

УДК [004.94:616.921.5]:616.314-051

<https://doi.org/10.23946/2500-0764-2023-8-2-67-76>

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ОСТРЫХ РЕСПИРАТОРНЫХ ВИРУСНЫХ ИНФЕКЦИЙ У МЕДИЦИНСКИХ СОТРУДНИКОВ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

ИВАНОВ Д.Ю.*, ДРОЗДОВА О.М., ЗАХАРОВА Ю.В., ТЁ Е.А., ШЕЛЕПАНОВА О.А.

*ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, г. Кемерово, Россия*

Резюме

Цель. В имитационном моделировании изучить воздушно-капельный путь передачи острых респираторных вирусных инфекций у медицинского персонала стоматологических медицинских организаций.

Материалы и методы. Для изучения роли воздушно-капельного пути передачи острых респираторных вирусных инфекций (ОРВИ) у медицинского персонала стоматологических поликлиник в процессе лечения разработана имитационная модель, в которой в качестве модели вируса использован бактериофаг *E. coli*, входящий в состав препарата «Интести-бактериофаг». Бактерией-хозяином служил штамм *Escherichia coli* М-17, входящий в состав лечебного препарата «Колибактерин». Титр фага по Аппельману составил 10^{-5} БОЕ/мл. Эксперимент проводился в условиях стоматологического кабинета поликлиники с участием медицинского персонала и предусматривал контаминацию бактериофагом полости рта стоматологического манекена (A-Dec Simulator REF: 4820) во время лечения кариеса с применением аэрозольгенерирующих технологий и обнаружением его во внешней среде. Распространение бактериофага оценивали в 5 сериях эксперимента на основании выделения его в пробах воздуха стоматологического кабинета ($n = 50$), смывов с поверхностей инструментов и оборудования

($n = 90$), средств индивидуальной защиты врача-стоматолога ($n = 80$).

Результаты. Установлена интенсивная контаминация бактериофагом во время лечения кариеса у манекена с применением аэрозольгенерирующих технологий объектов внешней среды. Фаг выделен во всех пробах воздуха в зоне лечения (100,00% [95% ДИ 47,82-134,48]) и в 20% проб на расстоянии 160 см – в зоне выхода из кабинета. Бактериофаг, распространяясь воздушными потоками, контаминировал СИЗ врача: защитные очки, перчатки, рукава халата в 100,00% [95% ДИ 47,82-134,48]) проб, внутреннюю поверхность очков (40,00% [95% ДИ 5,27-85,34]) и медицинской маски (80,00% [95% ДИ 28,36-99,49]).

Заключение. Разработана имитационная модель, которая обеспечивает биологическую безопасность, позволяет изучить воздушно-капельный путь распространения возбудителей ОРВИ при оказании стоматологической помощи. Установлена интенсивная контаминация фагом воздуха стоматологического кабинета в зоне лечения и средств индивидуальной защиты, а также внутренних поверхностей медицинской маски и защитных очков врача-стоматолога. Детальное изучение воздушно-капельного пути передачи инфекции в стоматологической практике необходимо для совершенствования профилактики ОРВИ у медицинского персонала.

Для цитирования:

Иванов Д.Ю., Дроздова О.М., Захарова Ю.В., Тё Е.А., Шелепанова О.А. Имитационное моделирование распространения возбудителей острых респираторных вирусных инфекций у медицинских сотрудников стоматологических организаций. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2023;8(2): 67-76. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2023-8-2-67-76>

*Корреспонденцию адресовать:

Иванов Данил Юрьевич, 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Ворошилова, д. 22а, ivanovdani1991@gmail.com
© Иванов Д.Ю. и др.

Ключевые слова: стоматология, персонал, респираторные инфекции, вирусы, воздушно-капельный путь передачи, аэрозольгенерирующие технологии, бактериофаг

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования

Собственные средства.

ORIGINAL RESEARCH

SIMULATION OF ACUTE RESPIRATORY VIRAL INFECTIONS PATHOGEN SPREAD IN DENTISTS

VDANIL YU. IVANOV *, OLGA M. DROZDOVA, YULIA V. ZAKHAROVA, ELENA A. TE1, OLGA A. SHELEPANOVA

Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russian Federation

English ►

Abstract

Aim. To study the airborne transmission of acute respiratory viral infections (ARVIs) in medical care workers of dental clinics.

Materials and Methods. We developed a simulation model in which the bacteriophage *E. coli*, which is a part of the drug "Intesti-bacteriophage", was used as a model of the virus. The host bacterium was *Escherichia coli* strain M-17, which is part of the Kolibakterin drug. The phage titer according to Appelman was 10^{-5} plaque-forming units per mL. The experiment was conducted in outpatient care dental office with the participation of medical care workers and implied the contamination of the dental dummy oral cavity by the bacteriophage (A-Dec Simulator REF: 4820) during the treatment of tooth decay by means of aerosol-generating technologies and further detection of the bacteriophage in the environment. Bacteriophage spread was evaluated in 5 series of experiments by collecting the samples from dental office air ($n = 50$), surfaces of equipment ($n = 90$), and personal protective equipment of a dentist ($n = 80$).

Results. We found an intensive contamination by bacteriophages during the treatment of tooth decay with the use of aerosol-generating technol-

ogies. Phage was isolated in all air samples in the treatment area (100.00% [95% CI 47.82-134.48]) and in 20% of samples at a distance of 160 cm (near the exit). Bacteriophages spread by air currents contaminated the personal protective equipment: protective glasses, gloves, and sleeves of a robe in 100.00% [95% CI 47.82-134.48]) of samples. We have also found a frequent contamination of the inner surface of glasses (40.00% [95% CI 5.27-85.34]) and a medical mask (80.00% [95% CI 28.36-99.49]).

Conclusion. We developed a model to study the airborne transmission of ARVI pathogens spread during dental care. Intensive phage contamination of the dental office air and personal protective equipment has been established. A detailed study of the airborne transmission of ARVIs is necessary to improve their prevention in dental workers.

Keywords: dentistry, medical care workers, respiratory infections, viruses, airborne transmission, aerosol-generating technologies, bacteriophages.

Conflict of Interest

None declared.

