



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-4-107-110>

Микробиота глазной поверхности при инфекционно-воспалительных заболеваниях глаз

М.М. Бикбов¹, О.И. Оренбуркина², А.Э. Бабушкин¹ ✉

¹ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Уфимский НИИ глазных болезней, ул. Пушкина, д. 90, Уфа, 450008, Россия

² ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Всероссийский центр глазной и пластической хирургии, ул. Рихарда Зорге, д. 67, корп. 1, Уфа, 450075, Россия

В обзорной статье представлены современные данные о микробиоте (МБТ) глазной поверхности (ГП) при инфекционно-воспалительных заболеваниях глаз. Сапрофитная МБТ повышает устойчивость ГП к патогенным бактериям. Комменсальные микроорганизмы регулируют метаболизм хозяина, развитие иммунной системы и защиту хозяина от инвазии патогенов. Между тем ГП может изменяться в зависимости от различных факторов внешней среды и процессов в организме человека, в частности при его заболеваниях, в том числе офтальмологических. Повреждение эпителия роговицы и конъюнктивы (например, вследствие сухости, использования контактных линз, антибиотиков и т. п.) может привести к увеличению числа бактерий на ГП и нарушению защитной, смазывающей эпителий пленки, содержащей противомикробные соединения. В последние годы в ряде работ показана связь изменения состава глазной МБТ с некоторыми инфекционно-воспалительными офтальмологическими заболеваниями. В частности, выяснилось, что факторы, влияющие на образование слезной жидкости, могут изменять МБТ поверхности глаза, а при ухудшении ее состава вызывать сухость ГП. Увеличение количества патогенных микроорганизмов (особенно грамотрицательных) при ношении контактных линз может привести к изменению МБТ и развитию кератита. При воспалительных заболеваниях глаз значительно чаще (в 94 % случаев) выделяется грамположительная микрофлора, из которой наиболее часто регистрируются коагулазонегативные стафилококки. При глазных бактериальных инфекциях также нередко встречается условно-патогенная микрофлора (до 44,5 %). По всей видимости, МБТ кишечника играет весьма значительную роль в развитии некоторых заболеваний глаз воспалительного характера (например, при переднем и заднем увеите).

Ключевые слова: микробиота; микрофлора; глазная поверхность; инфекционно-воспалительные заболевания глаз

Конфликт интересов: отсутствует.

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

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства Башкирского государственного медицинского университета (Приоритет-2030).

Для цитирования: Бикбов М.М., Оренбуркина О.И., Бабушкин А.Э. Микробиота глазной поверхности при инфекционно-воспалительных заболеваниях глаз. Российский офтальмологический журнал. 2024; 17 (4): 107-110. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-4-107-110>

Microbiota of the ocular surface in infectious/ inflammatory eye diseases

Mukharram M. Bikbov¹, Olga I. Orenburkina², Aleksandr E. Babushkin¹ ✉

¹ Ufa Eye Research Institute, Bashkir State Medical University, 90, Pushkin St., Ufa, 450008, Russia

² Russian Center for Eye and Plastic Surgery, Bashkir State Medical University, 67, Bldg. 1, Richard Sorge St., Ufa, 450075, Russia
virologicdep@mail.ru

The review article presents current data on the microbiota (MBT) of the ocular surface in infectious and inflammatory eye diseases. Saprophytic MBT increases the resistance of the ocular surface to pathogenic bacteria. Commensal microorganisms regulate host metabolism, immune system development, and defense of the host against pathogen invasion. Meanwhile, ocular surfaces can change due to various environmental factors, processes in the human body, and in particular, due to ophthalmological diseases. Damaged epithelium of the cornea and conjunctiva (e. g. caused by dryness, the use of contact lenses, antibiotics, etc.) can lead to an increase in the number of bacteria on the ocular surface and disruption of the protective film containing antimicrobial compounds that lubricates the epithelium. In recent years, a connection has been shown between changes in the composition of the ocular MBT and a number of infectious and inflammatory ophthalmological diseases. In particular, it turned out that factors influencing the formation of tear fluid can change the MBT of the ocular surface, and when its composition deteriorates, ocular surface may become dry. An increase in the number of pathogenic microorganisms when wearing contact lenses, especially gram-negative ones, can lead to changes in the MBT and the development of keratitis. In inflammatory eye diseases, gram-positive microflora is most often isolated (in 94% of cases), of which coagulase negative staphylococci are most often recorded. In bacterial eye infections, conditionally pathogenic microflora often occurs (44.5%). Apparently, intestinal MBT plays a very significant role in the development of some inflammatory eye diseases such as anterior and posterior uveitis.

