

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ МИЦЕЛИЯ НИТЧАТЫХ ГРИБКОВ В СТРОМЕ РОГОВИЦЫ ПРИ КЕРАТОМИКОЗЕ

Бойко Э.В.^{1,2},
Васильева Н.В.³,
Трунин Е.М.¹,
Щемеров Н.В.¹,
Татаркин В.В.¹,
Босак И.А.³,
Пресняков Е.В.⁵,
Сорочану И.⁵,
Сидина А.С.¹,
Жумабек Д.Е.⁴,
Томазова В.С.¹,
Деев Р.В.⁵

¹ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» (191015, г. Санкт-Петербургул. Кировная, д. 41, Россия)

² ФГАУ «НМИЦ «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России (192283, г. Санкт-Петербург, ул. Ярослава Гашека, дом 21, Россия)

³ Научно-исследовательский институт медицинской микологии им. П.Н. Кашкина ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России (194291, г. Санкт-Петербург, ул. Сантьяго-де-Куба, д. 1/28, Россия)

⁴ ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы» (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Россия)

⁵ Научно-исследовательский институт морфологии человека им. акад. А.П. Авцына ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского» (119991, г. Москва, ул. Фотиевой, д. 10, Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Щемеров Николай Васильевич
e-mail: : shemerovvv@gmail.com

Статья поступила: 10.02.2026

Статья принята: 20.04.2026

Статья опубликована: 22.05.2026

РЕЗЮМЕ

Обоснование. Диагностика и лечение грибкового кератита представляет значительные трудности в повседневной офтальмологической практике. Это обусловлено тяжелым, резистентным течением заболевания и высоким риском рецидива, даже при проведении адекватной терапии. Одной из особенностей кератомикоза является способность клеток мицелиальных грибов распространяться за пределы видимой зоны поражения, что может снижать эффективность лечения.

Цель. Определить истинную степень распространения мицелия нитчатых грибов в строме роговицы при кератомикозе.

Материалы и методы. Исследование выполнено на экспериментальной модели кератита у кроликов путем выполнения многократных интрастромальных инъекции 0,1 мл суспензии изолятов *Fusarium solani*, выполняемых до формирования четкого грибкового очага. Для оценки разницы между визуальной и истинной границей протяженности патологического процесса использованы такие методы, как биомикроскопия с фотофиксацией, оптическая когерентная томография (ОКТ) роговицы, а также гистологическое исследование. Измерения проводили с учетом анатомических особенностей роговицы.

Результаты. На 7–9 сутки на 9 глазах из 14 удалось добиться формирования четкого очага грибкового поражения, подтвержденного в дальнейшем путем посева на специфические питательные среды. При проведении гистологического исследования грибковые клетки удалось обнаружить на 17 срезах из 45. При количественной визуальной оценке с использованием целевой лампы и гистологической картины установлено различие между данными показателями ($p = 0,0036$), при этом показатели медианной зоны распространения в строме роговицы были больше по сравнению с визуально определяемым инфильтратом. Также во всех образцах обнаружено проникновение грибковых клеток во всю толщину роговицы с выявлением их во влаге передней камеры.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют, что к восьмому дню развития кератита распространение грибковых клеток вдоль коллагеновых слоев может превосходить зону видимого поражения, а по глубине распространяться вплоть до передней камеры. Эти особенности роста мицелиальных грибов следует учитывать при планировании объема лечения.

Ключевые слова: кератит, офтальмомикоз, грибковая инфекция, *Fusarium solani*, кератомикоз, оптическая когерентная томография, гистология роговицы, диагностика кератомикоза, роговица

Для цитирования: Бойко Э.В., Васильева Н.В., Трунин Е.М., Щемеров Н.В., Татаркин В.В., Босак И.А., Пресняков Е.В., Сорочану И., Сидина А.С., Жумабек Д.Е., Томазова В.С., Деев Р.В. Экспериментальная оценка распространения мицелия нитчатых грибов в строме роговицы при кератомикозе. *Acta biomedica scientifica*. 2026; 11(2): 187-195. doi: 10.29413/ABS.2026-11.2.18

EVALUATION OF MYCELIUM EXTENT WITHIN THE CORNEAL STROMA IN KERATOMYCOSIS: EXPERIMENTAL STUDY

**Boyko E.V.^{1,2},
Vasilyeva N.V.³,
Trunin E.M.¹,
Shchemerov N.V.¹,
Tatarkin V.V.¹,
Bosak I.A.³,
Presnyakov E.V.⁵,
Sorochanu I.⁵,
Sidina A.S.¹,
Zhumabek D.E.⁴,
Tomazova V.S.¹,
Deev R.V.⁵.**

¹ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov (Kirochnaya Street, 41, St. Petersburg 191015, Russian Federation)

² S. Fyodorov «Eye Microsurgery» Federal State Institution, St. Petersburg Branch (Yaroslav Gashek Str., 21, St. Petersburg 192283, Russian Federation)

³ P.N. Kashkin Research Institute of Medical Mycology, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov (Santiago-de-Cuba Str., 1/28, St. Petersburg 194291, Russian Federation)

⁴ RUDN University named after Patrice Lumumba (Miklukho-Maklaya Str., 6, Moscow 117198, Russian Federation)

⁵ Avtsyn Research Institute of Human Morphology, Petrovsky National Research Centre of Surgery (Fotiev Str., 10, Moscow 119991, Russian Federation)

Corresponding author:

Nikolay V. Shchemerov,

e-mail: : shemerovvv@gmail.com

RESUME

Background. The diagnosis and management of fungal keratitis remain major challenges in routine ophthalmic practice. This is largely attributable to the severe, treatment-resistant course of the disease and the high risk of recurrence, even when appropriate antifungal therapy is administered. A distinctive feature of keratomycosis is the ability of filamentous fungi to extend beyond the clinically visible margins of the lesion, which may significantly compromise treatment efficacy.