Funding

There was no funding for this project

For citation:

Danil Yu. Ivanov, Olga M. Drozdova, Yulia V. Zakharova, Elena A. Te1, Olga A. Shelepanova. Simulation of acute respiratory viral infections pathogen spread in dentists. *Fundamental and Clinical Medicine*. (In Russ.). 2023;8(2): 67-76. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2023-8-2-67-76>

*Corresponding author:

Danil Yu. Ivanov, 22a, Voroshilova Street, Kemerovo, 650056, Russian Federation, E-mail: ivanovdanil1991@gmail.com

© Danil Yu. Ivanov, et al.

Введение

Стоматологические заболевания широко распространены во всем мире [1]. Самой распространённой патологией является кариес зу-

бов, которым поражено около 2 миллиардов взрослых и 520 миллионов детей [2], что определяет частую обращаемость населения за медицинской помощью. В Российской Федерации

только в 2021 году зарегистрировано 243 млн посещений стоматологических организаций разных форм собственности [3].

Приём таких пациентов в стоматологической практике отличается от приёма у врачей других специальностей в амбулаторно-поликлинических организациях [4, 5]. Продолжительность лечения у стоматолога может продолжаться от 40 мин до часа и более [6]. При этом персонал находится на близком расстоянии от больного, в 20–30 см от его полости рта, в зоне возможной реализации воздушно-капельного пути передачи респираторных инфекций [7].

Следует отметить высокий уровень заболеваемости острыми респираторными инфекциями. В России в 2021 году болел каждый четвёртый житель страны (26252,14 на 100 тыс. населения)¹. Исследованием Федеральной службы Роспотребнадзора, выполненным на территории страны в 2020 году, установлено, что среди условно здорового населения от 9 до 15% инфицировано возбудителями острых респираторных вирусных инфекций (ОРВИ) [8]. Инфицированные люди могут обращаться в разные медицинские организации, в том числе в стоматологические, создавая риски возникновения и распространения инфекций среди пациентов и персонала.

С распространением пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 [9, 10] проблема заболеваемости персонала ОРВИ встала особенно остро [11] и привела к ограничению оказания медицинской помощи [12]. Респираторные инфекции распространяются посредством аэрогенного механизма передачи при разговоре, кашле, чихании [13]. В стоматологической практике риск заболеваний существенно возрастает при использовании оборудования, генерирующего биоаэрозоль [7]. В этом аэрозоле, кроме дистиллированной воды, частиц слюны, крови, опилок тканей, пломбировочного материала могут содержаться разные представители микробиоты ротовой полости, носоглотки и дыхательных путей пациента, в том числе патогенные для человека [14], создавая риск инфицирования персонала. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендовала в период пандемии инфекции COVID-19 [12] уменьшить использование аэрозольген-

рирующих технологий (АГТ), которые активно применяются в стоматологии [15].

Вместе с тем заболеваемость ОРВИ у медицинского персонала в стоматологии изучена недостаточно. Нами установлено, что инцидентность ОРВИ сотрудников в стоматологии в 2,5 раза выше по сравнению с персоналом других амбулаторно-поликлинических организаций [16]. Для обоснования рациональных мер профилактики этих инфекций необходимо детальное изучение воздушно-капельного пути передачи в условиях интенсивного применения АГТ в стоматологической практике.

Цель исследования

В имитационном моделировании изучить воздушно-капельный путь передачи возбудителей острых респираторных вирусных инфекций у медицинского персонала стоматологических медицинских организаций.

Материалы и методы

Для изучения воздушно-капельного пути распространения возбудителей ОРВИ в условиях стоматологической практики и обеспечения биологической безопасности эксперимента разработана имитационная модель, в которой распространение патогенных вирусов с воздушным аэрозолем имитировали бактериофагом энтеропатогенной *E. coli*, входящего в состав лекарственного препарата «Интести-бактериофаг»², размеры которого сопоставимы с большинством вирусов респираторных инфекций. В качестве бактерии-хозяина *in vitro* подобран штамм *Escherichia coli* M-17, входящий в состав лечебного препарата «Колибактерин»³. Титр фага составил 10^{-5} БОЕ/мл по Аппельману.

Исследование проводили на стоматологической установке A-Dec Simulator REF: 4820, укомплектованной манекеном головы пациента, системами подачи воды, воздуха, освещения и т.д. Во время эксперимента врач-стоматолог выполнял лечение кариеса зуба жевательной группы у манекена (Класс III по Блэку) в течение 30 мин в соответствии с действующими клиническими рекомендациями⁴. Для

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022.–340 с.

² Интести-бактериофаг. Регистрационное удостоверение № ЛС-001999 от 25.10.2011 г.

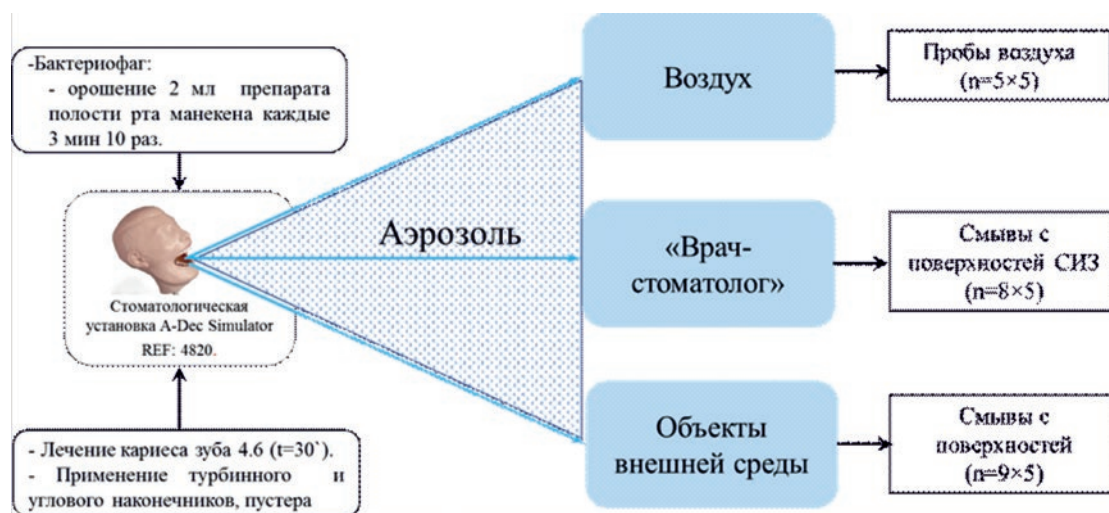
³ Колибактерин сухой. Регистрационное удостоверение № ЛСР-004224/09 от 28.05.2009 г.

