрэктомии составило

8 мин, объем ирригационного раствора – в среднем 50 мл. Затем канюлю с переменным диаметром 25/38G (Med One, США) вводили в витреальную полость и выполняли ретинопунктуру выше места центральной зоны сетчатки. Для создания отслойки сетчатки канюля была присоединена к субретинальному инъектору (MicroDose injection kit 1 ml, Med One, США), который представлял из себя шприц, подключаемый к хирургической системе. Предварительно в инъектор в асептических условиях был введен раствор BSS. При нажатии на педаль хирургической системы поршень шприца начинал ход, и жидкость вводилась субретинально. Контроль за введением осуществлялся визуально по появлению характерного пузыря отслоенной сетчатки. Затем в витреальную полость вводился раствор перфтордекалина Dk-line (Bausch & Lomb Inc., США), начиная от области зрительного нерва до уровня ретиномического отверстия, производилась репозиция сетчатки. Затем производилась замена жидкости на воздух (давление 35 мм рт.ст.) с одновременным удалением остаточной субретинальной жидкости и раствора перфтордекалина. Эндолазерная коагуляция вокруг ретиномического отверстия и в области ранее отслоенной сетчатки проводилась в среде «воздух» после возможно более полной репозиции сетчатки (лазерный аппарат Алуд-01 производства ООО «АЛКОМ медика», Россия). Параметры лазерного излучения: мощность – 80 мВт, длительность импульса – 0,1 с, диаметр «пятна» лазера – 200 мкм. Лазерные коагуляты (ЛК) сетчатки наносили с височной стороны от диска зрительного нерва по кругу в 3 ряда в шахматном порядке до появления белого очага (рис. 1). Операции заканчивались введением в вит-

Для корреспонденции:

Юхананова Аделина Викторовна
ORCID ID: 0000-0002-6731-2493
E-mail: Adelina1993y@gmail.com

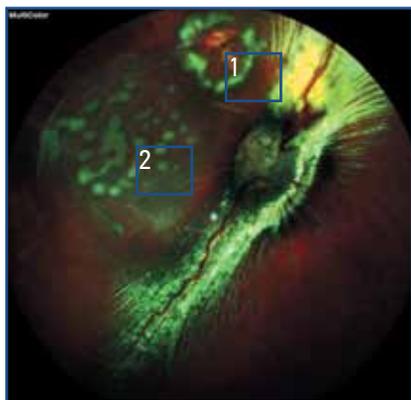


Рис. 1. Интраоперационное фото глазного дна кролика после отслойки сетчатки и ЛКС (12 ч). ЛКС вокруг отверстия сетчатки (1) и свободной зоны (2) с височной стороны от диска зрительного нерва

Fig. 1. Intraoperative rabbit's fundus photo after retinal detachment and laser coagulation (12 h). Laser coagulation around the aperture (1) and the free zone (2) on the temporal side of the optic disc



Рис. 2. Макропрепарат глаза кролика после отслойки сетчатки и ЛКС (12 ч)

Fig. 2. Gross specimen of the rabbit's eye after retinal detachment and laser coagulation (12 h)

реальную полость 20% раствора газа CF₆ и наложением швов 8-0 (шелк, Manu, Япония) на склеральные разрезы и конъюнктиву.

Интра- и послеоперационных осложнений не отмечалось. Наблюдение кроликов проводилось ежедневно. Осмотр проводился с использованием ручной щелевой лампы и непрямого бинокулярного офтальмоскопа (Heine, Германия). В послеоперационном периоде всем кроликам проводилась антибактериальная (раствор Тобрекс, 1 капля 4 раза в день) и противовоспалительная (раствор Дексаметазона 0,1% 4 раза в день, раствор Неванак 0,1% 4 раза в день) терапия в течение всего времени наблюдения.

