

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2026-19-1-148-154>



Применение комбинации сетчатого покрытия на основе аллогенного коллагена и лизата богатой тромбоцитами плазмы при хирургическом лечении симблефарона: экспериментальное исследование

И.А. Филатова¹✉, Н.В. Боровкова², О.В. Соколова¹, Н.С. Измайлова¹, С.А. Шеметов¹, И.Н. Пономарев²

¹ ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

² ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского» Департамента здравоохранения города Москвы, площадь Большая Сухаревская, д. 3, Москва, 129090, Россия

Цель работы — в эксперименте на животных оценить эффективность применения комбинации сетчатого покрытия на основе аллогенного коллагена и лизата богатой тромбоцитами плазмы (БоТП) для хирургического лечения симблефарона. *Материал и методы.* Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ ГБ им. Гельмгольца» (протокол № 63/1 от 16.02.2023). Тридцать два половозрелых кролика породы шиншилла (64 глаза) были разделены на 4 равные группы в зависимости от сроков выведения из эксперимента. Для изготовления сетчатого покрытия использовали коллаген, выделенный из сухожилий кроликов. Аллогенный бесплазменный лизат получали из венозной крови кроликов, не включенных в исследование. В верхневнутренних квадрантах обоих глазных яблок в бульбарной конъюнктиве формировали дефект размером 10 × 10 мм глубиной до склеры, который покрывали мембраной из сетчатого раневого покрытия на основе аллогенного коллагена. В конце операции в конъюнктиву левого глаза всех кроликов дополнительно вводили 0,2 мл лизата БоТП. *Результаты.* На 45-е сутки наблюдения в зоне дефекта визуализировали конъюнктиву бледно-розового цвета, не отличающуюся от прилежащих тканей по цвету и плотности. При патоморфологической оценке выявлено полное восстановление гистоархитектоники слизистой оболочки. Применение лизата БоТП способствовало более благоприятному течению послеоперационного периода в первые 14 сут после операции. *Заключение.* Показано, что уникальная фибриллярная структура сетчатых мембран стимулирует рост клеток эпителия конъюнктивы и ее фенотипическое развитие.

Ключевые слова: дефект конъюнктивы; симблефарон; БоТП, коллаген I типа

Конфликт интересов: отсутствует.

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

Для цитирования: Филатова И.А., Боровкова Н.В., Соколова О.В., Измайлова Н.С., Шеметов С.А., Пономарев И.Н. Применение комбинации сетчатого покрытия на основе аллогенного коллагена и лизата богатой тромбоцитами плазмы при хирургическом лечении симблефарона: экспериментальное исследование. Российский офтальмологический журнал. 2026; 19 (1): 148-54. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2026-19-1-148-154>

The use of a combination of mesh coating based on allogeneic collagen and platelet-rich plasma lysate in the surgical treatment of symblepharon. Experimental study

Irina A. Filatova¹✉, Natalya V. Borovkova², Olesya V. Sokolova¹, Natalya S. Izmailova¹, Sergey A. Shemetov¹, Ivan N. Ponomarev²

¹ Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

² N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Care of the Moscow City Health Department, 3, Bolshaya Sukharevskaya Square, Moscow, 129090, Russia
filatova13@yandex.ru

Purpose of the study was to evaluate the efficacy of a combination of allogeneic collagen-based mesh covering and platelet-rich plasma (PRP) lysate for the surgical treatment of symblepharon in an animal experiment. **Material and methods.** The study was approved by the local ethics committee of the Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases (protocol No. 63/1 dated February 16, 2023). Thirty-two mature chinchilla rabbits (64 eyes) were divided into four equal groups based on the time of withdrawal from the experiment. Collagen isolated from rabbit tendons was used to manufacture the mesh covering. Allogeneic plasma-free lysate was obtained from the venous blood of rabbits not included in the study. A 10 × 10 mm defect down to the sclera was created in the bulbar conjunctiva of the superior-inner quadrants of both eyes and covered with a membrane made of a reticular wound dressing based on allogeneic collagen. At the end of the surgery, 0.2 ml of PRP lysate was additionally injected into the conjunctiva of the left eye of all rabbits. **Results.** On day 45 of observation, pale pink conjunctiva was visualized in the defect area, indistinguishable from the adjacent tissues in color and density. Morphological evaluation revealed complete restoration of the histoarchitecture of the mucous membrane. The use of PRP lysate contributed to a more favorable course of the postoperative period in the first 14 days after surgery. **Conclusion.** The unique fibrillar structure of reticular membranes was shown to stimulate the growth of conjunctival epithelial cells and its phenotypic development.

Keywords: conjunctival defect; symblepharon; PRP, collagen type 1

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

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

For citation: Filatova I.A., Borovkova N.V., Sokolova O.V., Izmailova N.S., Shemetov S.A., Ponomarev I.N. The use of a combination of mesh coating based on allogeneic collagen and platelet-rich plasma lysate in the surgical treatment of symblepharon. *Experimental study. Russian ophthalmological journal.* 2026; 19 (1): 148-54 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2026-19-1-148-154>

Конъюнктивa является неотъемлемой частью тканей глазной поверхности, ее основная функция заключается в поддержании баланса слезной пленки и защите глаза [1, 2]. По этой причине при ее рубцевании, повреждении, сокращении сводов и анофтальмических полостей необходимо использовать хирургическое лечение, направленное на восстановление не только объема утраченных тканей, но и их функции. В настоящее время развитие тканевой инженерии предоставляет возможность использования материалов, обладающих химической стабильностью и слабыми антигенными свойствами. В реконструктивной хирургии применяют различные натуральные и синтетические материалы. Многие из них обладают высокой биосовместимостью и способностью к постепенной резорбции в тканях [3–7]. Значительная роль коллагена в заживлении ран обусловила разработку ряда продуктов на основе именно этого биологического материала с целью их применения для лечения различных типов ран. Многочисленные отечественные и зарубежные исследования показывают значительное ускорение процессов заживления ран, сокращение сроков эпителизации при использовании коллагеновых повязок, которые получают из различных источников, включая свиней, бычий и плацентарный коллаген человека [8–14].