⁴ Клинические рекомендации (протоколы лечения) при диагнозе КАРИЕС ЗУБОВ (утверждены Постановлением № 15 Совета Ассоциации общественных объединений «Стоматологическая Ассоциация России» от 30.09.2014 г.).

Рисунок 1.

Схема имитационного исследования воздушно-капельного пути распространения возбудителей ОРВИ во время лечения кариеса с применением АГТ.

Figure 1. Simulation of airborne spread of ARVI pathogens during the treatment of tooth decay with the use of aerosol-generating technologies.



имитации слюноотделения орошали полость рта манекена каждые 3 минуты 2,0 мл жидкого бактериофага в течение всего времени лечения. Врач применял стандартные средства индивидуальной защиты (медицинская маска, шапочка, защитные очки, медицинский костюм, одноразовый хирургический халат и нестерильные перчатки). Участие медицинского персонала в исследовании было добровольным. Медицинский работник подписал информированное согласие, где разъяснялись цель, задачи исследования, указывались применяемые средства и методы. На проведение исследования получено согласие этического комитета ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» (протокол № 289 от 08.06.2022г.).

В процессе лечения использовался стандартный набор стоматологических инструментов (зеркало, пинцет, штопфер, зонд, шпатель), турбинный наконечник (CX207-B1-SP) со скоростью вращения бора 300 000 об/мин и угловой наконечник для микромотора (CX245-1) со скоростью 40 000 об/мин. Работа каждого наконечника продолжалась около 10 минут. Эксперимент повторялся пять раз.

Для оценки интенсивности распространения бактериофага было отобрано и исследовано 25 проб воздуха, 85 смывов с объектов внешней среды и СИЗ врача-стоматолога (рисунок 1). Те же объекты были исследованы перед каждой серии экспериментом для контроля отсутствия бактериофага.

Контаминацию воздуха стоматологического кабинета бактериофагом определяли методом седиментации в пяти точках на разном расстоянии от манекена: в зоне работы врача (< 35 см), ассистента (60 см), за головой манекена (80

см), возле блока управления установкой (80 см) и на выходе из кабинета (160 см). Чашки Петри с мясопептонным агаром (МПА), засеянные *E. coli* M-17, оставляли открытыми во время лечения и в течение 20 минут после завершения лечения для осаждения взвешенных частиц.

Для оценки контаминации фагом врача-стоматолога и объектов внешней среды делали смывы, которые отбирали одноразовыми тампонами, зонд тампонами (тупферами, Unicornmed, Россия), смоченными мясопептонным бульоном (ФБУН ГНЦ ПМБ, Оболенск) в соответствии с методическими рекомендациями⁵. Контаминацию врача оценивали по обнаружению фага в смывах с открытых участков кожи лба, области яремной вырезки, наружной и внутренних поверхностей защитных очков, внутренней поверхности медицинской маски и области рукавов и груди медицинского халата, перчаток с рук стоматолога. Для обнаружения фага на внутренней поверхности медицинской маски вырезали фрагмент внутреннего слоя размером 2×2 см и помещали в пробирку с мясопептонным бульоном с соблюдением правил асептики, антисептики.

Контаминацию внешней среды изучали в смывах на поверхностях 9 объектов: стоматологических инструментов (зеркало, пинцет, штопфер, зонд, шпатель), наконечников (турбинного и углового), водовоздушного пистолета, полимеризационной лампы, столиков врача и ассистента, блока управления, ручки стоматологического светильника и участка стены на расстоянии 1,3 м и на высоте 1,2 м.

⁵ МУК 4.2.2942-11 «Методы санитарно-бактериологических исследований объектов окружающей среды, воздуха и контроля стерильности в лечебных организациях»

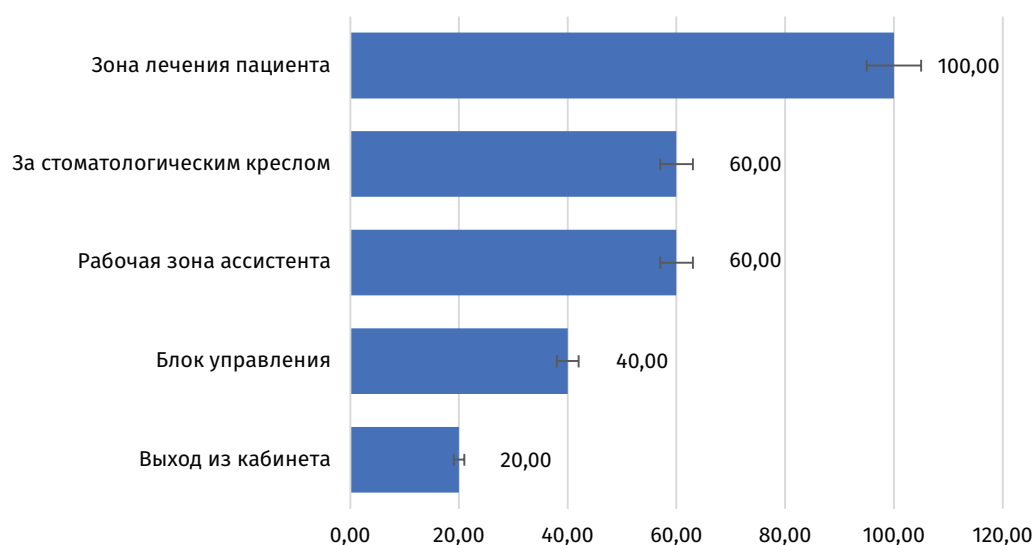


Рисунок 2.
Обнаружение бактериофага в воздухе стоматологического кабинета (n = 25), %

Figure 2.
Detection of bacteriophages in the air of the dental office (n = 25), %

В пробирки со смывами с объектов внешней среды добавляли 2 капли 18-часовой культуры штамма-хозяина (*E. coli* M-17). При исследовании проб воздуха, «газонную» культуру *E. coli* M-17 смывали 2 мл мясопептонного бульона для подрачивания фага. После инкубации при 37°C в течение 18 часов пробирки со смывами прогревали на водяной бане при 56°C для удаления бактерий. Затем из каждой пробы делали высевы на простой питательный агар (ФБУН ГНЦ ПМБ, Оболенск), засеянный сплошным газоном культурой *E. coli* M-17. Результаты учитывали после инкубации при 37 °C через 18 часов и считали положительным, если на месте нанесения капли обнаруживалось негативное (прозрачное) пятно лизиса бактерий⁶.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2013 (корпорации Microsoft). Данные представлены в виде относительных показателей. Доверительные интервалы вычислялись для 95% доверительной вероятности.