Keywords: microbiota; microflora; ocular surface; infectious and inflammatory eye diseases

Conflicts of interests: there is no conflict of interests.

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

Acknowledgement. This work was supported by the Bashkir State medical University Strategic Academic Leadership Program (PRIORITY-2030).

For citation: Bikbov M.M., Orenburkina O.I., Babushkin A.E. Microbiota of the ocular surface in infectious/inflammatory eye diseases. Russian ophthalmological journal. 2024; 17 (4):107-10 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-4-107-110>

Как известно, на глазной поверхности (ГП) могут находиться потенциально патогенные бактерии. При этом клетки эпителия ГП имеют возможность избирательно реагировать на патогенные микроорганизмы посредством продукции провоспалительных цитокинов и не давать воспалительный ответ на непатогенные бактерии благодаря особому иммунному статусу эпителия ГП, который поддерживает ее заселение облигатной микробиотой (МБТ). Термин «МБТ глаза» относится ко всем типам комменсальных и патогенных микроорганизмов, присутствующих на поверхности или внутри глаза [1]. Доказано, что сапрофитная МБТ повышает устойчивость ГП к патогенным бактериям. Другими словами, комменсальные микроорганизмы регулируют метаболизм хозяина, развитие иммунной системы и защиту хозяина от инвазии патогенов. Между тем последняя может изменяться при меняющихся, нередко довольно радикально, факторах внешней среды, различных процессах в организме человека, в частности при его заболеваниях, в том числе офтальмологических.

Повреждение эпителия роговицы и конъюнктивы, например вследствие синдрома сухого глаза (ССГ), использования контактных линз, антибиотиков и пр., может привести к увеличению числа бактерий на окулярной поверхности и нарушению (с уменьшением числа бокаловидных клеток, которые продуцируют муцины) защитной, смазывающей эпителий, пленки, содержащей противомикробные соединения, такие как лизоцим, лактоферрин, IgA и др. Вследствие этого нарушается также и врожденная

иммунная система, что способствует патогенам вызывать воспаление ГП [2, 3]. Это, в частности, подтвердили экспериментальные исследования, которые показали, что нормальная МБТ имеет защитный иммунный статус для предотвращения распространения патогенных микробов [4], а ее изменения могут привести к восприимчивости к инфекциям (например, вызванными *Candida albicans* и *Pseudomonas aeruginosa*) и могут быть связаны с глазными заболеваниями [5].

Следует сразу отметить, что исследования МБТ нормальной ГП с помощью традиционных культуральных методов (бактериологического посева на питательные среды) выявили рост микроорганизмов лишь в половине случаев, а исследуемые образцы содержали *Staphylococcus* (тип *Firmicutes*), *Corynebacteria* и *Propionibacteria* (тип *Actinobacteria*). Современные исследования МБТ ГП проводились с помощью 16S-секвенирования и выявили значительно более разнообразную микрофлору, а также определенный круг бактерий, которые обнаруживались в большом количестве у всех обследованных лиц. В это «ядро» МБТ входят *Pseudomonas*, *Bradyrhizobium*, *Acinetobacter* и *Brevundimonas* типа *Proteobacteria*, видов *Propionibacterium* и *Corynebacterium*, относящихся к типу *Actinobacteria*, и бактерий видов *Staphylococcus* и *Streptococcus* типа *Firmicutes* [5–8].