Коллаген является основным белком, образующим матрицу соединительных тканей человека. Благодаря способности мигрировать в ткани поврежденного эпителия, он способствует его регенерации. В частности, применение биологических раневых покрытий на основе коллагена I типа человека позволяет значительно сократить сроки заживления ран кожи при поверхностных ожогах [8, 10].

Стоит отметить, что данный белок обеспечивает структурную поддержку внеклеточного матрикса и стимулирует формирование новых кровеносных сосудов и тканей. Среди полезных свойств коллагеновых повязок можно выделить их способность поддерживать влажную среду в ране, способствовать образованию грануляционной ткани и поддерживать миграцию и пролиферацию новых клеток эпидермиса. Они также обладают способностью абсорбировать избыток экссудата, что помогает предотвращать мацерацию раны. Таким образом, коллаген играет значительную роль в процессах регенерации тканей, что обуславливает его использование в различных областях медицины [12–14].

В процессах регенерации тканей основным митогеном для определенных групп клеток является тромбоцитарный фактор роста (PDGF-BB), содержащийся в гранулах тромбоцитов. При этом в норме при их контакте с коллагеновыми

матриксами высвобождается не только PDGF, но и широкий спектр других факторов роста, участвующих в процессах регенерации тканей. К настоящему моменту проведены довольно многочисленные исследования функций богатой тромбоцитами аутоплазмы (БоТП), которые позволяют ее применять в различных областях медицины для регенерации эпителиальной ткани [15–21]. Так, в НИИЦ глазных болезней им. Гельмгольца совместно с ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского» определили эффективность применения БоТП при лечении эрозии роговицы, посттравматического рубцевания век и других патологий органа зрения [16–20]. Стоит отметить, что неоднократно доказана эффективность применения коллагеновых матриц в сочетании с тромбоцитными препаратами [22–25]. Положительный опыт применения раневых повязок на основе коллагена I типа с PDGF-BB при лечении поверхностных ожоговых ран, полученный ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского», позволяет предложить эту комбинированную методику для лечения травм поверхности глаза [24, 25]. Особенно интересным представляется замещение дефектов конъюнктивы с помощью коллагена I типа. В этом ключе, на наш взгляд, представляется выгодным применение БоТП для стимуляции роста эпителия конъюнктивы на коллагеновый матрикс в области дефекта. БоПТ может обеспечить одномоментный выход цитокинов и факторов роста в область раны и тем самым препятствовать рубцеванию тканей, а биопокрытие из коллагена позволит ускорить процессы регенерации тканей.

ЦЕЛЬ работы — оценить в эксперименте эффективность применения комбинации сетчатого покрытия на основе аллогенного коллагена и лизата БоТП в хирургическом лечении симблефарона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Рандомизированное проспективное исследование проведено в 2023–2024 гг., оно включало 32 половозрелых кролика породы шиншилла (64 глаза). Экспериментальные животные находились в стандартных условиях содержания вивария НИИЦ глазных болезней им. Гельмгольца. При проведении эксперимента соблюдались международные принципы Хельсинкской декларации о гуманном отношении к животным, изложенные в директиве Европейского сообщества (86/609/ЕС) «Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных». Протокол настоящего исследования был утвержден локальным комитетом по этике № 63/1 от 16.02.2023.

Каждому животному в условиях операционной после инстилляций антисептика и антибиотика под местной анестезией в верхне-внутренних квадрантах обоих глазных яблок в бульбарной конъюнктиве формировали дефект размером 10 × 10 мм глубиной до склеры, затем по периметру дефектов дополнительно формировали «карманы» между конъюнктивой и склерой путем тупого отслаивания одной от другой на глубину 1–2 мм. Обнаженную склеру покрывали мембраной из сетчатого раневого покрытия на основе аллогенного коллагена размерами 11 × 11 мм, заправляя ее края в образованный конъюнктивальный карман. По периметру дефекта мембрану фиксировали п-образными швами, выводя их на конъюнктиву и захватывая наружные слои склеры для исключения смещения тканей. В конце операции в конъюнктиву левого глаза всех кроликов дополнительно вводили 0,2 мл лизата БоТП. Веки обоих глаз сшивали на 7 дней. В послеоперационном периоде назначали инстилляцию антисептиков в конъюнктивальную полость на 14 дней и антибактериальные мази на кожу век в области шва на 7 дней.

Клиническую оценку состояния тканей глазной поверхности и фоторегистрацию проводили на 7, 14, 21 и 45-е сутки после операции. Для объективной количественной оценки состояния конъюнктивы была разработана балльная шкала от 0 до 5. При этом 0 баллов соответствовал бледно-розовой интактной конъюнктиве без признаков воспаления; 1 балл — незначительному усилению сосудистого рисунка и минимальному, практически незаметному при осмотре отеку; 2 балла — слабовыраженному отеку и некоторому утолщению конъюнктивы без образования выраженных складок; 3 балла — умеренно отечной конъюнктиве с выраженным сосудистым рисунком, заметным утолщением и возможным появлением небольших складок; 4 балла — конъюнктиве со значительно выраженным сосудистым рисунком, выраженным отеком, утолщением и образованием складок; 5 баллов — ярко-красной или багровой конъюнктиве с максимально выраженными сосудами, резким отеком, со значительным утолщением, образованием складок и кровоизлияниями.