Результаты

В процессе лечения кариеса у стоматологического манекена с применением АГТ бактериофаг распространился по всему кабинету и был обнаружен в каждой второй пробе воздуха (56,00% [95% ДИ 34,93-75,60]). Частота обнаружения фаговых частиц в воздухе зависела от расстояния. Фаг был выделен на минимальном расстоянии от полости рта манекена

(35 см) во всех пробах воздуха в зоне лечения и работы врача (100,00% [95% ДИ 47,82-134,48]). В воздухе рабочей зоны ассистента и за головой манекена удельный вес положительных проб уменьшился до 60,00% [95% ДИ 14,66-94,73]. Ещё реже фаг выделяли в зоне блока управления стоматологической установкой (40,00% [95% ДИ 5,27-85,34]). У выхода из кабинета бактериофаг был найден только в каждой 5-й пробе (20,00% [95% ДИ 0,51-71,64]) (рисунок 2).

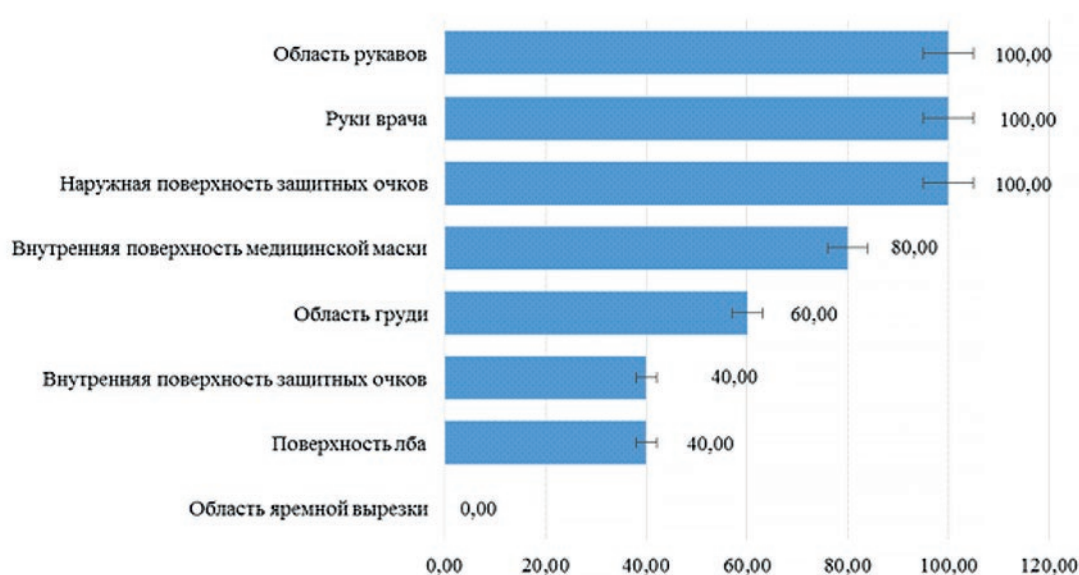
Интенсивное распространение аэрозоля в зоне лечения определило контаминацию СИЗ врача-стоматолога, который проводил лечение. Бактериофаг постоянно выделяли с поверхности перчаток врача, наружной поверхности его защитных очков и нижней трети рукавов медицинского халата (100,00% [95% ДИ 47,82-134,48]). В области груди халат был инфицирован бактериофагом только в 60,00% [95% ДИ 11,81-88,19] проб.

В нашем исследовании показано, что частицы аэрозоля интенсивно проникают через медицинскую маску, несмотря на плотное прилегание к лицу. При исследовании её внутренней поверхности фаг обнаружен в 80,00% [95% ДИ 28,36-99,49]) смывах. Контаминированной оказалась внутренняя поверхность защитных очков (40,00% [95% ДИ 5,27-85,34]). С такой же частотой фаг был выделен с кожи лба врача-стоматолога (40,00% [95% ДИ 5,27-85,34]), а в области яремной вырезки фаг не был обнаружен ни в одной серии эксперимента (рисунок 3).

⁶ МР 3.5.1.0101-15 «Биологический метод дезинфекции с использованием бактериофагов»

Рисунок 3.
Контаминация бактериофагом врача-стоматолога во время лечения (n = 40), %

Figure 3.
Contamination of the dentist by the bacteriophages during the treatment of tooth decay (n = 40), %



Водовоздушный пистолет, стоматологические инструменты, которые использовались во время лечения, подвергались воздействию аэрозоля. На их поверхностях фаг обнаруживали во всех пробах. На столике врача стоматолога с инструментами фаг был выявлен в 100,00% смывов [95% ДИ 47,82-134,48]. Стоматологические наконечники были контаминированы фагом в 80,00% [95% ДИ 28,36-99,49] проб. Только в 60,00% [95% ДИ 14,66-94,73] проб выделялся «модельный» вирус с поверхности ручки стоматологического светильника. На поверхности столика ассистента и блока управления стоматологической установкой препарат был обнаружен в 40,00% [95% ДИ 5,27-85,34] смывов.

