

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-1-117-121>



Кросслинкинг как метод лечения инфекционной кристаллической кератопатии

С.В. Труфанов, И.А. Рикс, С.С. Папанян, М. Эзугбая, Р. Бутаба✉

ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова», ул. Льва Толстого, д. 6–8, Санкт-Петербург, 197022, Россия

Инфекционная кристаллическая кератопатия (ИКК) — редкое поражение роговицы, которое проявляется серо-белыми древовидными или игольчатыми стромальными помутнениями с минимальными признаками воспаления. Заболевание обусловлено колонизацией микроорганизмов стромы роговицы и образованием ими биопленки, что делает их чрезвычайно устойчивыми к лечению антибиотиками и к иммунному ответу хозяина. Наиболее важным фактором риска развития ИКК обычно считается наличие иммунодефицитного состояния роговицы при длительной местной стероидной терапии, стандартно назначаемой после кератопластики. Представлены два клинических случая ИКК, в которых уменьшение глюкокортикостероидов местно и назначение форсированных инстилляций антибиотика не привели к положительной клинической динамике. Только после проведения процедуры акселерированного РАСК-СХЛ в зоне микробной инвазии исчезли игольчатые помутнения и появились признаки инфильтрации, свидетельствующие о восстановлении местной иммунной реакции. Подобное явление, вероятно, связано с разрушением биопленки и самих микробных агентов, что в дальнейшем способствовало более эффективному воздействию антибактериального препарата. Комбинированное лечение привело к резорбции воспалительного очага с формированием локального помутнения. Эффективность РАСК-СХЛ при инфекционных процессах объясняется действием как рибофлавина, так и ультрафиолетового излучения. В доступной литературе нет упоминаний о применении кросслинкинга для лечения ИКК. По нашему мнению, кросслинкинг в ранние сроки возникновения ИКК у пациентов, перенесших кератопластику, оправдан из-за невозможности в ряде случаев полностью отменить глюкокортикостероидную терапию, так как это значительно увеличит риск отторжения и помутнения трансплантата. РАСК-СХЛ может быть эффективным способом разрушения биопленки в строме роговицы.

Ключевые слова: инфекционная кристаллическая кератопатия; грибы; бактерии; кросслинкинг; РАСК-СХЛ; дефект эпителия; кератопластика; кератит; роговица

Конфликт интересов: отсутствует.

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

Для цитирования: Труфанов С.В., Рикс И.А., Папанян С.С., Эзугбая М., Бутаба Р. Кросслинкинг как метод лечения инфекционной кристаллической кератопатии. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (1): 117–21. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-1-117-121>

Crosslinking as a treatment for infectious crystalline keratopathy

Sergey V. Trufanov, Inna A. Riks, Sanasar S. Papanyan, Maggie Ezugbaya, Rafik Boutaba✉

Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, 6–8, L'va Tolstogo St., Saint Petersburg, 197022, Russia
boutabarafik@yahoo.fr

Infectious crystalline keratopathy (ICK) is a rare cornea disease, manifested by gray-and-white tree-like or needle-like stromal opacities with minimal signs of inflammation. The disease is caused by the colonization of microorganisms on the corneal stroma and their formation of biofilms, making them extremely resistant to treatment with antibiotics and to the immune response of the patient. Typically, the most important risk factor for ICK development is the presence of an immunodeficiency cornea condition with long-term topical steroid therapy, which is normally prescribed after keratoplasty. Two clinical cases of ICK are discussed in which the reduction of topical glucocorticoids and the

intensive use of antibiotics did not result in positive clinical changes. Only after an accelerated crosslinking procedure (PACK-CXL), needle-like opacities disappeared in the area of microbial invasion and signs of infiltration appeared, indicating the restoration of the local immune response. This phenomenon is likely due to the destruction of the biofilm and the microbial agents themselves, which afterwards contributed to a more effective impact of the antibacterial drug. This combined treatment led to resorption of the inflammatory focus with the formation of local opacification. The effectiveness of PACK-CXL in infectious processes is explained by the effects of both riboflavin and ultraviolet radiation. No literature references on the use of cross-linking in the treatment of ICK are available. In our opinion, cross-linking in early ICK patients after keratoplasty is justified by the inability, in some cases, to completely discontinue glucocorticosteroid therapy, as this will greatly increase the chances of rejection and graft failure. PACK-CXL can be an effective way of destroying the biofilm in the corneal stroma.