Животных выводили из эксперимента путем воздушной эмболии через 12, 24, 48 и 72 ч (по 3 кролика на каждый период). Глазные яблоки энуклеировали и фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина для последующего гистологического исследования. После фиксации глаза разрезали по экватору (рис. 2), осуществляли вырезку фрагментов глазных яблок с зоной операции, промывали проточной водой, обезживали в спиртах восходящей концентрации и заливали в парафин, выполняли серии гистологических срезов с применением окраски гематоксилином и эозином. Препараты изучали под микроскопом DM LB2 (Leica, Германия) при увеличениях x50, x100, x200, x400, с последующим фотографированием.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам клинического наблюдения за животными, послеоперационный период протекал без особенностей. В 1-е сутки на всех опытных глазах подопытных животных наблюдалась умеренная смешанная инъекция сосудов глазного яблока в месте постановки портов, а также слабый отек конъюнктивы, полностью проходившие к 3-м суткам. На протяжении всего периода наблюдения роговица оставалась прозрачной, передняя камера – равномерной, средней глубины, влага передней камеры – прозрачной, сохранялась живая реакция зрачка на свет, а также обычные цвет и структура радужной оболочки. Хрусталик оставался прозрачным. Рефлекс глазного дна был розовым. Диск зрительного нерва, сосуды сетчатки были не изменены, ЛК визуализировались с височной стороны от диска на протяжении всего срока наблюдения в виде белых очагов. Оболочки прилежали на всех сроках наблюдения.

При гистологическом исследовании глаз кроликов через 12 ч обнаруживали отечные коагуляты с локальными нарушениями стратифи-

кации слоев и деструкцией сетчатки по сравнению с зоной вне коагулятов (рис. 3 а). Была замечена начальная миграция пигментного эпителия через слои сетчатки по направлению к внутренней пограничной мембране. В строме хориоидеи также обнаруживали отек с полнокровием сосудов, но сохранением мембраны Бруха. Отек был обусловлен выходом жидкой части крови из сосудистого русла хориоидеи на фоне выраженной внутрисосудистой агрегации форменных элементов крови и признаками тромбирования без деструкции сосудистой стенки. Строма хориоидеи имела признаки выраженной лимфоцитарной инфильтрации (рис. 3 б).

Необходимо отметить, что все изменения сетчатки и хориокапиллярного слоя как на этом сроке, так и в дальнейшем затрагивали только зону ЛК, вне этих зон сетчатка и микроциркуляторное русло оставались морфологически сохранными (рис. 3 в).

К 24 ч в области ЛК наблюдали максимальный отек сетчатки (рис. 4 а), но с признаками снижения отечности хориоидеи и уменьшения полнокровия ее сосудов. Фрагменты разрушенных структур сетчатки конденсировались в пределах коагулятов. На фоне спазма капилляров хориоидеи (просвет практически не визуализировался) сосуды среднего и крупного диаметра оставались расширенными. В просвете сосудов был выявлен лизис тромбов, сосудистая стенка гистологически не была повреждена. В строме отмечалась умеренно выраженная воспалительная инфильтрация (рис. 4 б).

Через 48 ч было отмечено уменьшение отека сетчатки в области коагулятов (рис. 5 а). В основании ЛК стали определяться аморфные эозинофильные массы, в состав которых входили разрушенные элементы сетчатки и хориокапилляров в виде бесклеточного детрита. Кроме того, в составе масс были обнаружены нити фибрина, появившегося в результате фибринолиза сывороточного эксудативного фибриногена (рис. 5 а, б). В хориоидее на-

блюдали снижение отечности с признаками венозной гиперемии. Капиллярное русло в области коагулятов слабо дифференцировалось. Была выявлена фрагментация мембраны Бруха, вероятно, являвшаяся следствием воздействия некротического детрита; фибрин пропитывал подлежащие слои хориоидеи. Морфологическая картина соответствовала выраженному слипчивому процессу между хориоидеей и сетчаткой. Выраженность клеточной инфильтрации стромы хориоидеи уменьшилась (рис. 5 б, в).