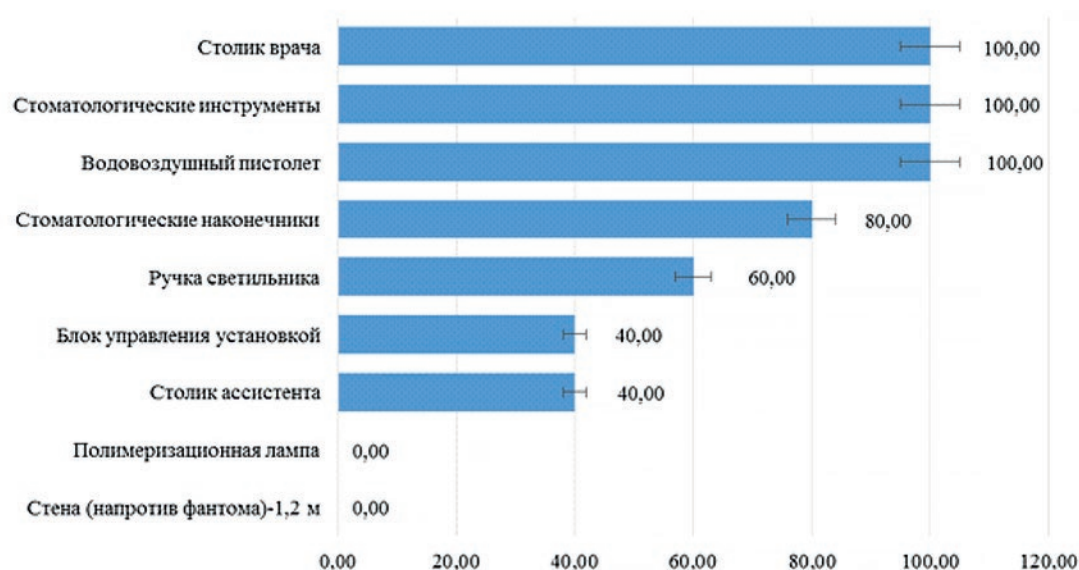
Исследованием поверхности полимеризационной лампы, а также поверхности стены на высоте 1,2 м бактериофаг не удалось обнаружить фаг ни в одном эксперименте (рисунки 4).

Обсуждение

Возрождение интереса к проблеме обеспечения эпидемиологической безопасности воздушной среды и риска инфицирования медицинского персонала обусловлено пандемией COVID-19 [9]. Высокая заболеваемость, широкое распространение носительства и стёртых форм респираторных инфекций создают риски заноса их в медицинские организации [8]. Роль воздушно-капельного пути распространения

Рисунок 4.
Обнаружение бактериофага *E. coli* на поверхностях внешней среды (n = 45), %

Figure 4.
Detection of *E. coli* bacteriophage on the surfaces of the environment (n = 45), %



возбудителей ОРВИ неодинакова в разных медицинских организациях и зависит от многих факторов: организации и условий приёма пациентов, их количества, нозологических форм, времени приёма каждого пациента, применяемых технологий и т.д.

Вероятно, большую опасность для персонала представляют технологии, связанные с образованием медицинского биоаэрозоля [17]. Стоматологический аэрозоль отличается от того, который образуется при дыхании, разговоре, кашле, чихании [13]. Отличия во многом обусловлены использованием аэрозольгенерирующего оборудования, технологий лечения заболеваний полости рта, которые определяют размеры, состав, количество частиц, скорость их распространения [4]. Диссеминация аэрозоля зависит не только от состава и начальной скорости, но и от температуры и относительной влажности воздуха, освещения, перемещения персонала и пациентов в кабинете и т.д. [13].

Перечисленные условия влияют на реализацию воздушно-капельного пути передачи возбудителей ОРВИ. Для его изучения в эпидемиологии используются разные методы моделирования: математическое [18], компьютерное [19], имитационное [20]. Безусловно, в любом моделировании невозможно учесть все возможные факторы, которые могут повлиять на эпидемический процесс [17]. Более релевантной моделью для изучения распространения ОРВИ при оказании стоматологической помощи является имитационное моделирование. При таком методе возможно изучать распространение возбудителей ОРИ в условиях, максимально приближенных к реальным, при одновременном действии множества причин, которые невозможно учесть при других методах моделирования.

Разработана имитационная модель распространения воздушно-капельных инфекций вирусной этиологии, доминирующих в структуре возбудителей ОРИ, во время стоматологического лечения. В качестве вирусов были выбраны безопасные для человека бактериофаги, которые входят в состав лекарственного препарата «Интести-бактериофаг» и применяются с профилактической и лечебной целью. Бактериофаги по своим размерам, строению, устойчивости во внешней среде имеют определённые сходства с респираторными вирусами [21].

Эксперимент проводился в условиях стоматологического кабинета поликлиники с участием медицинского персонала и предусматривал кон-

таминацию бактериофагом полости рта стоматологического манекена во время лечения кариеса с применением АГТ и последующего его обнаружения во внешней среде. Подобное исследование, в котором изучалась только контаминация воздуха бактериофагом Phi6 (штамм хозяин *Pseudomonas syringae*) в процессе стоматологического лечения у манекена, проведено в Великобритании в 2021 году. Была установлена интенсивная контаминация фагом в зоне лечения [22].

В серии наших экспериментов также максимально часто бактериофаг выявляли на близком расстоянии – в зоне лечения. Препарат обнаружен во всех пробах воздуха, который интенсивно контаминировал СИЗ врача-стоматолога и поверхности объектов внешней среды в этой зоне. Важно отметить, что фаг выделен с внутренних поверхностей защитных очков и медицинской маски, что свидетельствует о недостаточной защите врача-стоматолога стандартными СИЗ от возбудителей респираторных инфекций.

Более половины проб воздуха содержали бактериофаг в зоне работы ассистента и блока управления стоматологической установкой. Бактериофаг с образующимся аэрозолем воздушными потоками легко распространялся на разные расстояния и выделен из воздуха далеко от зоны лечения манекена - у выхода из кабинета.

Таким образом, интенсивное образование и распространение аэрозоля при стоматологическом лечении с использованием АГТ создает реальную возможность реализации воздушно-капельного пути передачи ОРВИ и, соответственно, высокого риска возникновения инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, у медицинских сотрудников в стоматологии.

Полученные результаты имитационного моделирования свидетельствуют о вероятности инфицирования медицинского персонала возбудителями ОРВИ и необходимости оптимизации профилактических мероприятий в стоматологической практике. Одним из важных направлений является совершенствование СИЗ и их использование медицинским персоналом. Одновременно необходимы мероприятия, направленные на уменьшение контаминации стоматологического аэрозоля, что может быть достигнуто полосканием антисептическими растворами полости рта пациентов перед лечением [23], применением аналогичных растворов в качестве хладагента для уменьшения микробной нагрузки стоматологического аэрозоля [24]. Вместе с тем

необходимо пересматривать требования к системам вентиляции стоматологических кабинетов, которые позволят обеспечить увеличение кратности воздухообмена.