Keywords: infectious crystalline keratopathy; fungi; bacteria; cross-linking; PACK-CXL; epithelium defect; keratoplasty; keratitis; cornea

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

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

For citation: Trufanov S.V., Rihs I.A., Papanyan S.S., Ezugbaya M., Boutaba R. Crosslinking as a treatment for infectious crystalline keratopathy. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (1): 117-21 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-1-117-121>

Инфекционная кристаллическая кератопатия (ИКК) — это редкое поражение роговицы, которое проявляется серо-белыми древовидными или игольчатыми стромальными помутнениями с минимальными признаками воспаления. Предполагается, что оно связано с длительной местной стероидной терапией и чаще всего встречается у пациентов, ранее перенесших кератопластику. Заболевание обусловлено колонизацией микроорганизмами, как правило кокками, слоя стромы роговицы и образованием ими биопленки, что делает их чрезвычайно устойчивыми к лечению антибиотиками и к иммунному ответу хозяина.

Первый случай ИКК был описан М. Gorovoy и соавт. [1] в 1983 г. Авторы описали игольчатые помутнения в строме трансплантата после сквозной кератопластики. Гистологический анализ удаленного донорского лоскута продемонстрировал врастание эпителия вдоль шовного тракта и колонии грамположительных кокков, рассеянных по всей строме роговицы. Несмотря на бактериальную колонизацию, гистологические признаки воспаления в этих зонах отсутствовали [1]. Позднее появились и другие работы, описывающие ИКК с иными возбудителями [2].

Считается, что целый ряд микроорганизмов, включая грибковые и бактериальные, могут быть причиной ИКК. Однако наиболее распространенным является альфа-гемолитический *Streptococcus viridians* [3].

В качестве возбудителей также выявлены *Streptococcus pneumoniae*, коагулаза-негативный *Staphylococcus*, *Peptostreptococcus*, *Haemophilus species*, *Mycobacterium species*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, *Citrobacter*, *Acinetobacter*, *Alternaria*, *Acanthamoeba*, *Enterobacter*, *Enterococcus species*, *Candida species*, *Serratia marcescens*, *Gemella haemolysans*, *Actinomyces species* [4].

Как правило, наиболее важным фактором риска развития ИКК считается наличие иммунодефицитного состояния роговицы при длительной местной стероидной терапии, которая стандартно назначается после кератопластики. Другими факторами риска являются ношение контактных линз и разнообразные операции на роговице, включая послабляющие разрезы, LASIK, удаление птеригиума, кросслинкинг, экстракция катаракты. Описаны также случаи возникновения ИКК на фоне злоупотребления местными анестетиками или в случае акантамебного кератита [4].

Одной из важных особенностей ИКК является наличие биопленки, которая крайне редко наблюдается при других формах инфекционного бактериального кератита. Предполагается, что биопленка обеспечивает минимальную воспалительную реакцию и приводит к трудностям, связанным

с эрадикацией возбудителя даже при вовремя назначенном лечении [4]. Кроме того, считается, что бактерии получают доступ в строму через дефект эпителия или его врастание, часто связаны с шовной фиксацией или эпителиальной эрозией [1].

Жалобы пациента могут варьировать от легкого дискомфорта до сильной боли, снижения зрения, покраснения глаза, светобоязни [5]. При осмотре характерным является наличие переднего стромального, игольчатого, ветвящегося бело-серого кристаллического помутнения, которое биомикроскопически выглядит как снежинка [5]. В отдельных случаях помутнение располагается в задних слоях роговичной стромы [6]. Эпителий при этом на момент осмотра может оставаться интактным. В передней камере, как правило, нет признаков воспаления. Однако сообщалось и о случаях гипопиона [5].

При подозрении на ИКК можно назначить микробиологическое исследование. К сожалению, если имеется интактный эпителий, соскоб роговицы часто не информативен. Более целесообразной является диагностическая кератэктомия с микробиологическим и цитологическим исследованием [5].

ИКК плохо поддается терапии. Во многих случаях ИКК остается невосприимчивой к медикаментозному лечению, и для эрадикации инфекции может потребоваться кератопластика [7]. Считается, что устойчивость таких микроорганизмов связана с формированием ими биопленки. Биопленка защищает основной патоген как от местных, так и от системных антибиотиков [8]. При лечении ИКК сначала необходимо восстановить местный иммунитет, отменив или существенно уменьшив стероидную терапию. Форсированное применение антибиотиков, включая фторхинолоны, цефалоспорины и ванкомицин, не всегда дает желаемый результат. В некоторых работах сообщается об эффективном использовании для лечения ИКК линезолида 0,2 % местно [9–11].