Следующим этапом в указанные сроки (7, 14, 21 и 45-е сутки после операции) животных из соответствующих групп выводили из эксперимента путем воздушной эмболии и проводили патоморфологическое исследование. Для сохранения топографического положения имплантированной коллагеновой сетки и исключения повреждения тканей конъюнктивы проводили экзентерацию орбиты. Участки с пересаженным коллагеном в области дефекта конъюнктивы исследовали в лаборатории патоморфологии НИИЦ глазных болезней им. Гельмгольца. Гистологическое исследование включало микроскопию глазного яблока — стереомикроскопию зоны трансплантации, световую микроскопию с окраской гематоксилином и эозином поперечных срезов глазного яблока. Фиксация и проводка осуществлялись по стандартной методике. Все гистологические препараты изучали с оригинальным увеличением 200.

Сетчатое раневое покрытие на основе аллогенного коллагена и лизат аллогенной БоТП готовили заблаговременно в отделении биотехнологий и трансфузиологии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского» ДЗМ.

Для изготовления сетчатого покрытия использовали коллаген, выделенный из сухожилий кроликов методом кислотной экстракции. При формовке 10 мл 0,8 % раствора коллагена вносили и равномерно распределяли по чашке Петри размером 10 × 10 см. Затем замораживали до –40 °С и лиофилизировали в камере с разреженной атмосферой. В результате получали сетчатую структуру, образованную фибриллами коллагена. Стерилизацию покрытия осуществляли радиационным методом.

Аллогенный бесплазменный лизат получали из венозной крови кроликов, не участвующих в данном исследовании. Кровь забирали из ушной вены в стерильные пробирки с антикоагулянтом ЭДТА-К2. От одного животного в среднем удавалось одномоментно получить 10–20 мл крови. В условиях специализированного культурального блока кровь разделяли на компоненты путем центрифугирования при ускорении 160 г в течение 20 мин. Затем из пробирок перенесли всю супернатантную плазму в новые стерильные пробирки, но уже с коническим дном. Для дополнительной концентрации тромбоцитов пробирки с плазмой центрифугирования при 450 g в течение 15 мин. Далее из пробирок пипеткой удаляли излишек плазмы в таком объеме, чтобы с клетками она осталась в количестве, равном одной десятой исходного объема крови. Оставшуюся плазму и осадок тромбоцитов перемешивали. В итоге получали взвесь с концентрацией тромбоцитов более 1000 кл/мкл.

На следующем этапе тромбоциты лизировали путем стремительного замораживания до -40°C . После этого производили мягкое размораживание при температуре $0...+2^{\circ}\text{C}$. Для осаждения разрушенных клеток лизаты центрифугировали при 3000 g в течение 20 мин. Далее в стерильных условиях из пробирки отбирали всю надосадочную жидкость (готовый лизат БоТП) и распределяли по стерильным пробиркам. Пробирки герметично закрывали и хранили в холодильнике при $+4^{\circ}\text{C}$ до применения лизата БоТП.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Microsoft Office Excel на основании разработанной балльной системы клинической оценки состояния конъюнктивы, позволяющей объективно представить выраженность гиперемии и отека тканей во все сроки после операции. Для анализа результатов эксперимента

использовали методы вариационной статистики. Рассчитывали показатели медианы (Me) и квартилей (Q_1 ; Q_3). Для сравнения независимых переменных использовали критерий Манна — Уитни. Рассчитывали эмпирическое ($U_{\text{эмп}}$) и критическое ($U_{\text{кр}}$) значения U-критерия Манна — Уитни при уровне значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В раннем послеоперационном периоде клинически у всех животных отмечали отек и гиперемию конъюнктивы, что подтверждалось при гистологическом исследовании. В первой группе животных, выведенных из эксперимента на 7-е сутки после хирургического вмешательства, в области дефекта отмечали отек и полнокровие сосудов микроциркуляторного русла, резко выраженную лимфогистиоцитарную

инфильтрацию субконъюнктивальной стромы в зоне дефекта, при этом эпителизацию наблюдали исключительно в области краев дефекта. Сравнение правых (без введения лизата БоТП) и левых глаз (с введением лизата БоТП) показало сопоставимый отек стромы прилежащей конъюнктивы и реактивных изменений эпителия, но в случае применения лизата БоТП интенсивность гиперемии и отека конъюнктивы была статистически значимо ниже, чем при изолированном применении сетчатого раневого покрытия ($U_{\text{кр}} = 389$; $U_{\text{эмп}} = 164$, $p \leq 0,05$) (таблица). На 7-е сутки после операции также наблюдали частичную резорбцию фибрилл коллагена с образованием грануляционной ткани (рис. 1, А, Б). На 14-е сутки после операции по клиническим данным интенсивность воспалительной реакции снижалась. При этом выраженность конъюнктивальной

Таблица. Клиническая оценка выраженности гиперемии и отека конъюнктивы
Table. Clinical assessment of the severity of conjunctival hyperemia and edema

Сутки после операции Day after surgery/n	Глаз, n Eye, n	Max Баллы Points	Min Баллы Points	Me	Q_1	Q_3	$U_{\text{эмп}}$ U_{emp}	$U_{\text{кр}}$ U_{cr} $p \leq 0,05$
7/64	OD, 32	5	4	5	4	5	164*	389
	OS, 32	5	3	4	3	4		
14/48	OD, 24	4	3	4	3	4	144*	207
	OS, 24	4	3	3	3	3		
21/32	OD, 16	3	1	2	2	2	114,5	83
	OS, 16	3	1	2	2	2		
45/16	OD, 8	1	0	0	0	1	32	15
	OS, 8	1	0	0	0	1		

Примечание. $U_{\text{эмп}}$ — значение U-критерия Манна — Уитни для левых глаз (с введением лизата БоТП), $U_{\text{кр}}$ — значение U-критерия Манна — Уитни для правых глаз (без введения лизата БоТП), * — полученное эмпирическое значение $U_{\text{эмп}}$ находится в зоне значимости, n — количество глаз.