Через 72 ч в зоне ЛК был минимальный отек сетчатки. В области коагулятов объем разрушенной сетчатки замещался аморфными массами. В местах сильного истончения обнаруживали сближение наружных слоев в виде вертикальной складки (плотный адгезивный контакт наружных слоев сетчатки между собой) с условно сохранными биполярными клетками и слоем нервных волокон (рис. 6 а). В хориоидее на фоне нитей фибрина выявлялись очаги бесклеточного детрита. В клеточной инфильтрации стромы хориоидеи фибробластический компонент начинал превалировать над лимфоцитарно-плазмоцитарным, что соответствовало смене адгезивных процессов фиброзно-пролиферативными (рис. 6 б).

ОБСУЖДЕНИЕ

При внедрении лазеркоагуляции сетчатки в офтальмологическую практику морфологические исследования в основном были направлены на обоснование сроков пребывания тампонирующих веществ в витреальной полости с оценкой фиброзно-рубцовых изменений между хориоидеей и сетчаткой. Гистологические данные на ранних сроках рассматривались с точки зрения активации фибробластического звена, синтез и созревание коллагена, упуская момент механизма контакта оболочек до появления органического сращения [3, 6–8, 14].

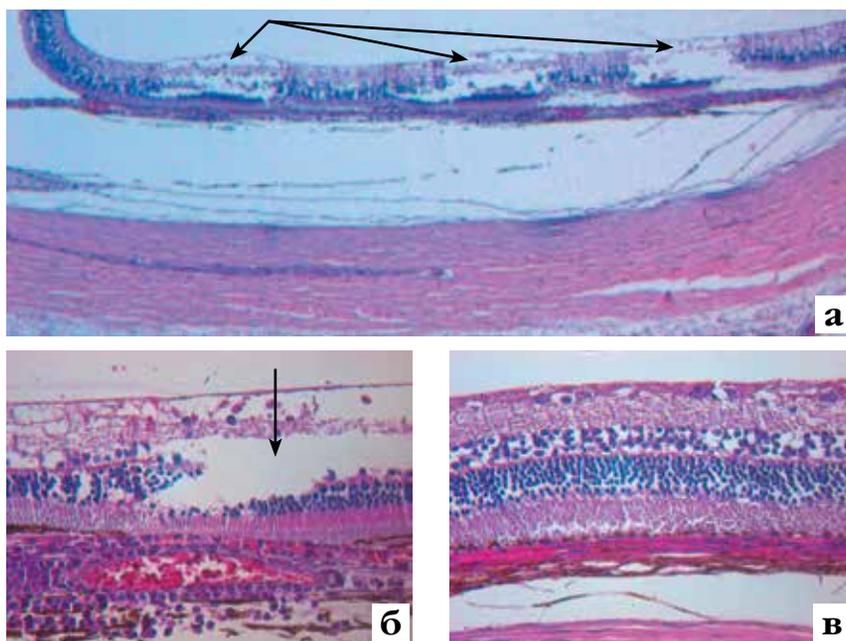


Рис. 3. Гистологический препарат глаза кролика после отслойки сетчатки и ЛКС (12 ч): а, б) зона ЛКС (стрелки); в) вне зоны коагулятов (нормальное строение сетчатки кролика). Окраска гематоксилином и эозином, ув. а) x100; б, в) x400

Fig. 3. Tissue specimen of the rabbit's eye after retinal detachment and laser coagulation (12 h): а, б) laser coagulation zone (marked with arrows); в) out of laser coagulation zone (normal retina of the rabbit). Hematoxylin-eosin staining, а) x100; б, в) x400