The aim. To determine the true extent of mycelial fungal spread within the corneal stroma in keratomycosis.

Materials and Methods. The study was performed using an experimental rabbit model of keratitis induced with *Fusarium solani* isolates. To assess the actual extent of the pathological process, slit-lamp biomicroscopy, anterior segment optical coherence tomography (OCT), and histological examination were employed. Measurements were obtained with consideration of corneal anatomical features.

Results. On days 7–9 after keratitis induction, in 9 cases demonstrated a well-defined biomicroscopic appearance consistent with fungal keratitis, with confirmed fungal etiology. Histological examination revealed fungal cells in 17 of 45 sections. A quantitative visual assessment using a corneal microscope and histological examination revealed a difference between these parameters ($p = 0.0036$), with the median area of proliferation in the corneal stroma being greater than the visually detectable infiltrate. Fungal cells also penetrated the entire corneal thickness in all samples, with detection in the aqueous humor of the anterior chamber.

Conclusion. The findings indicate that by day 8 of keratitis progression, the spread of fungal cells along stromal collagen lamellae may exceed the clinically visible lesion by nearly half and extend in depth to involve anterior chamber structures. These growth characteristics of filamentous fungi should be considered when planning the extent of surgical intervention in fungal keratitis.

Keywords: keratitis, ophthalmomycosis, fungal infection, *Fusarium solani*, keratomycosis, optical coherence tomography, diagnosis of keratomycosis, corneal histology, fungal keratitis recurrence

Received: 10.02.2026

Accepted: 20.04.2026

Published: 22.05.2026

For citation: Boyko E.V., Vasilyeva N.V., Trunin E.M., Shchemerov N.V., Tatarkin V.V., Bosak I.A., Presnyakov E.V., Sorochanu I., Sidina A.S., Zhumabek D.E., Tomazova V.S., Deev R.V. Evaluation of mycelium extent within the corneal stroma in keratomycosis: experimental study. *Acta biomedica scientifica*. 2026; 11(2): 187-195. doi: 10.29413/ABS.2026-11.2.18

ОБОСНОВАНИЕ

Кератит грибковой этиологии, несмотря на редкую встречаемость в странах умеренного климатического пояса, является важной проблемой в практической офтальмологии. Это обусловлено тяжелым, резистентным течением, часто сопровождающимся осложнениями и рецидивами даже при условии грамотной противогрибковой терапии, в том числе с проведением хирургического лечения [1-4].

Тема оценки распространения возбудителей в строме роговицы остается актуальной в связи со способностью мицелиальных грибов прорасти за пределы макроскопически видимого поражения в клинически здоровые ткани. Это может влиять на успех терапии, в частности таких видов лечения, как интрастромальное введение противогрибковых препаратов, кросс-линкинг роговичного коллагена, послойная и сквозная кератопластика, крио- и лазерное лечение [5].

Ряд грибковых возбудителей, в том числе представители рода *Fusarium*, характеризуются ростом гиф параллельно коллагеновым волокнам, при этом не выделяя никаких хемотаксических веществ, что, в свою очередь, замедляет развитие иммунного ответа и формирует скрытое поражение на расстоянии от видимой границы очага грибкового поражения [6].

В подобных ситуациях однократного оперативного вмешательства может быть недостаточно. По данным литературы, риск рецидива грибковой инфекции после кератопластики может составлять от 6 до 16 %. Описаны случаи, когда требовалось до четырех повторных трансплантаций роговицы из-за повторного появления грибковой инфекции в кератотрансплантате [7, 8].

В тяжелых случаях грибковые клетки могут распространяться на лимб, склеру и увеальный тракт, что значительно ухудшает прогноз в отношении зрения и самого глаза, как органа.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определить истинную степень распространения мицелия нитчатых грибов в строме роговицы при кератомикозе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Моделирование кератита

Эксперимент проводили на базе кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» при одобрении локального этического комитета университета (протокол № 10 от 11.10.2023). Подготовка грибковых изолятов и лабораторное исследование было проведено сотрудниками НИИ медицинской микологии им. П.Н. Кашкина.

Моделирование кератита осуществляли на лабораторных кроликах породы «шиншилла» в операционной вивария испытательно-лабораторного центра

университета. В качестве способа формирования грибковой язвы применяли модель, разработанную А.Н. Самойловым, Н.И. Давлетшиной и соавт. [9, 10].

После введения животных в состояние нейролептанальгезии путем внутримышечного введения раствора ксилазина гидрохлорида 2 % и дополнительной эпibuльбарной анестезии раствором оксибупрокаина 0,4 % на роговицу с целью стерилизации конъюнктивальной полости, накладывали гемостатическую губку с 5 % спиртовым раствором формалина, на сутки надевали мягкую контактную линзу.

После лабораторного подтверждения стерильности, на протяжении трех суток закапывали 0,1 % раствор дексаметазона, после чего производили интрастромальные инъекции заранее подготовленной суспензией питательной среды Сабуро с пятисуточной культурой грибов *Fusarium solani*, гомогенизированной и смешанной с изотоническим раствором хлорида натрия с конечной плотностью микроорганизмов $1,0 \times 10^6$ клеток/мл. Помимо этого, производили скарификацию эпителия и обильное орошение поверхности роговицы суспензией с дополнительным закапыванием 99 % концентрата димексида для улучшения адгезии грибковых клеток. Затем поверхность роговицы покрывали мягкой контактной линзой.