В последние годы показана связь изменения количественного и качественного состава МБТ глаз с рядом офтальмологических заболеваний, в том числе инфекционно-воспалительных. Так, исследования некоторых авторов [9]

свидетельствуют о том, что при заболеваниях глаз указанной категории значительно чаще (в 94 % случаев) выделяется грамположительная микрофлора, из которой наиболее часто регистрируются коагулазонегативные стафилококки (*S. epidermidis* и *S. saprophyticus*, которые раньше считались непатогенными, а сейчас рассматриваются как возможная причина развития воспалительной офтальмопатологии, например конъюнктивитов). Культуральные методы изучения здоровой ГП показывают, что ее микрофлора в целом соответствует таковой на коже [10]. Следует отметить, что микрофлора кожи (а микробы, обнаруженные на коже век, считаются частью кожной МБТ) тоже в большом количестве представлена стафилококками, которые могут попадать на ГП и нередко являться причиной воспалительных заболеваний глаз, в частности конъюнктивитов [11].

Установлено, что у пациентов с блефаритом отмечается повышенное содержание *Enhydrobacter* (тип *Proteobacteria*), *Staphylococcus aureus* (тип *Firmicutes*) и снижение *Propionibacterium*. У пациентов с трахомой (инфекционный агент — *Chlamydia trachomatis*) зафиксировано уменьшенное бактериальное разнообразие на фоне повышенного содержания *Corynebacterium* и *Streptococcus* [5–7].

В другом исследовании, касающемся кератоконъюнктивитов [12], чаще всего выявлялись *Candida sp.*, *Saccharomyces spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Propionibacterium granulosum*. В ходе этих исследований из посевов, взятых с конъюнктивальной полости пациентов с воспалительными заболеваниями глаз (при бактериальных инфекциях), нередко (44,5 %) выявлялась условно-патогенная микрофлора (эпидермальный стафилококк, вульгарный протей и др.) [13]. Это означает, что выявлению такой микрофлоры, которая при определенных условиях тоже может стать причиной инфекционно-воспалительной офтальмопатологии (например, с возбудителем в виде *S. epidermidis*, реж *S. aureus*), следует также придавать значение.

Выяснилось также, что факторы, влияющие на образование слезной жидкости, могут изменять МБТ окулярной поверхности [2, 3]. В частности, показано, что при ухудшении состава МБТ возникает сухость ГП, а при ее нормализации значительно улучшается состояние, т. е. уменьшаются клинические симптомы ССГ [14]. Это наглядно указывает на их тесную связь и возможность моделирования данной офтальмопатологии.

Увеличение количества патогенных микроорганизмов при ношении контактных линз, в частности грамотрицательных *Serratia marcescens* и *Haemophilus influenzae*, может привести к изменению МБТ и развитию кератита, а активное и длительное системное использование антибиотиков-макролидов — к существенному повышению грамположительных бактерий (преимущественно *Staphylococcus epidermidis*) и развитию антибиотикорезистентности после применения некоторых фторхинолонов, особенно последнего поколения [15, 16].

У пациентов с эндогенными увеитами в слезной жидкости преимущественно выявляли *Staphylococcus*, а из них чаще всего *S. cohnii*. В сравнении с коагулазоотрицательными стафилококками *S. aureus* в большей мере обладал вирулентностью, и его присутствие в слезной жидкости авторы считают фактором риска развития эндогенных увеитов при наличии хронических заболеваний полости рта и ЛОР-органов [17].

Существуют экспериментально-клинические данные [18, 19], которые говорят о связи изменений МБТ кишечника с развитием как переднего (с повышенным содержанием *Paraprevotella*), так и заднего увеита. Это про-

исходит из-за существенного снижения комменсалов в кишечнике и иммунотопического статуса глаза, вследствие чего развивается указанная патология, сопровождающаяся повышением *Fusobacterium* и *Enterobacteriaceae* [20–23]. Считается, что дисбактериоз может влиять на патогенез аутоиммунного увеита по следующим направлениям: способствует нарушению кишечного барьера (что ведет к значительному снижению числа полезных противовоспалительных метаболитов), антигенной мимикрии и нарушению иммунного гомеостаза кишечника [24].

По всей видимости, МБТ кишечника играет весьма значительную роль в развитии заболеваний глаз воспалительного характера [23]. Во всяком случае приведенные данные позволяют думать об этом. Например, у пациентов с кератитами отмечено явное повышение кишечных *Proteobacteria* и *Firmicutes* в сравнении с контролем, т. е. при отсутствии указанной офтальмопатологии [23, 25].