Заключение

Разработана имитационная модель, которая позволяет изучить воздушно-капельный путь распространения возбудителей ОРВИ при оказании стоматологической помо-

щи. Установлена интенсивная контаминация фагом воздуха стоматологического кабинета в зоне лечения и средств индивидуальной защиты, а также внутренних поверхностей медицинской маски и защитных очков врача-стоматолога. Детальное изучение воздушно-капельного пути передачи инфекции в стоматологической практике необходимо для совершенствования профилактики ОРВИ у медицинского персонала.

Литература:

1. Петерсен П.Э., Кузьмина Э.М. Распространенность стоматологических заболеваний. Факторы риска и здоровье полости рта. Основные проблемы общественного здравоохранения. *Dentalforum*. 2017;1:2-11.
2. Global Burden of Disease Collaborative Network. *Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019)*. Seattle: Institute of Health Metrics and Evaluation (IHME); 2020.
3. Анализ рынка стоматологических услуг в России в 2017-2021 гг., прогноз на 2022-2026 гг. Перспективы рынка в условиях санкций. *BusinesStat*; 2022.
4. Jain M., Mathur A., Mathur A., Mukhi P.U., Ahire M., Pingal C. Qualitative and quantitative analysis of bacterial aerosols in dental clinical settings: Risk exposure towards dentist, auxiliary staff, and patients. *J. Family Med. Prim. Care*. 2020;9(2):1003-1008. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_863_19
5. Innes N., Johnson I.G., Al-Yaseen W., Harris R., Jones R., Kc S., McGregor S., Robertson M., Wade W.G., Gallagher J.E. A systematic review of droplet and aerosol generation in dentistry. *J. Dent*. 2021;105:103556. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103556>
6. Gallagher J.E., K C S Johnson I.G., Al-Yaseen W., Jones R., McGregor S., Robertson M., Harris R., Innes N., Wade W.G. A systematic review of contamination (aerosol, splatter and droplet generation) associated with oral surgery and its relevance to COVID-19. *BDJ Open*. 2020;6:25. <https://doi.org/10.1038/s41405-020-00053-2>
7. Силин А.В., Зуева Л.П., Сатыго Е.А., Молчановская М.А. Эпидемиологические особенности и инфекционный контроль при COVID-19 в стоматологической практике (научный обзор). *Профилактическая и клиническая медицина*. 2020;2(75):5-10.
8. Яцышина С.Б., Мамошина М.В., Елькина М.А., Шаруха Г.В., Распопова Ю.И., Фольмер А.Я., Агапов К.А., Владимиров И.М., Зубарева О.В., Новикова И.С., Бондарева О.Б., Гиль В.А., Козловских Д.Н., Романов С.В., Диконская О.В., Пономарева А.В., Чистякова И.В., Кочнева Н.И., Юровских А.И., Кадникова Е.П., Киячина А.С., Лучинина С.В., Косарева Р.Р., Чиркова Г.Г., Валеуллини Н.Н., Лебедева Л.А., Детковская Т.Н., Аббасова Е.И., Романова О.Б., Пятыхова Е.В., Акимкин В.Г. Распространённость возбудителей ОРВИ, гриппа и COVID-19 у лиц без симптомов респираторной инфекции. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2021;98(4):383-396. <https://doi.org/10.36233/0372-9311-152>
9. World Health Organization. 2020. *Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions* [accessed 2023 Jan 29]. Scientific Brief. WHO/2019-nCoV/Sci_Brief/Transmission_modes/2020.3. Ссылка активна на 15.05.2023. <https://www.who.int/publications/i/item/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>.
10. Turkistani K.A., Turkistani K.A. Dental Risks and Precautions during COVID-19 Pandemic: A Systematic Review. *J. Int. Soc. Prev. Community Dent*. 2020;10(5):540-548. https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD_295_20
11. Matys J., Grzech-Leśniak K.. Dental Aerosol as a Hazard Risk for Dental Workers. *Materials (Basel)*. 2020;13(22):5109. <https://doi.org/10.3390/ma13225109>
12. CDC Interim Infection Prevention and Control Recommendations for Healthcare Personnel During the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic. Ссылка активна на 15.05.2025. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/infection-control-recommendations.html>
13. Аэрогенный механизм передачи инфекции / под ред. Е.Б. Брусиной. Кемерово: КеМГМУ, 2022. 171 с.
14. Jackson T., Deibert D., Wyatt G., Durand-Moreau Q., Adishes A., Khunti K., Khunti S., Smith S., Chan X.H.S., Ross L., Roberts N., Toomey E., Greenhalgh T., Arora I., Black S.M., Drake J., Syam N., Temple R., Straube S. Classification of aerosol-generating procedures: a rapid systematic review. *BMJ Open Respir. Res*. 2020;7(1):e000730. <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2020-000730>
15. Jain M., Mathur A., Mathur A., Mukhi P.U., Ahire M., Pingal C. Qualitative and quantitative analysis of bacterial aerosols in dental clinical settings: Risk exposure towards dentist, auxiliary staff, and patients. *J. Family Med. Prim. Care*. 2020;9(2):1003-1008. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_863_19
16. Иванов Д.Ю., Дроздова О.М. Эпидемиологическая характеристика острых респираторных инфекций у медицинских работников стоматологических поликлиник. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2021;6(4):90-97. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2021-6-4-90-97>
17. Брусиная Е.Б., Чезганова Е.А., Дроздова О.М. Аэрогенный механизм передачи больничных патогенов. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2020;5(4):97-103. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2020-5-4-97-103>
18. Zemouri C., Awad S.F., Volgenant C.M.C., Crielaard W., Laheij A.M.G.A., de Soet J.J. Modeling of the Transmission of Coronavirus, Measles Virus, Influenza Virus, Mycobacterium tuberculosis, and Legionella pneumophila in Dental Clinics. *J. Dent. Res*. 2020;99(10):1192-1198. <https://doi.org/10.1177/0022034520940288>
19. Komperda J., Peyvan A., Li D., Kashir B., Yarin A.L., Megaridis C.M., Mirbod P., Paprotny I., Cooper L.F., Rowan S., Stanford C., Mashayek F. Computer simulation of the SARS-CoV-2 contamination risk in a large dental clinic. *Phys Fluids* (1994). 2021;33(3):033328. <https://doi.org/10.1063/5.0043934>
20. Vernon J.J., Black E.V.I., Dennis T., Devine D.A., Fletcher L., Wood D.J., Nattress B.R. Dental Mitigation Strategies to Reduce Aerosolization of SARS-CoV-2. *J. Dent. Res*. 2021;100(13):1461-1467. <https://doi.org/10.1177/00220345211032885>
21. Krupovic M., Bamford D.H. Virus evolution: how far does the double beta-barrel viral lineage extend? *Nat. Rev. Microbiol*. 2008;6(12):941-948. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2033>
22. Vernon J.J., Black E.V.I., Dennis T., Devine D.A., Fletcher L., Wood D.J., Nattress B.R. Dental Mitigation Strategies to Reduce Aerosolization of SARS-CoV-2. *J. Dent. Res*. 2021;100(13):1461-1467. <https://doi.org/10.1177/00220345211032885>
23. Yoon J.G., Yoon J., Song J.Y., Yoon S.Y., Lim C.S., Seong H., Noh J.Y., Cheong H.J., Kim W.J. Clinical Significance of a High SARS-CoV-2 Viral Load in the Saliva. *J. Korean Med. Sci*. 2020;35(20):e195. <https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e195>
24. Ionescu A.C., Brambilla E., Manzoli L., Orsini G., Gentili V., Rizzo R. Aerosols modification with H2O2 reduces airborne contamination by dental handpieces. *J. Oral Microbiol*. 2021;13(1):1881361. <https://doi.org/10.1080/20002297.2021.1881361>