После суточного перерыва процедуру повторяли вплоть до формирования четкой картины грибкового кератита. С целью подтверждения грибковой этиологии выполняли посев на наличие грибковой микрофлоры и после положительного результата выжидали 8 суток для увеличения размера патологического очага, затем начинали этап исследования. Из всех глаз (7 животных, 14 глаз) для дальнейшего исследования были отобраны 9, на которых линия разграничения здоровой и пораженной стромы была наиболее отчетливой, затем подопытных животных выводили из эксперимента, глазные яблоки удаляли, после чего проводили инструментальные исследования.

Инструментальное исследование

Для определения размера инфильтрата проводили:

- фотоконтроль с использованием щелевой лампы;
- оптическая когерентная томография (ОКТ) переднего отдела глаза;

Расчет протяженности инфильтрата по фото- и ОКТ-изображениям осуществляли при помощи программного обеспечения Adobe Acrobat Reader (Adobe Inc. США). Для учета поправки исходя из кривизны роговицы для плоскостного изображения производили перерасчет по ОКТ-изображению с помощью общего ориентира (зрачок) (рис. 1).

Затем производили измерение очага поражения в поперечном и продольном направлении на фотографии и при ОКТ (рис. 2) с дальнейшей оценкой достоверности разницы между показателями. Критериями, отличающими клинически здоровую ткань от пораженной на ОКТ-изображениях, считали наличие гиперрефлективных зон в строме с утолщением среза, а также наличие акустической тени.

Гистологическое исследование

Изготовление гистологических препаратов, а также морфологическую и морфометрическую оценку срезов роговицы выполняли на кафедре патологической анатомии СЗГМУ им. И.И. Мечникова.

После выведения животных из эксперимента и удаления глазных яблок, из них выкраивали корнеосклеральный лоскут с захватом 3–4 мм склеры и конъюнктивы, которые затем фиксировали в 10 % растворе забуференного нейтрального формалина в течении 24-х часов. Далее выполняли ручную проводку материалов со спиртами возрастающей концентрации и осуществляли вырезку нужной части роговицы. Пять параллельных срезов производили в сагиттальной плоскости вдоль 5 осей: через центр инфильтрата, через плоскость на расстоянии 3 и 6 мм от центра инфильтрата (рис. 3). Если позволяли размеры роговицы – выполняли дополнительный шестой срез по краю лимба.

Полученный материал заливали в парафиновые блоки, из которых в последующем формировали срезы тканей толщиной 3 мкм. Окраску гистологических препаратов осуществляли метенамином-серебром по Грокотту – Гомори для четкой визуализации грибковых клеток (рис. 4). Микроскопическое и морфометрическое исследование по гистотопограммам проводили с использованием программного обеспечения для оценки микропрепаратов Aperio AT2 (Leica Biosystems, Германия).

Затем на гистологических срезах измеряли протяженность распространения клеток грибков вдоль слоев вплоть до визуализации последней грибковой клетки, результаты сравнивали с измерениями в проекции тех же срезов на фотоизображении (рис. 5).

Также на всех гистологических срезах измеряли глубину инвазии грибковых клеток в строму роговицы или оценивали факт наличия их в глубже лежащих

структурах: влаги передней камеры, в составе гипопиона, на ткани радужки или на передней капсуле хрусталика.

Статистический анализ

Для анализа двух связанных выборок по отдельности в двух группах сравнения была использована система

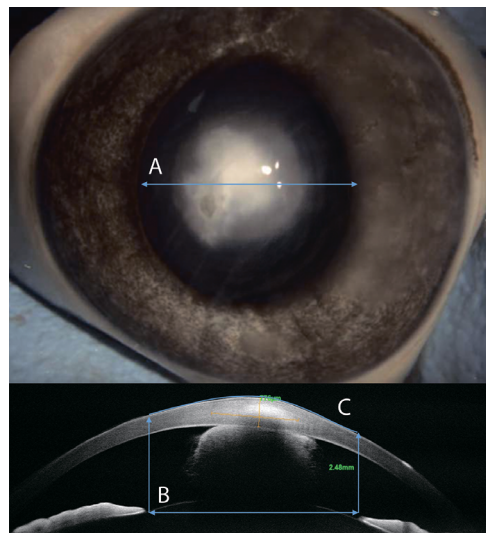


РИС. 1. Схема расчета поправки на кривизну роговицы с использованием ориентира (зрачок) на ОКТ-изображениях. Размер зрачка на фото (А) равен его измерению при ОКТ-исследовании (В). Диаметр роговицы в его проекции (С) больше из-за наличия кривизны. Путем их сравнения рассчитывали поправку для дальнейшего измерения размера очага по фотоизображению

FIG. 1. Calculation scheme of curvature correction using an anatomical reference point (the pupil) on OCT-images. The pupil diameter on the photograph (A) corresponds to its measurement on OCT (B). The projected corneal diameter (C) appears larger due to corneal curvature. Comparison of these values was used to calculate a correction factor for subsequent lesion size measurements on photographic images