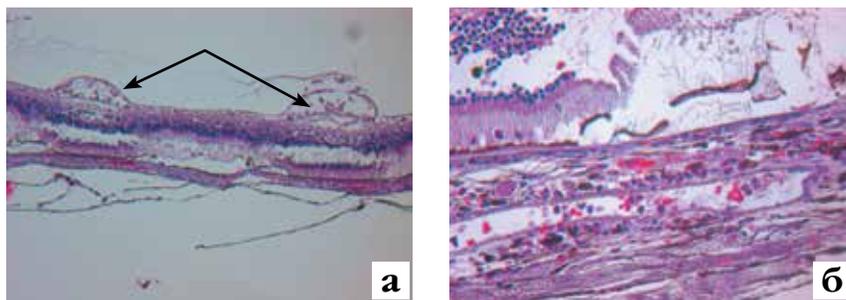


Рис. 4. Гистологический препарат глаза кролика после отслойки сетчатки и ЛКС (24 ч). Окраска гематоксилином и эозином, ув. а) x100; б) x400

Fig. 4. Tissue specimen of the rabbit's eye after retinal detachment and laser coagulation (24 h). Hematoxylin-eosin staining, а) x100; б) x400

При тампонаде витреальной полости газом происходит постепенное его рассасывание, к моменту завершения хориоретинальный рубец в области ЛК должен быть достаточно прочным. Поэтому при планировании хирургических вмешательств по поводу РОК, особенно в случаях с последующим вынужденным положением пациента после операции (лицом вниз при локализации разрывов в нижних отделах сетчат-

ки), большое значение имеет знание сроков формирования ЛК, достаточных для того, чтобы самостоятельно удерживать уложенную на место сетчатку. Выполненное экспериментальное исследование в определенной степени позволяет определить указанные сроки.

Под действием температуры при нанесении коагулятов сетчатки возникало расширение просвета сосудов хориоидеи с изменением про-

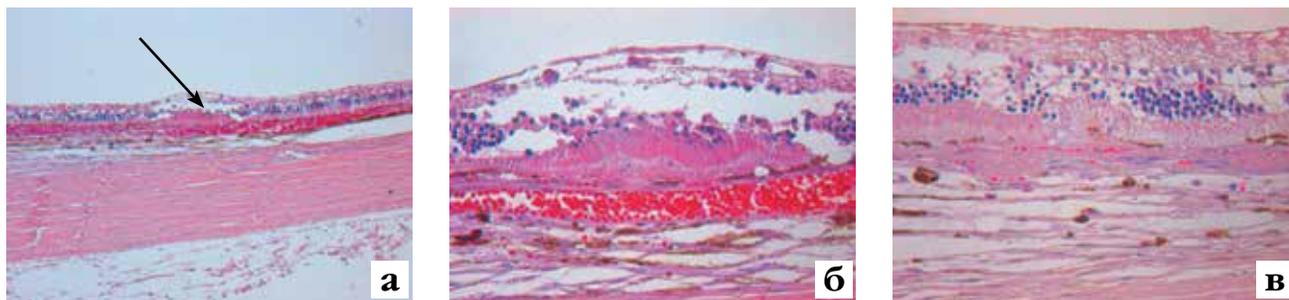


Рис. 5. Гистологический препарат глаза кролика после отслойки сетчатки и ЛКС (48 ч). Окраска гематоксилином и эозином, ув. а) $\times 100$; б, в) $\times 400$

Fig. 5. Tissue specimen of the rabbit's eye after retinal detachment and laser coagulation (48 h). Hematoxylin-eosin staining, а) $\times 100$; б, в) $\times 400$