Note. $U_{\text{эмп}}$ — Mann — Whitney U-test value for the left eyes (with the introduction of PRP lysate), $U_{\text{кр}}$ — Mann — Whitney U-test value for the right eyes (without the introduction of PRP lysate), * — the obtained empirical value $U_{\text{эмп}}$ is in the significance zone, n — number of eyes.

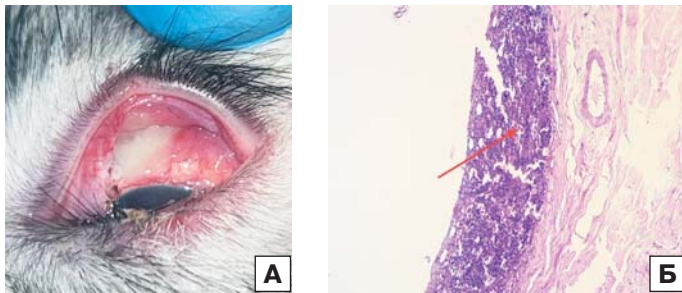


Рис. 1. Состояние глазной поверхности на 7-е сутки после хирургического вмешательства. А — клиническая оценка: выраженная конъюнктивальная реакция, отек и гиперемия тканей. Б — гистологический препарат: отек, полнокровие сосудов микроциркуляторного русла, резко выраженная лимфогистиоцитарная инфильтрация субконъюнктивальной стромы в зоне дефекта, эпителизация отсутствует. Стрелкой отмечена имплантированная коллагеновая сетка в стадии резорбции. Окраска гематоксилином и эозином, оригинальное увеличение 200

Fig. 1. Assessment of the ocular surface condition on the 7th day after surgery. А — clinically: pronounced conjunctival reaction, edema and tissue hyperemia. Б — histological specimen: edema, plethora of microcirculatory vessels, pronounced lymphohistiocytic infiltration of the subconjunctival stroma in the defect area, no epithelialization. The arrow indicates the implanted collagen mesh in the resorption stage. Hematoxylin and eosin staining, magnification 200

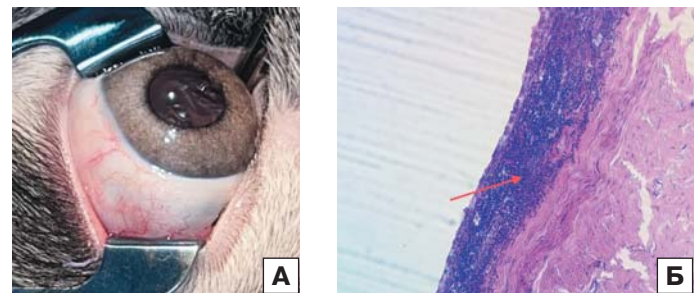


Рис. 2. Состояние глазной поверхности на 14-е сутки после хирургического вмешательства. А — клиническая оценка: снижение выраженности гиперемии и отека тканей конъюнктивы. Б — гистологический препарат: резко выраженная лимфогистиоцитарная инфильтрация субконъюнктивальной стромы в зоне дефекта, дефект замещен слоем истонченного эпителия. Стрелкой отмечена имплантированная коллагеновая сетка в стадии резорбции. Окраска гематоксилином и эозином, оригинальное увеличение 200

Fig. 2. Assessment of the ocular surface condition on the 14th day after surgery. А — clinically: decreased hyperemia and conjunctival tissue edema. Б — histological specimen: pronounced lymphohistiocytic infiltration of the subconjunctival stroma in the defect area, the defect is replaced by a layer of thinned epithelium. The arrow indicates the implanted collagen mesh in the resorption stage. Hematoxylin and eosin staining, magnification 200

реакции в случаях применения лизата БоТП была ниже. Отек и гиперемия конъюнктивы при использовании лизата БоТП на этом сроке наблюдения были значимо ниже ($U_{кр} = 207$, $U_{эмт} = 144$, $p \leq 0,05$) (см. таблицу). При гистологическом исследовании отмечали полное замещение дефекта истонченным эпителием, признаки лизиса волокон коллагенового матрикса и снижение выраженности лимфогистиоцитарной инфильтрации, но при этом они оставались довольно значительными (рис. 2, А, Б). На 21-е сутки после операции клинически область дефекта отличалась от прилежащей конъюнктивы повышенной плотностью, при этом выраженность сосудистой реакции и отек заметно снижались. Статистический анализ не выявил значимых различий между глазами с использованием лизата БоТП и без него ($U_{кр} = 83$, $U_{эмт} = 114,5$, $p \leq 0,05$) (см. таблицу). По гистологической картине наблюдали завершённую эпителизацию дефекта, снижение интенсивности воспалительной инфильтрации субконъюнктивальной стромы, полное рассасывание имплантата и процессы образования соединительной ткани слизистой с признаками зрелости. На периферии дефекта определяли многослойный плоский эпителий (рис. 3, А, Б).