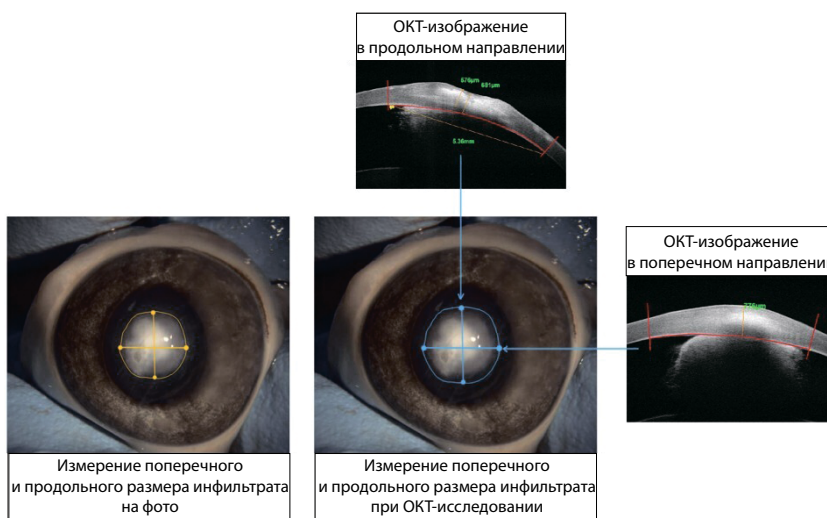


РИС. 2. Схематическое отображение процесса измерения поперечного и продольного размера инфильтрата на фото и на ОКТ-изображении

FIG. 2. Measurement process schematic representation of the corneal infiltrate in transverse and longitudinal dimensions on photographic images and corresponding OCT scans

«Statistica for Windows» (версия 12). Так как в выборках было малое количество наблюдений, использовали непараметрические методы. Количественные данные были оценены с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1-Q3). Парные выборки сравнивались с помощью критериев Знаков и Вилкоксона, рассчитывались коэффициенты ранговой корреляции Спирмена. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На 7–9-е сутки после начала контаминации удалось добиться формирования четкой биомикроскопической картины кератита с положительным результатом культурального исследования в 100 % случаев.

Сравнение результатов инструментальных исследований

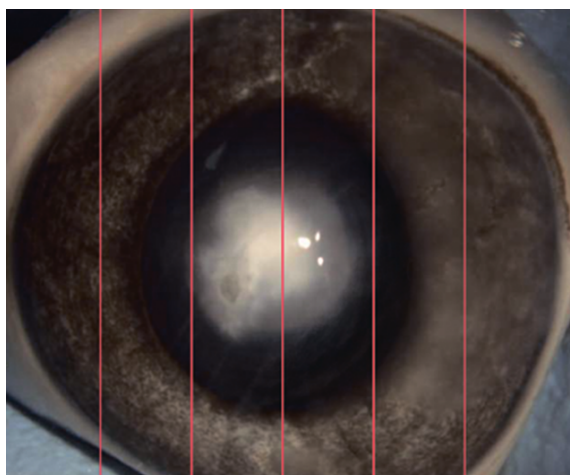


РИС. 3. Схема выполнения гистологических срезов: через центр патологического очага, затем на расстоянии 3 и 6 мм

FIG. 3. Schematic representation of histological sectioning: through the center of the pathological focus followed by sections obtained at distances of 3 mm and 6 mm

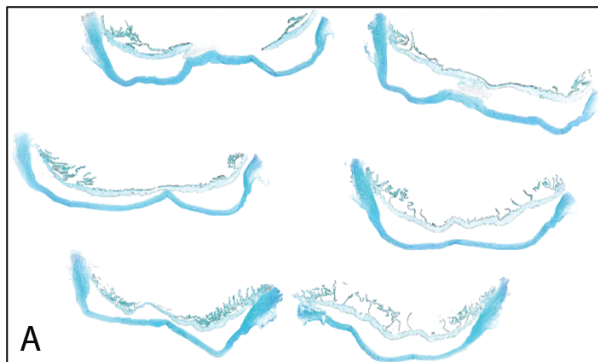


РИС. 4. Гистологические срезы, окрашенные метенамином-серебром по Грокотту – Гомори: А – вид на стекле, В – визуализация грибковых клеток (микрофотография, увеличение x400)

При сравнении результатов измерения продольные и поперечные размеры патологического очага на ОКТ-изображениях (Me = 4088,2 [3174,4; 4694,3] мкм) было несколько больше рассчитанного при фотофиксации (Me = 3795,5 [3117,6; 4106,3] мкм), однако при статистической оценке между ними не было выявлено значимой разницы (рис. 6).

Гистологическое исследование

В результате подсчета была выявлена разница между визуальной границей патологического очага на фотоизображениях (Me = 2448,4 [1896,8; 3500,5] мкм) и истинной границей на гистологических срезах (Me = 4009,5 [3108,1; 4874,0] мкм) ($p = 0,0036$) (рис. 6, 7).

При оценке глубины распространения грибковых клеток было обнаружено, что на восьмой день после формирования четкого грибкового инфильтрата грибковые клетки присутствовали на эндотелии или в составе гипопиона в передней камере в 100 % образцов (рис. 8).

ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе нашего исследования не удалось обнаружить значимую разницу между оценкой размеров патологического очага при визуальной оценке и при ОКТ исследовании роговицы, однако за счет комбинации инструментального офтальмологического и гистологического исследования была выявлена возможность распространения грибковых клеток за пределы видимого при биомикроскопии очага поражения.

При этом полученные данные не противоречат тому факту, что использование оптической когерентной томографии роговицы в значительной степени полезно при уточнении глубины и протяженности патологического очага, микроструктуры слоев роговицы, наличия сателлитных очагов отсева, в особенности при плохой визуализации из-за выраженного перифокального отека, а также позволяет визуализировать эндотелиальные бляшки более чем в 85 % случаев [6].