В литературе есть данные о способности лазерного излучения разрушать биологические пленки. Описаны эффективные случаи применения эксимерного и Nd:YAG-лазера [12, 13]. В большинстве же ситуаций для эрадикации возбудителя приходилось выполнять сквозную кератопластику [14]. Хотя была описана и возможность рецидива заболевания после трансплантации роговицы [15].

Клинический случай 1. Пациентка С. 74 лет обратилась с жалобами на снижение остроты зрения, периодическое жжение, слезотечение левого глаза. В анамнезе 2 года назад выполнена сквозная субтотальная кератопластика (СКП) по поводу псевдофакичной буллезной кератопатии. После

рецидива хронического отека на трансплантате из-за эндотелиальной декомпенсации успешно проведена трансплантация десцеметовой мембраны (ДМЕК), после которой острота зрения повысилась до 0,7. В связи с выполненной эндотелиальной кератопластикой пациентка продолжала инстилляцию стероидов в левый глаз.

На момент обращения острота зрения OD = 0,8 н/к; OS = 0,1 н/к. Правый глаз: глазная щель обычной ширины. Подвижность глазного яблока сохранена в полном объеме. Конъюнктив спокойна, роговица прозрачна, ИОЛ в задней камере, центрирована, ангиосклероз сетчатки. Левый глаз: глазная щель обычной ширины. Подвижность глазного яблока сохранена в полном объеме. Конъюнктив спокойна, на роговице в области сквозного трансплантата парацентрально на 5 ч имеется округлый дефект эпителия около 1,5 мм в диаметре. В передних слоях стромы определяется помутнение, по краю которого расположены множественные игольчатые белесые образования в виде снежинок. Имеется круговой послеоперационный рубец после СКП. Остальные отделы роговицы прозрачны. В глубже лежащих отделах глаза признаки воспаления отсутствуют (рис. 1).

На основании анамнеза и характерной клинической картины поставлен следующий диагноз: правый глаз — «артифакция, ангиосклероз сетчатки», левый глаз — «инфекционная кристаллическая кератопатия, состояние после СКП, артифакция, ангиосклероз сетчатки».

Микробиологическое и цитологическое исследование соскоба поверхности роговицы над зоной поражения микрофлоры не обнаружило. Консервативное лечение с применением частых инстилляций фторхинолона четвертого поколения в течение нескольких дней и отмена глюкокортикостероидов не привели к улучшению состояния. В связи с этим было принято решение о выполнении акселерированного (ускоренного) кросслинкинга.

Процедуру кросслинкинга выполняли в условиях операционной, под местной инстилляционной анестезией. Механическим путем удалили эпителий на всей площади поверхности роговицы, после чего инстиллировали раствор гипертонического рибофлавина (0,1 % рибофлавин и 20 % декстран) по 1–2 капли каждые 3 мин в течение 30 мин (10 инстилляций). Затем настроили фокусировку излучения (расстояние между излучателем и роговицей пациента — 5 см), диаметр зоны облучения на роговице (избегали лимба) и провели УФ-воздействие. Нами использовалась система УФ-излучения UV-X, версия 2000 (IROC AG, Швейцария) с длиной волны 365 нм, мощностью излучения 9,0 мВт/см²

и экспозиционной дозой 5,4 Дж/см². Одновременно продолжили инстилляцию рибофлавина (1–2 капли каждые 2 мин). Продолжительность УФ-облучения составила 10 мин, после чего закапали антибактериальный препарат. Мягкую контактную линзу не устанавливали для максимального эффекта местной медикаментозной терапии.

В послеоперационном периоде пациентка продолжала применение антибиотика Сигницеф® (Sentiss, Швейцария), фторхинолонового антибиотика (действующее начало — левофлоксацин), 4 раза в день местно. Через 3 дня после кросслинкинга игольчатые помутнения исчезли, превратившись в округлую зону инфильтрации (рис. 2). В последующие 3 нед на медикаментозном лечении эпителиальный дефект полностью зажил, на месте инфильтрации начало формироваться помутнение. Через 3 мес наблюдения признаков бактериальной колонизации роговичного трансплантата не наблюдалось. Сформировалось облачковидное парацентральное помутнение. Появился умеренный отек роговицы, свидетельствующий о повторной декомпенсации эндотелиального слоя (рис. 3), в связи с чем пациентке в дальнейшем планируется проведение сквозной рекератопластики.