Через 45 сут после операции при биомикроскопии области дефекта визуализировали конъюнктиву бледно-розового цвета, не отличающуюся от прилежащих тканей по цвету и плотности. При патоморфологической оценке отмечали полную резорбцию и лизис коллагеновых фибрилл, полное восстановление гистоархитектоники слизистой оболочки — покрытие полнослойного дефекта многослойным плоским эпителием и заполнение его рыхлой соединительной тканью (рис. 4, А, Б).

Таким образом, гистологическое исследование показало, что коллагеновая сетка постепенно резорбировалась у всех животных, при этом первые признаки данного процесса и также эпителизацию периферии дефекта отмечали на 7-е сутки после операции. Завершение эпителизации и полный лизис имплантата наблюдали на 21-е сутки после операции. Во всех случаях полнослойный дефект замещался новообразованной тканью, постепенно приобретаю-

щей правильную гистоархитектонику конъюнктивальной ткани на 45-е сутки после хирургического вмешательства. Клинически на 30–45-е сутки эксперимента область дефекта практически не визуализировалась, воспалительный процесс полностью разрешался, конъюнктивала приобретала бледно-розовый цвет, становясь при этом гладкой и прозрачной.

Отметим, применение лизата БоТП способствовало более благоприятному течению послеоперационного периода и более быстрому купированию признаков воспаления, что выражалось в меньшей степени отека и гиперемии конъюнктивы глаза на 7-е и 14-е сутки после хирургического вмешательства. Наблюдаемые различия при статистическом анализе с большой долей вероятности отражали реальную разницу между исследуемыми группами (см. таблицу).

ОБСУЖДЕНИЕ

Повреждение конъюнктивы вследствие действия различных факторов ставит под угрозу гомеостаз и функциональность тканей глазной поверхности. Поэтому инженерия анатомически нормальной конъюнктивальной ткани является необходимым условием для успешной реконструкции глазной поверхности. Наше исследование показало, что уникальная фибриллярная структура сетчатых мембран значительно способствовала росту клеток эпителия конъюнктивы и ее фенотипическому развитию *in vivo*. Коллаген позволял минимизировать выраженность фиброза и сокращения полости. Исключение смещения тканей, благодаря фиксации коллагеновой сетки к склере, способствовало сохранению нормальной глубины конъюнктивальных сводов. Коллаген служил основой для роста эпителия и образования соединительной ткани. Оценка результатов сравнительного статистического анализа показателей гиперемии и отека тканей правых (без введения лизата БоТП) и левых (с введением лизата БоТП) глаз на всех сроках после операции выявила, что применение лизата БоТП способствует более благоприятному течению послеоперационного периода в первые 14 сут после операции, ускоряя процессы регенерации тканей и оказывая противовоспалительное действие.

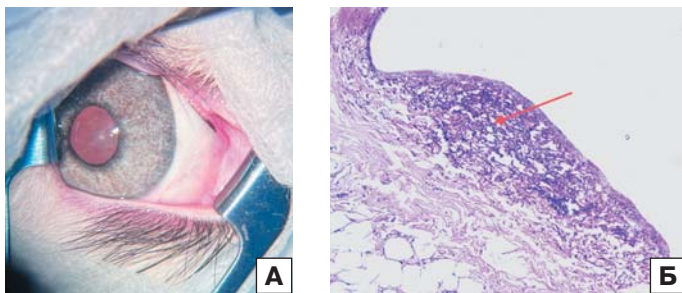


Рис. 3. Состояние глазной поверхности на 21-е сутки после хирургического вмешательства. А — клиническая оценка: новообразованная конъюнктивала с собственными сосудами, глубокий конъюнктивальный свод. Б — гистологический препарат: резко выраженная лимфогистиоцитарная инфильтрация субконъюнктивальной стромы в зоне дефекта, дефект замещен слоем истонченного эпителия. Стрелкой отмечена имплантированная коллагеновая сетка в стадии резорбции. Окраска гематоксилином и эозином, оригинальное увеличение 200

Fig. 3. Assessment of the ocular surface condition on the 21st day after surgery. А — clinically: newly formed conjunctiva with its own vessels, deep conjunctival fornix. Б — histological specimen: pronounced lymphohistiocytic infiltration of the subconjunctival stroma in the defect area, the defect is replaced by a layer of thinned epithelium. The arrow indicates the implanted collagen mesh in the resorption stage. Hematoxylin and eosin staining, magnification 200

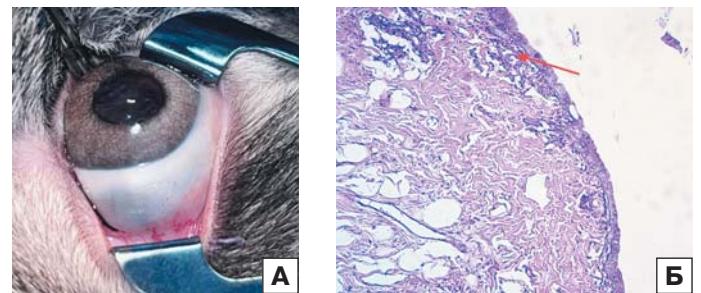


Рис. 4. Состояние глазной поверхности на 45-е сутки после хирургического вмешательства. А — клиническая оценка: область хирургического вмешательства полностью замещена конъюнктивой, границы новообразованной ткани не визуализируются. Б — гистологический препарат: восстановление гистоархитектоники слизистой оболочки. Стрелкой отмечена область имплантации коллагеновой сетки. Окраска гематоксилином и эозином, оригинальное увеличение 200