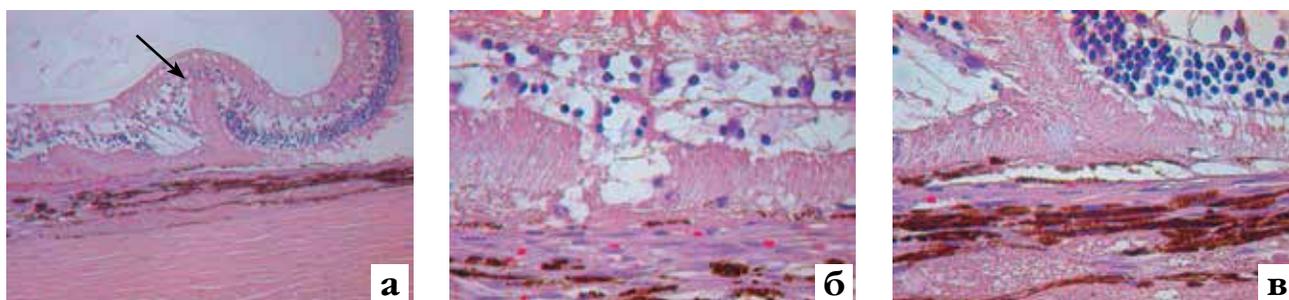


Рис. 6. Гистологический препарат глаза кролика после отслойки сетчатки и ЛКС (72 ч). Окраска гематоксилином и эозином, ув.: а) $\times 100$; б, в) $\times 400$

Fig. 6. Tissue specimen of the rabbit's eye after retinal detachment and laser coagulation (72 h). Hematoxylin-eosin staining: а) $\times 100$; б, в) $\times 400$

нищаемости сосудистой стенки и выходом сывроточных белков (в том числе, фибриногена) в окружающие ткани, в частности в сетчатку, подверженную локальной деструкции. С течением времени отек нарастал к 24 ч и практически исчезал к 72 ч.

Выход экссудативного фибриногена в субретинальное пространство сопровождался его разрушением и выпадением нитей фибрина, формировавшего плотные адгезивные контакты между оболочками в области коагулятов. Фибрин здесь служил естественным биологическим клеем.

Агрегация форменных элементов крови, представленных в основном эритроцитами, тромбоцитами и единичными гранулоцитами, в сосудистом русле хориоидеи на сроке 12 ч приводила к их внутрисосудистому разрушению к 24 ч, без экстравазального выхода, тем самым способствуя активации антикоагулянтной системы только в крупных сосудах хориоидеи и препят-

ствуя формированию тромбов в них.

Эти же процессы, происходящие в капиллярах, приводили к их облитерации и разрушению сосудистой стенки, тем самым запуская фибробластические процессы начиная с 72 ч, что подтверждено сменой качественного состава клеточного инфильтрата стромы хориоидеи. Кроме того, отсутствие экстравазального выхода тромбоцитов в ткани препятствовало запуску фибринолитических процессов в очагах отложения фибрина, что также способствовало формированию более плотных адгезивных контактов сетчатки и хориоидеи.

Гистологические изменения демонстрировали картину нарастающей деструктивно-экссудативной фазы фибриноидного воспаления умеренной степени выраженности с максимальными проявлениями на сроке 48 ч с затуханием экссудативных явлений и переходом в пролиферативную фазу через 72 ч.

На основании изученных морфологических процессов можно пола-

гать, что хориоретинальная адгезия в области ЛК становится достаточно прочной для самостоятельного удержания уложенной на место сетчатки через 48 ч после операции.

В нашем исследовании мы не измеряли конкретную силу адгезии. В литературе предложено несколько методов ее определения: путем отрыва коагулированного участка сетчатки с помощью нити [19], механического отслаивания [20], создания отрицательного давления в глазу [18], нагнетания жидкости под сетчатку [16, 17]. Все эти методы являются косвенными, но позволяют сопоставить получаемые данные с силой адгезии обычной неизменной сетчатки. В работе J.C. Folk и соавт. (1989) о прочности спайки судили по отсутствию отслаивания сетчатки в местах коагуляции в процессе подготовки гистологических препаратов [15]. Нами показана динамика ранних морфологических изменений зоны ЛК, приведшая к плотному контакту сетчатки с хориоидеей.