Клинический случай 2. У пациента Т. 72 лет был выяснен следующий анамнез заболевания. В 2017 г. на правом глазу в плановом порядке была проведена факоэмульсификация с имплантацией ИОЛ. После операции острота зрения была высокой. Будучи на рыбалке, пациент получил удар рыбьим хвостом по прооперированному глазу. После контузии из-за ухудшения зрения обратился к своему хирургу, который диагностировал дислокацию ИОЛ, в связи с чем заднекамерная ИОЛ была фиксирована швами за радужку. Через 6 мес развилась буллезная кератопатия, по поводу чего была проведена СКП правого глаза. Через 3 нед после операции пациент заболел новой коронавирусной инфекцией. Болел в тяжелой форме и длительно — около 2 мес. Когда пациент обратился в клинику с жалобами на низкую остроту зрения и боли в правом глазу, он продолжал инстилляцию глюкокортикостероидов 4 раза в день. На момент обращения острота зрения OD = 0,05 н/к; OS = 0,7 н/к.

Правый глаз: глазная щель обычной ширины. Подвижность глазного яблока сохранена в полном объеме. Конъюнктив спокойна, на роговице в области сквозного трансплантата в оптической зоне и парацентрально на 3 ч имеется округлый дефект эпителия около 5 мм в диаметре. В передних слоях стромы определяется помутнение, по краю которого расположены множественные игольчатые белесые образования в виде снежинок, отек стромы роговицы



Рис. 1. Инфекционная кристаллическая кератопатия
Fig. 1. Infectious crystalline kerato-pathy

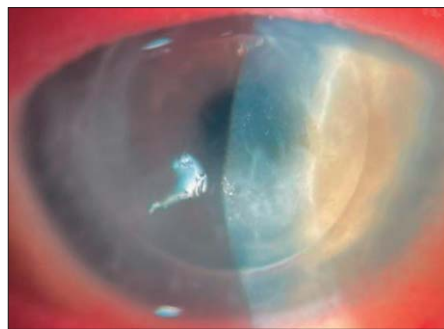


Рис. 2. Формирование инфильтрата через 3 дня после кросслинкинга
Fig. 2. Formation of the infiltrate 3 days after the cross-linking

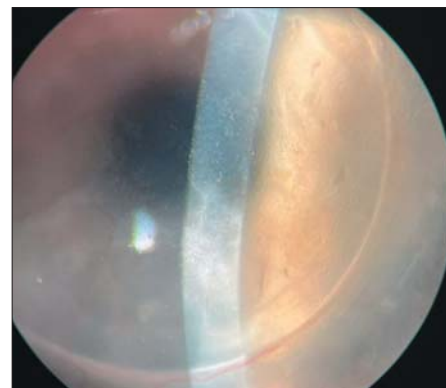


Рис. 3. Локальное помутнение через 3 мес после кросслинкинга
Fig. 3. Localized opacity 3 months after cross-linking

диаметром 6 мм. Имеется круговой послеоперационный рубец после СКП. Остальные отделы роговицы прозрачны. В глубже лежащих отделах глаза признаки воспаления отсутствуют (рис. 4).

Левый глаз: глазная щель обычной ширины. Подвижность глазного яблока сохранена в полном объеме. Конъюнктива спокойна, роговица прозрачна, ИОЛ центрирована, ангиосклероз сетчатки.

На основании анамнеза и характерной клинической картины был поставлен следующий диагноз: правый глаз — «инфекционная кристаллическая кератопатия, состояние после СКП, артефакция»; левый глаз — «артефакция, ангиосклероз сетчатки».

По данным микробиологического и цитологического исследования роговицы, никакой микрофлоры не обнаружено. Консервативное лечение с применением частых инстилляций фторхинолона Сигницеф® (Sentiss, Швейцария) в течение нескольких дней и снижении кратности инстилляций глюкокортикостероидов не привели к улучшению состояния. В связи с чем было принято решение о выполнении акселерированного кросслинкинга.

Процедуру кросслинкинга проводили способом, описанным в первом клиническом случае.