Fig. 4. Assessment of the ocular surface condition on the 45th day after surgery. А — clinically: the surgical intervention area is completely replaced by the conjunctiva, the boundaries of the newly formed tissue are not visualized. Б — histological specimen: restoration of the histoarchitecture of the mucous membrane. The arrow marks the area of collagen mesh implantation. hematoxylin and eosin staining, magnification 200

Аутоплазма, обогащенная тромбоцитами, обладает рядом полезных свойств, но, поскольку применение лизата БоТП увеличивает длительность операции и предоперационной подготовки, а функциональный результат можно оценить как удовлетворительный во всех случаях эксперимента, представляется возможным изолированное применение сетчатого раневого покрытия на основе аллогенного коллагена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение сетчатого раневого покрытия на основе аллогенного коллагена в сочетании с лизатом аллогенной БоТП может быть эффективным методом реконструкции глазной поверхности за счет дополнительного усиления регенеративных возможностей конъюнктивы и противовоспалительного эффекта. Полученные знания призваны проложить путь для новых научно-практических исследований в области офтальмопластической хирургии.

Литература/References

1. Вит В.В. Строение зрительной системы человека. Одесса. Издательство: Астропринт; 2003: 33–9. [Vit V.V. The structure of the human visual system. Odessa: Astroprint; 2003: 33–9 (In Russ.).]
2. Сафонова Т.Н., Патеюк Л.С. Система глазной поверхности. *Вестник офтальмологии*. 2015; 131 (1): 96–103. [Safonova T.N., Pateyuk L.S. Ocular surface system. *Vestnik Oftal'mologii*. 2015; 131 (1): 96–103 (In Russ.).] doi: 10.17116/oftalma2015131196-102
3. Гушина М.Б., Терешенко А.В., Гушин А.В., Афанасьева Д.С. Замещение дефектов конъюнктивы: возможности и ограничения. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2022; 22 (2): 137–40. [Gushchina M.B., Tereshchenko A.V., Gushchin A.V., Afanasyeva D.S. Replacement of conjunctival defects: possibilities and limitations. *RMJ. Clinical ophthalmology*. 2022; 22 (2): 137–40 (In Russ.).] doi: 10.32364/2311-7729-2022-22-2-137-144
4. Филатова И.А. Изменения тканей орбиты вследствие постлучевой атрофии в отдаленном периоде. *Паллиативная медицина и реабилитация*. 2004; 4: 48а–48. [Filatova I.A. Changes in orbital tissues due to post-radiation atrophy in the remote period. *Palliative Medicine and Rehabilitation*. 2004; 4: 48а–48 (In Russ.).]
5. Филатова И.А. Последствия ожоговой травмы вспомогательного аппарата глаза у детей. Эффективность хирургического лечения. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2018; 13 (1): 42–5. [Filatova I.A. Consequences of burn injury of the accessory apparatus of the eye in children. Effectiveness of surgical treatment. *Russian pediatric ophthalmology*. 2018; 13 (1): 42–5 (In Russ.).] doi: 10.18821/1993-1859-2018-13-1-42-45
6. Гушина М.Б., Афанасьева Д.С. Комплексный подход к коррекции дисфункции глазной поверхности у пациентов с ожогом глаз. Клиническое наблюдение. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2021; 21 (4): 253–7. [Gushchina M.B., Afanasyeva D.S. Complex approach to correction of ocular surface dysfunction in patients with ocular burns. Clinical observation. *RMJ. Clinical ophthalmology*. 2021; 21 (4): 253–7 (In Russ.).] doi: 10.32364/2311-7729-2021-21-4-253-257
7. Каныуков В.Н., Стадников А.А., Трубина О.М. и др. Морфологические исследования применения различных видов аллотрансплантатов для целей офтальмохирургии. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2007; 12: 114–8. [Kanyukov V.N., Stadnikov A.A., Trubina O.M., et al. Morphologic studies of application of different types of allografts for ophthalmosurgery. *Bulletin of the Orenburg state university*. 2007; 12: 114–8 (In Russ.).]
8. Колокольчикова Е.Г., Сычевский М.В., Жиркова Е.А., Смирнов С.В., Бочарова В.С. Морфологическая оценка влияния коллагеновой повязки на заживление ожоговых ран IIIа степени. *Трансплантология*. 2010; (3–4): 64–71. [Kolokolchikova E.G., Sychevsky M.V., Zhirkova E.A., Smirnov S.V., Bocharova V.S. Morphologic evaluation of the effect of collagen dressing on healing of IIIa degree burn wounds. *Transplantology*. 2010; (3–4): 64–71 (In Russ.).]
9. Yao Q, Zhang W, Hu Y, et al. Electrospun collagen/poly(L-lactic acid-co-ε-caprolactone) scaffolds for conjunctival tissue engineering. *Exp Ther Med*. 2017 Nov; 14 (5): 4141–7. doi: 10.3892/etm.2017.5073
10. Pallaske F, Pallaske A, Herklotz K, Boese-Landgraf J. The significance of collagen dressings in wound management: a review. *J Wound Care*. 2018 Oct 2; 27 (10): 692–702. doi: 10.12968/jowc.2018.27.10.692
11. Grabska-Liberek I, Galus R, Owczarek W, et al. Opatrunki kolagenowe w gojeniu ran [Collagen based dressings in the treatment of wound healing]. *Pol Merkur Lekarski*. 2013 Jul; 35 (205): 51–4 (In Polish).