В отношении времени формиро-

вания контакта собственные данные в наибольшей степени соответствовали результатам исследования O-W. Kwon и S-Y. Rim (1995), где срок развития хориоретинальной адгезии, превышающей ее обычную степень, составил 2 дня [19]. Вариации времени возникновения адгезии в других работах составляли от 1 [15, 17, 20] до 3 [19] и 4 дней [16], что могло быть связано с использованием разных источников и параметров лазерного излучения. Кроме того, только в одной работе [20], так же как и в настоящем исследовании, коагуляции подвергали ранее отслоенную сетчатку. В других исследованиях выполняли коагуляцию неизменной сетчатки. Нами представлены данные лазеркоагуляции сетчатки, отслоенной лишь на короткое время. Несомненный интерес представляет создание модели, более приближенной к клинике длительно существующей отслойки, что также является предметом дальнейших исследований.

Настоящая работа имеет ряд ограничений. Время развития достаточно прочной адгезии оценивали на основании морфологических изменений без конкретных измерений, которые планируется выполнить в дальнейшем. Однако хорошее соответствие полученных данных средним результатам измерений, проведенных другими авторами, позволяет считать использованные подходы правомерными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, был выполнен анализ динамических изменений морфологии ЛК, нанесенных на сетчатку, ранее отслоенную и уложен-

ную на место путем трансцилиарной витрэктомии. Показано, что в период с 24 до 48 ч после лазеркоагуляции формировался плотный адгезивный хориоретинальный контакт посредством отложений фибрина. Источником фибрина служил сывороточный фибриноген, входивший в состав экстравазального экссудата зоны лазеркоагуляции. Деструкция в сетчатке и хориоидее запускала умеренный воспалительный ответ, являющийся пусковым механизмом фибробластических процессов, активация которых была выявлена через 72 ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yoon YH, Marmor MF. Rapid enhancement of retinal adhesion by laser photocoagulation. *Ophthalmology*. 1988;95(10): 1385–1388. doi:10.1016/s0161-6420(88)33000-9.
2. Авдеев П.С., Березин Ю.Д., Волков В.В., Гудакowski Ю.П., Коновалов О.В. Биологическое действие лазерного инфракрасного излучения (с длиной волны 1,06 мкм) на ткани глазного дна. *Вестник офтальмологии*. 1982;1: 26–31. [Avdeev PS, Berezin YuD, Volkov VV, Gudakovskii YuP, Kononov OV. Biological action of infrared laser radiation (1.06-micron wave length) on the tissues of the fundus oculi. *The Russian Annals of Ophthalmology*. 1982;1: 26–31. (In Russ.).]
3. Большунов А.В., Зиангирова Г.Г., Калинин А.В., Федоров А.А. Сравнительное патоморфологическое исследование действия непрерывного лазерного излучения различного спектрального состава на ткани глазного дна кролика. *Вестник офтальмологии*. 1988;104(5): 61–67. [Bofshunov AV, Ziangirova GG, Kalinkin AV, Fedorov AA. Comparative pathomorphologic study of the action of continuous laser radiation of various spectral compositions on the tissues of the fundus oculi of the rabbit. *The Russian Annals of Ophthalmology*. 1988;104(5): 61–67. (In Russ.).]
4. Краснов М.М., Сапрыкин П.И., Доронин П.П., Никольская Г.М., Акопян В.С. Электронно-микроскопическое изучение тканей глазного дна при лазеркоагуляции. *Вестник офтальмологии*. 1973;2: 9–12. [Krasnov MM, Saprykin PI, Doronin PP, Nikol'skaia GM, Akopyan VS. Electron microscopic study of the fundus oculi in laser coagulation. *The Russian Annals of Ophthalmology*. 1973;2: 9–12. (In Russ.).]
5. Либман Е.С., Хорасаниян А.А. Дистантные изменения тканей глаза при лазерной (рубиновой) коагуляции. *Офтальмологический журнал*. 1975; 30(8): 610–616. [Libman ES, Khorasanian AA. Distant changes of eye tissues after laser (ruby) coagulation of the retina. *J Ophthalmol (Ukraine)*. 1975;30(8): 610–616. (In Russ.).]