В послеоперационном периоде были назначены инстилляции антибиотика Сигницеф® (Sentiss, Швейцария) 4 раза в день. Через 5 дней после кросслинкинга игольчатые помутнения стали постепенно исчезать, сохранялся незначительный отек стромы и инфильтрация (рис. 5). Лечение каплями продолжалось около 3 нед, к этому сроку сформировалось помутнение по типу macula. Затем возобновили инстилляции глюкокортикостероидов (ГКС) с 1 раза до 2 раз в день и лубрикантов до 6 раз. За время последующего наблюдения в течение 4 мес рецидива заболевания не отмечено. После снятия шва с роговицы (после СКП) острота зрения правого глаза составила 0,4 (рис. 6).

ОБСУЖДЕНИЕ

Применение стандартных протоколов кросслинкинга для лечения инфекционных кератитов на 9-м Международном конгрессе по кросслинкингу роговицы (9th International Congress of Corneal Cross Linking) в 2013 г. стали называть PAKC-CXL: Photo Activated Chromophore for Keratitis Corneal Cross Linking. Эффективность метода при инфекционных процессах объясняется действием как рибофлавина, так и

УФ-излучения. При фотоактивации рибофлавин проявляет антимикробный эффект в результате высвобождения активных форм кислорода, воздействующих на нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК) и клеточные мембраны микроорганизмов. УФ-излучение, в свою очередь, также обладает выраженным антимикробным действием, повреждающим ДНК и РНК микроорганизмов, препятствует их размножению. Антимикробное действие УФ-излучения на протяжении многих десятилетий используется для уничтожения патогенов при дезинфекции поверхностей, воды, воздуха, а также при стерилизации крови и ее компонентов перед переливанием. Кроме того, CXL подавляет лизис роговичной ткани [7, 16]. В литературе не описаны случаи применения PAKC-CXL при лечении ИКК.

Отмена или существенное уменьшение ГКС местно и назначение форсированных инстилляций антибиотика в представленных клинических случаях не привели к положительному результату. И только после проведения процедуры акселерированного PAKC-CXL в зоне микробной инвазии исчезли игольчатые помутнения и появились признаки инфильтрации, свидетельствующие о восстановлении местной иммунной реакции. Подобное явление, вероятно, связано с разрушением биопленки и самих микробных агентов, что в дальнейшем способствовало более эффективному воздействию антибактериального препарата. Такое комбинированное лечение привело к резорбции воспалительного очага с формированием локального помутнения.

По нашему мнению, применение кросслинкинга в ранние сроки возникновения ИКК у пациентов, перенесших кератопластику, оправданно из-за невозможности в ряде случаев полностью отменить ГКС-терапию, так как это значительно увеличит шансы отторжения и помутнения трансплантата. Поэтому в лечении таких больных всегда возникает непростая задача: попытаться сохранить кератотрансплантат при одновременной необходимости отмены иммуносупрессивной терапии, что важно для эрадикации микробов в роговице.

После проведения кросслинкинга рационально использовать антибиотики широкого спектра действия, такие как фторхинолоны; в данном случае использовали глазные капли Сигницеф® (Sentiss, Швейцария).

В качестве хорошей альтернативы дексаметазона в каплях возможно применение так называемого «мягкого кортикостероида». Фторметолон является доступным

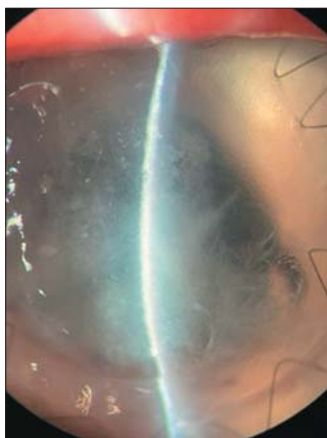


Рис. 4. Правый глаз — ИКК (описание в тексте)
Fig. 4. Right eye — infectious crystalline keratopathy (description in the text)

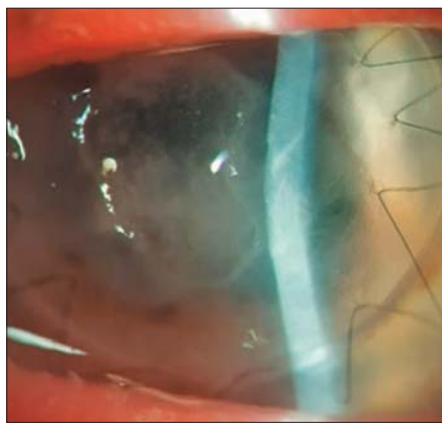


Рис. 5. Состояние после кросслинкинга (описание в тексте)
Fig. 5. State after cross-linking (description in the text)