Можно ли использовать изменения МБТ кишечника на почве дисбактериоза для прогноза возникновения тех или иных воспалительных заболеваний глаз (т. е. как биомаркера для диагностики), а также в качестве потенциальной цели для лечения, покажет, конечно, время. Но реальные предпосылки к тому, чтобы с помощью коррективы диеты, активного применения про-, мегабиотиков и др. регулировать состав МБТ, в настоящее время, безусловно, имеются [26].

До сих пор считалось, что внутриглазная среда здоровых людей стерильна. Однако исследование Y. Deng и соавт. [27] показало, что внутриглазная МБТ существует, причем не только у людей, но и у подопытных животных (крыс, кроликов, обезьян и др.). Секвенирование анаэробных культур этих образцов выявило несколько бактериальных сообществ, включая *Enterococcus faecalis* и *Staphylococcus epidermidis*. В целом же метагеномный анализ выявил 134 вида бактерий, из которых наиболее распространен *P. acnes*. Единичные данные также свидетельствуют о существовании МБТ не только внутри глаза, но и мозга [28, 29].

Таким образом, необходимы дальнейшее изучение МБТ глаз для понимания роли микроорганизмов в норме и патологии. В частности, пока не ясно, является изменение МБТ ГП причиной или следствием нарушений поверхности глаза. Каким образом МБТ ГП (в том числе, возможно, и внутриглазная) и иммунная система взаимодействуют, приводя к инфекционно-воспалительным заболеваниям глаз, в частности к увеиту, какую роль в этом играет кишечная МБТ, ответственные ли комменсальные микроорганизмы за прогрессирование заболевания? Все эти вопросы важны для расширения наших знаний об иммунной системе и инфекционно-воспалительных заболеваниях глаз [30]. Можно думать, что дальнейшие исследования МБТ глаза в этом направлении позволят открыть новые пути профилактики и лечения офтальмологических заболеваний.

Литература/References

1. Ueta M, Kinoshita S. Innate immunity of the ocular surface. *Brain Res Bull.* 2010 Feb 15; 81 (3–3): 219–28. doi: 10.1016/j.brainresbull.2009.10.001
2. Lee SH, Jung JY, Kim JC. Comparative ocular microbial communities in humans with and without blepharitis. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012 Aug 15; 53 (9): 5585–93. doi: 10.1167/iov.12-9922
3. Graham JE, Moore JE, Jiru X, et al. Ocular pathogen or commensal: a PCR-based study of surface bacterial flora in normal and dry eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007 Dec; 48 (12): 5616–23. doi:10.1167/iov.07-0588
4. Lu LJ, Liu J. Human microbiota and ophthalmic disease. *Yale J Biol Med.* 2016 Sep 30; 89 (3): 325–30. eCollection 2016 Sep.
5. Cavuoto KM, Banerjee S, Miller D, Galor A. Composition and comparison of the ocular surface microbiome in infants and older children. *Translational Vision Science & Technology.* 2018 Nov 30; 7 (6): 16. doi: 10.1167/tvst.7.6.16