References:

- Petersen PE, Kuzmina EM. Prevalence of dental diseases. Risk factors and oral health. The main problems of public health. *Dentalforum*. 2017;1:2-11. (In Russ.).
- Global Burden of Disease Collaborative Network. *Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019)*. Seattle: Institute of Health Metrics and Evaluation (IHME); 2020.
- Analysis of the dental services market in Russia in 2017-2021, forecast for 2022-2026. Market prospects in the context of sanctions*. BusinesStat, 2022 (In Russ.).
- Jain M, Mathur A, Mathur A, Mukhi PU, Ahire M, Pingal C. Qualitative and quantitative analysis of bacterial aerosols in dental clinical settings: Risk exposure towards dentist, auxiliary staff, and patients. *J Family Med Prim Care*. 2020;9(2):1003-1008. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_863_19
- Innes N, Johnson IG, Al-Yaseen W, Harris R, Jones R, Kc S, McGregor S, Robertson M, Wade WG, Gallagher JE. A systematic review of droplet and aerosol generation in dentistry. *J Dent*. 2021;105:103556. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103556>
- Gallagher JE, K C S, Johnson IG, Al-Yaseen W, Jones R, McGregor S, Robertson M, Harris R, Innes N, Wade WG. A systematic review of contamination (aerosol, splatter and droplet generation) associated with oral surgery and its relevance to COVID-19. *BDJ Open*. 2020;6:25. <https://doi.org/10.1038/s41405-020-00053-2>
- Silin AV, Zueva LP, Satygo EA, Molchanovskaya MA. Epidemiological features and infection control in COVID-19 in dental practice (scientific review). *Preventive and clinical medicine*. 2020;2 (75):5-10. (In Russ.).
- Yatsyshina SB, Mamoshina MV, Yelkina MA, Sharukho GV, Raspopova YU, Folmer AYA, Agapov KA, Vladimirov IM, Zubareva OV, Novikova IS, Bondareva OB, Gil VA, Kozlovskikh DN, Romanov SV, Dikonskaya OV, Ponomareva AV, Chistyakova IV, Kochneva NI, Yurovskikh AI, Kadnikova EP, Kilyachina AS, Luchinina SV, Kosareva RR, Chirkova GG, Valeullina NN, Lebedeva LA, Detkovskaya TN, Abbasova EI, Romanova OB, Pyatyrova EV. The prevalence of SARS, influenza and COVID-19 pathogens in people without symptoms of respiratory infection. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2021;98(4):383-396. <https://doi.org/10.36233/0372-9311-152> (In Russ.).
- World Health Organization. 2020. *Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions* [accessed 2023 Jan 29]. Scientific Brief. WHO/2019-nCoV/Sci_Brief/Transmission_modes/2020.3. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>. Accessed: May 15, 2023.
- Turkistani KA, Turkistani KA. Dental Risks and Precautions during COVID-19 Pandemic: A Systematic Review. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2020; 21;10(5):540-548. https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD_295_20
- Matys J, Grzech-Leśniak K. Dental Aerosol as a Hazard Risk for Dental Workers. *Materials (Basel)*. 2020;13(22):5109. <https://doi.org/10.3390/ma13225109>
- CDC Interim Infection Prevention and Control Recommendations for Healthcare Personnel During the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/infection-control-recommendations.html>. Accessed: May 15, 2023.
- Aerogenic mechanism of infection transmission* / E. B. Brusina, edit. Kemerovo: KemSMU, 2022. 171 p. (In Russ.).
- Jackson T, Deibert D, Wyatt G, Durand-Moreau Q, Adishes A, Khunti K, Khunti S, Smith S, Chan XHS, Ross L, Roberts N, Toomey E, Greenhalgh T, Arora I, Black SM, Drake J, Syam N, Temple R, Straube S. Classification of aerosol-generating procedures: a rapid systematic review. *BMJ Open Respir Res*. 2020;7(1):e000730. <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2020-000730>
- Jain M, Mathur A, Mathur A, Mukhi PU, Ahire M, Pingal C. Qualitative and quantitative analysis of bacterial aerosols in dental clinical settings: Risk exposure towards dentist, auxiliary staff, and patients. *J Family Med Prim Care*. 2020;9(2):1003-1008. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_863_19
- Ivanov DYU, Drozdova OM. Epidemiological characteristics of acute respiratory infections in medical workers of dental clinics. *Fundamental and clinical medicine*. 2021;6(4):90-97. (In Russ.). <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2021-6-4-90-97>
- Brusina EB, Chezganova EA, Drozdova OM. Aerogenic mechanism of transmission of hospital pathogens/ *Fundamental and clinical medicine*. 2020.5(4): 97-103. (in Russ.). <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2020-5-4-97-103>
- Zemouri C, Awad SF, Volgenant CMC, Crielard W, Laheij AMGA, de Soet JJ. Modeling of the Transmission of Coronaviruses, Measles Virus, Influenza Virus, Mycobacterium tuberculosis, and Legionella pneumophila in Dental Clinics. *J Dent Res*. 2020;99(10):1192-1198. <https://doi.org/10.1177/0022034520940288>
- Komperda J, Peyvan A, Li D, Kashir B, Yarin AL, Megaridis CM, Mirbod P, Paprotny I, Cooper LF, Rowan S, Stanford C, Mashayek F. Computer simulation of the SARS-CoV-2 contamination risk in a large dental clinic. *Phys Fluids (1994)*. 2021;33(3):033328. <https://doi.org/10.1063/5.0043934>
- Vernon JJ, Black EVI, Dennis T, Devine DA, Fletcher L, Wood DJ, Nattress BR. Dental Mitigation Strategies to Reduce Aerosolization of SARS-CoV-2. *J Dent Res*. 2021;100(13):1461-1467. <https://doi.org/10.1177/00220345211032885>
- Krupovic M, Bamford DH. Virus evolution: how far does the double beta-barrel viral lineage extend? *Nat Rev Microbiol*. 2008;6(12):941-948. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2033>
- Vernon JJ, Black EVI, Dennis T, Devine DA, Fletcher L, Wood DJ, Nattress BR. Dental Mitigation Strategies to Reduce Aerosolization of SARS-CoV-2. *J Dent Res*. 2021 Dec;100(13):1461-1467. <https://doi.org/10.1177/00220345211032885>
- Yoon JG, Yoon J, Song JY, Yoon SY, Lim CS, Seong H, Noh JY, Cheong HJ, Kim WJ. Clinical Significance of a High SARS-CoV-2 Viral Load in the Saliva. *J Korean Med Sci*. 2020;35(20):e195. <https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e195>
- Ionescu AC, Brambilla E, Manzoli L, Orsini G, Gentili V, Rizzo R. Aerosols modification with H2O2 reduces airborne contamination by dental handpieces. *J Oral Microbiol*. 2021;13(1):1881361. <https://doi.org/10.1080/20002297.2021.1881361>