Результаты гистологического исследования соотносятся с более ранними работами, указывающими

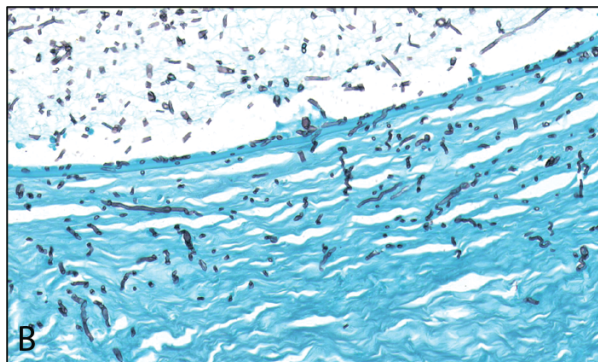


FIG. 4. Histological sections stained with Grocott – Gomori methenamine silver: А – macroscopic view of the slide, В – визуализация грибковых клеток (микрофотография, увеличение x400)

на возможное наличие грибковых клеток за пределами зоны клинического воспаления, к периферии от его визуального края [11].

Известно, что при кератите грибок распространяется вдоль коллагеновых пластин роговицы по плоскости, формируя сателлитные очаги, а также проникает глубже в строму сквозь слои до десцеметовой мембраны и далее. При этом, отдельные виды могут не выделять никаких хемотаксических веществ, что замедляет развитие иммунного ответа. В таком случае, в том числе при инфицировании *Fusarium solani*, неограниченный рост клеток в строме роговицы может быть основным поражающим фактором [12, 13].

При анализе литературы нами не были обнаружены исследования с количественной оценкой подобной инвазии, однако есть данные, которые могут косвенно согласовываться с результатами нашей работы, а именно, оценка эффективности лечения при различном объеме вмешательства.

Так, при проведении интрастромальных инъекций в непосредственной близости к краю патологического очага, повторные инъекции в количестве двух и более раз могут потребоваться в 15 % случаев [14].

Также при проведении сквозной кератопластики в фазе активного воспаления, уровень отторжения трансплантата может достигать 46–60,7 % случаев, ассоциированных с распространением возбудителей из тканевого ложа реципиента [15-18].

Исследованиями была подтверждена важность выбора достаточно крупного размера трансплантата с запасом визуально интактной ткани для предотвращения рецидива инфекции, вызванной *Fusarium solani*, однако вопрос оптимального размера остается спорным [19].

Некоторые авторы рекомендуют дополнительный захват визуально здоровой стромы равный 0,5–1,0 мм, обуславливая это возможностью нахождения грибковых элементов за пределами видимого края инфильтрата. Однако обоснование выбора данной дистанции в большинстве литературных источников основано су-
губо на клинических результатах [8].

Также в нашем исследовании было доказано, что распространение грибковых клеток во всех образцах происходит не только вдоль плоскости коллагеновых пластин, но также на всю толщину роговицы с появлением на эндотелии и во влаге передней камеры глаза.

Данные результаты могли бы указывать на потенциально большую эффективность сквозной кератопластики по сравнению с послойной, что не соответствует результатам более ранних клинических исследований, показывающих сопоставимый результат

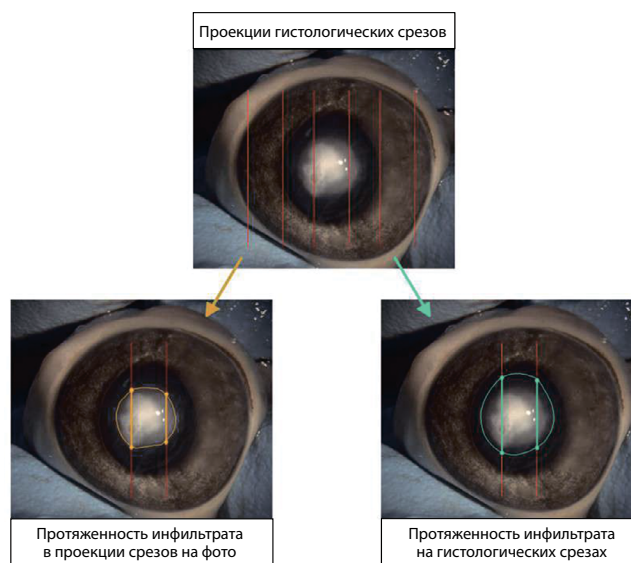


РИС. 5. Принцип измерения размеров очага в проекции гистологических срезов на фотоизображении и их проекции при гистологическом исследовании

FIG. 5. Lesion measurement scheme based on projection of histological sections onto photographic images and corresponding histological measurements

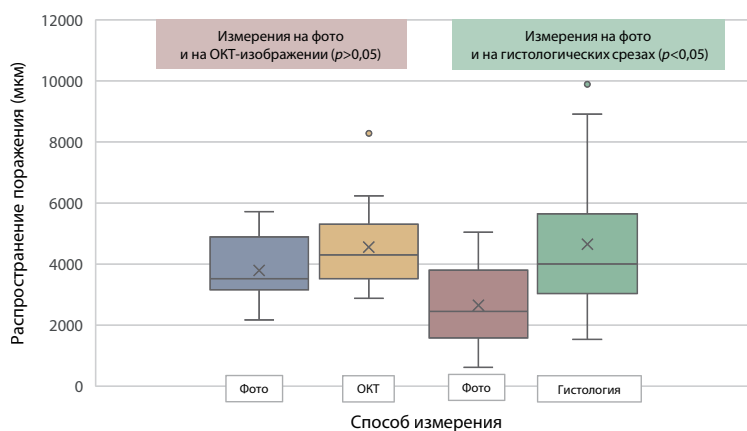


РИС. 6. Сравнение патологического очага на ОКТ и на фотоконтроле (слева), при гистологическом исследовании и на фотоконтроле (справа)

FIG. 6. Comparison of lesion extent assessed by OCT and photographic imaging (left) versus histological examination and photographic imaging (right)

эффективности обоих вариантов кератопластики: 84,6 % для послойной и 88 % для сквозной [20].