6. Ozkan J, Willcox MD. The ocular microbiome: molecular characterization of a unique and low microbial environment. *Current Eye Research*. 2019 Jul; 44 (7): 685–94. doi: 10.1080/02713683.2019.1570526
7. Petrillo F, Pignataro D, Lavano MA, et al. Current evidence on the ocular surface microbiota and related diseases. *Microorganisms*. 2020 Jul 13; 8 (7): 1033. doi: 10.3390/microorganisms8071033
8. Peter VG, Morandi SC, Herzog EL, Zinkernagel MS, Zysset-Burri DC. Investigating the ocular surface microbiome: What can it tell us? *Review Clin Ophthalmol*. 2023 Jan 19; 17: 259–71. doi: 10.2147/OPTH.S359304
9. Боровских Е.В., Борова И.М., Егоров В.В. Микробный спектр и чувствительность к антибиотикам микрофлоры, встречающейся у больных с воспалительными заболеваниями глаз. *Офтальмологические ведомости*. 2014; 1: 13–7. [Borovskikh Ye.V., Borobova I.M., Yegorov V.V. Microbial spectrum and microflora antibiotic sensitivity in patients with inflammatory eye diseases. *Ophthalmology reports*. 2014; 1: 13–7 (In Russ.)]. doi.org/10.17816/OV2014113-18
10. Аветисов С.Э., Абрамова Н.Д., Гоголева Н.Е. и соавт. Рациональная стратегия изучения микробиома глазной поверхности по гену *16s pPHK*. *Вестник офтальмологии*. 2020; 136 (3): 3–9. [Avetisov S.E., Abramova N.D., Mitichkina T.S., et al. Rational strategy for studying microbiome of the ocular surface of people using hard contact lenses by method of *16s RRNA* gene metabarcoding. *Vestnik of ophthalmology*. 2020; 136 (3): 3–9 (In Russ., In Eng.)]. doi: 10.17116/oftalma20201360313
11. Колесова Т.С. Изучение кокковой и другой условно-патогенной микрофлоры глаз у пациентов с конъюнктивитом и катарактой. *Science Time*. 2016; 4 (28): 417–20. [Kolesova T.S. Study of coccal and other opportunistic microflora of the eyes in patients with conjunctivitis and cataracts. *Science Time*. 2016; 4 (28): 417–20 (In Russ.)].
12. Кудрявцева Ю.В., Демакова Л.В., Подыниногина В.В., Леванова О.Г., Митина А.С. Микрофлора конъюнктивальной полости у пациентов в норме и при некоторых воспалительных заболеваниях переднего отрезка глаза в Кировской области. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2021; 17 (2): 326–30. [Kudryavtseva Yu.V., Demakova L.V., Podyninogina V.V., Levanova O.G., Mitina A.S. Microflora of the conjunctival cavity in healthy subjects and in patients with some inflammatory diseases of the anterior eye segment in Kirov region. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2021; 17 (2): 326–30 (In Russ.)].
13. Букаева Г.Т. Состав микрофлоры конъюнктивальной полости у больных воспалительными заболеваниями переднего отрезка глаз. *Наука и здравоохранение*. 2013; 6: 1–3. [Bukaeva G.T. Microflora composition of conjunctive sac in patients with inflammatory diseases of anterior eye segment. *Science & Healthcare*. 2013; 6: 1–3 (In Russ.)].
14. Zaheer M, Wang C, Bian F, et al. Protective role of commensal bacteria in Sjögren Syndrome. *J Autoimmun*. 2018 Sep; 93: 45–56. doi: 10.1016/j.jaut.2018.06.004
15. Dave SB, Toma HS, Kim SJ. Changes in ocular flora in eyes exposed to ophthalmic antibiotics. *Ophthalmol*. 2013 May; 120 (5): 937–41. doi: 10.1016/j.ophtha.2012.11.005
16. Yin VT, Weisbrod DJ, Eng KT, et al. Antibiotic resistance of ocular surface flora with repeated use of a topical antibiotic after intravitreal injection. *JAMA Ophthalmol*. 2013 Apr; 131 (4): 456–61. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2013.2379
17. Конькова А.Ю., Горювец Э.С., Гаврилова Т.В., Черешнева М.В. Видовой состав микробиоты и биологические свойства доминантных видов бактерий в слезной жидкости у пациентов с эндогенными увеитами. *Офтальмология*. 2021; 18 (4): 908–13. [Konkova A.Yu., Gorowitz E.S., GavriloVA T.V., CheresheVA M.V. Species composition of microbiota and biological properties of dominant bacterial species in tear fluid in patients with endogenous uveitis. *Ophthalmology*. 2021; 18 (4): 908–13 (In Russ.)]. https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-4-908-913
18. Lin P, Bach M, Asquith M, et al. HLA-B27 and human β 2-microglobulin affect the gut microbiota of transgenic rats. *PLoS One*. 2014 Aug 20; 9 (8): e105684. doi: 10.1371/journal.pone.0105684
19. Gill T, Asquith M, Brooks SR, Rosenbaum JT, Colbert RA. Effects of HLA-B27 on gut microbiota in experimental spondyloarthritis implicate an ecological model of dysbiosis. *Arthritis Rheum*. 2018 Apr; 70 (4): 555–65. doi: 10.1002/art.40405
20. Horai R, Zarate-Blades CR, Dillenburg-Pilla P, et al. Microbiota-dependent activation of an autoreactive T cell receptor provokes autoimmunity in an immunologically privileged site. *Immunity*. 2015 Aug 18; 43 (2): 343–53. doi: 10.1016/j.immuni.2015.07.014
21. Zárate-Bladés CR, Horai R, Mattapallil MJ, et al. Gut microbiota as a source of a surrogate antigen that triggers autoimmunity in an immune privileged site. *Gut Microb*. 2017 Jan 2; 8 (1): 59–66. doi: 10.1080/19490976.2016.1273996
22. Lin P. The role of the intestinal microbiome in ocular inflammatory disease. *Curr Opin Ophthalmol*. 2018 May; 29 (3): 261–6. doi: 10.1097/ICU.0000000000000465
23. Rosenbaum JT, Asquith M. The microbiome and HLA-B27-associated acute anterior uveitis. *Nat Rev Rheumatol*. 2018 Dec; 14 (12): 704–13.
24. Fu X, Chen Y, Chen D. The role of gut microbiome in autoimmune uveitis. *Ophthalmic Res*. 2021; 64: 168–77. doi: 10.1159/000507775
25. Chakravarthy SK, Jayasudha R, Ranjith K, et al. Alterations in the gut bacterial microbiome in fungal keratitis patients. *PLoS One*. 2018 Jun 22; 13 (6): e0199640.
26. Napolitano P, Filippelli M, Davinelli S, et al. Influence of gut microbiota on eye diseases: an overview. *Ann Med*. 2021 Dec; 53 (1): 750–61. doi: 10.1080/07853890.2021.1925150
27. Deng Y, Ge X, Li Y, et al. Identification of an intraocular microbiota. *Cell Discovery*. 2021; 7: 13. doi: 10.1038/s41421-021-00249-8
28. Branton WG, Ellestad KK, Maingat F, et al. Brain microbial populations in HIV/AIDS: α -proteobacteria predominate independent of host immune status. *PLoS One*. 2013; 8:e54673. doi: 10.1371/journal.pone.0054673
29. Link CD. Is there a brain microbiome? *Neurosci Insights*. 2021; 16: 26331055211018709.
30. Li JJ, Yi S, Wei L. Ocular microbiota and intraocular inflammation. *Front Immunol*. 2020 Dec 23; 11: 609765. doi: 10.3389/fimmu.2020.609765