Сведения об авторах

Иванов Данил Юрьевич, аспирант кафедры эпидемиологии, инфекционных болезней и дерматовенерологии ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (650056, Россия, г. Кемерово, ул. Ворошилова, д. 22а).

Вклад в статью: организация и контроль проведения эксперимента, отбор проб, анализ полученных результатов, написание статьи.

ORCID: 0000-0002-8584-9219

Дроздова Ольга Михайловна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры эпидемиологии, инфекционных болезней и дерматовенерологии ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения

Authors

Dr. Danil Yu. Ivanov, MD, PhD Student, Department of Epidemiology, Infectious Diseases, Dermatology, and Venereology, Kemerovo State Medical University (22a, Voroshilova Street, Kemerovo, 650056, Russian Federation).

Contribution: conceived and designed the study; collected and processed the data; performed the data analysis; wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0002-8584-9219

Prof. Olga M. Drozdova, MD, DSc, Professor, Department of Epidemiology, Infectious Diseases, Dermatology, and Venereology, Kemerovo State Medical University (22a, Voroshilova Street, Kemerovo, 650056, Russian Federation).

Contribution: conceived and designed the study; performed the data analysis; wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0001-9380-0901

Российской Федерации (650056, Россия, г. Кемерово, ул. Ворошилова, д. 22а).

Вклад в статью: разработка концепции и дизайна исследования, координация выполнения работы, анализ результатов, критический пересмотр статьи на предмет важного интеллектуального содержания, утверждение окончательного варианта статьи.

ORCID: 0000-0001-9380-0901

Захарова Юлия Викторовна, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры микробиологии и вирусологии ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (650056, Россия, г. Кемерово, ул. Ворошилова, д. 22а).

Вклад в статью: проведение микробиологических исследований, критический пересмотр статьи на предмет важного интеллектуального содержания.

ORCID: 0000-0002-3475-9125

Тё Елена Александровна, Заслуженный врач РФ, профессор, доктор медицинских наук, заведующая кафедрой терапевтической стоматологии ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (650056, Россия, г. Кемерово, ул. Ворошилова, д. 22а).

Вклад в статью: участие в проведении экспериментального моделирования, критический пересмотр статьи на предмет важного интеллектуального содержания.

ORCID: 0000-0002-9851-1604

Шелепанова Ольга Анатольевна, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры терапевтической стоматологии ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (650056, Россия, г. Кемерово, ул. Ворошилова, д. 22а).

Вклад в статью: участие в проведении экспериментального моделирования, критический пересмотр статьи на предмет важного интеллектуального содержания.

ORCID: 0000-0002-8421-6997

Статья поступила: 04.05.2023 г.

Принята в печать: 30.05.2023 г.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

Prof. Yulia V. Zakharova, MD, DSc, Associate Professor, Department of Microbiology and Virology, Kemerovo State Medical University (22a, Voroshilova Street, Kemerovo, 650056, Russian Federation).

Contribution: performed the experiments; wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0002-3475-9125

Prof. Elena A. Te, MD, DSc, Professor, Head of the Department of Therapeutic Dentistry, Kemerovo State Medical University (22a, Voroshilova Street, Kemerovo, 650056, Russian Federation).

Contribution: performed the experimental modeling.

ORCID: 0000-0002-9851-1604

Dr. Olga A. Shelepanova, MD, PhD, Associate Professor, Department of Therapeutic Dentistry, Kemerovo State Medical University (22a, Voroshilova Street, Kemerovo, 650056, Russian Federation).

Contribution: performed the experimental modeling.

ORCID: 0000-0002-8421-6997

Received: 04.05.2023

Accepted: 30.05.2023

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.