12. Жиркова Е.А., Сачков А.В., Спиридонова Т.Г. и др. Лечение ожогов и ран донорского поля с использованием повязок на основе аллогенного коллагена I-го типа. *Трансплантология*. 2022; 14 (4): 432–43. [Zhirkova E.A., Sachkov A.V., Spiridonova T.G., et al. Treatment of burns and wounds of the donor field using dressings based on allogenic collagen type I. *Transplantology*. 2022; 14 (4): 432–43 (In Russ.).] doi: 10.23873/2074-0506-2022-14-4-432-443
13. Макаров А.В., Миронов А.В., Галанкина И.Е. и др. Влияние ранней санационной фибробронхоскопии с аппликацией коллагена I-го типа человека на сроки эпителизации поврежденных слизистой оболочки трахеи и бронхов у пациентов с ингаляционной травмой. *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2018; 7 (2): 111–6. [Makarov A.V., Mironov A.V., Galankina I.E., et al. The effect of early fibrobronchoscopic sanitation with human collagen type I on epithelization of damaged tracheal and bronchial mucosa in patients with inhalation injury. *Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care"*. 2018; 7 (2): 111–6 (In Russ.).] https://doi.org/10.23934/2223-9022-2018-7-2-111-116
14. Будкевич Л.И., Мирзоян Г.В., Габитов Р.Б. и др. Биопластический коллагеновый материал «Коллост» при лечении ожоговой травмы. *Современные технологии в медицине*. 2020; 12 (1): 92–7. [Budkevich L.I., Mirzoyan G.V., Gabitov R.B., et al. Bioplastic collagen material "Collost" in the treatment of burn injury. *Modern technologies in medicine*. 2020; 12 (1): 92–7 (In Russ.).] doi: 10.17691/stm2020.12.1.12
15. Самодай В.Г., Брехта В.Л., Гайдуков В.Е., Рылков М.И. Использование богатой тромбоцитами аутоплазмы (БоТП) в хирургическом лечении дефектов костной ткани с нарушением непрерывности кости. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. 2007; 6 (2): 493–7. [Samodai V.G., Brekhta V.L., Gaidukov V.E., Rylkov M.I. Use of platelet-rich autoplasm (PRAP) in surgical treatment of bone tissue defects with disruption of bone continuity. *Systems analysis and control in biomedical systems*. 2007; 6 (2): 493–7 (In Russ.).]
16. Федосеева Е.В., Ченцова Е.В., Боровкова Н.В., Алексеева И.Б., Романова И.Ю. Морфофункциональные особенности плазмы, богатой тромбоцитами, и ее применение в офтальмологии. *Офтальмология*. 2018; 15 (4): 388–93. [Fedoseeva E.V., Chentsova E.V., Borovkova N.V., Alekseeva I.B., Romanova I.Y. Morphofunctional features of platelet-rich plasma and its application in ophthalmology. *Ophthalmology in Russia*. 2018; 15 (4): 388–93 (In Russ.).] doi: 10.18008/1816-5095-2018-4-388-393
17. Боровкова Н.В., Филатова И.А., Ченцова Е.В. и др. Эффективность применения лизата богатой тромбоцитами плазмы (БоТП) у пациентов с эрозией роговицы или посттравматическим рубцеванием тканей век. *Российский офтальмологический журнал*. 2020; 13 (3): 8–14. [Borovkova N.V., Filatova I.A., Chentsova E.V., et al. Efficacy of platelet-rich plasma lysate in patients with corneal erosion or post-traumatic scarring of the tissues of the eyelids. *Russian Ophthalmological Journal*. 2020; 13 (3): 8–14 (In Russ.).] doi: 10.21516/2072-0076-2020-13-3-8-14
18. Филатова И.А., Павленко Ю.А., Измайлова Н.С. и др. Патоморфологические особенности рубцевания тканей век после воздействия богатой тромбоцитами плазмы. *Российский офтальмологический журнал*. 2022; 15 (4): 102–6. [Filatova I.A., Pavlenko Yu.A., Izmailova N.S., et al. Pathomorphological features of eyelid tissue scarring after exposure to platelet-rich plasma. *Russian Ophthalmological Journal*. 2022; 15 (4): 102–6 (In Russ.).] doi: 10.21516/2072-0076-2022-15-4-102-106
19. Ченцова Е.В., Федосеева Е.В., Петрова А.О. и др. Использование лизата богатой тромбоцитами плазмы при неэффективности стандартной терапии у пациентов с эрозиями роговицы. *Современные технологии в офтальмологии*. 2020; 4 (35): 45–6. [Chentsova E.V., Fedoseeva E.V., Petrova A.O., et al. Use of platelet-rich plasma lysate when standard therapy is ineffective in patients with corneal erosions. *Modern technologies in ophthalmology*. 2020; 4 (35): 45–6 (In Russ.).] doi: 10.25276/2312-4911-2020-4-45-46
20. Федосеева Е.В., Ченцова Е.В., Боровкова К.В. и др. Опыт применения тромбофибринового густка богатой тромбоцитами плазмы при язвенном поражении роговицы. *Российский офтальмологический журнал*. 2021; 14 (4 Приложение): 15–21. [Fedoseeva E.V., Chentsova E.V., Borovkova K.V., et al. Experience of using a thrombofibrin clot of platelet-rich plasma in ulcerative lesions of the cornea. *Russian ophthalmological journal*. 2021; 14 (4 Supplement): 15–21 (In Russ.).] doi: 10.21516/2072-0076-2021-14-4-supplement-15-21
21. Коуров А.С., Зиновьев Е.В., Шперлинг Н.В. и др. Применение тромбоцитарной аутологичной плазмы в местном лечении ожогов и ран различной этиологии. *Неотложная хирургия им. И.И. Джанелидзе*. 2021; S1: 37–8. [Kourou A.S., Zinoviev E.V., Shperling N.V., et al. Use of platelet-rich autologous plasma in local treatment of burns and wounds of various etiologies. *Emergency surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2021. S1: 37–8 (In Russ.).]
22. Боженко Д.А., Ченцова Е.В., Боровкова К.В. и др. Применение лизата тромбоцитов для увеличения ростстимулирующего эффекта амниотической мембраны in vitro. *Офтальмологические ведомости*. 2022; 15 (3):