Это может быть связано с тем, что в условиях нашего эксперимента все грибковые поражения были глубокими из-за использования интрастромальных инъекций в процессе формирования модели, тогда как в реальной клинической практике большая часть грибковых поражений начинаются с поверхностных слоев, при поражении которых послойная кератопластика может быть операцией выбора.

Наша работа содержит ряд ограничений, в первую очередь связанных с использованием только одного вида возбудителей – *Fusarium solani*, который может иметь отличные от других свойства и характер распределения в тканях.

Известно, что представители грибов, вызывающие большой хемотаксис нейтрофилов (*Aspergillus fumigatus*, *Candida albicans*), приводят к разрушению слоев коллагена, активной воспалительной реакции и быстрому проникновению глубоко в ткань роговицы [21].

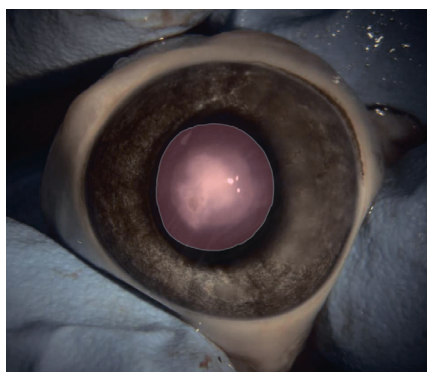


РИС. 7. Граница истинного распространения грибковых клеток за пределы инфильтрата в строме роговицы по результатам гистологического исследования (красная зона – распространение грибковых клеток)

FIG. 7. Fungal cell spread beyond the visible lesion within the corneal stroma based on histological findings (red area indicates fungal cell extension)

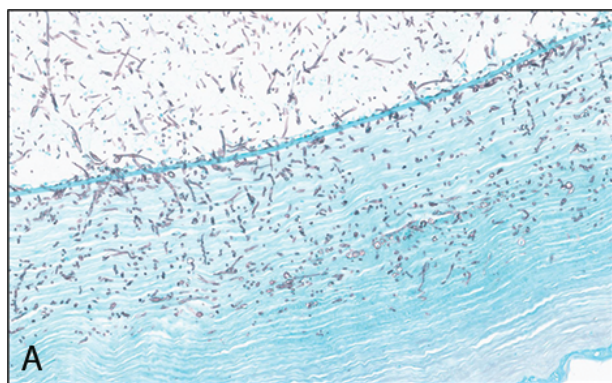


РИС. 8. Грибковые клетки на эндотелии роговицы (А) и в составе гипопиона (В) (микрофотографии, окраска метенамином серебра по Грокотту – Гомори, ув. x400)

В свою очередь, виды с низкой адгезивной способностью (*Fusarium solani*, *Penicillium spp.*) вызывают менее активную нейтрофильную инфильтрацию и разрушение коллагеновых слоев, в связи с чем рост, в первую очередь, наблюдается вдоль плоскости роговицы параллельно ламеллам и может в большей степени распространяться за пределы видимого очага, что может косвенно подтверждать результаты исследования эффективности интрастромальных инъекций при грибковом кератите, которые имеют большую эффективность при инвазии грибами рода *Aspergillus*, чем при инвазии *Fusarium* [22].

Также значительным ограничением является экспериментальный характер исследования, что может быть исправлено дальнейшей проспективной оценкой частоты рецидива грибкового кератита при различном объеме хирургического вмешательства в реальной клинической практике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учётом полученных данных можно сделать вывод, что на восьмые сутки воспаления истинное распространение грибковых клеток *Fusarium solani* вдоль стромы роговицы может значительно превышать видимую зону поражения. Данный факт может являться одной из причин неэффективности хирургического лечения грибкового кератита. Адекватный объем хирургических вмешательств, подразумевающий захват зоны визуально интактной роговицы, потенциально может стать фактором, улучшающим исходы лечения.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии источников финансирования в форме предоставления грантов, оборудования, лекарственных препаратов или всего перечисленного.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

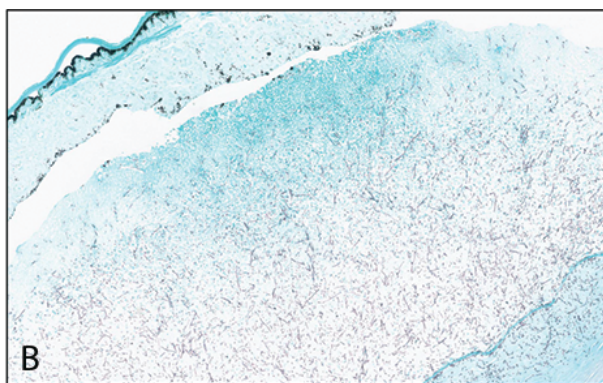


FIG. 8. Fungal elements detected on the corneal endothelium (A) and within hypopyon material (B) (photomicrographs; Grocott – Gormi methenamine silver stain; x400)