Рис. 6. Состояние через 4 мес после кросслинкинга и снятия шва с роговицы
Fig. 6. Condition 4 months after crosslinking and removing sutures from the cornea

непатентованным препаратом с противовоспалительным действием активностью до 50 раз выше, чем гидрокортизон, при этом обладает более низкой внутриглазной проницаемостью, чем другие ГКС. Это позволяет избежать или значительно снизить побочные эффекты стандартно назначаемого дексаметазона, таких как повышение ВГД, катарактогенное действие, ухудшение эпителизации роговицы и усиление вирусных и бактериальных инфекций. В настоящее время на фармацевтическом рынке РФ появился новый препарат Флоас-Т[®], комбинация фторметалона ацетата 1,0 мг и антибиотика тобрамицина 0,3 % (Sentiss, Швейцария). При ИКК назначение глазных капель Флоас-Т[®] будет, несомненно, полезным и целесообразным, так как у больных после кератопластики необходимо сохранение ГКС-терапии, а антибиотик, входящий в состав данного препарата, крайне необходим при инфекционном процессе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инфекционная кристаллическая кератопатия — заболевание, связанное с межслойной колонизацией микроорганизмами стромы роговицы и образованием ими биопленки, что делает их чрезвычайно устойчивыми к медикаментозному воздействию и иммунному ответу хозяина. Одним из необходимых условий борьбы с ИКК является отмена или уменьшение местной иммуносупрессивной терапии. Кросслинкинг роговицы может быть эффективным способом хирургического лечения вышеупомянутого поражения роговицы, способствующим эрадикации инфекции и потенцирующим влияние антимикробной терапии.

Литература/References

1. Gorovoy M.S., Stern G.A., Hood C.I., Allen C. Intrastromal noninflammatory bacterial colonization of a corneal graft. *Arch. Ophthalmol.* 1983; 101 (11): 1749–52. doi: 10.1001/archophth.1983.01040020751018
2. Meisler D.M., Langston R.H., Naab T.J., et al. Infectious crystalline keratopathy. *Am. J. Ophthalmol.* 1984; 97 (3): 337–43. doi: 10.1016/0002-9394(84)90633-0
3. Bowling B., Kanski J.J. *Kanski's clinical ophthalmology: a systematic approach.* Edinburgh: Elsevier; 2016.
4. Mannis M.J., Holland E.J. *Cornea, Surgery of the Cornea and Conjunctiva.* Fourth Edition: Elsevier; 2017.