- 57–62. [Bozhenko D.A., Chentsova E.V., Borovkova, et al. Use of platelet lysate to increase the growth-stimulating effect of amniotic membrane in vitro. *Ophthalmological vedomosti*. 2022. 15 (3): 57–62 (In Russ.)]. doi:10.17816/OV108704
23. Etulain J. Platelets in wound healing and regenerative medicine. *Platelets*. 2018; 29 (6): 556–8. doi: 10.1080/09537104.2018.1430357
24. Боровкова Н.В., Макаров М.С., Пономарев И.Н. и др. Экспериментальное исследование влияния биологических покрытий со стабилизированными или нестабилизированными тромбоцитами на репаративный процесс в ране, эквивалентной глубокому ожогу. *Клеточные технологии в биологии и медицине*. 2020; 3: 170–7. [Borovkova N.V., Makarov M.S., Ponomarev I.N., et al. Experimental study of the effect of biological coatings with stabilized or non-stabilized platelets on the reparative process in a wound equivalent to a deep burn. *Cellular technologies in biology and medicine*. 2020; 3: 170–7 (In Russ.)]. doi: 10.47056/1814-3490-2020-3-170-177
25. Пономарев И.Н., Макаров М.С., Боровкова Н.В. и др. Особенности раневого процесса при лечении поверхностных ожогов с помощью коллагеновых раневых покрытий, насыщенных тромбоцитами (экспериментальное исследование). *Патологическая физиология и экспериментальная терапия*. 2021; 62 (2): 85–93. [Ponomarev I.N., Makarov M.S., Borovkova N.V., et al. Features of the wound process in the treatment of superficial burns using collagen wound dressings saturated with platelets (experimental study). *Pathological physiology and experimental therapy*. 2021; 62 (2): 85–93 (In Russ.)]. doi: 10.25557/0031-2991.2021.02.85-93

Вклад авторов в работу: И.А. Филатова — разработка концепции, редактирование и окончательное утверждение рукописи для публикации; Н.В. Боровкова — разработка концепции, редактирование статьи; О.В. Соколова — сбор и анализ литературы, анализ данных, написание статьи; Н.С. Измайлова — интерпретация данных, редактирование статьи; С.А. Шеметов — проведение хирургического вмешательства, интерпретация данных, И.Н. Пономарев — проведение лабораторных исследований, анализ данных, редактирование статьи.

Authors' contribution: I.A. Filatova — concept development, editing and final approval of the manuscript for publication; N.V. Borovkova — concept development, editing of the article; O.V. Sokolova — collection and analysis of literature, data analysis, writing of the article; N.S. Izmailova — data interpretation, editing of the article; S.A. Shemetov — performing surgical intervention, data interpretation; I.N. Ponomarev — conducting laboratory studies, data analysis, editing of the article.

Поступила: 23.12.2024. Переработана: 27.01.2025. Принята к печати: 28.01.2025
Originally received: 23.12.2024. Final revision: 27.01.2025. Accepted: 28.01.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногызская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

Ирина Анатольевна Филатова — д-р мед. наук, профессор, начальник отдела пластической хирургии и глазного протезирования, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0002-5930-117X

Олеся Васильевна Соколова — аспирант отделения пластической хирургии и глазного протезирования, ORCID 0009-0003-5782-2507

Наталья Сергеевна Измайлова — канд. мед. наук, руководитель отдела патологической анатомии и гистологии, ведущий научный сотрудник

Сергей Александрович Шеметов — канд. мед. наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-4608-5754

ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского» Департамента здравоохранения города Москвы, площадь Большая Сухаревская, д. 3, Москва, 129090, Россия

Наталья Валерьевна Боровкова — д-р мед. наук, заведующая отделением биотехнологий и трансфузиологии, ORCID 0000-0002-8897-7523

Иван Николаевич Пономарев — канд. мед. наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-2523-6939

Для контактов: Ирина Анатольевна Филатова,
filatova13@yandex.ru

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryzskaya St., Moscow, 105062, Russia

Irina A. Filatova — Dr. of Med. Sci., professor, head of the department of plastic surgery and ocular prosthetics, principal researcher, ORCID 0000-0002-5930-117X

Olesya V. Sokolova — researcher, department of plastic surgery and ocular prosthetics, ORCID 0009-0003-5782-2507

Natalya S. Izmailova — Cand. of Med. Sci., head of the department of pathological anatomy and histology, leading researcher

Sergey A. Shemetov — Cand. of Med. Sci., researcher department of plastic surgery and ocular prosthetics, ORCID 0000-0002-4608-5754

N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Care of the Moscow City Health Department, 3, Bolshaya Sukharevskaya Square, Moscow, 129090, Russia

Natalya V. Borovkova — Dr. of Med. Sci., head of the department of biotechnology and transfusiology, ORCID 0000-0002-8897-7523

Ivan N. Ponomarev — Cand. of Med. Sci., senior researcher, department of biotechnology and transfusiology, ORCID: 0000-0002-2523-6939

For contacts: Irina A. Filatova,
filatova13@yandex.ru