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Flaxman SR, Bourne RRA, Resnikoff S, et al. Global causes of blindness and distance vision impairment 1990-2020: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob Health*. 2017; 5(12): e1221-e1234. doi: 10.1016/S2214-109X(17)30393-5
2. Brown L, Leck AK, Gichangi M, et al. The global incidence and diagnosis of fungal keratitis. *Lancet Infect Dis*. 2021; 21(3): e49-e57. doi: 10.1016/S1473-3099(20)30448-5
3. Tan SZ, Walkden A, Au L, et al. Twelve-year analysis of microbial keratitis trends at a UK tertiary hospital. *Eye (Lond)*. 2017; 31(8): 1229-1236. doi: 10.1038/eye.2017.55
4. Давлетшина Н.И., Самойлов А.Н. Эпидемиология и методы лечения грибковых кератитов. *Вестник офтальмологии*. 2020; 136(4): 138-145. [Davletshina NI, Samoylov AN. Epidemiology and treatment of fungal keratitis. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2020; 136(4): 138-145. (In Russ.)]. doi: 10.17116/oftalma2020136041138
5. Скрябина Е.В., Астахов Ю.С., Коненкова Я.С., и др. Диагностика и лечение грибкового кератита. Часть I. *Офтальмологические ведомости*. 2018; 11(3): 63-73. [Skryabina YeV, Astakhov YuS, Konenkova YaS, et al. Diagnosis and treatment of fungal keratitis. Part I. *Ophthalmology Journal*. 2018; 11(3): 63-73. (In Russ.)]. doi: 10.17816/OV11363-73
6. Sitnova AV, Svetozarskiy SN. Modern Technologies in Diagnosis of Fungal Keratitis (Review). *Sovrem Tekhnologii Med*. 2023; 15(2): 73-84. doi: 10.17691/stm2023.15.2.07
7. Ковалева Л.А., Кричевская Г.И., Макаров П.В., и др. Грибковая язва роговицы, осложненная эндофтальмитом: особенности клинико-лабораторной диагностики и тактика лечения. *Российский офтальмологический журнал*. 2022; 15(1): 19-24. [Kovaleva LA, Krichevskaya GI, Makarov PV, et al. Fungal corneal ulcer complicated by endophthalmitis: clinical and laboratory diagnostics, treatment tactics. *Russian ophthalmological journal*. 2022; 15(1): 19-24 (In Russ.)]. doi: 10.21516/2072-0076-2022-15-1-19-24
8. Awad R, Ghaith AA, Awad K, Mamdouh SM, Elmassry AA. Fungal Keratitis: Diagnosis, Management, and Recent Advances. *Clin Ophthalmol*. 2024; 18: 85-106. doi: 10.2147/OPHT.S447138
9. Давлетшина Н.И., Самойлов А.Н. Экспериментальная модель грибкового кератитуеита с язвой роговицы, основанная на анализе этиологии клинических наблюдений грибкового кератита. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2023; 18(3): 100-103. [Davletshina NI, Samoylov AN. Experimental model of mycotic keratouveitis based on the analysis of fungal keratitis clinical cases. *Bulletin of Pirogov National Medical and Surgical Center*. 2023; 18(3): 100-103. (In Russ.)]. doi: 10.25881/20728255_2023_18_3_100
10. Патент № 2746647 С1 Российская Федерация. Способ создания экспериментальной модели грибкового кератитуеита у кроликов: № 2020130970: заявл. 21.09.2020: опубл. 19.04.2021/Самойлов А.Н., Давлетшина Н.И., Шакирова Ф.В. и др.; заявитель и патенто-обладатель ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. [Patent No. 2746647 С1 Russian Federation. Method for creating an experimental model of fungal keratouveitis in rabbits: No. 2020130970: declared 09/21/2020: published 04/19/2021/Samoilov AN, Davletshina NI, Shakirova FV, et al.; applicant and patent holder Kazan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. (In Russ.)].
11. Vemuganti GK, Murthy SI, Das S. Update on pathologic diagnosis of corneal infections and inflammations. *Middle East Afr J Ophthalmol*. 2011; 18(4): 277-84. doi: 10.4103/0974-9233.90128
12. Castano G, Elnahry AG, Mada PK. *Fungal Keratitis*. [Updated 2024 Feb 12]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493192/> [date of access: February 1, 2026]
13. Шиловских О.В., Пономарев В.О., Тимофеев В.Л. Грибковый кератит. Часть 1. Этиоморфология, исторические аспекты, эпидемиология, факторы риска, патогенез и клинические особенности. *Офтальмология*. 2023; 20(3): 423-430. [Shilovskikh OV, Ponomarev VO, Timofeev VL. Fungal Keratitis. Part 1. Etiomorphology, Historical Aspects, Epidemiology, Risk Factors, Pathogenesis and Clinical Features. *Ophthalmology in Russia*. 2023; 20(3): 423-430. (In Russ.)]. doi: 10.18008/1816-5095-2023-3-423-430
14. Kalaiselvi G, Narayana S, Krishnan T, Sengupta S. Intrastromal voriconazole for deep recalcitrant fungal keratitis: a case series. *Br J Ophthalmol*. 2015; 99(2): 195-8. doi: 10.1136/bjophthalmol-2014-305412
15. Khor WB, Prajna VN, Garg P, et al. AC-SIKS Group. The Asia Cornea Society Infectious Keratitis Study: A Prospective Multicenter Study of Infectious Keratitis in Asia. *Am J Ophthalmol*. 2018; 195: 161-170. doi: 10.1016/j.ajo.2018.07.040
16. Chatterjee S, Agrawal D. Recurrence of Infection in Corneal Grafts After Therapeutic Penetrating Keratoplasty for Microbial Keratitis. *Cornea*. 2020; 39(1): 39-44. doi: 10.1097/ICO.0000000000002044
17. Koçluk Y, Sukgen EA. Results of therapeutic penetrating keratoplasty for bacterial and fungal keratitis. *Int Ophthalmol*. 2017; 37(5): 1085-1093. doi: 10.1007/s10792-016-0372-7
18. Lomholt JA, Ehlers N. Graft survival and risk factors of penetrating keratoplasty for microbial keratitis. *Acta Ophthalmol Scand*. 1997; 75(4): 418-22. doi: 10.1111/j.1600-0420.1997.tb00405.x
19. Berger T, Seitz B, Flockerzi F, Daas L. Recurrent Filamentous Fungal Keratitis Caused when the Primarily Selected Graft Diameter was Too Small. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2023; 240(9): 1098-1102. doi: 10.1055/a-1756-5147
20. Anshu A, Parthasarathy A, Mehta JS, et al. Outcomes of therapeutic deep lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty for advanced infectious keratitis: a comparative study. *Ophthalmology*. 2009; 116(4): 615-23. doi: 10.1016/j.ophtha.2008.12.043
21. Dong X, Shi W, Zeng Q, Xie L. Roles of adherence and matrix metalloproteinases in growth patterns of fun-