5. Kinota S., Wong K.W., Biswas J., Rao N.A. Changing patterns of infectious keratitis: overview of clinical and histopathologic features of keratitis due to acanthamoeba or atypical mycobacteria, and of infectious crystalline keratopathy. *Indian J. Ophthalmol.* 1993; 41 (1): 3–14.
6. Mesiwala N.K., Chu C.T., Raju L.V. Infectious crystalline keratopathy predominantly affecting the posterior cornea. *Int. J. Clin. Exp. Pathol. eCollection.* 2014; 7 (8): 5250–3.
7. Труфанов С.В., Шахбазян Н.П., Зайцев А.В., Розинова В.Н. Хирургические методы лечения инфекционных кератитов. *Вестник офтальмологии.* 2021; 137 (4): 128–35. [Trufanov S.V., Shakhbazyan N.P., Zaitsev A.V., Rozinova V.N. Surgical management of infectious keratitis. *Vestnik oftal'mologii.* 2021; 137 (4): 128–35 (in Russian)]. <https://doi.org/10.17116/oftalma2021137041128>
8. Fulcher T.P., Dart J.K., McLaughlin-Borlace L., et al. Demonstration of biofilm in infectious crystalline keratopathy using ruthenium red and electron microscopy. *Ophthalmology.* 2001; 108 (6): 1088–92. doi: 10.1016/s0161-6420(01)00561-9
9. Tu E.Y., Jain S. Topical linezolid 0.2 % for the treatment of vancomycin-resistant or vancomycin-intolerant gram-positive bacterial keratitis. *Am. J. Ophthalmol.* 2013; 155 (6): 1095–8. e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2013.01.010>
10. Farooq A.V., Hou J.H., Jassim S., et al. Biofilm formation on bandage contact lenses worn by patients with the Boston type 1 keratoprosthesis: a pilot comparison study of prophylactic topical Vancomycin 15 mg/mL and Linezolid 0.2. *eye contact lens.* 2018; 44 (1): 106–9. doi: 10.1097/ICL.0000000000000337
11. Haas W., Pillar C.M., Torres M., Morris T.W., Sahn D.F. Monitoring antibiotic resistance in ocular microorganisms: results from the Antibiotic Resistance Monitoring in Ocular microorganisms (ARMOR) 2009 surveillance study. *Am. J. Ophthalmol.* 2011; 152 (4): 567–74. e3. doi: 10.1016/j.ajo.2011.03.010
12. Eiferman R.A., Forgey D.R., Cook Y.D. Excimer laser ablation of infectious crystalline keratopathy. *Arch. Ophthalmol.* 1992; 110 (1): 18. <https://doi.org/10.1001/archophth.1992.01080130020011>
13. Masselos K., Tsang H.H., Ooi J.L., et al. Laser corneal biofilm disruption for infectious crystalline keratopathy. *Clin. Exp. Ophthalmol.* 2009; 37 (2): 177–80. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2008.01912.x>
14. Sharma N., Vajpayee R.B., Pushker N., Vajpayee M. Infectious crystalline keratopathy. *CLAO J.* 2000; 26 (1): 40–3. PMID: 10656309
15. Touzeau O., Bourcier T., Borderie V.M., Laroche L. Recurrent infectious crystalline keratopathy caused by different organisms in two successive corneal grafts in the same patient. *Br. J. Ophthalmol.* 2003; 87 (8): 1053. <https://doi.org/10.1136/bjo.87.8.1053>
16. Астахов С.Ю., Новиков С.А., Папанян С.С., Рикс И.А. Оценка эффективности ускоренного коллагенового кроссликинга в лечении эндотелиальной декомпенсации роговицы. *Офтальмология.* 2020; 17 (4): 699–704. [Astakhov S.Yu., Novikov S.A., Papanyan S.S., Riks I.A. Evaluation the effectiveness of accelerated collagen crosslinking in the treatment of corneal endothelial decompensation. *Ophthalmology in Russia.* 2020; 17 (4): 699–704 (in Russian)]. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-4-699-704>

Вклад авторов в работу: С.В. Труфанов — идея и разработка дизайна исследования, финальное редактирование статьи; И.А. Рикс — идея и разработка дизайна исследования, анализ и интерпретация полученных данных, написание статьи; С.С. Папанян, М. Эзугбая, Р. Бутаба — обзор литературы, обследование пациентов, анализ полученных данных.

Authors' contributions: S.V. Trufanov — idea and design of the study, final editing of the article; I.A. Riks — idea and design of the study, analysis and interpretation of the data obtained, writing of the article, S.S. Papanyan, M. Ezugbaya, R. Boutaba — literature review, patients examination, analysis of the data obtained.

Поступила: 09.12.2021. Переработана: 15.01.2022. Принята к печати: 20.01.2022
Originally received: 09.12.2021. Final revision: 15.01.2022. Accepted: 20.01.2022

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова», ул. Льва Толстого, д. 6–8, Санкт-Петербурге, 197022, Россия

Сергей Владимирович Труфанов — д-р мед. наук, профессор кафедры офтальмологии с клиникой

Инна Александровна Рикс — канд. мед. наук, ассистент кафедры офтальмологии с клиникой

Санасар Сурикович Папанян — канд. мед. наук, врач-офтальмолог клиники офтальмологии

Мэги Эзугбая — аспирант кафедры офтальмологии с клиникой

Рафик Бутаба — аспирант кафедры офтальмологии с клиникой

Для контактов: Рафик Бутаба,
boutabarafik@yahoo.fr

Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, 6–8, L'va Tolstogo st., Saint Petersburg, 197022, Russia

Sergey V. Trufanov — Dr. of Med. Sci., professor, chair of ophthalmology with clinic

Inna A. Riks — Cand. of Med. Sci., Assistant, chair of ophthalmology with clinic

Sanasar S. Papanyan — Cand. of Med. Sci., ophthalmologist, chair of ophthalmology with clinic

Maggie Ezugbaya — PhD student, chair of ophthalmology with clinic

Rafik Boutaba — PhD student, chair of ophthalmology with clinic

Contact information: Rafik Boutaba,
boutabarafik@yahoo.fr