Вклад авторов в работу: М.М. Бикбов, О.И. Оренбуркина — концепция и дизайн исследования, консультирование и редактирование статьи; А.Э. Бабушкин — написание и редактирование текста статьи.

Author contributions: M.M. Bikbov, O.I. Orenburkina — review concept and design, consulting and editing of the article; A.E. Babushkin — writing and editing of the article.

Поступила: 28.02.2024. Переработана: 01.03.2024. Принята к печати: 02.03.2024

Originally received: 28.02.2024. Final revision: 01.03.2024. Accepted: 02.03.2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Уфимский НИИ глазных болезней, ул. Пушкина, д. 90, Уфа, 450008, Россия

Мухаррам Мухтарамович Бикбов — д-р мед. наук, директор, ORCID 0000-0002-0569-1264

Александр Эдуардович Бабушкин — д-р мед. наук, заведующий отделом организации научных исследований и разработок, ORCID 0000-0001-6700-0812

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Всероссийский центр глазной и пластической хирургии, ул. Рихарда Зорге, д. 67, корп. 1, Уфа, 450075, Россия

Ольга Ивановна Оренбуркина — д-р мед. наук, директор, ORCID 0000-0001-6815-8208

Для контактов: Александр Эдуардович Бабушкин, virologicdep@mail.ru

Ufa Eye Research Institute, Bashkir State Medical University, 90, Pushkin St., Ufa, 450008, Russia

Mukharram M. Bikbov — Dr. of Med. Sci., professor, director, ORCID 0000-0002-0569-1264

Aleksandr E. Babushkin — Dr. of Med. Sci., head of the department of research and development organization, ORCID 0000-0001-6700-0812

Russian Center for Eye and Plastic Surgery, Bashkir State Medical University, 67, Bldg 1, Richard Sorge St., Ufa, 450075, Russia

Olga I. Orenburkina — Dr. of Med. Sci., director, ORCID 0000-0001-6815-8208

For contacts: Aleksandr E. Babushkin, virologicdep@mail.ru