gal pathogens in cornea. *Curr Eye Res.* 2005; 30(8): 613–620. doi: 10.1080/02713680590968196

fungal keratitis: Case series. *Br J Ophthalmol.* 2011; 95: 1735-7. doi: 10.1136/bjo.2010.192815

22. Sharma N, Agarwal P, Sinha R, et al. Evaluation of intrastromal voriconazole injection in recalcitrant deep

Сведения об авторах

Бойко Эрнест Витальевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой офтальмологии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»; директор Санкт-Петербургского филиала ФГАУ «НМИЦ «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; e-mail: Ernest.Boiko@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7413-7478>

Васильева Наталья Всеволодовна – доктор биологических наук, профессор, директор НИИ медицинской микологии им. П.Н. Кашкина, ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»; e-mail: Natalya.vasileva@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3693-5468>

Трунин Евгений Михайлович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой оперативной и клинической хирургии с топографической анатомией им. С.А. Симбирцева ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»; e-mail: Evgeniy.Trunin@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2452-0321>

Щемеров Николай Васильевич – аспирант кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»; e-mail: Shemerovvv@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9874-6665>

Татаркин Владислав Владимирович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры оперативной и клинической хирургии с топографической анатомией им. С.А. Симбирцева ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»; e-mail: vladislav.tatarkin@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9599-3935>

Босак Илья Алексеевич – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник НИИ медицинской микологии им. П.Н. Кашкина ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»; e-mail: Ilya.Bosak@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0193-9103>

Пресняков Евгений Валерьевич – научный сотрудник НИИ морфологии человека им. акад. А.П. Авцына ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского»; e-mail: uvpres@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1546-5129>

Сорочану Ирина – научный сотрудник НИИ морфологии человека им. акад. А.П. Авцына ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского»; e-mail: ipsorochanu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6909-8937>

Сидина Анастасия Сергеевна – клинический ординатор 1-го года кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»; e-mail: Nastya.sidina@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-7720-7737>

Жумабек Даурен Ермекович – клинический ординатор 2-го года кафедры глазных болезней ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы»; e-mail: dau-renzhzh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7298-3999>

Томазова Вероника Сергеевна – студент 5 курса лечебного факультета ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»; e-mail: Toma-zovaVS@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-9672-8010>

Деев Роман Вадимович – кандидат медицинских наук, и.о. директора НИИ морфологии человека им. акад. А.П. Авцына ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского»; e-mail: romdey@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8389-3841>

Information about the author

Ernest V. Boyko – Dr. Sc. (Med.), professor, head of the Department of Ophthalmology of the NWSMU named after I. I. Mechnikov; director of the S. Fyodorov «Eye Microsurgery» Federal State Institution, St. Petersburg Branch; e-mail: Ernest.Boiko@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7413-7478>

Natalia V. Vasilyeva – Dr. Sc. (Biol.), professor, director of the Kashkin Research Institute of Medical Mycology; e-mail: Natalya.vasileva@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3693-5468>

Evgeny M. Trunin – Dr. Sc. (Med.), professor, head of the Department of Operative and Clinical Surgery with Topographic Anatomy named after S.A. Simbirtsev, NWSMU named after I.I. Mechnikov; e-mail: Evgeniy.Trunin@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2452-0321>

Nikolay V. Shchemerov – postgraduate student of the Department of Ophthalmology, NWSMU named after I.I. Mechnikov; e-mail: Shemerovvv@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9874-6665>

Vladislav V. Tatarkin – Cand. Sc. (Med.), associate professor of the Department of Operative and Clinical Surgery with Topographic Anatomy named after S.A. Simbirtsev, NWSMU named after I.I. Mechnikov; e-mail: vladislav.tatarkin@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9599-3935>

Ilya A. Bosak – Cand. Sc. (Med.), senior researcher at the Kashkin Institute of Medical Mycology; e-mail: Ilya.Bosak@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0193-9103>

Evgenii V. Presnyakov – researcher at the Avtsyn Research Institute of Human Morphology, Petrovsky National Research Centre of Surgery; e-mail: uvpres@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1546-5129>

Irina Sorochanu – researcher at the the Avtsyn Research Institute of Human Morphology, Petrovsky National Research Centre of Surgery; e-mail: ipsorochanu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6909-8937>

Anastasia S. Sidina – 1st year clinical resident of the Department of Ophthalmology, NWSMU named after I.I. Mechnikov; e-mail: Nastya.sidina@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-7720-7737>

Dauren E. Zhumabek – 2nd year clinical resident of the Department of Eye Diseases of the Medical Institute of RUDN University named after Patrice Lumumba; e-mail: daurenzhzh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7298-3999> Veronika S. Tomazova – a 6th year student of the Faculty of Medicine, NWSMU named after I.I. Mechnikov; e-mail: TomazovaVS@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-9672-8010>

Roman V. Deev – Cand. Sc. (Med.), Acting Director of the Avtsyn Research Institute of Human Morphology, Petrovsky National Research Centre of Surgery; e-mail: romdey@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8389-3841>