6. Линник Л.А., Дмитриев С.К., Хмелик Л.И., Привалов А.П. Оптимизация параметров излучения криптонового лазера на ткани глазного дна в эксперименте. *Офтальмологический журнал*. 1986;4: 216–219. [Linnik LA, Dmitriev SK, Khmelik LI, Privalov AP. Optimal parameters of experimental krypton laser radiation on the tissues of the fundus oculi. *J Ophthalmol (Ukraine)*. 1986;4: 216–219. (In Russ.).]
7. Харизов А.А. Аргонный лазер в лечении и профилактике витреохориоретинальных изменений при высокой осложненной миопии. Дисс. ... канд. мед. наук. М.; 1996. [Kharizov AA. Argonoviy lazer v lechenii i profilaktike vitreokhorioretinal'nykh izmenenii pri vysokoi oslozhnennoi miopii. [Dissertation]. M.; 1996. (In Russ.).]
8. Brancato R, Praresi R, Leoni G, Trabucchi G, Vann U. Histopathology of Diode and Argon Laser Lesions in Rabbit Retina. A Comparative Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1989;30(7): 1504–1510.
9. Marshall J, Mellerio J. Histology of the formation of retinal laser lesions. *Exp Eye Res*. 1967;6(1): 4–9. doi:10.1016/s0014-4835(67)80048-4.
10. Peyman GA, Grisolano JM, Palacio MN. Intraocular photocoagulation with the argon-krypton laser. *Arch Ophthalmol*. 1980;98(11): 2062–2064. doi:10.1001/archophth.1980.01020040914027.
11. Peyman GA, Li M, Yoneya S, Goldberg MF, Raichand M. Fundus photocoagulation with the argon and krypton lasers: a comparative study. *Ophthalmic Surg*. 1981;12(7): 481–490.
12. Koizer S, Saeger M, Hesse C, Portz L, Kleemann S, Schlott K, Brinkmann R, Roeder J. Correlation with OCT and histology of photocoagulation lesions in patients and rabbits. *Acta Ophthalmol*. 2013;91: 603–611. doi:10.1111/aos.12188.
13. Lavinsky D, Cardillo JA, Mandel Y, Huie P, Melo LA, Farah ME, Belfort R, Palanker D. Restoration of retinal morphology and residual scarring after photocoagulation. *Acta Ophthalmol*. 2013;91: 315–323. doi:10.1111/aos.12045.
14. Ho JD, Liou SW, Tsai CY, Tsai RJ, Lin HC. Trends and outcomes of treatment for primary rhegmatogenous retinal detachment: a 9-year nationwide population-based study. *Eye (Lond)*. 2009;23(3): 669–675. doi:10.1038/sj.eye.6703105.
15. Paulus YM, Jain A, Gariano RE, Stanzel BV, Marmor M, Blumenkranz MS, Palanker D. Healing of Retinal Photocoagulation Lesions. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2008;49(12): 5540–5545. doi:10.1167/iovs.08-1928.
16. Folk JC, Sneed SR, Folberg R, Coonan P, Putilo JS. Early retinal adhesion from laser photocoagulation. *Ophthalmology*. 1989;96(10): 1523–1525. doi:10.1016/s0161-6420(89)32696-0.
17. Kain HL. Retinal adhesion. *Trans Ophthalmol Soc U K*. 1983;103(4): 486–493.
18. Kita M, Negi A, Kawano S, Honda Y. Photothermal, cryogenic, and diathermic effects of retinal adhesive force in vivo. *Retina*. 1991;11(4): 441–444. doi:10.1097/00006982-199110000-00015.
19. Kwon O-W, Kim S-Y. Changes in adhesive force between the retina and the retinal pigment epithelium by laser photocoagulation in rabbits. *Yonsei Med J*. 1995;36(3): 243–250. doi:10.3349/ymj.1995.36.3.243.
20. Umanets N, Pasychnikova NV, Naumenko VA, Henrich PB. High-frequency electric welding: a novel method for improved immediate chorioretinal adhesion in vitreoretinal surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2014;252(11): 1697–1703. doi:10.1007/s00417-014-2709-0.

Поступила 24.09.2019